RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

ANDRA
Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs

Décembre 2022

DOSSIER D'AUTORISATION DE CRÉATION DE L'INSTALLATION NUCLÉAIRE DE BASE (INB) CIGÉO

PIÈCE 7

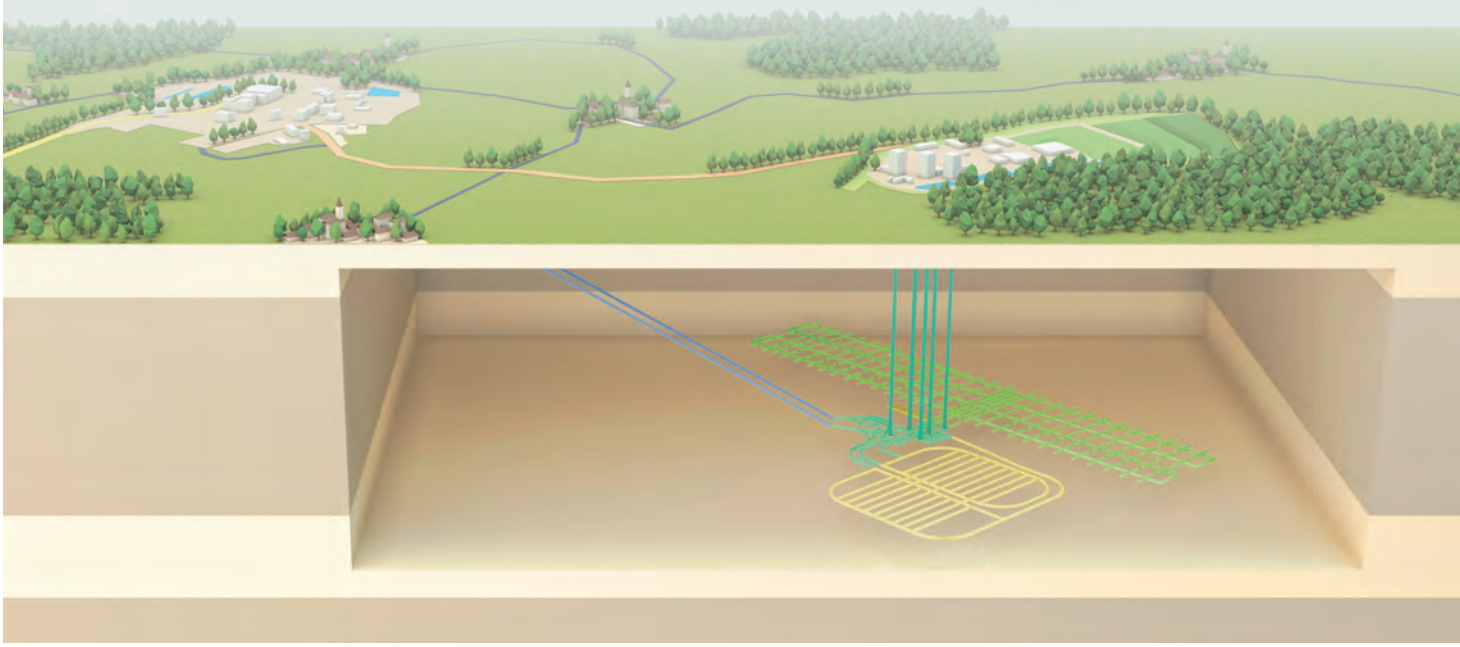
Version préliminaire du rapport de sûreté

PARTIE III

Démonstration de sûreté

Volume 9

La démonstration de sûreté en exploitation



Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo

Pièce 7 : Version préliminaire du rapport de sûreté
Partie III : Démonstration de sûreté
Volume 9 : La démonstration de sûreté en exploitation

CG-TE-D-NTE-AMOA-SR0-0000-21-0007/A

Sommaire

1. La déclinaison de la démarche de sûreté en exploitation 13

1.1 L'introduction sur la démarche de sûreté en exploitation 14

1.2 L'analyse de risques 14

1.2.1 Le principe 14
1.2.2 La démarche d'analyse de risques 14
1.2.3 Le panorama des risques 15
1.2.4 Les dispositions de maîtrise des risques 16

1.3 L'analyse par situation de fonctionnement 16

1.3.1 Le principe 16
1.3.2 Les situations de fonctionnement 17
1.3.3 Les règles d'étude des situations de fonctionnement 19

1.4 L'évaluation des impacts radiologiques et chimiques 21

2. Les risques internes nucléaires 23

2.1 Les risques liés à la dissémination de substances radioactives 24

2.1.1 La présentation des risques 24
2.1.2 Les principes retenus 27
2.1.3 Les objectifs de sûreté associés aux risques de dissémination des substances radioactives 28
2.1.4 Les premiers systèmes de confinement 28
2.1.5 Les seconds systèmes de confinement 32
2.1.6 Le confinement dynamique des locaux 38
2.1.7 Les dispositions de surveillance 43

2.2 Le risque d'exposition aux rayonnements ionisants 47

2.2.1 L'origine du risque 47
2.2.2 Le risque d'exposition interne 48
2.2.3 Le risque d'exposition externe 49
2.2.4 Le respect des objectifs de protection et dimensionnement des protections radiologiques 50
2.2.5 L'évaluation dosimétrique prévisionnelle 56
2.2.6 Le zonage radiologique de l'installation 60
2.2.7 Les principes d'accès aux zones contrôlées 67
2.2.8 La surveillance de l'exposition aux rayonnements ionisants 68
2.2.9 Le fonctionnement incidentel et accidentel et gestion post accidentelle 70

2.3 Le risque de criticité 72

2.3.1 La présentation du risque 72
2.3.2 Les données d'entrée pour l'étude du risque 73
2.3.3 Les principes généraux de prévention du risque de criticité 74
2.3.4 La description des opérations et unités de criticité 76
2.3.5 L'analyse de sûreté-criticité 78

2.4 Les risques liés à la thermique des colis de déchets 83

2.4.1 L'origine et localisation du risque 84
2.4.2 Les objectifs de sûreté associés à la maîtrise du risque thermique 84
2.4.3 L'analyse des risques dans le bâtiment nucléaire de surface EP1 85
2.4.4 L'analyse des risques dans la descenderie colis et les galeries souterraines 89
2.4.5 Les alvéoles de stockage HA et MA-VL 92

2.5 Les risques liés aux gaz inflammables produits par radiolyse et par corrosion 96
2.5.1 La présentation des risques 96
2.5.2 La localisation des risques 97
2.5.3 Les objectifs de sûreté 98
2.5.4 L'analyse des risques dans le bâtiment nucléaire 99
2.5.5 L'analyse des risques dans la descenderie colis et les galeries souterraines 101
2.5.6 L'analyse des risques dans les alvéoles de stockage HA 105
2.5.7 L'analyse des risques dans les alvéoles de stockage MA-VL 108

3. Les risques liés aux agressions internes 113

3.1 Les risques liés au transport interne et aux opérations de manutention 114
3.1.1 Les risques liés au transport interne 114
3.1.2 Les risques liés aux opérations de manutention 115
3.2 Les risques liés à l'incendie 148
3.2.1 La démarche et méthodologie 149
3.2.2 L'origine du risque 149
3.2.3 Les dispositions de prévention des départs de feu 154
3.2.4 Les dispositions de détection et d'intervention contre l'incendie 157
3.2.5 Les dispositions visant à éviter la propagation d'un incendie et à limiter ses conséquences 162
3.2.6 Les dispositions pour la maîtrise des risques incendie induits par d'autres risques 174
3.2.7 L'identification des situations d'incendie 177
3.2.8 La prise en compte des effets défavorables des actions d'intervention et de lutte contre l'incendie 178
3.2.9 L'analyse de la vulnérabilité des colis aux situations d'incendie 179
3.2.10 La synthèse 192
3.3 Les risques liés à l'explosion 193
3.3.1 La présentation des risques 193
3.3.2 L'analyse des risques liés au dégagement d'hydrogène par les batteries électriques en phase de charge 194
3.3.3 L'analyse des risques liés au dégagement de vapeurs inflammables 196
3.3.4 L'analyse des risques liés au dégagement d'ozone par le générateur à rayons X à haute énergie 198
3.3.5 Le risque d'explosion de bouteilles de gaz inflammables 199
3.4 Les risques liés à la perte de l'alimentation électrique 199
3.4.1 La présentation des risques 199
3.4.2 Les dispositions générales de maîtrise des risques 200
3.4.3 Les dispositions spécifiques de maîtrise du risque 202
3.4.4 La synthèse 205
3.5 Les risques liés à la perte des fluides 206
3.5.1 Les risques liés à la perte des fluides de refroidissement 206
3.5.2 Les risques liés à la perte des fluides de chauffage 213
3.5.3 Les risques liés à la perte de l'air comprimé 215
3.5.4 Les risques liés à la perte des réseaux d'eau incendie 218
3.5.5 Les risques liés à la perte des réseaux d'extinction incendie à gaz 219
3.5.6 Les risques liés à la perte du réseau d'inertage à l'azote des alvéoles de stockage HA 220
3.6 Les risques liés à la perte de la ventilation 221
3.6.1 La présentation des systèmes de ventilation d'exploitation 221
3.6.2 La présentation des risques 222
3.6.3 L'analyse des risques 223

3.7 Les risques liés à la perte de la surveillance 231
3.7.1 La perte de la surveillance radiologique 231
3.7.2 La perte de la surveillance des rejets gazeux 232
3.7.3 La perte de la surveillance des effluents liquides 233
3.7.4 La perte de la surveillance des gaz inflammables produits par radiolyse 234
3.7.5 La perte de la détection incendie 235
3.7.6 La synthèse 236
3.8 Les risques liés à la perte du contrôle commande 236
3.8.1 Les risques liés à la perte du système de contrôle commande du process nucléaire 237
3.8.2 Les risques liés à la perte des autres systèmes du contrôle commande 239
3.9 Les risques liés à l'inondation interne 244
3.9.1 La présentation des risques liés à l'inondation interne 244
3.9.2 La maîtrise des risques vis-à-vis des fonctions de sûreté 250
3.9.3 La maîtrise des risques vis-à-vis des fonctions supports 254
3.10 Les risques liés aux substances dangereuses non radioactives 255
3.10.1 La présentation des risques 255
3.10.2 L'analyse des risques liés à l'acétone utilisé pour les activités de maintenance 257
3.10.3 L'analyse des risques liés à l'adjuvant utilisé pour la préparation du liant de clavage 258
3.11 Les risques liés à l'émission de projectiles 260
3.11.1 La présentation des risques 260
3.11.2 Les dispositions de prévention 260
3.11.3 Les dispositions de détection, de surveillance et de retour à l'état sûr 261
3.11.4 Les dispositions de limitation des conséquences 261
3.12 Les risques liés aux équipements sous pression 261
3.12.1 La présentation des risques 261
3.12.2 Les dispositions de prévention 263
3.12.3 Les dispositions de détection, de surveillance et de retour à l'état sûr 263
3.12.4 Les dispositions de limitation des conséquences 263
3.13 Les risques liés au vieillissement 264
3.13.1 La présentation des risques 264
3.13.2 Les principes de gestion du vieillissement 264
3.13.3 Le retour d'expériences 266
3.13.4 Les dispositions de prévention du vieillissement 269
3.13.5 Les dispositions de surveillance 271
3.13.6 Les dispositions de limitation des conséquences 272

4. Les risques liés aux agressions externes 273
4.1 Les risques liés aux chutes d'aéronefs 274
4.1.1 La présentation des risques liés aux chutes d'avions et méthodologie d'évaluation des risques 274
4.1.2 Les cibles vis-à-vis des risques liés aux chutes d'avions 274
4.1.3 L'environnement aérien 275
4.1.4 L'analyse des risques d'agression des cibles de sûreté 276
4.1.5 L'analyse de risques liés aux chutes d'hélicoptère 285
4.1.6 La synthèse 285
4.2 Les risques liés à l'environnement industriel et aux voies de communication 286
4.2.1 La présentation des risques 287
4.2.2 Les cibles vis-à-vis des risques liés à l'environnement industriel et aux voies de communication 289

4.2.3 L'évaluation des risques liés à l'environnement industriel et aux voies de communication, et dispositions retenues 289
4.2.4 La synthèse 295

4.3 Les risques liés au séisme 296

4.3.1 La présentation du risque sismique 296
4.3.2 Les exigences de dimensionnement vis-à-vis des ouvrages et équipements portant une fonction de sûreté 300
4.3.3 Les exigences de dimensionnement vis-à-vis des ouvrages et équipements portant une fonction support 317
4.3.4 Les exigences de dimensionnement complémentaire vis-à-vis des défaillances ou agressions induites 321

4.4 Les risques liés à l'inondation externe 325

4.4.1 La présentation des risques liés à l'inondation externe 325
4.4.2 Les risques d'inondation externe en zone descenderie 338
4.4.3 Les risques d'inondation externe en zone puits 347
4.4.4 Les risques d'inondation externe dans les liaisons surface-fond et les alvéoles HA 350
4.4.5 Les dispositions de maintenance et de surveillance 354

4.5 Les risques liés aux conditions météorologiques ou climatiques extrêmes 354

4.5.1 Les origines des risques 354
4.5.2 L'analyse des risques liés aux températures extrêmes 355
4.5.3 L'analyse des risques liés aux vents extrêmes et aux tornades 360
4.5.4 L'analyse des risques liés aux chutes de neige extrêmes 368

4.6 Les risques liés à la foudre et aux interférences électromagnétiques 372

4.6.1 La présentation des risques liés à la foudre et aux interférences électromagnétiques 372
4.6.2 L'identification des cibles vis-à-vis des risques liés à la foudre et aux interférences électromagnétiques 374
4.6.3 L'analyse des risques liés à la foudre et aux interférences électromagnétiques 374

4.7 Les risques liés à l'incendie externe 381

4.7.1 La présentation des risques 381
4.7.2 Les dispositions de prévention 381
4.7.3 Les dispositions de limitation des conséquences 382

5. Les risques conventionnels 385

5.1 Les risques liés aux opérations de construction 386

5.1.1 Les risques liés à l'explosion d'explosifs lors de leur stockage ou de leur utilisation pour le creusement des puits (phase de construction initiale) 386
5.1.2 Les risques liés à l'épandage de carburant 388
5.1.3 Les risques liés à la présence éventuelle d'engins de guerre enfouis 389

5.2 Les risques liés aux essais préalables à la mise en service 390

5.3 Les risques liés aux substances dangereuses non radioactives 390

5.3.1 La présentation des risques 390
5.3.2 Les dispositions de prévention 392
5.3.3 Les dispositions de surveillance 396
5.3.4 Les dispositions de limitation des conséquences 396

6. Les risques liés à la coactivité travaux/exploitation nucléaire 399

6.1 La présentation des risques liés à la coactivité 400

6.1.1 La description des types de coactivité 400
6.1.2 La localisation des zones à risque de coactivité 400

6.2 La maîtrise des risques liés à la coactivité entre exploitation et travaux de construction 402
6.2.1 Les installations nucléaires de surface 402
6.2.2 L'installation souterraine 404
6.3 La maîtrise des risques liés à la coactivité exploitation/livraison et mise en service de nouveaux alvéoles 407
6.3.1 La description des opérations de mise à disposition de nouveaux alvéoles dans la zone en exploitation 407
6.3.2 Les risques induits par la coactivité exploitation/livraison et mise en service de nouveaux alvéoles 410
6.4 La maîtrise des risques liés à la coactivité dans la zone en exploitation nucléaire 413
6.4.1 Les types de coactivité 413
6.4.2 Les risques induits par la coactivité dans les zones d'exploitation en surface 414
6.4.3 Les risques induits par les activités concomitantes en souterrain 416

7. Les risques liés aux facteurs organisationnels et humains 419
7.1 La démarche d'analyse des risques sous l'angle des FOH 420
7.2 Les activités sensibles liées aux opérations du process nucléaire 421
7.3 Les activités sensibles liées aux opérations de maintenance 426
7.4 Les activités sensibles liées aux opérations de gestion des effluents et des déchets induits 433
7.5 Les activités sensibles liées à la gestion des situations incidentelles/accidentelles 436
7.6 La synthèse des dispositions prévues pour maîtriser les risques liés aux FOH 439

8. L'étude des situations de fonctionnement 441
8.1 La présentation du domaine de fonctionnement normal et dégradé 442
8.1.1 L'introduction 442
8.1.2 Le domaine de fonctionnement associé aux fonctions de sûreté nucléaires et dispositions de surveillance 442
8.2 Les méthodes d'évaluation des impacts radiologiques et chimiques en situations accidentelles 451
8.2.1 L'évaluation de l'impact radiologique aux populations 451
8.2.2 L'évaluation de l'impact aux populations des substances toxiques chimiques contenus dans les colis de déchets 466
8.2.3 L'évaluation de l'impact radiologique aux travailleurs 470
8.3 Les situations du domaine de dimensionnement 470
8.3.1 La présentation des situations incidentelles de dimensionnement enveloppes 470
8.3.2 La présentation des situations accidentelles de dimensionnement enveloppes 471
8.3.3 Les études des situations incidentelles de dimensionnement 472
8.3.4 Les études des situations accidentelles de dimensionnement 474
8.3.5 La synthèse des évaluations d'impacts pour les situations incidentelles et accidentelles de dimensionnement enveloppes 485
8.4 Les situations accidentelles d'extension du dimensionnement 487
8.4.1 La présentation des situations accidentelles en extension de dimensionnement 487
8.4.2 Les études des situations accidentelles en extension de dimensionnement 489

8.4.3 La synthèse des évaluations d'impacts pour les situations accidentelles en extension de dimensionnement enveloppes 505

8.5 Les situations exclues 507

8.5.1 Les situations exclues vis-à-vis de la fonction de protection « Confinement des substances radioactives » 507
8.5.2 Les situations exclues vis-à-vis de la fonction de protection « Protection des personnes contre les rayonnements ionisants » 510
8.5.3 Les situations exclues vis-à-vis de la fonction de protection « Maîtrise des réactions nucléaires en chaîne » 511
8.5.4 Les situations exclues vis-à-vis de la fonction de protection « Évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives et des réactions nucléaires » 512
8.5.5 Les situations exclues vis-à-vis de la fonction de protection « Maîtrise des gaz inflammables produits par radiolyse ou par corrosion » 513

9. La gestion des situations accidentelles/post-accidentelles 515

9.1 Les définitions 516

9.1.1 L'état sûr 516
9.1.2 La mise et le maintien à l'état sûr de l'installation 516
9.1.3 La gestion accidentelle et post accidentelle 516

9.2 Les moyens matériels disponibles pour la gestion accidentelle et post accidentelle 518

9.2.1 Les moyens matériels disponibles dans l'installation lors d'une situation accidentelle 518
9.2.2 Les moyens matériels disponibles lors d'une situation accidentelle en zone rouge non déclassée 519

9.3 La dosimétrie prévisionnelle et durée de gestion des situations accidentelles associée 520

9.3.1 Le déconfinement d'un emballage de transport 521
9.3.2 La chute avec déconfinement d'un colis primaire en cellule process 522

9.4 La gestion accidentelle et post accidentelle des scénarios représentatifs 523

9.4.1 La chute d'un emballage de transport dans le hall de déchargement 523
9.4.2 L'incendie impliquant un emballage de transport 524
9.4.3 La chute d'un colis primaire ou de stockage MA-VL dans une cellule process 525
9.4.4 L'incendie d'un pont nucléarisé en cellule process du bâtiment nucléaire impactant un colis de déchets en manutention 527
9.4.5 L'incendie lors du transfert en hotte des colis de stockage (hors descenderie colis) 528
9.4.6 L'incendie lors du transfert des colis de stockage dans la descenderie colis 529
9.4.7 La collision entre deux moyens de transfert sur rails de hottes dont l'un transporte une hotte pleine 530
9.4.8 La chute d'un colis de stockage en alvéole MA-VL lors de sa manutention par le pont ou le chariot stockeur 531
9.4.9 L'incendie en alvéole MA-VL 534
9.4.10 La défaillance du confinement d'un colis MA-VL en configuration de stockage 536
9.4.11 Le scénario conventionnel d'effondrement 539

10. Les études de situations extrêmes (ex. ECS) 541

10.1 La méthodologie 542

10.1.1 Le contexte et rappel de la démarche 542
10.1.2 Les exigences retenues dans le cadre de l'étude des situations extrêmes 542

10.2 Le risque de rejet massif 543

10.2.1 Les substances radioactives ou dangereuses mobilisables 543
10.2.2 L'identification des locaux et des scénarios susceptibles de conduire à un rejet massif 543
10.2.3 Les situations extrêmes et le risque de rejet massif 543
10.3 Les dispositions retenues pour les situations extrêmes 544
10.3.1 Le séisme extrême 544
10.3.2 La tornade extrême 545
10.3.3 La perte d'alimentation électrique et fluides 546
10.4 La gestion de crise en situation extrême 546

11. L'étude de dimensionnement du Plan d'urgence interne (PUI) 549
11.1 Les scénarios retenus pour le PUI 551
11.2 Les principes de déclenchement du PUI 554
11.3 Les objectifs retenus pour le dimensionnement du PUI 555
11.4 L'organisation en cas de crise 557
11.4.1 La zone exploitation nucléaire 557
11.4.2 La zone travaux 561
11.4.3 L'interface zone exploitation/zone travaux 563

12. L'étude des situations d'accidents issues d'actes de malveillance 565
12.1 La méthodologie d'analyse du risque lié aux actes de malveillance 566
12.1.1 L'origine du risque 566
12.1.2 L'analyse du risque de malveillance 566
12.2 L'étude des situations d'accidents issues d'actes de malveillance 567

13. Les éléments importants pour la protection 568
13.1 La démarche d'identification des EIP issus de la démonstration de sûreté 569
13.1.1 Le lien entre EIP, fonctions et analyses de risques 569
13.1.2 Les différentes catégories d'EIP selon la fonction concernée 570
13.1.3 Les critères d'identification des EIP liés aux risques 571
13.2 L'identification des EIP issus de la démonstration de sûreté 572
13.2.1 Les EIP liés aux risques 573
13.2.2 Les EIP liés aux inconvénients 593
13.3 Les exigences définies assignées aux EIP 593
13.4 La démarche de qualification des EIP 594
13.4.1 Le contexte réglementaire 594
13.4.2 L'bjectifs de la démarche de qualification des EIP 594
13.4.3 La démarche de définition des sollicitations enveloppes 595
13.4.4 La démarche de qualification des EIP 596
13.4.5 La démarche de définition des modalités retenues pour assurer et surveiller la pérennité de la qualification des EIP 598

Annexes 601
Annexe 1 La méthodologie d'évaluation des risques liés aux chutes d'aéronefs 602

Tables des illustrations 605

Références bibliographiques 613

Préambule

Dans la continuité du « Dossier d'options de sûreté » (1, 2) pour répondre à la réglementation dédiée aux INB et en particulier à l'arrêté du 7 février 2012 (3), la version préliminaire du rapport de sûreté de l'INB Cigéo présente une démonstration de sûreté en exploitation.

Pour la phase de fonctionnement, le présent volume 9 développe, à ce titre, les mesures de prévention, de surveillance et de limitation des conséquences associées à l'ensemble des risques identifiés en exploitation.

La démonstration de sûreté porte sur l'ensemble de l'installation sur toute la durée de fonctionnement, en considérant la tranche 1 et les tranches ultérieures.

À ce titre, les grandeurs caractéristiques prises en données d'entrée des études de conception et de sûreté pour la phase de fonctionnement valent pour tout l'inventaire de référence, c'est-à-dire les déchets stockés durant la Phipil et ceux qui seront stockés ultérieurement dans le cadre du développement progressif de l'INB Cigéo jusqu'à sa fermeture.

Les analyses de risques s'appuient sur l'état de l'art, les meilleures techniques disponibles pour chacun des risques étudiés et en particulier les guides de l'ASN et les référentiels de sûreté développés spécifiquement pour l'INB Cigéo compte-tenu de sa particularité (à la fois une INB et une installation souterraine).

Le volume 9 présente, à ce titre, les démarches et les données d'entrée pour identifier les risques.

Le panorama des risques analysés est le suivant :

- les risques internes nucléaires liés aux fonctions de sûreté : risque de dissémination des substances radioactives, risques liés aux rayonnements ionisants, risques liés à la sûreté-criticité, risques liés à la thermique des colis, risques liés aux gaz inflammables produits par radiolyse et par corrosion ;
- les risques internes non nucléaires (dits agressions internes) : risques liés à la manutention des colis, risques liés à l'incendie, à l'explosion, à la pertes des utilités, etc. ;
- les risques induits par d'éventuelles agressions externes : séisme, inondation, chute d'aéronef, foudre, substances dangereuses autres que les radionucléides et les toxiques chimiques contenus dans les colis ;
- les risques de malveillance, dans la limite des informations communicables sur ce sujet dans le cadre du présent rapport ;
- les risques liés aux facteurs organisationnels et humains ;
- les risques liés à la coactivité et les risques conventionnels induits par les phases de construction régulière de nouveaux bâtiments, ouvrages et composants dans le périmètre de l'INB ou à proximité immédiate dans le cadre du développement progressif de l'installation.

Les risques conventionnels liés à la construction initiale et aux essais préalables à la mise en service sont également pris en compte dans cette partie de la démonstration en réponse aux articles L. 593-7 et R. 593-18 du code de l'environnement et aux articles 4-9-1 et 4-9-2 de l'annexe à la décision n° 2015-DC-0532 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 17 novembre 2015 relative au rapport de sûreté des installations nucléaires de base (4).

Sur la base des résultats des analyses de risques, la démonstration de sûreté présente :

- le domaine de fonctionnement normal et dégradé en phase de fonctionnement de l'INB, dont les dispositions de surveillance (définie en réponse à l'article 4-1-5 de l'annexe à la décision précitée) ;
- l'identification des scénarios de sûreté (situations incidentelles et accidentelles de fonctionnement) qui en découlent et les évaluations des conséquences potentielles associées, radiologiques ou non ;
- des premiers éléments sur la gestion des situations accidentelles et post-accidentelles et sur le dimensionnement du plan d'urgence interne.

Enfin, sur la base de tous ces éléments la démonstration conclut par l'identification des éléments importants pour la protection des intérêts identifiés à ce stade du dossier.

1

La déclinaison de la démarche de sûreté en exploitation

1.1 L'introduction sur la démarche de sûreté en exploitation 14
1.2 L'analyse de risques 14
1.3 L'analyse par situation de fonctionnement 16
1.4 L'évaluation des impacts radiologiques et chimiques 21

1.1 L'introduction sur la démarche de sûreté en exploitation

La démarche de sûreté (principe de défense en profondeur, fonctions de sûreté, objectifs de protection, approche déterministe versus approche probabiliste) est présentée au volume 2 du présent rapport.

Ci-après est présentée la méthodologie associée à la démonstration de sûreté et reposant sur trois étapes principales :

- l'analyse de risques, c'est-à-dire l'étude méthodique de l'ensemble des phénomènes d'origines interne et externe susceptibles d'affecter l'installation ;
- l'analyse par situations de fonctionnement, c'est-à-dire l'étude méthodique des différentes situations de fonctionnement susceptibles d'affecter l'installation ;
- l'évaluation des impacts radiologiques et non radiologiques des différentes situations de fonctionnement, afin de vérifier, en particulier, le respect des objectifs de protection.

1.2 L'analyse de risques

1.2.1 Le principe

Les objectifs de l'analyse de risques sont :

- d'identifier l'ensemble des événements non souhaités, dits ENS, ou combinaison d'ENS, susceptibles de faire sortir l'installation de son fonctionnement normal et de remettre en cause une fonction de sûreté comprenant :
  - ✓ les défaillances d'équipements ;
  - ✓ les dérives dans le process ;
  - ✓ les agressions internes pouvant entraîner de manière directe ou indirecte des dommages sur des systèmes, structures ou composants nécessaires pour accomplir les fonctions de protection liées aux risques ;
  - ✓ les agressions externes pouvant entraîner de manière directe ou indirecte des dommages sur des systèmes, structures ou composants nécessaires pour accomplir les fonctions de protection liées aux risques ;
- de décrire les scénarios associés ;
- de définir les dispositions matérielles ou humaines de maîtrise de chaque scénario : dispositions de conception et d'organisation (1er niveau de la défense en profondeur), dispositifs de contrôle et de protection (2e niveau de la défense en profondeur) et dispositions de limitation des conséquences (3e niveau de la défense en profondeur).

1.2.2 La démarche d'analyse de risques

L'analyse de risques s'articule autour de deux parties principales :

- la partie descriptive :
  - ✓ est destinée à identifier les éléments de l'installation ou du système étudiés (structure, composant…) qui permettent de définir :
    - les événements qui peuvent les faire sortir de leur fonctionnement normal ;
    - les dispositions de maîtrise des risques retenues ;
  - ✓ est structurée selon trois axes :
    - la description de l'installation ou du système (bâti, équipements, etc.) ;

  - la description des opérations d'exploitation ;
  - la description des fonctions de sûreté ;
- la partie démonstrative :
  - ✓ a pour objectif de définir les différents scénarios menant à un événement non souhaité en fonction des différentes possibilités de défaillance ou d'agression et les moyens techniques, humains et organisationnel de gestion associés ;
  - ✓ elle s'emploie également à démontrer la recherche d'éventuels modes communs et à identifier les éventuelles dispositions complémentaires de maîtrise des risques.

1.2.3 Le panorama des risques

L'identification des risques constitue la première étape de l'analyse des risques.

Dans l'INB Cigéo, les principales sources de danger pour les intérêts protégés sont :

- les éléments radioactifs et substances toxiques chimiques présents dans les colis de déchets radioactifs ;
- les produits toxiques, inflammables et/ou explosifs utilisés pour les opérations de construction.

Les risques sont par ailleurs classés en grandes catégories en fonction de leur nature et de leur origine :

- les risques dits « internes nucléaires ». Ce sont les risques liés à la présence d'éléments radioactifs au sein des colis de déchets :
  - ✓ les risques liés à la dissémination de substances radioactives ;
  - ✓ les risques d'exposition liés aux rayonnements ionisants ;
  - ✓ les risques de criticité ;
  - ✓ les risques liés à la thermique des colis de déchets ;
  - ✓ les risques liés aux gaz inflammables produits par radiolyse et par corrosion ;
- les risques d'agressions dites « internes ». Ce sont les risques non nucléaires liés aux opérations de construction et au fonctionnement de l'INB :
  - ✓ les risques liés au transport interne et aux opérations de manutention ;
  - ✓ les risques liés à l'incendie ;
  - ✓ les risques liés à l'explosion ;
  - ✓ les risques liés à la perte de l'alimentation électrique ;
  - ✓ les risques liés à la perte des fluides ;
  - ✓ les risques liés à la perte de la ventilation ;
  - ✓ les risques liés à la perte de la surveillance ;
  - ✓ les risques liés à la perte du contrôle commande ;
  - ✓ les risques liés à l'inondation interne ;
  - ✓ les risques liés aux substances dangereuses non radioactives ;
  - ✓ les risques liés à l'émission de projectiles ;
  - ✓ les risques liés aux équipements sous pression ;
  - ✓ les risques liés au vieillissement ;
- les risques d'agressions dites « externes ». Ce sont les risques non nucléaires, naturels ou anthropiques, survenant à l'extérieur de l'INB :
  - ✓ les risques liés aux chutes d'aéronefs ;
  - ✓ les risques liés à l'environnement industriel et aux voies de communication,
  - ✓ les risques liés au séisme ;
  - ✓ les risques liés à l'inondation externe ;
  - ✓ les risques liés aux conditions météorologiques ou climatiques extrêmes ;

- ✓ les risques liés à la foudre et aux interférences électromagnétiques[1] ;
- ✓ les risques liés à l'incendie externe.

À ces catégories est ajoutée l'étude des risques spécifiques suivants :

- les risques conventionnels associés aux opérations de construction, aux essais préalables à la mise en service et à la mise en œuvre de substances dangereuses non radioactives ;
- les risques liés à la coactivité travaux/exploitation nucléaire ;
- les risques liés aux facteurs organisationnels et humains (FOH) ;
- l'étude des situations d'accidents issues d'actes de malveillance[2].

1.2.4 Les dispositions de maîtrise des risques

L'analyse des risques, au-delà d'intégrer l'identification des défaillances et agressions qui peuvent survenir, identifie des dispositions permettant de les réduire ou de les limiter.

Ces dispositions peuvent être techniques, humaines ou organisationnelles. En cohérence avec le principe de défense en profondeur, elles peuvent :

- prévenir les risques : réduire le risque d'occurrence d'un événement non souhaité ;
- maîtriser la survenue d'un événement non souhaité : détecter l'événement et ramener l'installation dans son fonctionnement normal ;
- limiter les conséquences : rendre les conséquences des évènements non souhaités (ENS) les plus faibles possibles voire les supprimer.

L'identification de ces dispositions réparties, autant que de besoin, sur les différents niveaux de défense en profondeur permet d'analyser et de maîtriser les risques.

Parmi les dispositions techniques de maîtrise des risques, certaines assurent ou concourent au maintien des fonctions de protection de l'installation. À ce titre, elles peuvent être classées EIP et des exigences définies leur sont assignées afin de garantir leurs performances (cf. Critères d'identification et liste des EIP au chapitre 13 du présent volume).

1.3 L'analyse par situation de fonctionnement

1.3.1 Le principe

Cette étape consiste à déterminer et étudier les situations susceptibles de faire sortir l'installation de son fonctionnement normal et dégradé et de remettre en cause une fonction de sûreté.

Les objectifs de l'analyse par situation de fonctionnement sont :

- d'identifier les différents scénarios menant à un évènement non souhaité (ENS) en fonction des différentes possibilités de défaillance ou d'agression et les moyens techniques, humains et organisationnels de gestion associé :

---

[1] Les interférences électromagnétiques d'origine interne sont également traitées dans le chapitre 4.6 du présent volume relatif à l'analyse des risques liés aux interférences électromagnétiques d'origine externe.

[2] L'étude des situations d'accidents issues d'actes de malveillance est réalisée dans une partie séparée de la version préliminaire du rapport de sûreté, dans le respect des règles applicables au secret de la défense nationale et conformément à l'article 2.4 de l'annexe à la décision n° 2015-DC-0532 de l'Autorité de sûreté nucléaire relative au rapport de sûreté des installations nucléaires de base (4).

  - ✓ de quelle manière l'installation ou le système peuvent sortir de leur fonctionnement normal et en mode dégradé en identifiant les modes de défaillances et d'agressions pouvant s'appliquer au système et à son procédé ;
  - ✓ quelle(s) cible(s) cet événement est-il susceptible d'impacter ;
  - ✓ quelles sont les dispositions existantes et mises en jeu pour maîtriser le risque et identifier de quelle manière les fonctions de protection peuvent être impactées ;
- de grouper les ENS de même nature en un nombre limité de situations dites de fonctionnement selon leur vraisemblance ;
- d'identifier les ENS dits « enveloppes » au sein de chaque situation de fonctionnement afin d'évaluer leur impact potentiel sur les personnes et l'environnement ;
- de vérifier le respect des objectifs de protection pour chaque scénario « enveloppe » ;
- de démontrer qu'il existe des marges suffisantes pour chaque scénario « enveloppe » ;
- de vérifier que les moyens techniques, humains et organisationnels qui garantissent la maîtrise de la sûreté de l'installation sont correctement dimensionnés.

En outre, l'analyse par situation de fonctionnement vise à rechercher d'éventuels modes communs et à identifier les dispositions complémentaires de maîtrise des risques.

Les situations de fonctionnement couvrent :

- les situations normales et dégradées du domaine de dimensionnement ;
- les situations incidentelles et accidentelles du domaine de dimensionnement : il s'agit de situations jugées vraisemblables afin de déterminer, sur la base d'une démarche conservative, les dispositions techniques humaines et organisationnelles à mettre en œuvre afin de limiter leurs effets ;
- les situations accidentelles du domaine d'extension du dimensionnement pouvant être la résultante d'évènements cumulés ou d'évènements extrêmes (dont les ECS) : les événements plus complexes ou plus sévères ayant une très faible vraisemblance compte tenu des dispositions de prévention retenues (évènements accidentels aggravés, cumuls d'évènements indépendants, cumuls de défaillances) afin de vérifier la robustesse de l'installation et de renforcer, le cas échéant, la capacité de l'installation à y faire face par la mise en place d'éventuelles dispositions matérielles et organisationnelles complémentaires ;
- les situations exclues : il s'agit de situations pour lesquelles un nombre important de dispositions sont cumulées et dont la robustesse est avérée (situation hautement improbable) ou de situations physiquement impossibles. Ces situations ne font pas l'objet d'évaluation. La justification de leur exclusion est apportée et les dispositions techniques qui concourent à leur exclusion constituent des EIP.

1.3.2 Les situations de fonctionnement[3]

1.3.2.1 Les situations du domaine de dimensionnement

Le domaine de dimensionnement comprend les situations de fonctionnement normal, en mode dégradé, incidentelles et accidentelles. Un ensemble d'accidents de dimensionnement est défini en vue de fixer les conditions aux limites sur la base desquelles sont conçues les dispositions techniques, humaines et organisationnelles afin de limiter leurs effets.

[3] Au titre de la définition des situations de fonctionnement de l'installation, sont également retenues et analysées des situations extrêmes associées à des aléas naturels (séisme, pluie, etc.) d'une intensité nettement supérieure à celle retenue dans le dimensionnement. L'étude de ces situations extrêmes fait l'objet du chapitre 10 du présent volume.

1.3.2.1.1 Les situations de fonctionnement normal et en mode dégradé

LE FONCTONNEMENT NORMAL ET EN MODE DEGRADE

Le fonctionnement normal[4] correspond au « *fonctionnement de l'INB qui comprend l'ensemble des états et des opérations courantes de l'installation, y compris les situations de maintenance ou d'arrêt programmés, que les matières radioactives soient présentes ou non. Relève également du fonctionnement normal toute situation définie comme telle dans la démonstration mentionnée au deuxième alinéa de l'article L. 593-7 du code de l'environnement.* ».

Le fonctionnement en mode dégradé correspond au « *fonctionnement en dehors du fonctionnement normal dont l'acceptabilité pour une durée limitée vis-à-vis des intérêts mentionnés à l'article. 593-1 du code de l'environnement est démontrée au titre du deuxième alinéa de l'article L. 593-7 du même code* ».

Les installations et ouvrages sont conçus pour permettre la réalisation d'opérations répondant aux besoins fonctionnels attendus. Ces opérations sont réalisées dans le cadre de situations dites de fonctionnement normal ou dégradé pour lesquelles les exigences de sûreté doivent être respectées.

Pour garantir la réponse aux besoins fonctionnels de l'INB et le respect des exigences, des études de dimensionnement sont réalisées pour définir les performances requises des composants de l'INB mis en œuvre, les caractéristiques associées et les contraintes liées aux actions prévues pour les exploiter.

À l'issue des études réalisées sont fixées les limites du domaine de dimensionnement pour les situations de fonctionnement normal et en mode dégradé. Ces limites sont par la suite reprises dans les règles générales d'exploitation (RGE) qui fixent les conditions et les actions prévues pour le maintien et le retour, en cas de déviation, à un fonctionnement normal de l'installation.

1.3.2.1.2 Les situations incidentelles et accidentelles

NOTE IMPORTANTE

Un incident ou accident correspond « *à tout événement non prévu en fonctionnement normal ou en fonctionnement en mode dégradé et susceptible de dégrader la protection des intérêts mentionnés à l'article L. 593-1 du code de l'environnement ; les conséquences potentielles ou réelles d'un accident sont plus graves que celles d'un incident* ».

Les situations incidentelles et accidentelles dites de dimensionnement sont celles pour lesquelles la conception de l'INB doit :

- prévenir l'occurrence de ces situations, ce qui implique généralement un renforcement des performances attendues et donc des critères relatifs au dimensionnement des composants, aux conditions et/ou aux actions prévus pour assurer le respect des objectifs de sûreté ;
- permettre un retour de l'installation à un état sûr et contrôlé, ce qui peut également aboutir à l'implantation de dispositions spécifiques ;
- minimiser leur impact, ce qui implique des dispositions complémentaires de mitigation dimensionnées et implantées pour assurer cette fonction en vue de respecter les critères de sûreté associés au type ou à la catégorie d'accidents concernés.

Les situations incidentelles se caractérisent comme des situations dont la fréquence d'occurrence est modérée et les conséquences sur les personnes et l'environnement sont faibles. L'analyse de ces situations permet de vérifier le dimensionnement de l'installation au titre du premier et du second niveau du principe de défense en profondeur (prévenir l'occurrence de ces situations et permettre un retour de l'installation dans une situation de fonctionnement normal). Ces situations ne requièrent pas la mise en œuvre de dispositions de mitigation.

[4] Le domaine de fonctionnement normal et en mode dégradé de l'installation est présenté au chapitre 1 du volume 9 et au chapitre 2 du volume 5 du présent rapport.

Les situations accidentelles se caractérisent comme des situations dont la fréquence d'occurrence et les conséquences associées sont jugées inacceptables vis-à-vis des objectifs de sûreté des installations en l'absence de dispositions spécifiques à leur gestion. Ces situations dimensionnent les dispositions de mitigation (troisième niveau de la défense en profondeur).

Certaines d'entre elles peuvent également être orientées par les décisions, règles fondamentales de sûreté (RFS) et guides applicables. Elles requièrent la mise en œuvre de dispositions de mitigation spécifiques au titre du troisième niveau de la défense en profondeur.

1.3.2.2 Les situations du domaine d'extension du dimensionnement

Le domaine d'extension du dimensionnement est composé de situations peu vraisemblables pouvant survenir à la suite de défaillances multiples de systèmes de sûreté ou d'événements cumulés, y compris des événements extrêmes (ECS). Ces situations sont susceptibles de conduire à une dégradation significative de l'état de l'installation et/ou compromettre l'intégrité de plusieurs ou de l'ensemble des barrières faisant obstacle au relâchement des substances radioactives. L'analyse de ces situations permet de vérifier la robustesse de l'installation et de déterminer celles pour lesquelles des dispositions de protection sont nécessaires en cas d'effet falaise.

Parmi l'ensemble de ces situations, sont identifiées les situations d'urgence nécessitant la mise en place d'une organisation et des dispositions matérielles qui dimensionnent le plan d'urgence interne (PUI).

Ces situations sont constituées :

- de situations accidentelles non retenues comme situation de dimensionnement compte tenu de leur faible vraisemblance (ex. Cumul de défaillances internes indépendantes) ;
- de situations extrêmes (ECS) qui couvrent les aléas naturels extrêmes d'une intensité nettement supérieure à celle retenue dans le dimensionnement : le séisme, l'inondation, les autres phénomènes naturels et les cumuls d'agressions ainsi que la perte postulée de certaines utilités. L'étude de ces situations peuvent conduire à la mise en place de dispositions complémentaires (classées EIP), constituant un noyau dur.

1.3.2.3 Les situations exclues

Il s'agit de situations accidentelles pour lesquelles un nombre important de dispositions sont cumulées et dont la robustesse est avérée (situation extrêmement improbable avec un haut degré de confiance au regard des objectifs de sûreté) ou de situations physiquement impossibles.

Ces situations ne font pas l'objet d'évaluation. La justification de leur exclusion est apportée au chapitre 8 du présent volume. Les dispositions techniques qui concourent à l'exclusion de ces situations constituent des EIP.

1.3.3 Les règles d'étude des situations de fonctionnement

1.3.3.1 Les règles d'étude des situations du domaine de dimensionnement

Les situations du domaine de dimensionnement qui conduisent à des conséquences similaires sont regroupées en un nombre limité de situations dites « enveloppes ». Elles sont étudiées avec des hypothèses pénalisantes, permettant :

- de garantir que les situations « enveloppes » couvrent l'ensemble des situations de même type (mêmes conditions, même événement initiateur, mêmes dispositions de maîtrise, etc.) susceptibles d'être rencontrées ;
- de disposer de marges de sûreté vis-à-vis des critères à respecter pour couvrir les incertitudes liées à la phénoménologie des événements impliqués.

L'étude des situations « enveloppes » a pour objectif :

- d'évaluer les conséquences radiologiques et non radiologiques sur les personnes et l'environnement (relâchement de substances radioactives, irradiation, effets thermiques…) ;
- de conclure sur l'acceptabilité des situations étudiées au regard des objectifs de protection.

De plus, pour l'étude des situations incidentelles et accidentelles liées aux principaux risques retenus à l'issue de l'analyse des risques, une défaillance interne la plus défavorable d'un EIP (dégradation de la performance d'un système actif) sollicité par l'incident ou l'accident, indépendante de l'initiateur de l'incident ou de l'accident, est considérée. La prise en compte de cet aggravant ne modifie pas le classement de la situation étudiée.

1.3.3.2 Les règles d'étude des situations du domaine d'extension du dimensionnement

Les situations du domaine d'extension du dimensionnement sont étudiées avec des hypothèses d'études dites « réalistes » (*i.e.* Moins pénalisantes) car le but est de vérifier la robustesse de la démonstration (le cas échéant, de définir les dispositions de sauvegarde nécessaires). Cette démarche n'intègre pas la prise en compte de « marges de sûreté » et ne prend pas en compte d'aggravant. Cependant, un conservatisme peut être nécessaire pour les paramètres les plus prépondérants dans le déroulement de l'accident.

1.3.3.3 Les prise en compte des cumuls indépendants dans les situations de fonctionnement

L'étude des situations du domaine de dimensionnement et d'extension du dimensionnement est complétée par l'identification et l'étude de situations de cumuls indépendants. Il est considéré au plus le cumul de deux événements. Ces situations peuvent relever du domaine de dimensionnement ou d'extension du dimensionnement. Chaque situation résultante est étudiée conformément à son classement.

Les différents types de cumuls sont :

- le cumul d'un évènement de dimensionnement (agression interne, agression externe ou défaillance interne), représentatif d'un ensemble d'événements, avec une agression interne ;
- le cumul d'un événement de dimensionnement (agression interne, agression externe ou défaillance interne), représentatif d'un ensemble d'événements, avec une agression externe ;
- le cumul d'une défaillance d'une disposition de maîtrise des risques associées au niveau 3 de la défense en profondeur appelée au cours du scénario (disposition de protection).

Les effets induits par une agression ou une défaillance interne ne sont pas considérés dans l'analyse des cumuls indépendants. Ils sont analysés dans le cadre des effets induits par l'agression ou la défaillance initiale (ex : incendie de kérosène induit par une chute d'aéronef).

L'étude des situations de cumuls passe par :

- l'examen de la plausibilité de chaque situation de cumul à analyser : chaque situation de cumuls est examinée au regard de sa vraisemblance ou de sa probabilité compte tenu des événements cumulés. Ainsi, la concomitance de deux événements de faible vraisemblance ou probabilité peut être exclue de l'analyse ;
- l'analyse de chaque situation de cumuls afin d'identifier si elle conduit à une aggravation des conséquences sur la sûreté de l'installation, notamment si elle peut impacter les lignes de défense assurant des fonctions de sûreté. Ainsi, une situation de cumuls qui ne présente pas de caractère aggravant n'est pas étudiée. Certains cumuls peuvent également être écartés de l'analyse si les conséquences d'une autre agression sont enveloppes ;

- les situations de cumuls résultantes (qui n'ont pas été écartées aux étapes précédentes) complètent la liste des situations de fonctionnement, que ce soient celles de dimensionnement ou d'extension du dimensionnement et sont étudiées selon leur classement.

L'exclusion de chaque situation de cumuls est accompagnée d'une justification.

1.4 L'évaluation des impacts radiologiques et chimiques

La démarche d'évaluation des impacts radiologiques et chimiques, pour les différentes situations du domaine de dimensionnement et d'extension de dimensionnement, et les différentes hypothèses associées, sont présentées au chapitre 8 du présent volume.

Pour mémoire, les objectifs de protection liés aux risques radiologiques et non radiologiques sont présentés au volume 2 du présent rapport.

2

Les risques internes nucléaires

2.1 Les risques liés à la dissémination de substances radioactives 24
2.2 Le risque d'exposition aux rayonnements ionisants 47
2.3 Le risque de criticité 72
2.4 Les risques liés à la thermique des colis de déchets 83
2.5 Les risques liés aux gaz inflammables produits par radiolyse et par corrosion 96

2.1 Les risques liés à la dissémination de substances radioactives

2.1.1 La présentation des risques

2.1.1.1 Les généralités

Les risques de dissémination de substances radioactives dans l'INB découlent de l'éventualité d'une migration vers les locaux de travail et l'environnement des substances radioactives lors des opérations d'exploitation. Les opérations et les installations de l'INB sont décrites dans le volume 5 du présent rapport.

En situation de fonctionnement normal ou dégradé, les risques proviennent de la présence potentielle de contamination surfacique labile sur les colis de déchets[5] et les emballages de transport reçus dans l'INB ainsi que sur les équipement et enveloppes de conditionnement des déchets solides et effluents produits lors de l'exploitation de l'installation.

En situations incidentelles ou accidentelles, les risques de dissémination sont liés, soit à une défaillance intrinsèque d'une barrière de confinement, soit à une agression d'origine interne ou externe susceptible de mobiliser *a minima* la contamination surfacique labile externe, voire d'endommager les barrières de confinement des substances radioactives.

2.1.1.2 La localisation des substances radioactives dans l'INB

2.1.2 Les principes retenus

La maîtrise des risques de dissémination de substances radioactives est assurée par l'organisation de l'installation en systèmes de confinement.

Un premier système de confinement est conçu pour assurer un confinement aussi total que possible, de manière à éviter une dissémination de la radioactivité dans les zones de circulation de personnel ou dans l'environnement. Un système de confinement est un ensemble cohérent de barrière(s) physique(s) et/ou de systèmes de confinement dynamique.

Le premier système de confinement est le colis (primaire et/ou de stockage en fonction du mode de stockage retenu) pour les déchets HA ou MA-VL ainsi que les équipements ou enveloppes de conditionnement en contact direct des déchets et effluents induits par l'exploitation.

Un second système de confinement est prévu en tout point où la continuité du premier système de confinement ne peut être totalement garantie. Le second système de confinement a pour but de limiter l'expansion de l'éventuelle contamination des déchets en cas de perte du premier système de confinement.

Ce second système est constitué d'au moins une barrière de confinement statique pouvant être complétée par un système de confinement dynamique assurant une protection supplémentaire de l'environnement contre la dissémination des substances radioactives.

Ces principes sont appliqués dans le cadre de la présente démonstration de sûreté et sont détaillés aux chapitres 2.1.4, 2.1.5 et 2.1.6 du présent volume.

2.1.3 Les objectifs de sûreté associés aux risques de dissémination des substances radioactives

Afin de répondre aux objectifs de protection vis-à-vis des risques radiologiques présentés au volume 2 du présent rapport, les objectifs de sûreté vis-à-vis des risques de dissémination des substances radioactives sont établis de manière proportionnée aux enjeux de sûreté conformément aux principes de défense en profondeur.

Ils fixent le nombre de barrières (cumulées sur les différents systèmes de confinement) dont l'efficacité est à garantir en situations normale, dégradées, incidentelle et accidentelle.

Les objectifs retenus pour l'INB en fonction des situations de fonctionnement sont les suivants :

- présence de deux barrières de confinement indépendantes pour les situations normales et dégradées de fonctionnement ;
- maintien en permanence d'au moins une barrière de confinement pour les situations incidentelles et accidentelles.

2.1.4 Les premiers systèmes de confinement

2.1.4.1 Les premiers systèmes de confinement des déchets HA et MA-VL

2.1.4.1.1 Le premier système de confinement des déchets HA

Le premier système de confinement pour les déchets HA est assuré :

- par les colis primaires pour les opérations préalables à leur mise en conteneur de stockage ;
- par le colis de stockage constitué de plusieurs barrières de confinement : colis primaire et conteneur de stockage en acier.

Les colis primaires et de stockage sont présentés au volume 3 du présent rapport.

La figure 2-1 présente le premier système de confinement associé aux déchets HA en colis de stockage.

Figure 2-1 Illustration du système de confinement associé aux déchets HA en colis de stockage

2.1.4.1.2 Le premier système de confinement des déchets MA-VL

Le premier système de confinement des déchets MA-VL est assuré par les colis primaires pour les opérations préalables à leur éventuelle mise en conteneur de stockage.

Le premier système de confinement est par la suite assuré par le colis de stockage. Pour rappel (cf. Volumes 3 du présent rapport), deux modes de stockage sont retenus pour le stockage des colis primaires de déchets MA-VL :

- le stockage de colis primaire directement en alvéole de stockage, qui concerne certaines familles de colis pour lesquelles le colis primaire satisfait aux fonctions attribuées à un colis de stockage avec un conteneur de stockage. Pour le stockage direct, deux sous-configurations sont possibles :
  - ✓ le stockage de colis primaires directement en alvéole ;
  - ✓ le stockage de colis primaires en panier de stockage pour permettre la manutention de plusieurs colis primaires dans un même panier et donc limiter les flux de transfert ;
- le stockage de colis primaires de déchets MA-VL après mise en conteneur de stockage. Deux sous-configurations sont possibles :
  - ✓ le stockage en conteneur standard, avec couvercle vissé ;
  - ✓ le stockage en conteneur renforcé vis-à-vis du confinement, c'est-à-dire avec un couvercle vissé et clavé.

Les colis primaires et de stockage sont présentés au volume 3 du présent rapport.

a) Le cas du stockage direct

Des colis primaires ne sont pas préalablement conditionnés en conteneur de stockage mais sont stockés directement en alvéole de stockage. Ce type de colis primaire satisfait aux fonctions attribuées à un colis primaire qui serait mis en conteneur de stockage standard.

b) Le cas du stockage en conteneur standard

Un ou plusieurs colis primaires mis dans un conteneur de stockage standard constituent le colis de stockage. Ce colis de stockage devient alors le premier système de confinement. La première barrière de confinement statique reste assurée par le colis primaire. Le conteneur de stockage MA-VL n'a pas de rôle de confinement en fonctionnements normal et en mode dégradé. Il a pour fonction de résister à certaines agressions (chute, incendie) assurant ainsi une rétention de substances radioactives qui pourraient être remises en suspension pour lesdites agressions.

c) Le cas du stockage en conteneur renforcé vis-à-vis du confinement

Les performances de confinement des colis primaires MA-VL sur la durée de la phase de fonctionnement peuvent être variables pour certaines familles de colis de déchets MA-VL de par la nature des déchets qu'ils contiennent et du mode de conditionnement retenu par les producteurs. Pour pallier cette variabilité sur le comportement des colis primaires dans la durée, la fonction de confinement peut faire intervenir le conteneur de stockage comme complément de barrière de confinement statique des déchets. Dans cette situation, le colis de stockage est clavé après chargement du ou des colis primaires en conteneur.

Cette opération consiste à injecter un liant de clavage dans l'interstice résiduel entre le corps du conteneur et le couvercle.

La figure 2-2 présente le premier système de confinement en fonction du mode de stockage retenu pour des colis de déchets stockés en alvéoles de stockage MA-VL.

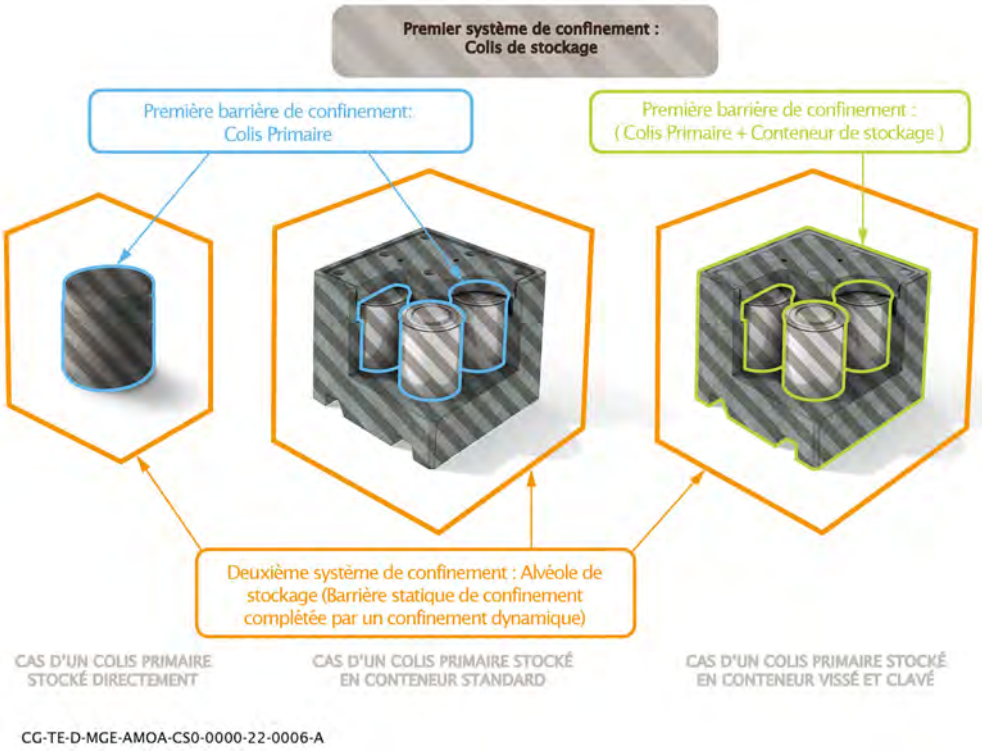


Figure 2-2 Illustration des systèmes de confinement des déchets MA-VL stockés en alvéoles de stockage en fonction du mode de stockage retenu

2.1.4.2 Le maintien dans le temps du confinement des colis de déchets stockés en alvéoles de stockage

2.1.4.2.1 Le maintien du confinement des colis de déchets MA-VL stockés

Le maintien du confinement des colis de déchets MA-VL est assuré pendant le fonctionnement des alvéoles de stockage MA-VL par la capacité du maintien du confinement intrinsèque des colis primaires stockés directement et des colis primaires mis en conteneurs de stockage « standards ».

Pour les colis primaires mis en conteneurs de stockage « renforcés vis-à-vis du confinement », le maintien du confinement est assuré par le colis de stockage (colis primaire plus conteneur de stockage).

La maîtrise de conditions d'environnement favorables au sein des alvéoles (contrôle de l'hygrométrie et de la température notamment) permet de maitriser le vieillissement des colis de stockage et donc d'assurer le maintien du confinement.

Le confinement des colis de déchets stockés est donc maintenu pour toutes les situations du domaine de dimensionnement de l'installation durant la phase de fonctionnement. Ainsi l'éventualité d'une perte du maintien du confinement est peu probable. Cette situation fait néanmoins l'objet d'une estimation d'impact radiologique aux populations au titre de l'évaluation de la robustesse de l'installation (cf. Chapitre 8 du présent volume). Cette éventualité se déroulant en alvéoles MA-VL, l'air extrait est filtré avant rejet à l'émissaire (cf. Chapitre 2.1.6.4 du présent volume).

2.1.4.2.2 Le maintien du confinement des déchets HA stockés

Le maintien du confinement des colis de déchets HA stockés est assuré en phase de fonctionnement par :

- la robustesse du colis primaire assurant la première barrière de confinement statique des déchets HA ;
- la robustesse de la seconde barrière de confinement statique (cf. Le dimensionnement approprié du conteneur de stockage HA présenté au chapitre 2 du volume 3 du présent rapport et dans le « Dossier de justification de la conception des conteneurs de stockage des colis HA » (5)) couplée à la maitrise des conditions d'environnement des colis.

Ainsi, les deux barrières statiques du premier système de confinement continuent de jouer leur rôle sur toute la durée de la phase de fonctionnement.

La robustesse du conteneur de stockage vis-à-vis de la corrosion est assurée par sa conception (par exemple les choix des matériaux, l'épaisseur retenue et la qualité des procédés de fabrication et de contrôles). L'ensemble des dispositions pour limiter la corrosion des conteneurs de stockage HA sont détaillées dans le document référencé (5).

La maîtrise des conditions d'ambiance favorables pour limiter l'agression du conteneur de stockage par corrosion des colis contribue à préserver le confinement des déchets HA. Ainsi différentes dispositions techniques sont mises en place telles que le maintien de l'atmosphère interne de l'alvéole dans des conditions proches de l'anoxie ou la limitation d'arrivée des eaux d'exhaure et leur évacuation. Ces dispositions sont détaillées dans le « Dossier de justification de la conception de l'alvéole HA » (6).

2.1.4.3 Le premier système de confinement associé aux autres substances radioactives

Les principales substances radioactives autres que celles contenues dans les colis de déchets sont les suivantes :

- déchets nucléaires induits par l'exploitation ;
- effluents liquides issus des zones à production possible de déchets nucléaires.

2.1.4.3.1 Le premier système de confinement des déchets nucléaires induits par l'exploitation

Les déchets nucléaires induits par l'exploitation (cf. Volume 5 du présent rapport), d'activités très faibles comparativement aux colis stockés, sont produits notamment lors des phases de maintenance d'équipements et de contrôle des colis de déchets (remplacement des filtres THE, frottis, etc.).

Le confinement statique de ces déchets est assuré par des enveloppes (saches vinyles) dans lesquelles ils sont conditionnés. Ces enveloppes constituent le premier système de confinement des déchets nucléaires d'exploitation.

2.1.4.3.2 Les premiers systèmes de confinement des effluents issus des zones à production possible de déchets nucléaires

Les effluents liquides issus des zones à production possible de déchets nucléaires sont présentés dans le volume 5 du présent rapport.

Ces effluents font l'objet de contrôles de contamination.

Le confinement statique de ces effluents est assuré par les moyens de collecte et les cuves dans lesquelles ils sont recueillis. Ces cuves constituent le premier système de confinement statique.

2.1.5 Les seconds systèmes de confinement

Un second système de confinement est mis en place afin de pallier une éventuelle défaillance ou agression du premier système de confinement. Il limite la dissémination de substances radioactives dans les locaux adjacents et dans l'environnement en cas de perte du premier système de confinement.

Ce second système est constitué d'au moins une barrière de confinement statique pouvant être complétée par un système de confinement dynamique. Les éléments associés au confinement dynamique sont présentés au chapitre 2.1.6 du présent volume.

2.1.5.1 Le second système de confinement des déchets HA

Lors des opérations de réception des colis primaires HA, le second système de confinement est assuré par les emballages de transport. Ces emballages de transport assurent le confinement statique jusqu'au retrait de leur couvercle en cellule de déchargement.

Préalablement à l'accostage des emballages de transport à la cellule de déchargement, des brides d'accostage sont fixées sur leur couvercle afin de garantir la continuité du confinement statique lors de l'opération de retrait du couvercle.

L'accostage de l'emballage de transport assure la continuité d'une seconde barrière de confinement statique lors de l'ouverture de l'emballage de transport. Les opérations d'accostage et d'ouverture de l'emballage de transport sont effectuées comme suit :

- mise en contact de l'emballage de transport au système d'accostage de la cellule de déchargement des emballages de transport ;
- verrouillage du système d'accostage à l'emballage de transport ;
- déverrouillage et retrait des bouchons en béton de la cellule ;

- fixation du grappin du pont de cellule à la tape d'accostage. Cette liaison permet simultanément le déverrouillage de la tape et le verrouillage avec la bride d'accostage associée au couvercle de l'emballage afin de maintenir une continuité de la deuxième barrière de confinement statique ;
- retrait de l'ensemble constitué de la tape d'accostage, de la bride d'interface et du couvercle de l'emballage.

La figure 2-3 illustre le système d'accostage mis en place au poste d'accostage.

Figure 2-3 Illustration du système d'accostage mis en place au poste d'accostage des emballages de transport

Après ouverture de l'emballage de transport dans la cellule de déchargement des colis primaires, le second système de confinement est assuré par une nouvelle barrière de confinement statique constituée par :

- les parois de la cellule de déchargement ;
- la cavité interne de l'emballage de transport ouvert accosté jusqu'à la fermeture de la cellule de déchargement ;
- les traversées de la cellule ;
- les équipements passifs du réseau de ventilation jusqu'aux caissons filtres THE.

Cette deuxième barrière de confinement statique est complétée par un système de confinement dynamique (cf. Chapitre 2.1.6.1 du présent volume).

Après déchargement de l'emballage de transport, les bouchons de la cellule sont remis en place. Les bouchons de la cellule sont équipés de joints permettant de garantir la continuité du confinement statique de la cellule de déchargement des emballages de transport.

Jusqu'à la fin de la confection des colis de stockage, le second système de confinement des déchets HA est assuré par une barrière de confinement statique représentée par les parois et traversées des locaux dans lesquels circulent ou sont entreposés les colis de déchets ainsi que par les équipements passifs du réseau de ventilation jusqu'aux caissons filtres THE. Cette deuxième barrière de confinement statique est complétée par un système de confinement dynamique (cf. Chapitre 2.1.6.1 du présent volume).

Pour les étapes du process nucléaire se déroulant après la confection des colis de stockage et leur contrôle (contrôle C6, cf. Chapitre 2.1.7.1.1 du présent volume), la présence d'un second système de confinement n'est pas requise compte tenu de l'existence, à cette étape, des deux barrières statiques de confinement (colis primaire et conteneur de stockage) constituant le premier système de confinement.

2.1.5.2 Le second système de confinement des déchets MA-VL

2.1.5.2.1 Avant mise en hotte des colis de stockage MA-VL

Quel que soit le mode de déchargement (horizontal ou vertical) des emballages de transport, le second système de confinement des déchets MA-VL est identique à celui des déchets HA jusqu'aux éventuelles opérations de confection des colis de stockage.

Ensuite et jusqu'à la mise en hotte de transfert, comme présenté sur la figure 2-2, le second système de confinement des déchets MA-VL est assuré par une barrière de confinement statique constituée des parois et traversées des locaux dans lesquels circulent ou sont entreposés les colis de déchets MA-VL et les équipements passifs du réseau de ventilation jusqu'aux caissons filtres THE. Cette seconde barrière de confinement statique est complétée par un système de confinement dynamique (cf. Chapitre 2.1.6.1 du présent volume).

2.1.5.2.2 La mise en hotte des colis de stockage MA-VL

La mise en hotte des colis de stockage MA-VL est réalisée dans la cellule de mise en hotte de transfert MA-VL. Lors de cette opération, le colis de stockage est introduit dans la hotte présente dans le parc à hottes et accostée à la façade d'accostage.

Avant accostage de la hotte MA-VL, le second système de confinement est assuré par une barrière de confinement statique constituée des parois de la cellule, des traversées de la cellule et de la façade d'accostage et des équipements passifs du réseau de ventilation jusqu'aux caissons filtres THE. Un joint gonflable situé en périphérie de la porte de la façade d'accostage garantit le confinement statique lorsque celle-ci est fermée.

Le confinement lors des opérations d'accostage des hottes MA-VL, de mise en hotte des colis puis de désaccostage est garanti par les actions de déverrouillage/verrouillage des portes et par la présence, d'une part, de joints gonflables, d'autre part, d'un joint non gonflable placé entre les portes de la hotte et de la façade.

Après accostage de la hotte à la façade, le second système de confinement est assuré par une barrière de confinement statique constituée des parois et traversées de la cellule de mise en hotte de transfert MA-VL, des équipements passifs du réseau de ventilation jusqu'aux caissons filtres THE ainsi que de l'enceinte de confinement interne de la hotte de transfert. Cette barrière de confinement statique est complétée par un système de confinement dynamique (cf. Chapitre 2.1.6 du présent volume).

La figure 2-4 présente la façade d'accostage et les joints d'étanchéité associés.

Figure 2-4 Illustration de la façade d'accostage MA-VL fermée et ouverte (sans hotte accostée)

Une fois le colis de stockage MA-VL chargé et la porte de la hotte fermée, le second système de confinement est assuré par l'enceinte de confinement de la hotte de transfert. L'enceinte de confinement assure le rôle de barrière de confinement statique.

2.1.5.2.3 Le transfert des colis de stockage MA-VL dans l'installation souterraine

Tout au long du trajet du colis de déchets MA-VL depuis leur mise en hotte jusqu'à la façade d'accostage des alvéoles de stockage MA-VL, le second système de confinement est assuré par l'enceinte de confinement statique des hottes de transfert MA-VL (cf. Figure 2-5).

En fonctionnement normal ou dégradé, cette enceinte prévient tout risque de dissémination de substances radioactives en dehors de la hotte par migration de la contamination surfacique labile du colis de stockage qu'elle contient.

La hotte de transfert MA-VL continue de jouer son rôle de second système de confinement quels que soient les situations de incidentelles et accidentelles de dimensionnement (chute, choc, collision, incendie, séisme…) et préserve le colis de stockage qu'elle contient de toutes agressions mécanique et thermique qui pourraient conduire à la dégradation de son confinement.

La hotte de transfert MA-VL est conçue pour assurer une classe de confinement C1 au sens de la norme ISO 17873 de 2006 (7) dans les locaux où elle transite chargée (cf. « Dossier de justification de la conception du process nucléaire souterrain » (8)). À ce titre l'enceinte de confinement de la hotte est classée suivant la norme ISO 10 648-2 de 1994 (9) en classe 4 (taux de fuite horaire inférieur à 0,1 (enceinte de confinement à atmosphère pouvant être dangereuse).

La figure 2-5 suivante présente une illustration des principaux éléments composant en hotte de transfert MA-VL.

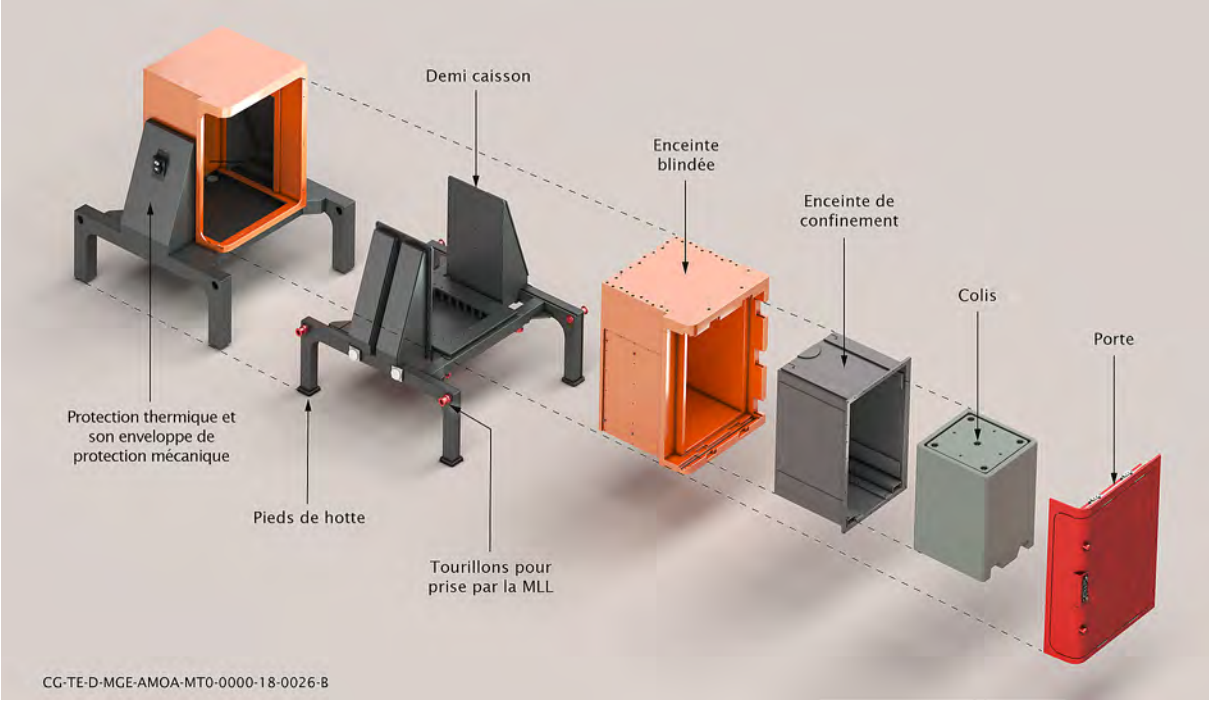


Figure 2-5 Illustration de la hotte de transfert MA-VL

2.1.5.2.4 La mise en alvéole des colis de stockage MA-VL

Suite au transfert des colis de stockage MA-VL en hotte jusqu'à la galerie d'accès MA-VL, ceux-ci sont mis en stockage dans les alvéoles MA-VL. La hotte de transfert est accostée suivant un processus similaire à celui présenté pour l'accostage des hottes dans le bâtiment nucléaire de surface EP1.

L'opération d'accostage des hottes MA-VL à la façade d'accostage de l'alvéole en galerie d'accès MA-VL et le transfert des colis vers l'alvéole puis l'opération de désaccostage (cf. Chapitre 2 du volume 5 du présent rapport) repose sur des équipements et un process identique à celui retenu pour le transfert des colis dans la hotte en surface. Le confinement est assuré de manière analogue (cf. Chapitre 2.1.5.2.2 du présent volume).

Après accostage de la hotte à la façade d'accostage de l'alvéole, comme en surface, le second système de confinement est assuré par une barrière statique de confinement constituée des différentes parois et traversées ainsi que de l'enceinte de confinement interne de la hotte de transfert. Cette barrière de confinement statique est complétée par un système de confinement dynamique (cf. Chapitre 2.1.6 du présent volume).

2.1.5.2.5 Dans l'alvéole de stockage MA-VL

Lorsque le colis de stockage MA-VL est en cellule de manutention de l'alvéole de stockage, avec la porte de la façade d'accostage fermée, le second système de confinement est assuré par une barrière de confinement statique constituée des parois de la cellule de manutention (dont la façade d'accostage) et de la partie utile de l'alvéole, des traversées et des équipements passifs du réseau de ventilation (gaine d'extraction, caissons de filtration THE). Cette barrière de confinement statique est complétée par un système de confinement dynamique.

La figure 2-6 présente la paroi d'accostage.

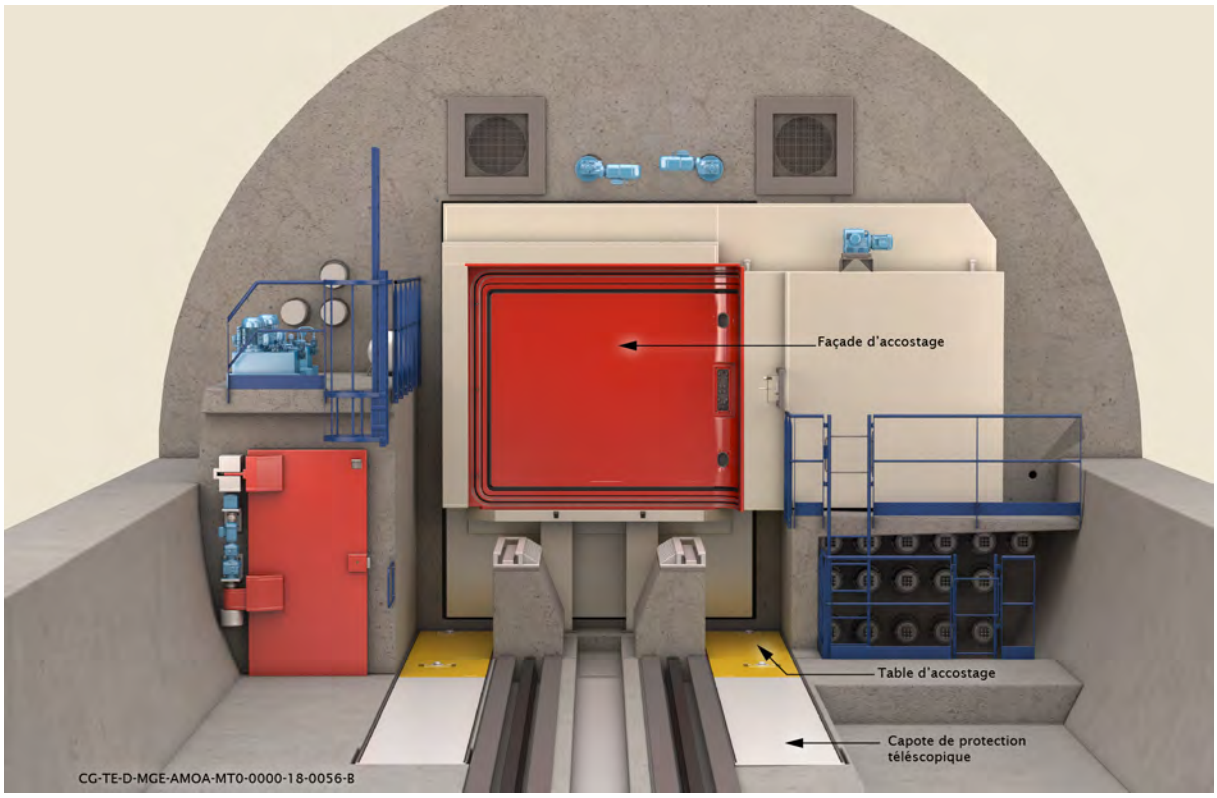


Figure 2-6 Illustration de la paroi et la façade d'accostage MA-VL

La conception et la réalisation des différentes traversées (électriques, réseau incendie, ouvertures des portes…) de la paroi d'accostage MA-VL (cf. Chapitre 6 du volume 5 du présent rapport), permettent d'assurer les performances de confinement de la paroi d'accostage en situations normale, dégradée et incidentelle/accidentelle de dimensionnement (cf. Chapitre 2.2.4 du présent volume).

Le sas d'accès personnel à la cellule de manutention est mis en place afin de pouvoir intervenir essentiellement lors d'opérations de maintenance et de reconfiguration du pont stockeur. Celui-ci est constitué d'un conduit en béton et, à chaque extrémité, de portes en acier assurent la fermeture étanche du sas. Les deux portes du sas d'accès ne peuvent pas être ouvertes en même temps.

La figure 2-7 présente le sas d'accès personnel à la cellule de manutention.

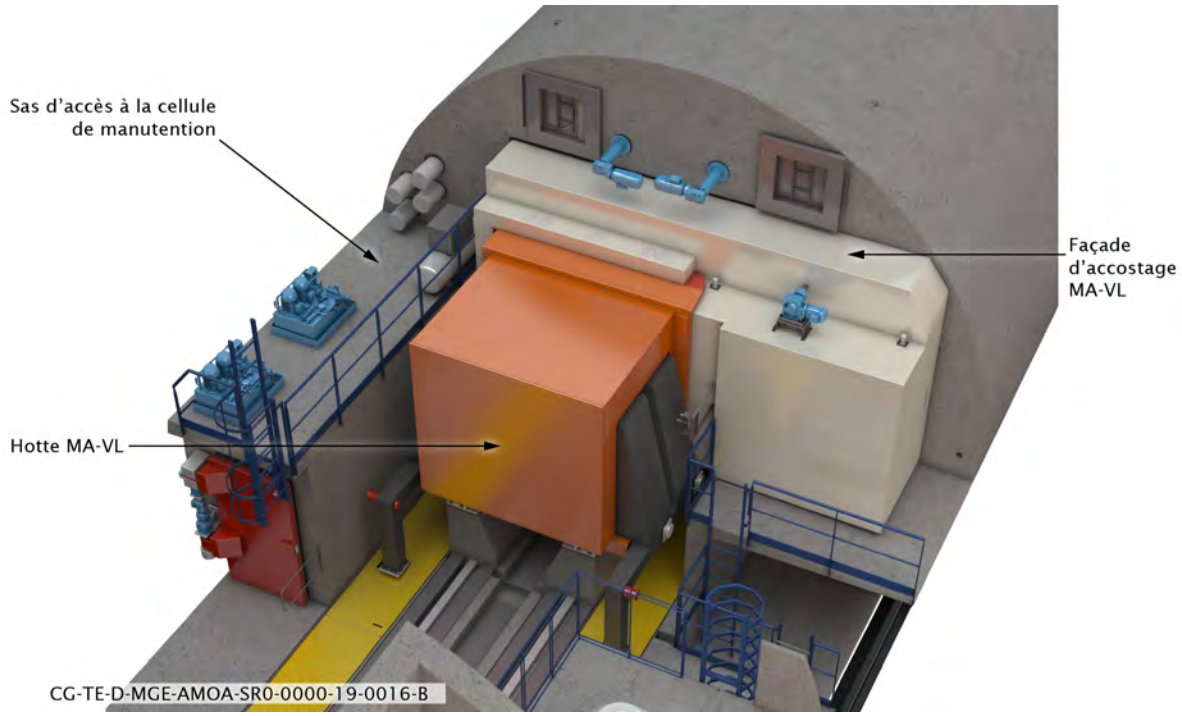


Figure 2-7 Illustration du sas d'accès personnel à la cellule de manutention d'un alvéole de stockage MA-VL

2.1.5.3 Les seconds systèmes de confinement associés aux autres substances radioactives présentes dans l'INB

Concernant les autres substances radioactives identifiées au chapitre 2.1.1.2 du présent volume, les seconds systèmes de confinement associés sont :

- Second système de confinement des déchets nucléaires induits par l'exploitation.

  Le second système de confinement des déchets nucléaires induits par l'exploitation est assuré par les parois des fûts de déchets. Ce second système de confinement vient compléter le premier système présenté au chapitre 2.1.4.3.1 du présent volume ;
- Second système de confinement des effluents issus des zones à production possible de déchets nucléaires.

  Le second système de confinement des effluents issus des zones à production possible de déchets nucléaires est assuré par les bacs de rétention présents sous les cuves. Ce second système de confinement vient compléter le premier système présenté au chapitre 2.1.4.3.2 du présent volume.

2.1.6 Le confinement dynamique des locaux

Le confinement dynamique permet de compléter la seconde barrière de confinement statique assurée par les locaux. Il vise à pallier les défauts d'étanchéité du confinement statique.

Ce confinement dynamique est assuré par le système de ventilation qui revêt deux principaux aspects :

- une hiérarchie des pressions de manière à imposer un sens de circulation de l'air des volumes présentant un risque faible de contamination radioactive vers ceux présentant un risque plus élevé de contamination radioactive. Le confinement dynamique permet également de pouvoir circonscrire la contamination au plus près de la source émettrice et donc de compléter les autres dispositifs de protection des travailleurs contre l'exposition liée aux rayonnements ionisants ;

- le maintien d'une dépression significative à l'intérieur des zones contrôlées présentant un risque l de contamination radioactive, de manière à éviter les rejets incontrôlés vers l'extérieur et à faire converger de manière contrôlée les effluents gazeux vers des points de rejets identifiés et, le cas échéant, permettre la filtration des aérosols et leur contrôle.

L'établissement des familles de ventilation et classes de confinement est défini suivant les étapes ci-après :

- la détermination des familles de ventilation et classes de confinement suite à l'analyse des différentes situations de fonctionnement normales/dégradées et incidentelles/accidentelles suivant les niveaux de contamination attendus et potentiels retenus dans la norme NF ISO 17873 de 2006 (7) ;
- une mise en cohérence des familles de ventilation et classes de confinement afin de respecter les logiques d'étagement des dépressions entre les différents locaux et les principes de la norme NF ISO 17873 de 2006 (7).

La classe de confinement des locaux de l'INB et la famille de ventilation associée sont détaillées dans le document référencé « Note d'analyse des risques liés à la dispersion de substances radioactives » (10).

Le détail du fonctionnement des réseaux de ventilation de l'installation souterraine (descenderies, galeries, alvéoles de stockage) sont présentées au volume 5 du présent rapport. L'analyse de la perte de la ventilation est présentée au chapitre 3.6 du présent volume.

2.1.6.1 La ventilation des bâtiments nucléaires de surface

En fonctionnement normal et dégradé, aucune opération ne remet en suspension l'activité interne des colis de déchets dans les installations de surface. La potentielle dissémination de substances radioactives se limite au léchage par la ventilation de l'éventuelle contamination surfacique labile des colis primaires et de stockage de déchets HA ou MA-VL, emballages de transport ou fûts de déchets nucléaires induits par l'exploitation (par exemple les filtres THE) ainsi qu'aux opérations de réouverture des colis de stockage. Cette activité remise en suspension est très faible, voire négligeable.

Compte tenu des hauteurs de qualification des colis de déchets HA et du processus de réouverture des colis de stockage HA, le maintien de la première barrière statique des déchets HA est assuré pour toutes les situations de dimensionnement.

Seul un évènement pendant des opérations de manutention des colis de déchets MA-VL ou de réouverture des colis de stockage MA-VL est susceptible de conduire à une remise en suspension de l'activité interne des colis. Ces évènements sont la chute à une hauteur supérieure à la hauteur de qualification des colis primaires ou le cas de dérive lors d'une opération de découpe d'un colis de stockage MA-VL endommageant un colis primaire qu'il contient.

Les opérations pouvant éventuellement conduire à un risque de dissémination de l'activité interne des colis de déchets MA-VL en situation accidentelle de dimensionnement sont donc les suivantes :

- pour les locaux associés aux opérations de réception jusqu'à la mise en conteneur de stockage ou en panier de stockage des colis primaires MA-VL le nécessitant :
  - ✓ sortie des colis primaires MA-VL d'un emballage de transport en cellule de déchargement des emballages de transport (chute du colis primaire) ;
  - ✓ dépose des colis primaires MA-VL dans leur conteneur de stockage ou panier au poste de préparation des colis de stockage (chute du colis primaire) ;
  - ✓ dépose des colis primaires MA-VL dans leur conteneur de stockage ou panier au poste de préparation des colis de stockage du bâtiment ETH (chute du colis primaire) ;

- pour les locaux assurant la réouverture des colis de stockage MA-VL et les éventuels contrôles hors flux :
  - ✓ introduction ou retrait des colis primaires MA-VL de leur conteneur de stockage ou panier en cellule de réouverture des colis de stockage MA-VL (chute du colis primaire) ;
  - ✓ introduction ou retrait des colis primaires MA-VL de leur conteneur de stockage ou panier en cellule de préparation aux contrôles (chute du colis primaire).

Ces évènements conduisent à classer les locaux associés en C4** Famille IIIB.

Formant un même volume aéraulique avec les cellules classées C4** Famille IIIB, les zones arrières-ponts associées à ces cellules sont également classées C4** Famille IIIB.

Les cellules de contrôle C5 associées à la mise en stockage des colis sont situées entre deux cellules classées C4** Famille IIIB. Dans le cadre de la mise en cohérence des familles de ventilation et classes de confinement (cf. Chapitre 2.1.6 du présent volume), ces cellules de contrôle sont également classées C4** Famille IIIB.

La cellule de contrôle C5 prévue pour la réalisation d'éventuels contrôles hors flux est incluse dans un même volume aéraulique avec la cellule de préparation aux contrôles. Ces deux cellules sont donc classées C4** Famille IIIB.

Compte tenu des dispositions présentées aux chapitres 3 et 4 du présent volume, les évènements susceptibles de conduire à une dissémination de l'activité interne des colis primaires de déchets MA-VL sont maîtrisés dans les autres locaux. Dans ces situations, seule l'éventuelle activité surfacique labile des colis de déchets et emballages de transport peut être remise en suspension. Ces locaux sont, en conséquence, classés C1 Famille I voire C2 Famille IIA en fonction des niveaux de contamination estimés (dépendant notamment de l'évènement retenu (manutention, séisme…), du nombre de colis de déchets présents et du volume des locaux).

Concernant les déchets induits par l'exploitation, un évènement lors des opérations de manutention ou de traitement est susceptible de conduire à un risque de dissémination limité de substances radioactives. Les locaux concernés par une éventuelle remise en suspension de l'activité des déchets radioactifs d'exploitation sont classés C1 Famille I voire C2 Famille IIA en fonction des niveaux de contamination estimés.

Dans les locaux contenant des filtres THE, une chute d'un filtre pourrait conduire à une remise en suspension de l'activité qu'il contient. À ce titre, les locaux contenant des filtres THE sont classés C2 Famille IIA.

Les locaux par lesquels cheminent les gaines d'extraction avant filtration au DNF sont classés C2 Famille IIA.

L'établissement des classes de confinement des autres locaux et des familles de ventilation associées a été déterminé conformément à la méthodologie présentée ci-dessus. Ces locaux sont classés NC, C1 Famille I ou C2 Famille IIA en fonction des niveaux de contamination estimés.

La ventilation des locaux du bâtiment nucléaire de surface EP1 est ainsi composé :

- d'un réseau conventionnel pour assurer la ventilation des locaux hors zone contrôlée afin d'assurer des bonnes conditions d'ambiance (air hygiénique, température, hygrométrie) pour le personnel ainsi que pour les équipements ;
- d'un réseau I-C1 pour assurer la ventilation des zones contrôlées exemptes de toutes substances radioactives ou au sein desquels les substances sont conditionnées dans des contenants robustes aux agressions et ne conduisant pas, en situations incidentelles ou accidentelles, à un risque de dissémination de ces substances radioactives (emballages de transport, hottes) ;

- d'un réseau C2 Famille IIA, dont le soufflage est commun avec le réseau C4** Famille IIIB, pour assurer la ventilation des zones contrôlées exemptes de toutes substances nucléaires en fonctionnement normal et dégradé mais qui, en situations incidentelles ou accidentelle, peuvent présenter de faibles niveaux de contamination. Le réseau de ventilation IIA-C2 comporte un système de filtration à l'extraction composé d'un étage de filtres THE (DNF) avant rejet à l'émissaire ;
- d'un réseau C4** Famille IIIB, pour assurer la ventilation des zones contrôlées comportant des substances nucléaires conditionnées dans des contenants et pour lesquelles une chute ou un endommagement d'un colis primaire pourraient conduire à un risque de dissémination de ces substances. Le réseau C4** Famille IIIB comporte un système de filtration au soufflage assuré par un étage de filtres THE (PNF) et un système de filtration à l'extraction assuré par deux étages de filtres THE (PNF et DNF) avant rejet à l'émissaire.

Le détail du fonctionnement de ces réseaux de ventilation est présenté au chapitre 11 volume 5 du présent rapport. L'analyse de la perte de la ventilation est présentée au chapitre 3.6 du présent volume.

2.1.6.2 La ventilation des descenderies

Dans la descenderie colis, en fonctionnement normal et dégradé, aucune opération n'est susceptible de remettre en suspension l'activité interne des colis de déchets. Dans une approche conservative, il est postulé en descenderie colis une dissémination de substances radioactives par léchage de la ventilation de l'éventuelle contamination surfacique labile des colis de déchets HA et MA-VL sans tenir compte de la présence de la hotte de transfert, or les hottes de transfert MA-VL sont équipées d'une enceinte de confinement. Compte tenu des dispositions mises en place vis-à-vis des agressions potentielles internes et externes, les risques de dissémination de l'activité interne des colis de déchets sont maîtrisés tout au long des transferts en descenderie colis. La démonstration du maintien de la première barrière de confinement statique est présentée dans les chapitres 3 et 4 du présent volume.

Dans la descenderie service, la dissémination de substances radioactives se limite au léchage par la ventilation des fûts de déchets induits par l'exploitation ou d'une cuve contenant des effluents issus des zones à production possible de déchets nucléaires présents lors des opérations de gestion des déchets et effluents. Ces activités potentiellement remises en suspension dans les descenderies sont négligeables. Un évènement lors des opérations de manutention de fûts de déchets nucléaires induits par l'exploitation ou d'une cuve contenant des effluents potentiellement contaminés est susceptible de conduire à un risque de dissémination de substances radioactives entrainant un faible niveau de contamination.

Les descenderies sont, en conséquence, classées C1 famille I.

Le détail des réseaux de ventilation des descenderies est présenté au chapitre 11 du volume 5 du présent rapport. L'analyse de la perte de la ventilation est présentée au chapitre 3.6 du présent volume.

2.1.6.3 La ventilation dans les galeries

En fonctionnement normal et dégradé, aucune opération n'est susceptible de remettre en suspension l'activité interne des colis de déchets, des fûts de déchets induits par l'exploitation ou des cuves d'effluents issus des zones à production possible de déchets nucléaires.

La dissémination de substances radioactives se limitent au léchage par la ventilation de l'éventuelle contamination surfacique labile des colis de déchets, des conteneurs de déchets induits par l'exploitation ou cuves d'effluents en cours de transfert.

Les risques de remise en suspension de l'activité interne des colis de déchets en transfert sont maîtrisés en cas d'évènements compte tenu des dispositions mises en place (cf. Chapitres 3 et 4 du présent volume). Les niveaux de contamination consécutifs à de tels évènements comme une collision d'une hotte de transfert sont compatibles à un classement des locaux où transitent les colis de déchets C1 Famille I.

Un évènement impliquant un ou plusieurs fûts de déchets induits par l'exploitation est susceptible de conduire à un risque de dissémination de substances radioactives. Le niveau de contamination atmosphérique lors d'un tel évènement reste suffisamment faible pour retenir un classement des galeries et de la zone de soutien logistique d'exploitation de l'installation souterraine C1 Famille I.

2.1.6.4 La ventilation des alvéoles de stockage MA-VL et des locaux de filtration associés

En fonctionnement normal et dégradé, aucune opération n'est susceptible de remettre en suspension l'activité interne des colis de déchets présents en alvéole de stockage MA-VL ou des filtres THE en local de filtration lors de leur remplacement.

La dissémination de substances radioactives se limite au léchage par la ventilation de l'éventuelle contamination surfacique labile des colis de déchets[10]. Le niveau maximal de contamination dans la partie utile d'un alvéole reste néanmoins inférieur à 1 LDCA.

Des évènements tels qu'un séisme ou une chute en cellule de manutention ou partie utile de l'alvéole ne sont pas de nature à conduire à une remise en suspension de l'activité interne des colis de stockage de déchets MA-VL compte tenu des dispositions retenues aux chapitres 3 et 4 du présent volume. Ainsi seule l'activité surfacique labile des colis de déchets MA-VL est susceptible d'être remise en suspension.

Dans le cas d'un séisme l'activité surfaciques labile de l'ensemble des colis de déchets stockés est considérée comme pouvant être remise en suspension. Le niveau contamination associé à cette situation, la plus pénalisante parmi toutes les situations identifiées, est compatible avec un classement de la partie utile des alvéoles en C2 Famille IIA.

La cellule de manutention et la partie utile de l'alvéole constituent un même volume aéraulique. Par conséquent la cellule de manutention est également classée C2 Famille IIA.

La chute d'un filtre THE, lors de son remplacement, est susceptible de remettre en suspension l'activité radiologique qu'il contient. Cet évènement conduit à classer le local des filtres également en C2 Famille IIA.

En cas d'incendie en cellule de manutention ou en partie utile de l'alvéole, constituant à la fois un secteur de feu et un secteur de confinement, le niveau d'activité transférée vers la galerie d'accès adjacente est faible et conduit à des rejets négligeables vers l'environnement (cf. Chapitre 8.3.4.7 du présent volume).

[10] Pour rappel, la contamination surfacique labile potentiellement présente est à ce stade prise pour le dimensionnement à un maximum de 4 Bq/cm² en émetteurs béta gamma et de 0,4 Bq/cm² en émetteurs alpha.

2.1.7 Les dispositions de surveillance

2.1.7.1 La surveillance du premier système de confinement

2.1.7.1.1 Les contrôles des colis primaires et colis de stockage

La surveillance des colis primaires et de stockage est réalisée à plusieurs étapes du process nucléaire.

Le tableau 2-2 présente les différents contrôles effectués sur les colis et les critères associés.

Tableau 2-2 Contrôles des colis primaires et de stockage

Système	Localisation	Type de contrôle	Détails/Critère
Contrôle colis primaire	Poste de préparation des emballages de transport	Activité globale en βγ et en α des aérosols et des gaz présents dans la cavité de l'emballage. Contrôle présence de tritium, radon, gaz rares.	-
Contrôle colis primaire	Cellule C5	Contrôle de la contamination surfacique labile. Contrôle visuel.	Contamination non-fixée bêta : < 4 $Bq.cm^{-2}$ Contamination non-fixée alpha : < 0,4 $Bq.cm^{-2}$
Contrôle colis de stockage MA-VL	Cellule de fermeture des colis de stockage MA-VL	Contrôle vissage/clavage	Contrôle visuel de la bonne réalisation du vissage/clavage (le cas échéant).
Contrôle colis de stockage HA	Cellule de fermeture des colis de stockage HA	Contrôle de la réalisation des soudures	Contrôle visuel, ultrason, courant de Foucault.
Contrôle colis de stockage (HA/MA-VL)	Cellule de mise en hotte	Contrôle de la contamination surfacique labile	Contamination non-fixée bêta : < 4 $Bq.cm^{-2}$ Contamination non-fixée alpha : < 0,4 $Bq.cm^{-2}$

2.1.7.1.2 La surveillance de la contamination atmosphérique

La surveillance des locaux est assurée par la surveillance de la contamination atmosphérique.

Les dispositifs de mesure sont de deux types :

- les balises de surveillance de la contamination atmosphérique (mesure en temps réel) ;
- un système d'aspiration sur un filtre ou une cartouche (mesure en différé).

L'implantation des balises de surveillance repose sur les principes suivants :

- surveillance en continu et en temps réel des locaux et cellule process où sont présents les colis ;
- surveillance en continu et temps réel de l'ambiance radiologique dans les locaux où sont situés des postes de travail ;
- surveillance en différé de l'ambiance radiologique des locaux périphériques.

Ces dispositions sont complétées par l'implantation de prises qui permettent l'ajout de balises mobiles de mesure de la contamination atmosphérique pour des opérations spécifiques et en temps limité (exemple : maintenance, jouvence).

Les alvéoles de stockage MA-VL font également l'objet d'une surveillance. Des gaines de prélèvements sont installées dans les gaines en jonction retour d'air afin d'effectuer notamment une mesure en temps réel par balise de la contamination alpha et bêta dans les aérosols, doublée d'un prélèvement sur filtre en continu afin d'effectuer en différé des analyses de laboratoire.

En cas de besoin, cette surveillance est complétée par des mesures de la contamination atmosphérique en partie utile des alvéoles.

2.1.7.2 La surveillance du second système de confinement

2.1.7.2.1 Les emballages de transport

Les emballages de transport font l'objet de contrôles systématiques de leur contamination surfacique labile afin de s'assurer du respect des critères retenus dans le cadre de la règlementation applicable aux transports de substances radioactives sur la voie publique (11, 12).

Une mesure de la contamination non fixée est réalisée sur l'emballage de transport et du wagon à sa réception au niveau du terminal ferroviaire.

Une seconde mesure de la contamination non fixée est réalisée après retrait des capots amortisseurs sur les parois de l'emballage de transport ainsi que sur le lorry en charge d'acheminer l'emballage de transport.

2.1.7.2.2 Les hottes de transfert MA-VL

La fermeture de la hotte MA-VL est effectuée en plusieurs points permettant de déterminer si le mouvement de fermeture assurant le confinement a bien été réalisé.

Par ailleurs, la hotte dispose d'un indicateur de choc de type tout ou rien.

En cas de détection d'une anomalie le colis de stockage MA-VL est déchargé en cellule de manutention ou de chargement. La hotte est refermée et transférée dans le local de maintenance afin de procéder à une inspection et une éventuelle remise en état.

2.1.7.2.3 Les façades d'accostage MA-VL

La détection de la défaillance du confinement des façades d'accostage MA-VL (joints gonflables) est permanente (hotte accostée ou non). Le confinement de la façade est réalisé à l'aide de joints gonflables.

Une mesure de pression sur les joints permet de surveiller la fonction confinante de la façade d'accostage.

En cas de détection d'une défaillance des joints, l'exploitation de la façade d'accostage est interrompue et une maintenance curative est effectuée visant à remplacer les équipements défaillants (joints, alimentation pneumatique…).

2.1.7.2.4 Les traversées des voiles en béton

Les différentes traversées dans le génie civil (électriques, hydrauliques pour l'extinction incendie…) sont inspectées périodiquement afin de surveiller leur fonction de confinement.

En cas de détection de défaut, une maintenance curative est effectuée afin de rétablir le confinement des traversées.

2.1.7.2.5 La ventilation nucléaire

La ventilation fait l'objet d'une surveillance permanente *via* le système de gestion de la ventilation nucléaire.

Les principaux paramètres surveillés sont les pressions dans les locaux, les débits d'air, les filtres (surveillance du colmatage notamment).

2.1.7.3 La surveillance des déchets radioactifs induits par l'exploitation

Les contrôles radiologiques associés à la gestion des déchets radioactifs sont des contrôles de contamination surfacique labile par frottis. Ils sont effectués successivement :

- en sortie de la zone à possible production de déchets nucléaires à proximité du lieu de production, les déchets radioactifs sont confinés et préconditionnés ;
- au niveau du local dédié de la zone logistique d'exploitation où les fûts sont entreposés avant leur transfert en surface ;
- en sortie du local où les déchets préconditionnés dans des conteneurs dédiés ou des saches vinyle sont transportés jusqu'au locaux de gestion des déchets du bâtiment nucléaire de surface EP1, conditionnés et caractérisés en vue de leur prise en charge ultérieure dans une filière adéquate.

2.1.7.4 La surveillance des effluents liquides

Les cuves de récupération d'effluents liquides sont équipées de détecteurs de présence de liquide en point haut.

Les rétentions sous les cuves d'effluents issus des zones à production possible de déchets nucléaires sont équipées de détecteurs de présence de fluide.

Une mesure de l'activité radiologique de ces effluents est réalisée par prise d'échantillon afin de les classer effluents conventionnels ou actifs. Cette mesure est réalisée au plus près de leur lieu de production.

2.1.7.5 La surveillance des rejets gazeux

2.1.7.5.1 La surveillance des rejets gazeux issus des réseaux de ventilation C2/C4**

Les effluents gazeux issus des réseaux de ventilation nucléaire C2 et C4** sont rejetés après un ou deux niveaux de filtration à très haute efficacité au niveau de :

- l'émissaire du puit ventilation air vicié exploitation en zone puits pour l'installation souterraine ;
- l'émissaire du bâtiment nucléaire de surface EP1 en zone descenderie.

Dans le bâtiment nucléaire de surface EP1 et le bâtiment de réception des emballages de transport à déchargement horizontal, l'air extrait des locaux classés C2 et C4** est filtré dans des locaux de filtration avant d'être rejeté à l'émissaire.

En ce qui concerne la ventilation des alvéoles de stockage MA-VL, l'air extrait est filtré dans les locaux de filtration (un local par alvéole)[11], avant d'être collecté avec l'air extrait des zones classées C1 Famille I des galeries souterraines, puis rejeté à l'émissaire du puits de ventilation air vicié exploitation.

La surveillance des rejets gazeux au niveau des émissaires est assurée par des dispositifs de contrôles en continu et/ou en différé. Les appareils de mesure et de prélèvement sont présentés dans le tableau 2-3.

Les appareils de prélèvement sont redondés et secourus électriquement.

[11] L'air extrait des locaux filtration classé C2 Famille IIA est lui-même filtrée (cf. Chapitre 2.1.6.4 du présent volume).

Tableau 2-3 Appareils de contrôle des rejets radioactifs gazeux aux émissaires

Type de surveillance	Type d'appareil
Rejets radioactifs de type aérosol	
Surveillance en continue des rejets type aérosols en émissaire	Moniteur aérosols beta
Surveillance en continue avec mesure en différé des rejets type aérosols en émissaire	Échantillonneur gaz aérosols
Rejets radioactifs en gaz rares	
Surveillance en continue avec mesure en différé du carbone 14 en émissaire	Barboteur à ^{14}C
Surveillance en continue avec mesure en différé du tritium en émissaire	Barboteur à tritium
Surveillance en continue temps réel des gaz rares en émissaire	Moniteur gaz rare

2.1.7.5.2 La surveillance des rejets gazeux issus des réseaux C1

Pour la zone puits : les effluents gazeux issus de la descenderie service sont rejetés en toiture au niveau de l'usine de ventilation de la tête de descenderie service.

Pour la zone descenderie :

- les effluents gazeux issus des réseaux C1 de la descenderie colis sont rejetés en façade au niveau de l'usine de ventilation de la tête de descenderie colis ;
- les effluents gazeux issus des réseaux C1 d'EP1 ou d'ETH sont rejetés en façade du bâtiment nucléaire de surface EP1 ou d'ETH.

Ces rejets font l'objet d'une surveillance au moyen de prélèvements en continu des aérosols sur filtre afin d'effectuer en différé des mesures de l'activité alpha et bêta.

Synthèse :

La maîtrise des risques liés à la disséminaton des substances radioactives repose sur la mise en place de systèmes de confinement.

En fonctionnement normal et dégradé, les risques sont principalement dus à la remise en suspension de la contamination surfacique labile externe des colis par léchage de la ventilation, le confinement statique des déchets restant assuré tout au long du process de mise en stockage des déchets.

Le confinement statique des déchets reste maintenu tout au long de la phase de fonctionnement de par la robustesse et la durabilité des colis de stockage et de par la maîtrise des conditions d'environnement au sein des alvéoles de stockage.

Les situations incidentelles et accidentelles de dimensionnement entrainant une éventuelle rupture du confinement des déchets radioactifs ont été identifiées. Ces situations sont liées à des agressions internes et externes analysées dans les chapitres 3 et 4 du présent volume. Les conséquences radiologiques sont limitées par la mise en place de dispositions notamment une ventilation nucléaire filtrée dont les caractéristiques sont conformes à la norme NF ISO 17873 de 2006 (7).

Les estimations des conséquences résiduelles sont présentées au chapitre 8.3 du présent volume.

2.2 Le risque d'exposition aux rayonnements ionisants

Ce chapitre traite de l'exposition des travailleurs susceptibles d'être exposés aux rayonnements ionisants.

Le détail des scénarios incidentels et accidentels retenus, les hypothèses prises en compte pour évaluer leurs conséquences, pour réaliser le dimensionnement des protections radiologiques, ou les hypothèses associées aux postes de travail pour l'évaluation dosimétrique annuelle sont présentés au sein de la « Note d'analyse de risques liés à l'exposition externe et interne » (13).

DEFINITIONS

Les précisions concernant la terminologie adoptée dans le présent chapitre sont les suivantes :

- travailleur : ensemble du personnel susceptible d'être exposés au rayonnement ionisants (travailleurs classés ou non) réalisant des opérations sur l'INB (opérations à proximité des colis de déchets ou de toute autre source émettrice de rayonnements ionisants ou pilotant le procédé en salle de conduite centralisée) ;
- substances radioactives (ou source de rayonnement ionisants) : dénomination générale identifiant indifféremment les substances radioactives contenues au sein des colis primaires, au sein des fûts de déchets d'exploitation, au sein de sources radioactives scellées ou les substances radioactives présentes en surface (des colis primaires, colis de stockage, emballages de transport, fûts de déchets, surface des équipements). La localisation des substances radioactives est précisée lorsque cela est nécessaire pour la bonne compréhension du texte. La « contamination surfacique labile » désigne les substances radioactives présentes en surface des contenants.

2.2.1 L'origine du risque

La présence de substances radioactives au sein des colis primaires peut entraîner un risque d'exposition aux rayonnements ionisants pour les travailleurs. Cette exposition peut être interne et/ou externe, en fonction de la localisation des substances radioactives par rapport au travailleur. On parle d'exposition interne lorsque ces substances radioactives se trouvent au sein de l'organisme du travailleur (inhalation, ingestion ou contact de substances radioactives avec une plaie) et d'exposition externe lorsqu'elles se trouvent à l'extérieur de l'organisme du travailleur.

Compte tenu de la typologie et de la variabilité des déchets contenus au sein des colis primaires de déchets radioactifs (produits d'activation, matière fissile, produits de fission, sources scellées, etc.), les colis de déchets peuvent émettre des rayonnements alpha, bêta, gamma et neutrons.

Les opérations sur les colis s'effectuent majoritairement à distance (cf. Chapitres 4, 5, 6 et 7 du volume 5 du présent rapport).

Les opérations susceptibles d'entraîner une exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants sont :

- les opérations nécessitant leur présence à proximité des substances radioactives :
  - ✓ réception et déchargement des convois de transport des colis en provenance des sites des producteurs ;
  - ✓ préparation des emballages en vue de leur déchargement ;

- les opérations nécessitant leur présence occasionnelle à proximité des substances radioactives :
  - ✓ opérations de contrôle/surveillance de radioprotection (contrôle des emballages ou des hottes, surveillance de l'ambiance des zones de travail, suivi des intervenants…) ;
  - ✓ opérations de maintenance préventive et maintenance curative (fonctionnement dégradé) telles que les opérations de remplacement des filtres de ventilation des cellules du bâtiment nucléaire de surface EP1, des alvéoles de stockage de colis de déchets MA-VL ;
  - ✓ opérations de gestion et traitement des déchets et des effluents d'exploitation.

2.2.2 Le risque d'exposition interne

Les dispositions relatives à la maitrise du confinement des substances radioactives, en lien avec le risque d'exposition interne des travailleurs, sont présentées au chapitre 2.1 du présent volume.

Le risque d'exposition interne en fonctionnement normal est lié potentiellement à la mise en suspension et aux transferts par contact de la contamination surfacique labile potentiellement présente au niveau des emballages de transports ou des fûts de déchets d'exploitation. Le risque d'exposition interne relève donc des opérations réalisées à proximité de ces surfaces potentiellement contaminées.

La contamination surfacique labile sur les différents contenants ne dépasse pas les limites fixées dans la réglementation associée aux transports : le RID pour les convois ferroviaires (14) et l'ADR pour les transports sur route (11, 12) à savoir 4 Bq/cm^2 pour les bêta-gamma et alpha de faible toxicité et 0,4 Bq/cm^2 pour la contamination alpha. Les contenants de déchets d'exploitation présentent ces mêmes limites de contamination surfacique labile. Ainsi, l'impact en termes de dosimétrie interne associé à la présence d'une éventuelle contamination surfacique labile au niveau de ces différents contenants est considéré comme étant négligeable.

La présence de gaz radioactifs (^{3}H, ^{14}C, ^{85}Kr…) au sein des colis de déchets MA-VL peut également conduire à une exposition interne. Toutefois, compte tenu du faible niveau de relâchement des colis (13), de la ventilation des locaux où ils transitent, et de l'absence de travailleurs à proximité directe des colis primaires ou colis de stockage, le risque d'exposition interne du fait de ces gaz est considéré comme négligeable.

Les colis HA sont majoritairement issus du retraitement des combustibles usés au cours duquel les produits de fission, séparés de l'uranium et du plutonium qui seront réutilisés, sont incorporés dans une matrice vitreuse au cours de l'opération de vitrification. Les opérations de traitement et de vitrification conduisent au relâchement des radionucléides gazeux présents initialement dans les combustibles usés. Au sein du déchet vitrifié, le principal gaz produit est l'hélium généré au cours de la désintégration alpha des noyaux de masse atomique élevée tels que l'uranium. L'hélium ainsi que les éventuels gaz résiduels ne migrent que très peu dans la matrice vitreuse (diffusion d'un gaz dans le solide vitreux) conduisant à un dégagement gazeux des déchets HA négligeable. Les colis HA non vitrifiés relâchent très peu de gaz radioactifs.

L'activité volumique ajoutée en radon du fait de la présence de ce gaz au sein de certains colis primaires MA-VL est faible. Concernant le radon d'origine naturelle, les campagnes de mesures successives effectuées au Laboratoire souterrain montrent :

- des activités volumiques en moyenne en ^{222}Rn de l'ordre de 100 Bq.m^{-3} sur l'ensemble des campagnes de mesures ;
- une énergie alpha potentielle due aux descendants à vie courte du ^{222}Rn toujours inférieure à 0,1 µJ.m^{-3}.

Les situations nécessitant une intervention des travailleurs au plus près des substances radioactives en fonctionnement dégradé (opérations de maintenance) font systématiquement l'objet d'une procédure spécifique d'intervention garantissant la présence *a minima* d'une barrière de confinement statique entre les substances radioactives (hors contamination surfacique labile) et le travailleur (opération de changement de filtre, intervention à proximité de déchets solides ou d'effluents liquides issus de zone à production possible de déchets nucléaires par exemple…).

En fonctionnement normal et dégradé (maintenance corrective), le port d'une tenue et d'équipements de protection individuelle (EPI) spécifiques au risque d'exposition interne n'est pas requis. Pour les opérations de maintenance préventive et curative nécessitant de réaliser une intervention à proximité des substances radioactives, des dispositions génériques sont mises en place selon les préconisations de l'entité dédiée à la fonction « radioprotection » :

- évacuation des substances radioactives (maintenance préventive) ;
- port du masque le cas échéant ;
- décontamination des surfaces contaminées au préalable en cas d'intervention sur celles-ci.

Le risque d'exposition interne en fonctionnement incidentel ou accidentel est lié essentiellement :

- à la perte des dispositions mises en place pour la maîtrise du risque de dissémination des substances radioactives et en particulier des barrières de confinement statique des substances radioactives contenues au sein des colis primaires (cf. Chapitre 2.1 du présent volume) ;
- au dépassement du niveau de contamination surfacique labile autorisé sur les contenants de substances radioactives et matériels accessibles aux travailleurs.

Pour ces situations, les dispositions mises en place limitent l'exposition interne des travailleurs. D'une part, les opérations d'exploitation (manutention, contrôle colis, surveillance) s'effectuent majoritairement à distance, limitant l'exposition des travailleurs en cas de perte d'une barrière de confinement statique. D'autre part, le terme source mis en jeu peut être caractérisé par les dispositions de surveillance mises en place pour la maîtrise du risque de dissémination (cf. Chapitre 2.1 du présent volume). Afin de gérer ces situations incidentelles et accidentelles et ramener les opérations dans le domaine de fonctionnement normal, les travailleurs prédisposés à ces tâches (gestion de la situation) s'équipent avec les équipements de protection individuelles (EPI) adaptés à la situation et contrôlés en amont de l'intervention.

Synthèse

L'exposition interne des travailleurs est négligeable du fait :

- de l'absence de présence simultanée d'un travailleur et d'un colis primaire ou de stockage dans un local et de la présence d'*a minima* deux barrières de confinement statiques entre les travailleurs et les substances radioactives contenues au sein des colis primaires ;
- du faible niveau de contamination surfacique des différents contenants et matériels attendu et du port d'équipements de protections individuelles si nécessaire ;
- du faible niveau de radioactivité des gaz relâchés par les colis, repris en partie par la ventilation de l'installation ainsi que de l'absence de travailleurs à proximité des colis, excepté pour certaines phases de maintenance (hottes en particulier) ;
- de la ventilation de l'installation souterraine permettant l'évacuation du radon d'origine naturelle (de l'ordre de 100 $Bq.m^{-3}$).

2.2.3 Le risque d'exposition externe

En fonctionnement normal et dégradé, le risque d'exposition externe aux rayonnements ionisants est majoritairement dû aux émetteurs gammas présents au sein des substances radioactives contenues dans les colis primaires. En effet :

- les émetteurs de type alpha et bêta restent confinés au sein de la première barrière de confinement statique ou sont présents dans des quantités négligeables en surface des différents contenants ;
- les émissions neutroniques restent faibles pour la plupart des colis, le débit de dose associé au contact du colis primaire se trouvant à plusieurs ordres de grandeur du débit de dose associé aux émissions gamma (présence de matière fissile en faible quantité).

Certains colis HA1/HA2 peuvent présenter un débit de dose associé aux émissions neutroniques derrière un écran, contribuant significativement au débit de dose total. Le choix des matériaux de structure constituant les protections radiologiques et le dimensionnement de celles-ci tiennent compte de ce phénomène.

Les opérations de manutention du process nucléaire (cf. Chapitre 2 du volume 5 du présent rapport) s'effectuent majoritairement à distance. Les opérations présentant un risque d'exposition externe en fonctionnement normal et dégradé sont liées aux interventions réalisées à proximité des substances radioactives (emballages de transport, maintenance corrective à proximité d'une hotte chargée sur le funiculaire ou sur un autre moyen de manutention en souterrain, opérations sur les déchets d'exploitation, sur les systèmes de filtration, mise en place de la bride pour les alvéoles de stockage HA). Pour ces situations, la conception des équipements de protections radiologiques en particulier et les modes opératoires associés réduisent autant que possible l'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants pour rester inférieure aux objectifs de protection pour les travailleurs en exploitation (cf. Chapitre 2.2.4 du présent volume).

Le risque d'exposition externe en situation incidentelle ou accidentelle est très peu probable, du fait de la robustesse des barrières de prévention mises en œuvre (des exigences de dimensionnement sont retenues pour certaines protections collectives dont la dégradation pourrait conduire au non-respect des objectifs de protection pour les travailleurs). En complément des optimisations de conception mises en œuvre sur les différents moyens de manutention permettant de limiter l'exposition des travailleurs lors d'opérations de maintenance conformément à l'application du principe ALARA, des dispositions de protection complémentaires peuvent être mises en œuvre afin de permettre la gestion de ces situations incidentelles ou accidentelles.

D'autres substances radioactives en dehors de celles présentes au sein des colis primaires et celles constitutives de la contamination surfacique sont présentes au sein de l'INB. Il s'agit essentiellement des sources scellées de contrôle et d'étalonnage des matériels de contrôle et de surveillance radiologique. Compte tenu du retour d'expérience actuel des installations de stockage Andra existantes, ce type de sources est de catégorie D suivant l'annexe 13-7 du code de la santé publique. Des dispositions spécifiques sont mises en place afin de limiter les risques d'exposition externe et interne (il s'agit des pratiques usuelles de manipulation et entreposage des sources).

2.2.4 Le respect des objectifs de protection et dimensionnement des protections radiologiques

Afin de s'assurer du respect des objectifs de protection (définis au chapitre 2.3 du volume 2 du présent rapport) et de limiter l'exposition des travailleurs à un niveau aussi faible que raisonnablement possible (principe ALARA), les dispositions de conception suivantes sont mises en œuvre :

- automatisation de la majeure partie du process nucléaire afin de limiter l'exposition des travailleurs aux seules opérations nécessitant leur présence à proximité des sources de rayonnement ;
- dimensionnement des structures et équipements au niveau des installations (protection collective) afin de respecter les objectifs de protection pour les différents postes de travail exposés.

Les dispositions techniques et organisationnelles usuelles suivantes sont également mises en œuvre :

- mise en place d'un zonage radiologique résultant de l'évaluation des débits de dose au niveau de chaque poste de travail ;
- définition des principes d'accès aux zones surveillées et contrôlées (travailleurs et matériels) ;
- mise en place d'une surveillance radiologique adaptée au risque ;
- mise en place de procédures d'interventions spécifiques en situations dégradée, incidentelle ou accidentelle.

La salle de conduite centralisée d'où est pilotée la majeure partie des opérations du process nucléaire est située au niveau +06,00 mètres du bâtiment nucléaire à distance des substance radioactives présentes (cf. Chapitre 4 du volume 5 du présent rapport). L'exposition externe des travailleurs présents à cet endroit est donc négligeable.

Le long du cheminement des colis dans l'installation, les protections radiologiques pour maîtriser les risques d'exposition aux rayonnements ionisants sont les suivantes :

- l'emballage de transport ;
- le génie civil des locaux du bâtiment nucléaire de surface (EP1) où cheminent des colis de déchets ;
- une partie du génie civil de l'installation souterraine : paroi de radioprotection de fond d'alvéole, voile en béton de la paroi de radioprotection de l'alvéole MA-VL (comportant l'écran de radioprotection), voile béton de la paroi d'accostage, sas d'accès à la cellule de manutention, locaux de la zone d'accostage de l'alvéole MA-VL, tête d'alvéole HA… ;
- les hottes :
  - ✓ hotte de transfert HA ;
  - ✓ hottes de transfert MA-VL ;
  - ✓ hotte robot pousseur de colis HA ;
  - ✓ hotte robot de retrait de colis HA ;
- les différents ouvrants :
  - ✓ les portes bouchons (entrée/sortie matériel en cellule) ;
  - ✓ les portes process (circulation des colis entre cellules) ;
  - ✓ les portes de certains sas d'accès travailleurs (sas palette, sas d'accès à la cellule de manutention…) ou zone arrière-maintenance ;
  - ✓ les portes séparant les cellules des zones arrière-pont ;
  - ✓ l'écran de radioprotection entre la cellule de manutention et la partie utile de l'alvéole de stockage MA-VL ;
  - ✓ la façade d'accostage des emballages de transport ;
  - ✓ les façades (ou massif) d'accostage des hottes :
    - en cellule de mise en hotte HA ou MA-VL dans le bâtiment nucléaire de surface EP1 ;
    - au niveau de la zone d'accostage à la cellule de manutention des alvéoles de stockage MA-VL ;
    - en galerie d'accès du quartier pilote HA et du quartier de stockage HA ;
  - ✓ les bouchons de radioprotection provisoire et définitif (ainsi que la bride associée) des alvéoles HA.
- les traversées et autres équipements spécifiques :
  - ✓ vis de protections radiologiques ;
  - ✓ hublots ;
  - ✓ blocs béton de radioprotection des alvéoles MA-VL.

Les structures et équipements constituant une protection radiologique, listés ci-avant, sont dimensionnés afin de respecter les objectifs de protection (cf. Chapitre 1 du volume 2 du présent rapport). Ce dimensionnement est réalisé sur la base d'une description des différents postes de travail auxquels sont associés ces protections radiologiques, et en particulier sur le taux de présence des travailleurs en fonctionnements normal et dégradé. La volumétrie annuelle de travail considérée pour les postes de travail (à occupation permanente) en fonctionnements normal et dégradé est de 1 500 h/an.

Des exigences de dimensionnement vis-à-vis des agressions interne et externe (cf. Chapitre 3 et 4 du présent volume) sont également retenues pour les protections collectives dont la dégradation pourrait conduire au non-respect des objectifs de protection radiologiques. Pour les parois de génie civil et portes bouchons, l'épaisseur minimale requise au titre de la tenue mécanique de ces protections vis-à-vis d'agressions externes (dimensionnement à la chute d'avion, au séisme) couvre majoritairement le requis

minimal nécessaire au respect des objectifs de protection radiologiques. Les hypothèses de taux de présence des travailleurs prises en compte dans le dimensionnement et la contrainte de dose associée sont présentées dans le tableau 2-4 par typologie d'opérations au sein des différents locaux de l'installation (non exhaustif).

Tableau 2-4 Contraintes de dose définies pour les infrastructures et les équipements nécessaires à l'exploitation en fonctionnements normal et dégradé

Locaux et équipements considérés	Exemples d'infrastructures et équipements considérés	Volumétrie horaire considérée	Contrainte
Terminal ferroviaire nucléaire			
Opération à l'extérieur du bâtiment nucléaire, à proximité de sources	Exploitation du locotracteur		
Bâtiment nucléaire de surface			
Locaux de circulation des travailleurs **Locaux nécessitant la présence des travailleurs**	Couloirs de circulation Sas Zones avant des cellules de déconditionnement		
Locaux maintenance préventive occasionnelle renforcée et maintenance corrective **Locaux d'exploitation (présence ponctuelle)**	Locaux de filtration Locaux techniques pour la gestion des déchets d'exploitation en zone nucléaire Zones arrière transbordeurs/chariots		
Locaux permettant le traitement des situations dégradées	Zones avant		
Locaux maintenance préventive et corrective	Zone arrière-pont cellule de déchargement des emballages de transports Parc à hotte		
Locaux maintenance préventive et corrective	Zones arrière-pont		
Installation souterraine			
Locaux d'exploitation (présence ponctuelle)	Local déchets d'exploitation		

Locaux et équipements considérés	Exemples d'infrastructures et équipements considérés	Volumétrie horaire considérée	Contrainte
Locaux maintenance préventive occasionnelle renforcée et maintenance corrective	Génie civil de la Paroi d'accostage de l'alvéole MA-VL		
Locaux maintenance préventive et corrective	Local de pilotage de secours en galerie d'accès MA-VL (en phase de remplissage) Local CFO/CFI en galerie d'accès MA-VL Sas refuge (en Zone d'accostage) Sas refuge exploitation MA-VL		
Locaux nécessitant un déclassement ZNR en phase de fermeture	Paroi de radioprotection de fond d'alvéole MA-VL Sas refuges travaux		
Équipements de l'INB liés aux procédés de mise en stockage des colis de déchets			
Équipements de transfert des colis	Hotte MA-VL Hotte HA Plastrons des hottes HA		
Équipements en interface avec le génie civil du quartier de stockage MA-VL (partie utile de l'alvéole de stockage et cellule de manutention)	Façade d'accostage MA-VL (sans présence de hotte, façade fermée) Écran de radioprotection		
Équipements divers	Blocs béton de radioprotection		

Locaux et équipements considérés	Exemples d'infrastructures et équipements considérés	Volumétrie horaire considérée	Contrainte
Autres équipements en interface avec le Génie civil des alvéoles HA	Bouchon provisoire de radioprotection Bouchon définitif de radioprotection Bride métallique		

Le dimensionnement des locaux et équipements réalisé en vue du respect des contraintes de doses associées aux postes de travail en interface, est présenté dans la « Note d'analyse des risques liés à l'exposition interne et externe » (13).

2.2.5 L'évaluation dosimétrique prévisionnelle

La mise en œuvre des rayonnements ionisants est régie par trois grands principes, édictés par la Commission internationale de protection radiologique (CIPR). Ils visent à protéger efficacement l'individu contre les risques associés à une exposition aux rayonnements ionisants. Ces principes sont consacrés par la réglementation française, énoncés à l'article L. 1333-2 du code de la santé publique.

Le premier principe, dit de justification, prévoit que la mise en œuvre de rayonnements ionisants doit présenter plus d'avantages que d'inconvénients. Lorsqu'une activité nucléaire n'est pas justifiée, elle ne peut pas être mise en œuvre.

Le second principe, dit d'optimisation (ou principe « ALARA » pour « *As Low As Reasonably Achievable* »), consiste à prendre toutes les dispositions raisonnablement possibles pour minimiser l'exposition des personnes, de manière permanente. Le caractère « raisonnable » doit notamment s'évaluer au regard des meilleures techniques disponibles, des pratiques mises en œuvre, des moyens financiers nécessaires à leur mise en place et des attentes sociales et sociétales. Sur le plan technique et organisationnel, les principales mesures d'optimisation sont de trois ordres :

- minimisation de l'intensité de la source d'exposition ;
- diminution de la fréquence et/ou de la durée des expositions ;
- augmentation des protections collectives ou individuelles.

Enfin, le troisième et dernier principe, dit de limitation, impose que lorsqu'une activité nucléaire est mise en œuvre, et ce, malgré les dispositions qui ont été prises pour optimiser l'exposition des personnes, celle-ci ne peut dépasser les limites réglementaires, exprimées en millisievert, fixées en fonction du seuil d'acceptabilité du risque d'apparition d'effets aléatoires.

L'estimation dosimétrique prévisionnelle prend en compte les opérations liées à l'exploitation ainsi que les opérations de maintenance préventives et correctives, de jouvence et de fermeture des ouvrages de l'installation souterraine.

Une évaluation dosimétrique initiale, sans prise en compte des équipements de protection individuels, est réalisée en fonctionnement normal/dégradé, sur la base d'une :

- description des termes sources, de leur localisation au sein de l'installation et des débits d'équivalent de dose associés ;
- description des postes de travail (exploitation ou maintenance, jouvence, démantèlement) ;
- estimation du volume horaire annuel d'occupation de ceux-ci par les travailleurs ;
- estimation du nombre de travailleurs.

L'application du second principe conduit à proposer des aménagements au niveau des différents postes de travail visant à réduire la dosimétrie individuelle des travailleurs par la limitation de la durée d'exposition ou l'ajout de protections collectives ou individuelles en privilégiant les premières.

Pour les emballages de transport non encore conçus à ce stade, des hypothèses prudentes et conservatives sont retenues pour estimer la dosimétrie collective et individuelle des opérations en lien avec ceux-ci, en complément des données existantes concernant les différents termes sources. Ainsi, pour les opérations impliquant un emballage de transport, le débit d'équivalent de dose (DED) est pris aux limites réglementaires (ADR (11, 12) ou RID (14) en utilisation non exclusive) soit :

- 2 mSv/h au contact ;
- 0,1 mSv/h à 2 mètres des plans verticaux représentés par les surfaces latérales externes du wagon (ou du véhicule) ou, si le chargement est transporté sur un wagon ouvert, en tout point situé à 2 mètres des plans verticaux élevés à partir des bords du wagon (ou du véhicule) ;
- 0,1 mSv/h à 1 mètres de l'emballage de transport déchargé du wagon ou de la remorque (sur son poste de travail).

Par ailleurs, les hottes HA et MA-VL sont dimensionnées de manière à obtenir un débit d'équivalent de dose au contact inférieur ou égal à 2 mSv/h.

Les débits d'équivalent de dose associés aux colis de déchets sont de l'ordre du sievert ou quelques sieverts à 1 mètre d'un colis primaire (CP) HA0 ou d'un colis de stockage (CS) MA-VL ou HA1/HA2, d'un à quelques dizaines de sieverts à 1 mètre d'un CP MA-VL ou CP HA1/HA2 et de quelques dizaines de millisieverts à 1 mètres d'un CS HA0. Au niveau des filtres et des fûts de déchets d'exploitation, les débits de dose sont, significativement inférieurs, de l'ordre de quelques dizaines de microsieverts à 1 mètres du caisson de filtration ou des fûts contenant ces filtres (cf. « Note d'analyse de risques liés à l'exposition interne et externe » (13)).

Pour les raisons évoquées au chapitre 2.2.2 du présent volume, seule l'exposition externe aux rayonnements ionisants est considérée dans l'évaluation dosimétrique prévisionnelle. Les opérations considérées sont :

- la manutention, les contrôles radiologiques et la préparation à l'accostage des emballages de transport ;
- les opérations sur les colis primaires ou colis de stockage effectuées aux différents postes de travail du bâtiment nucléaire de surface (majoritairement effectués à distance : contrôles, préparation et fermeture des colis de stockage, entreposages tampons, contrôles hors flux…) ;
- les opérations de maintenance préventive et curative réalisées à proximité de sources de rayonnements ionisants (remplacement des filtres THE usagés en particulier, maintenance sur hotte ou au sein de la cellule de manutention de l'alvéole MA-VL…) ou dans des zones contaminantes ;
- les opérations de conditionnement et évacuation des déchets d'exploitation (solides et liquides) ;
- les opérations de surveillance de l'ambiance radiologique (contrôle des emballages, surveillance de l'ambiance des zones de travail, gestion du parc de matériel radioprotection…) ;
- les opérations de jouvence en dehors et en parallèle de l'exploitation.

Les contrôles et vérifications (documentation, contrôle de débit d'équivalent de dose et de contamination surfacique des parties accessibles) réalisés systématiquement à l'entrée de l'INB ou au sein du bâtiment nucléaire de surface EP1 permettant de s'assurer que les valeurs relevées sont conformes aux critères mentionnés dans les spécifications d'acceptation des colis sur la base desquelles l'installation et en particulier les protections radiologiques ont été dimensionnées. Ceci garantit que les conditions d'exposition des travailleurs sont conformes à celles définies à la conception. En cas de détection d'un écart aux spécifications sur ces critères de débit de dose, le colis (emballage ou conteneur primaire rempli non conforme) est isolé dans l'attente de l'instruction de sa non-conformité.

En sus des exercices périodiques et de la formation des travailleurs aux opérations, les dispositions techniques ou organisationnelles suivantes sont définies pour réduire autant que possible la dose individuelle des travailleurs et optimiser l'évaluation dosimétrique prévisionnelle initiale. Ces dispositions sont les suivantes :

- **bâtiment nucléaire de surface** :
  - ✓ implantation d'un « local refuge » (point ALARA)[12] d'où sont menées certaines opérations dans le hall de déchargement des emballages de transport ;
  - ✓ rotation et mutualisation des effectifs (effectifs associés aux contrôles radioprotection, à la maintenance) entre la surface et le fond ;
- **installation souterraine :**
  - ✓ optimisation de la procédure d'affalage des hottes sur les navettes et chariot : reprise de la conception de la hotte permettant la réalisation des opérations à une distance supérieure à celle que présentait la conception initiale de la hotte ;

[12] Un point ALARA entouré d'un écran de protection biologique de 1 cm d'épaisseur en équivalent acier dans le hall de réception des convois d'ET est mis en place et contribue de manière significative à la diminution des doses individuelles et collectives (« refuge »).

- ✓ optimisation de la procédure de dégagement de la navette ou du chariot défaillant : reprise de conception des navettes ou chariot afin de permettre la désolidarisation de ces moyens de la hotte et leur tractage sans présence de travailleur à proximité ;
- ✓ blindage de la cabine conducteur du véhicule évacuant les déchets induits de l'installation souterraine : mise en place d'un blindage en acier entre la cabine conducteur et les fûts de déchet afin de réduire l'exposition de celui-ci lors des transports des fûts de déchets induits d'exploitation ;
- ✓ optimisation du poste de travail lié à la maintenance préventive sur le pont stockeur des alvéoles MA-VL : recul du pont stockeur à une distance importante (de l'ordre de la dizaine de mètres) de l'écran de radioprotection au préalable de la réalisation des opérations de maintenance préventive ;
- ✓ rotation des effectifs entre les effectifs affectés aux opérations de démantèlement et ceux affectés aux opérations d'obturation de l'alvéole.

La dosimétrie individuelle et collective prévisionnelle résultante des dispositions d'optimisation de la radioprotection est établie pour les activités d'exploitation qui présentent un risque d'exposition aux rayonnements ionisants.

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-après et correspondent aux valeurs moyennes pour la phase de fonctionnement.

Tableau 2-5 Résultats de l'évaluation dosimétrique optimisée

Installation	Activités en exploitation	Dosimétrie collective moyenne (H.mSv/an)	Dosimétrie individuelle moyenne (mSv/an)
Bâtiment nucléaire de surface	Réception des ET (TFN)	3	1,9
	Production	124	2,5
	Radioprotection	57	2
	Soutien à l'exploitation	3	1,5
	Maintenance	105	0,8
Liaisons surface-fond hors funiculaire	Exploitation	-	0
	Maintenance/Jouvence	-	1,4
	Fermeture	-	0
Ouvrages souterrains hors LSF	Maintenance	42	0,3
	Jouvence	83	0,9
	Gestion des déchets	2	0,6
	Contrôle radioprotection	10	0,3
	Fermeture	17	0,1
	Pose des protections thermiques	0,3	0,1
Funiculaire	Maintenance		<1,8

À ce stade, la dosimétrie annuelle maximale est obtenue pour les effectifs affectés au poste de déchargement et préparation des emballages de transport et contrôles associés (activité Production). Le travailleur le plus exposé de cette activité intègre une dose de 4,18 mSv/an au maximum (dose intégrée pour l'année la plus défavorable de la phase de fonctionnement tenant compte de l'année maximale en termes de flux d'emballages de transports, pour un individu) contre 2,6 mSv/an en moyenne pour l'ensemble de la phase de fonctionnement pour ce travailleur. Les valeurs moyennes présentées dans le tableau ci-avant correspondent à la dosimétrie moyenne sur l'ensemble des effectifs associés aux activités mentionnées en seconde colonne.

Pour l'ensemble des activités, les objectifs de protection ne sont pas dépassés. Pour une grande partie des effectifs, la dosimétrie annuelle est inférieure à 2 mSv/an. Pour certains postes de travail spécifiques (par exemple pour les effectifs réalisant les manipulations et contrôles de radioprotection sur les emballages) la dosimétrie moyenne est de l'ordre de 2 mSv/an à 3 mSv/an, et donc inférieur à 5 mSv/an.).

Cette évaluation dosimétrique prévisionnelle repose sur des hypothèses conservatives suivantes :

- prise en compte des débits d'équivalent de dose associés aux inventaires radiologiques des colis ayant servi au dimensionnement des protections radiologiques en considérant que 100 % des colis primaires arrivant sur l'INB sont les colis dimensionnants sans tenir compte de leur date d'arrivée (pas de décroissance radioactive) ;
- positionnement des colis primaires ou de stockage au plus près du travailleur ;
- prise en compte de débits de dose pénalisants pour les équipements contenant des substances radioactives pour lesquels un manque d'information partiel est avéré (emballages de transport non conçus à ce stade et estimations du niveau d'irradiation des déchets d'exploitation par exemple).

Synthèse

Pour la majorité des activités associées au fonctionnement de l'INB, les doses moyennes annuelles sont très faibles (inférieures au millisievert).

En effet, le process nucléaire est majoritairement automatisé, les opérations s'effectuant à distance. Les opérations de maintenance préventives s'effectuent après évacuation des sources. Les opérations de maintenance correctives et les opérations sur les déchets induits (soutien à l'exploitation) amènent une dose intégrée légèrement supérieure sur les travailleurs tout en restant inférieurs aux objectifs de radioprotection.

Pour deux types d'opérations, les doses annuelles moyennes peuvent dépasser 2 mSv/an, cette moyenne restant inférieure à 3 mSv/an : Il s'agit des opérations de réception des emballages de transport (opérations d'élingage et manutention) et des opérations relatives aux contrôles radioprotection sur ces emballages.

L'évaluation dosimétrique repose sur des hypothèses conservatives, visant à maximiser la dose intégrée compte tenu de certaines incertitudes relatives aux emballages de transport notamment. En excluant les opérations associées à ces opérations à proximité des ET (contribuant à 80 % de la dose annuelle des métiers les plus exposés), aucune activité ne présente une dosimétrie supérieure à 2,5 mSv/an en moyenne.

2.2.6 Le zonage radiologique de l'installation

Le dimensionnement des différents éléments de génie civil ainsi que des ouvrants ayant un rôle pour la protection des travailleurs vis-à-vis des rayonnements ionisants permet de respecter les contraintes de doses définies pour les différents postes de travail telles que définies au sein du tableau 2-4. Sur la base des niveaux d'irradiation atteints dans ces zones, un zonage radiologique est défini pour les locaux de l'INB soumis à ce risque.

Pour la définition des différentes zones (zone non réglementée (ZNR) ou zone publique, zones surveillée (ZS) bleue, zones contrôlées (ZC) verte, jaune, orange ou rouge, dont les limites sont fixées par l'article R. 4451-23 du code du travail), deux situations sont distinguées :

- la source de rayonnements est « fixe », sa présence dans une zone est prolongée (par exemple, l'entreposage de colis ou le stockage en alvéole) ;
- la source de rayonnements est mobile, elle se déplace dans une zone et peut y marquer un arrêt (par exemple le transfert d'une hotte dans la descenderie ou dans les galeries de liaison ou d'accès).

Dans le cas d'une source fixe, à présence prolongée, les limites de dose efficace par heure ou par mois, fixées par la réglementation (article R. 4451-23 du code du travail), sont transposées en limites de grandeurs opérationnelles : « H* » pour l'exposition externe (DED ambiant) et « Ca » pour l'exposition interne (contamination atmosphérique), en tenant compte de l'immobilité de la source.

Pour considérer à la fois le risque d'exposition externe et le risque d'exposition interne, la limite de chaque zone est la suivante :

$$\frac{H^*}{H^*_{Réf}} + \frac{Ca}{Ca_{Réf}} < 1$$

Avec :

- « H* » : le débit d'équivalent de dose en µSv/h ;
- « $H^*_{réf}$ » : la limite de débit d'équivalent de dose de la zone considérée en µSv/h ;
- « Ca » : la contamination dans l'air exprimée en nombre de « LDCA[13] » ;
- « $Ca_{réf}$ » : la limite de contamination dans l'air de la zone considérée, exprimée en nombre de « LDCA ».

La classification des différentes zones est présentée dans le tableau suivant.

[13] Limite dérivée de concentration dans l'air : valeur de la contamination dans l'air, qui, en cas d'inhalation pendant 2 000 heures, aboutirait à la limite annuelle d'incorporation (LAI). La LAI doit être calculée à l'aide de facteurs de conversion de dose fournis par la CIPR pour chaque radionucléide.

Tableau 2-6 Classification des locaux avec une source fixe (présence prolongée)

Zonage radiologique		
Zone	**Couleur**	**Limite réglementaire**
Non règlementée	**Blanc**	Dose efficace <0,08 mSv sur un mois ou 0,5 µSv.h^{-1} pour 160 h par mois[14]
Surveillée	**Bleu**	Dose efficace <1,25 mSv intégrée sur 1 mois ou 7,8 µSv.h^{-1} pour 160 h par mois[14]
Contrôlée	**Verte**	Dose efficace <4 mSv intégrée sur 1 mois ou 25 µSv.h^{-1} pour 160 h par mois[14]
	Jaune	Dose efficace <2 mSv intégrée sur 1 heure
	Orange	Dose efficace <100 mSv intégrée sur 1 heure
	Rouge	Dose efficace ≥100 mSv intégrée sur 1 heure

En fonctionnement normal, il n'est pas attendu d'exposition interne des travailleurs. Il est considéré, pour l'exposition externe aux rayonnements ionisants, que tous les emballages de transport arrivant sur l'INB sont aux limites du RID (15) ou de l'ADR (11, 12). L'évaluation du niveau d'irradiation enveloppe des colis primaires, des colis de stockage et des fûts de déchets induits est menée sur la base d'hypothèses conservatives (inventaires radiologiques margés, hypothèses conservatives relatives à la géométrie des colis prises en compte dans les modélisations).

Les locaux pour lesquels une source fixe de rayonnements ionisants est considérée pour le dimensionnement de leurs protections radiologiques sont les locaux contenant une source de rayonnements ionisants ou qui leur sont adjacents (locaux procédés du bâtiment nucléaire, entreposages tampon, zones avant, zones arrière, zone d'accostage, cellule de manutention, alvéoles de stockage).

Pour le zonage des locaux et attenants dans le cas d'une source mobile de rayonnements ionisants, deux grandeurs sont employées :

- la dose efficace « E » ;
- le débit d'équivalent de dose « H* ».

Cette application de la réglementation permet de ne pas « sur-zoner » en cas de sources mobiles de rayonnements ionisants et d'offrir un zonage représentatif du risque d'exposition. En effet, la réglementation donne une limite de dose intégrée par mois pour la zone publique, la zone surveillée bleue et la zone contrôlée verte. Cette limite peut être ramenée à un débit d'équivalent de dose horaire. Toutefois, dans le cas où une source est mobile, en fonctionnement normal, la source ne fait que passer et ne stagne pas dans un local pendant une heure. Ainsi, les débits d'équivalent de dose des sources de rayonnements ionisants considérées cheminant au sein de ces locaux peuvent être supérieur, tout en respectant la limite de dose efficace intégrée sur l'heure où le mois.

Le tableau suivant donne les limites à considérer dans le cas des locaux où cheminent des sources de rayonnements ionisants mobiles.

[14] Prise en compte d'une présence de l'ordre de 2 000 h/an pour ces zones, bien que la durée du travail annuel au sein de ces zones soit considérée égale à 1 500 h/an.

Tableau 2-7 Classification des locaux avec une source de rayonnements ionisants mobile

Zonage radiologique		Limites
Zone	**Couleur**	
Non règlementée	**Blanc**	E < 80 µSv par mois E ≤ 0,5 µSv par heure H* < 2 mSv/h
Surveillée	**Bleue**	E < 1,25 mSv par mois E < 7,8 µSv par heure H* ≤ 2 mSv/h
Contrôlée	**Vert**	E < 4 mSv par mois E < 25 µSv par heure H* ≤ 2 mSv/h
	Jaune	E < 2 mSv par heure H* ≤ 2 mSv/h
	Orange	E < 100 mSv par heure H* ≤ 100 mSv/h
	Rouge	E > 100 mSv par heure H* > 100 mSv/h

Les locaux dont les protections collectives sont dimensionnées en tenant compte d'une source de rayonnements ionisants mobile sont les locaux où cheminent des hottes ainsi que les locaux adjacents, exempts de sources de rayonnements ionisants fixes (descenderies et galeries, refuges).

Cela conduit au zonage présenté dans les figures ci-après pour les principaux locaux accueillant le process :

- niveau + 0,00 mètre du bâtiment nucléaire de surface EP1 [15];
- quartier pilote HA et quartier de stockage HA ;
- quartier de stockage MA-VL.

Certaines zones présentent un classement intermittent (possibilité de déclassement de la zone) pour autoriser des interventions fréquentes en phase d'exploitation :

- les zones arrières (ZAR) ponts classées en ZC jaune ou rouge ;
- les zones de maintenance chariots/transbordeurs classées en zone contrôlée (ZC) verte ou rouge ;
- la cellule de manutention classée en ZC rouge, jaune ou ZC verte (suivant l'alvéole considéré et la présence ou non de colis en transfert au sein de cette cellule, la phase de vie de l'alvéole).

[15] Le zonage considère la phase de fonctionnement du process, hors opérations de maintenance sur les transbordeurs par exemple. De ce fait, le zonage intermittent de ces zones n'est pas représenté.

Figure 2-8 Illustration de la zonage radiologique du bâtiment nucléaire (Bâtiment EP1 et ET-H) au niveau +0,00 mètre

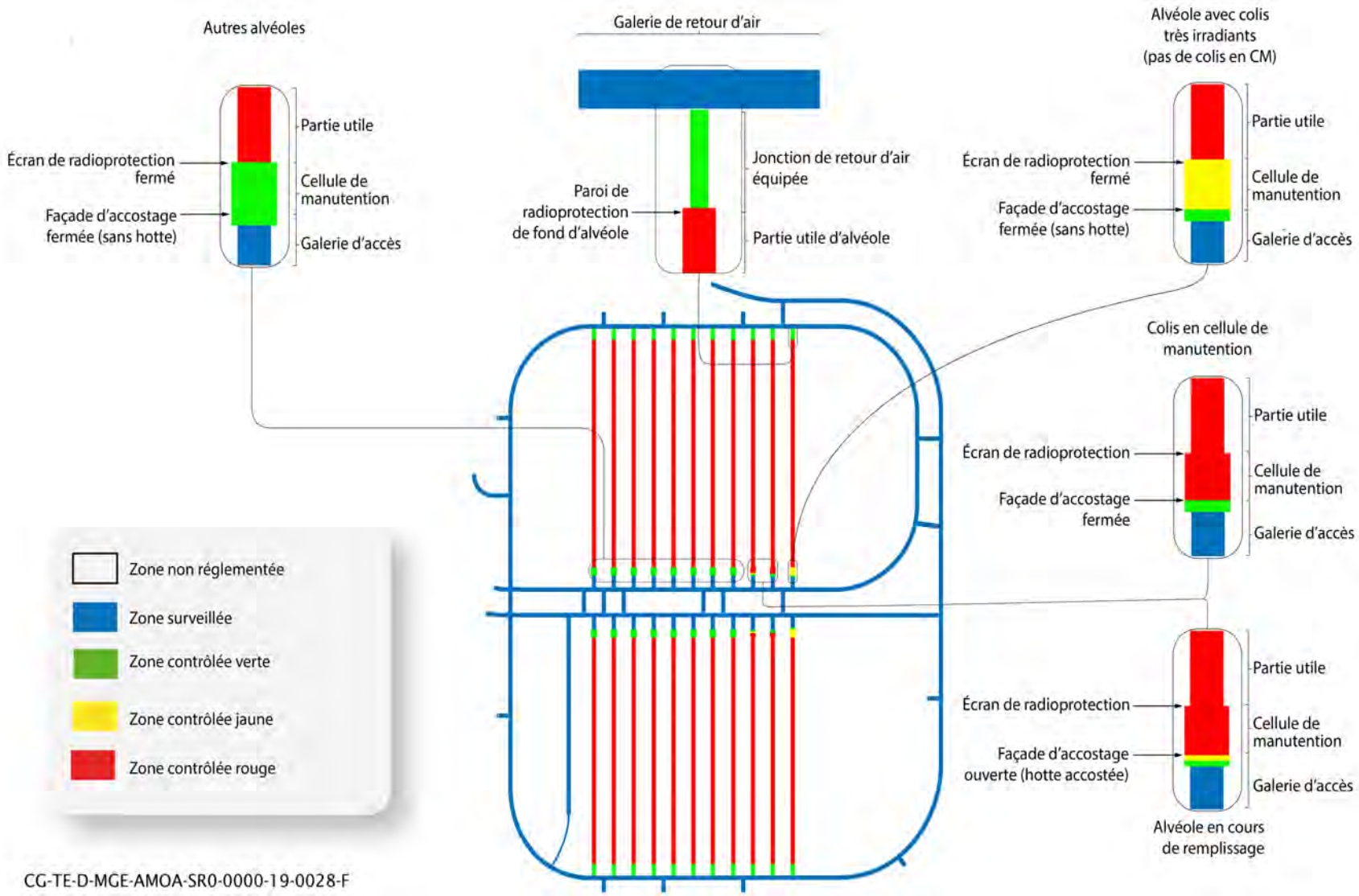


Figure 2-9 Illustration de la zonage radiologique du quartier de stockage MA-VL (CM : cellule de manutention)

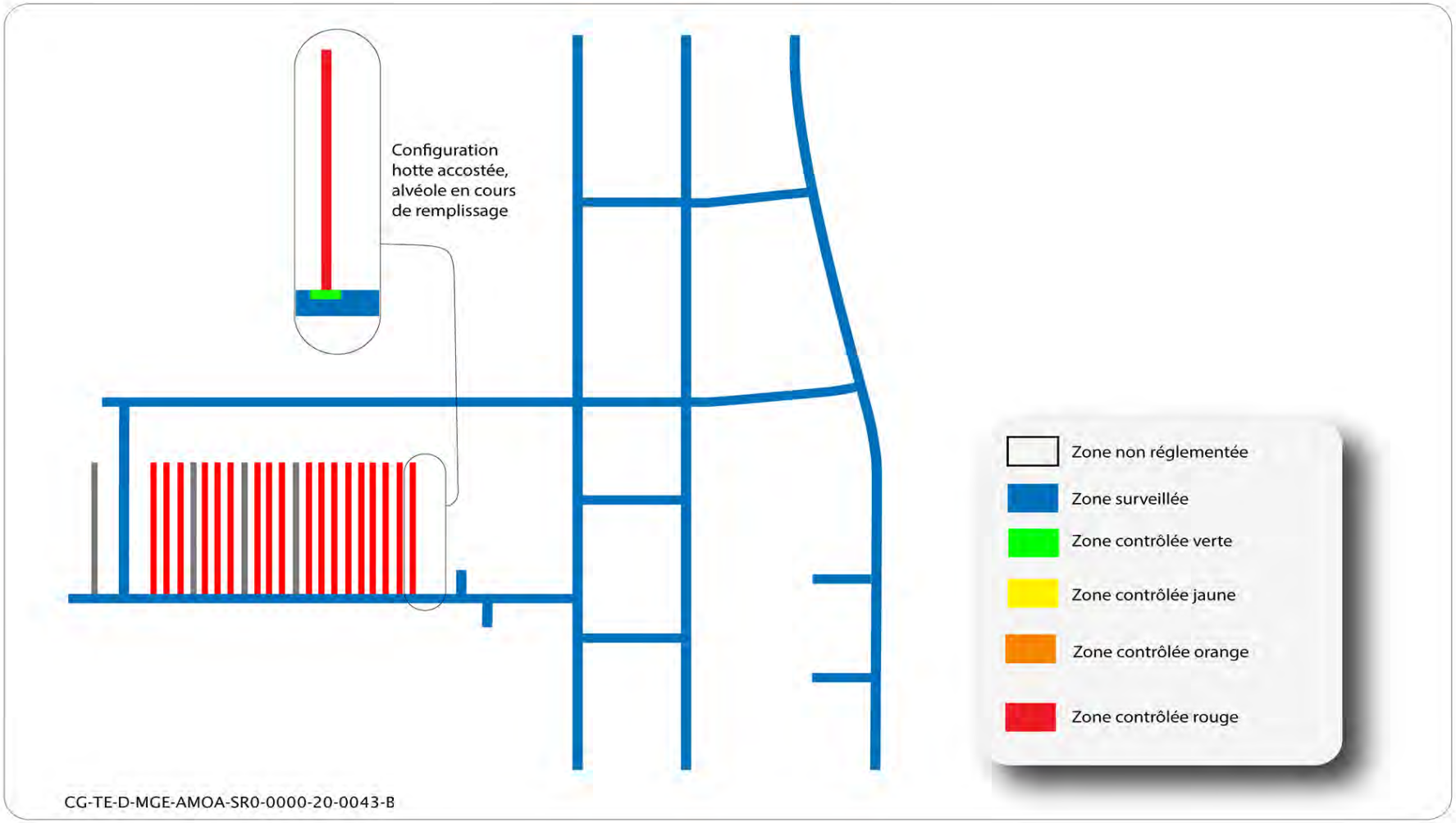


Figure 2-10 Illustration de la zonage radiologique du quartier pilote HA

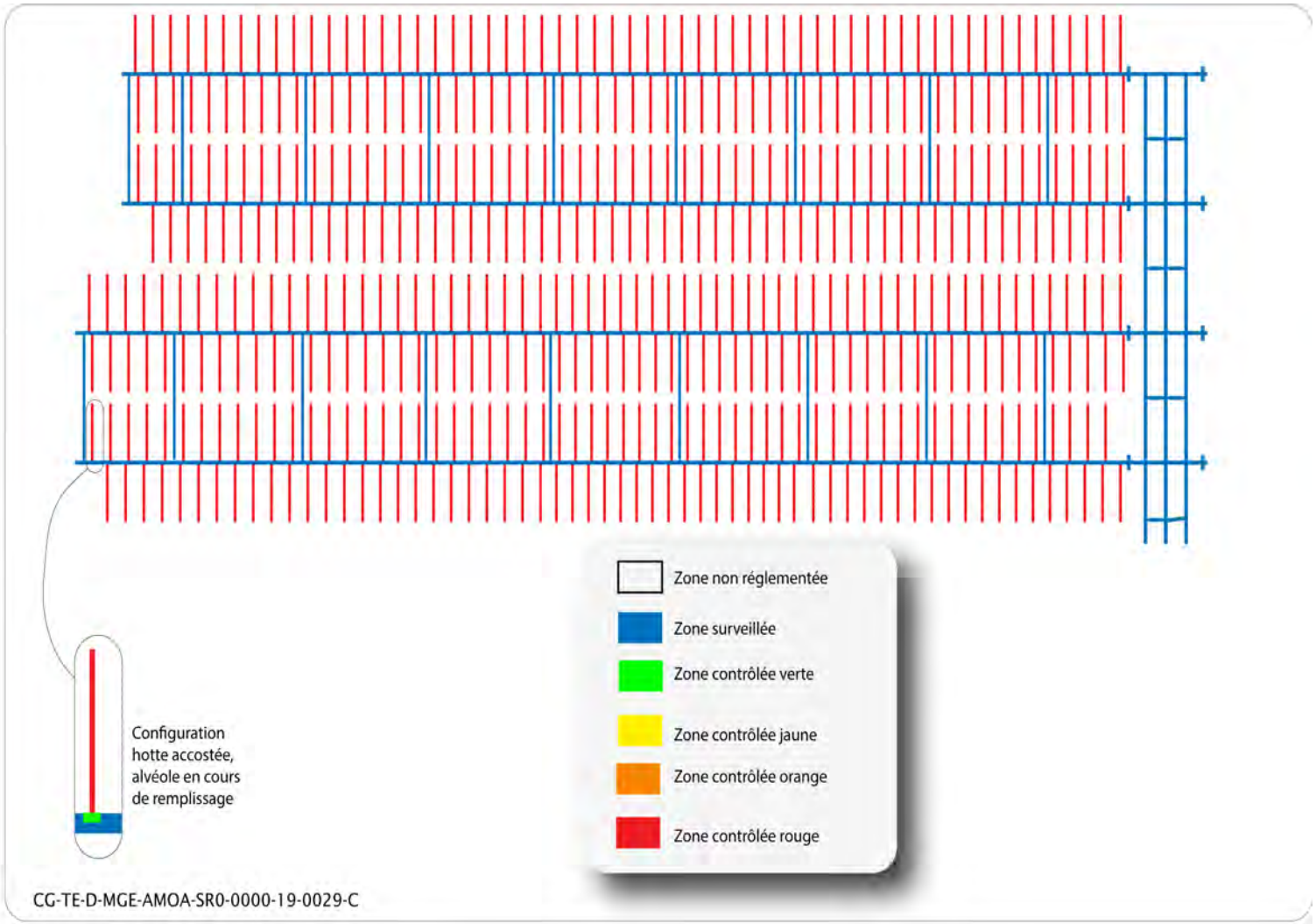


Figure 2-11 Illustration de la zonage radiologique du quartier de stockage HA

2.2.7 Les principes d'accès aux zones contrôlées

2.2.7.1 Les accès travailleurs

Pour accéder aux différentes zones de l'installation (zones surveillées et contrôlées), trois vestiaires sont prévus :

- au niveau environ +12,00 mètres du bâtiment nucléaire de surface EP1 pour les travailleurs devant accéder aux locaux de ce bâtiment ;
- en tête de la descenderie de service pour les travailleurs devant accéder à l'installation souterraine à bord de véhicules ;
- à partir de l'ouvrage « puits ventilation air frais exploitation » (VFE) pour les travailleurs accédant à l'installation souterraine sans véhicule *via* l'ascenseur.

Les travailleurs en tenue universelle pénètrent au sein des installations *via* ces vestiaires, à l'aide d'un badge nominatif. Ils s'équipent au préalable de leur dosimétrie passive et opérationnelle le cas échéant.

De manière générale, au sein de l'installation, l'accès aux différentes zones surveillées ou contrôlées autorisées en fonctionnement normal et dégradé est conditionné :

- à l'absence d'un DED significatif au sein de la zone dans laquelle le travailleur doit accéder ;
- à une contamination volumique du local concerné compatible de sa classe de confinement.

Les différents moyens de surveillance de ces paramètres mis en place au sein des locaux sont présentés au chapitre 2.2.8 du présent volume. L'accès aux locaux process du bâtiment nucléaire de surface EP1 est interdit en présence de colis.

Lorsque des opérations de maintenance préventives et curatives doivent être réalisées dans certaines cellules (qui présentent donc un zonage intermittent), leur déclassement est effectué. Celui-ci fait l'objet d'une procédure spécifique établie en lien avec les travailleurs appartenant à la fonction radioprotection (service prévention des risques ou SPR : gestion des consignations, verrouillages, autorisations…).

Ces zones sont reclassées à l'identique suivant une procédure spécifique également, et la signalisation du zonage est adaptée en conséquence dès lors que les opérations qui y sont réalisées (maintenance en particulier) sont finalisées.

La sortie de zone des travailleurs est conditionnée à l'absence de contamination sur leur tenue et leurs extrémités. Ces contrôles sont réalisés à l'aide de portiques de contrôle corps entier et contrôleurs main pieds, disposés au niveau des vestiaires du bâtiment nucléaire et des vestiaires donnant accès à l'installation souterraine.

Des contrôles d'absence de contamination (mains, pieds, vêtements) auront également lieu en amont du contrôle de sortie si le risque de contamination le nécessite, comme par exemple en sortie d'un chantier avec risque de contamination (changement de filtre, opérations de décontamination d'équipement ou d'emballages de transport, etc.). Ces contrôles sont situés :

- en sortie d'un local classé « zone à production possible de déchets nucléaires » (ZppDN) ;
- en sortie d'une zone arrière (ou dans le local « sas » associé à une zone arrière) après des opérations de maintenance sur un équipement du procédé nucléaire ;
- en sortie de local, pour les halls et locaux de réception des emballages de transport après des opérations effectuées sur les emballages vides ou chargés ;
- après une opération de maintenance de la ventilation nucléaire (changements de filtres au sein de la JRA équipée ou du local DNF) ou dans une cellule de manutention d'alvéole MA-VL.

En cas de contrôle de contamination positif en sortie de zone, le travailleur concerné appelle un des travailleurs de la fonction radioprotection qui le prend en charge. En cas de contamination nécessitant des méthodes de décontamination ou de décorporation plus importante, ou une évacuation de la personne contaminée (blessée ou non), cette dernière sera prise en charge par la Force de sécurité (FDS) ou le service santé sécurité au travail (SST).

2.2.7.2 Les accès matériel

L'accès du petit matériel aux zones surveillées ou contrôlées peut s'effectuer de manière identique aux accès travailleurs, par les vestiaires du bâtiment nucléaire, la tête de la descenderie service ou le puits personnel.

Le gros matériel, dont le poids et la masse ne sont pas compatibles avec leur port par les travailleurs, accède ou sort du local au sein duquel il est utilisé (bâtiment nucléaire de surface EP1 ou installation souterraine), à partir du bâtiment nucléaire de surface *via* les trois sas camions situés au niveau +12,00 mètres :

- sas camion à l'ouest du bâtiment nucléaire de surface EP1 ;
- sas camion au nord du bâtiment nucléaire de surface EP1 ;
- sas camion au nord du bâtiment nucléaire de surface côté « tête de la descenderie colis ».

Le gros matériel peut également être acheminé ou sorti par la tête de descenderie service.

Au préalable de leur sortie, ces matériels subissent différents contrôles pour autoriser leur évacuation :

- pour le petit matériel :
  - ✓ contrôle radiologique de premier niveau (poste de travail) ;
  - ✓ contrôle radiologique de second niveau par le contrôleur petits objet, au niveau du sas de sortie des travailleurs en amont de l'accès de celui-ci aux vestiaires ;
- pour le gros matériel issu du bâtiment nucléaire :
  - ✓ contrôle radiologique de premier niveau (poste de travail) réalisé par un travailleur qualifié en radioprotection ;
  - ✓ un contrôle radiologique de second niveau réalisé par un agent de la fonction radioprotection (émission d'un PV de contrôle radiologique) au niveau du sas de sortie matériel ;
- pour le gros matériel issu de l'installation souterraine :
  - ✓ un contrôle radiologique du véhicule et de son chargement au niveau du sas de contrôle sortie (portique de détection d'activité) ;
  - ✓ un contrôle radiologique plus approfondi des véhicules et de leur chargement par les équipes de la fonction radioprotection.

La gestion des déchets radioactifs issus de l'exploitation de l'INB (typologie, zonage déchets, flux associés) est traitée au sein du volume 2 de la « Pièce 6 - Étude d'impact du projet global de Cigéo » (15).

2.2.8 La surveillance de l'exposition aux rayonnements ionisants

Le type de balises mises en œuvre pour la surveillance de la contamination ou de l'exposition externe (mesure en temps réel, en différé, de la contamination ou du débit de dose) est dépendant de la localisation des postes de travail, du procédé et des risques identifiés au sein de ces zones.

La surveillance des locaux repose sur un réseau de balises fixes de surveillance du débit de dose gamma implantées dans les zones de travail soumises à des variations du débit de dose ambiant.

Des balises de surveillance de la contamination atmosphérique (aérosols) avec signalisation intégrée sont positionnées à poste fixe.

Dans les locaux à risques ponctuels ou pour réaliser des interventions particulières, des balises mobiles peuvent être raccordées à des boîtes de jonction reliées au système de centralisation de la surveillance radiologique (tableau de contrôle des rayonnement ou TCR au bâtiment sûreté/sécurité/environnement).

Les différents appareils déclenchent des alarmes sonores et lumineuses locales, en cas de dépassement de seuil (alerte ou alarme) ou en cas de mauvais fonctionnement. Les valeurs des seuils sont définies par la fonction radioprotection (SPR) au cours de l'exploitation et sont fixées au sein des règles générales d'exploitation.

Enfin, chaque travailleur intervenant en zone surveillée est muni *a minima* d'une dosimétrie passive. Les travailleurs intervenant en zone contrôlée sont munis de leur dosimétrie passive et opérationnelle.

2.2.8.1 La surveillance au sein du bâtiment nucléaire de surface

Des dosimètres de zones sont mis en œuvre au sein du bâtiment nucléaire de surface pour l'ensemble des zones délimitées, ainsi qu'au sein des zones publiques attenantes aux zones délimitées au titre de la radioprotection (à la clôture).

Des balises mesurant le débit de dose gamma sont disposées dans les locaux du bâtiment nucléaire auxquels les travailleurs ont accès en exploitation (halls de réception des emballages, zones avant et zones arrière, locaux de gestion des déchets induits, ateliers et magasins chauds…). En dehors du hall de réception des emballages de transport qui fait l'objet d'une surveillance de la contamination atmosphérique en différé, des balises mesurant la contamination atmosphérique en temps réel sont également prévues dans ces zones.

Des sondes gamma à haut flux et des sondes de mesure de la contamination volumique sont respectivement mises en place dans les locaux du procédé de mise en stockage des colis (cellules blindées et couloir de transfert des colis HA et MA-VL) et implantées sur les gaines d'extraction des cellules blindées (en amont du premier niveau de filtration).

Il n'y a pas de surveillance en temps réel dans les locaux où transitent les hottes. Cette absence de surveillance en temps réel est justifiée principalement par l'absence de travailleur à proximité des hottes en cours de transfert grâce à l'automatisation du procédé.

2.2.8.2 La surveillance au sein de l'installation souterraine

La surveillance en temps réel dans l'installation souterraine est réalisée par des balises d'irradiation (sonde gamma et sonde neutron) en tête des alvéoles HA en cours de remplissage et des balises d'irradiation gamma et de contamination atmosphérique en galerie d'accès et dans les locaux qu'elle contient, dans la JRA ainsi que dans les cellules de manutention des alvéoles MA-VL en cours d'exploitation.

Un contrôle en temps réel par une balise de suivi de la contamination atmosphérique ainsi qu'un prélèvement continu sur filtre (appareil de prélèvement atmosphérique) sont prévus au niveau de la galerie de retour d'air, permettant d'effectuer en différé des analyses en laboratoire.

Par ailleurs, les travailleurs de la fonction radioprotection définissent et justifient dans leur programme de contrôles de radioprotection l'implantation des dosimètres de zones et des appareils de prélèvement atmosphériques. Ils assurent la gestion des résultats des relevés et leur intégration au bilan annuel de sûreté de l'INB, analysent les écarts, les défauts des appareils et de la cohérence des résultats des différents moyens de surveillance (niveau de DED et dosimétrie des travailleurs). Cette surveillance est optimisée au cours de l'exploitation en fonction de son REX et de l'évolution des activités.

En heures ouvrées, en cas de déclenchement d'une alarme (1er et 2e seuil), le besoin d'intervention des différentes équipes (radioprotection, exploitation, maintenance) se fait en concertation entre les travailleurs pilotant le procédé nucléaire présents en SCC et les agents dédiés à la radioprotection. Hors heures ouvrées, les alarmes sont reportées au PCS situé dans le bâtiment sûreté/sécurité/environnement ainsi qu'au niveau des postes de sécurité de la zone puits (reports d'informations alarmes PCS) concernant la zone d'exploitation surface de la zone puits ainsi que la partie souterraine de

l'exploitation. Des effectifs FDS, présents 24/24 heures 7/7 jours instruisent les alarmes et prennent les mesures nécessaires (application des consignes) pour permette l'acquittement des alarmes.

La conduite à tenir en local en cas de dépassement des seuils d'alarme ou déclenchement d'alarme liée à un dysfonctionnement des appareils de contrôle de l'exposition externe et de la contamination atmosphérique est présentée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2-8 Conduite à tenir sur alerte et alarmes d'une balise

Seuils	Voyant	Consignes applicables
Seuil d'exploitation (au-dessus du bruit de fond)	Vert	Accès et travail autorisés dans des conditions normales.
1er seuil (alerte)	Orange	Arrêt du travail et mise en état sûr du local. Information auprès des travailleurs de la fonction radioprotection (SPR) et suivi des consignes.
2e seuil (alarme)	Rouge (et avertisseur sonore)	Arrêt immédiat du travail. Mise en état sûr si possible et évacuation du local. Information auprès des travailleurs de la fonction radioprotection (SPR) et suivi des consignes.
-	Éteint	Interdiction d'accès au local. Évacuation du local le cas échéant. Information auprès du des travailleurs de la fonction radioprotection (SPR) et suivi des consignes.

2.2.9 Le fonctionnement incidentel et accidentel et gestion post accidentelle

2.2.9.1 L'exposition interne

Les grandes familles d'évènements non souhaités relatifs au risque d'exposition interne aux rayonnements ionisants sont :

- situations incidentelles de dimensionnement :
  - ✓ chute d'un filtre en cours de remplacement ;
- situations accidentelles de dimensionnement :
  - ✓ agression mécanique des fûts de déchet lors de leur évacuation ;
- situations accidentelles en extension de dimensionnement :
  - ✓ agression mécanique ou thermique sur un emballage de transport manutentionné ;
  - ✓ agression thermique des fûts de déchets entreposés dans le local de gestion des déchets induits ;
  - ✓ agression mécanique et thermique des fûts de déchets lors de leur évacuation (défaillance du caisson de protection incendie) ;
  - ✓ présence de travailleurs en secteur de confinement lors de l'agression thermique d'un colis en cellule.

Pour ces évènements, en cas de défaillance ou rupture d'une barrière de confinement, des appareils de protection des voies respiratoires sont présents au niveau des postes de travail présentant un risque potentiel de contamination interne en fonctionnement incidentel ou accidentel. Lorsque, pour certaines opérations, ce risque est avéré, le port du masque est systématique (opérations de maintenance).

La dose efficace engagée lors du déroulement d'un de ces scénarios est de l'ordre de 20 mSv et correspond au scénario de chute de l'ET en fosse avec perte de confinement (scénario en extension de dimensionnement - exposition interne).

2.2.9.2 L'exposition externe

Les grandes familles d'évènements non souhaités relatifs au risque d'exposition externe aux rayonnements ionisants sont :

- situations accidentelles en extension de dimensionnement :
  - ✓ exposition externe lors d'une intervention en galerie d'accès HA en absence de protection radiologique ;
- situations exclues :
  - ✓ agression mécanique ou thermique d'une protection radiologique ;
  - ✓ ouverture d'une zone contrôlée rouge sur un local adjacent avec présence de travailleurs ;
  - ✓ ouverture ou non fermeture d'une hotte contenant un colis de stockage en transfert ;
  - ✓ fermeture d'une zone contrôlée rouge déclassée en cours de reclassement en présence de travailleurs (zone arrière de maintenance des moyens de manutention par exemple).

La dose efficace engagée lors du déroulement du scénario d'extension du dimensionnement est au maximum de 3,4 mSv et correspond à l'exposition d'un travailleur en mouvement en galerie d'accès HA, à proximité d'un alvéole pour lequel la protection radiologique n'aurait pas été remise en place.

La majorité des évènements non souhaités envisagés ci-avant sont exclus par conception. Les protections radiologiques sont dimensionnées aux agressions interne et externe auxquelles elles peuvent être soumises. Elles sont notamment dimensionnées en tenue mécanique avec des marges suffisantes. En cas de perte d'une protection radiologique, il est rappelé que l'exploitation de l'INB est majoritairement réalisée à distance en salle de conduite centralisée. Pour les quelques postes de travail situés à proximité de sources, la surveillance mise en place au sein du local et la dosimétrie active et passive des travailleurs présents dans ces zones permettent de l'alerter et d'adapter sa réponse à l'évènement en cours (cf. Tableau 2-8). Par ailleurs, dans la mesure du possible, les interventions de maintenance réglementaire, préventive et curative et la gestion post accidentelles sont réalisées à la suite de l'évacuation des sources et du déclassement de la zone considérée. L'évacuation de ces sources est réalisée à distance, depuis la salle de conduite centralisée. En cas d'impossibilité, des moyens d'intervention sont déployés à distance ou des protections radiologiques complémentaires sont acheminées au sein des différentes cellules afin de permettre la gestion de l'évènement.

Différentes dispositions (consignations électriques, mécaniques/humaines par cadenassage, autorisation(s) de levée de ces consignes…) sont mises en place afin d'exclure la possibilité pour les travailleurs, d'entrer en zone non autorisée ou de faire communiquer une zone contrôlée rouge et une zone adjacente dans laquelle se trouveraient des travailleurs. Les zones comportant ces accès sont délimitées et identifiées (zonage radiologique) de manière claire et conforme à la réglementation en vigueur.

La gestion post-accidentelle des scénarios ci-après conduit aux valeurs d'exposition suivantes :

- scénario de cumul du type déconfinement d'un colis primaire par chute résultant d'une défaillance d'un pont de cellule et d'un incendie au sein de cette même cellule :
  - ✓ ce scénario conduit à une dosimétrie intégrée de l'ordre de 43,4 H.mSv. Celle-ci est due aux opérations de remplacement des filtres THE du PNF de la cellule C4** Famille IIIB dans laquelle se déroule ce scénario, ainsi que la dosimétrie associée aux opérations de décontamination de la cellule impactée. Cette évaluation est réalisée sur la base d'hypothèses enveloppes suivantes : prise en compte des colis primaires impactés dont l'activité volumique remise en suspension conduit au plus fort débit de dose au niveau du caisson PNF, non prise en compte d'une éventuelle épuration de l'atmosphère de la cellule par la ventilation lors des opérations de décontamination ;
- scénario de déconfinement par chute d'un ET lors de sa descente en fosse dans le hall de chargement/déchargement des ET :
  - ✓ ce scénario conduit à une dosimétrie intégrée de l'ordre de 16 H.mSv. Celle-ci est due aux opérations de relevage et traitement de l'ET impacté, ainsi que la dosimétrie associée aux opérations de décontamination du hall de déchargement ET. Cette évaluation est réalisée sur la base d'hypothèses enveloppes suivantes : prise en compte des valeurs de débit d'équivalent de dose du RID (14) ou de l'ADR (11, 12).

Synthèse

Les opérations du process nucléaire sont majoritairement réalisées à distance, limitant de ce fait la proximité entre les substances radioactives contenues au sein des colis de déchets et les travailleurs et donc la dose intégrée par ceux-ci.

En fonctionnement normal et dégradé, seules les opérations réalisées à proximité des emballages de transport, les opérations de traitement/évacuation des déchets induits d'exploitation et certaines opérations de maintenance conduisent à une exposition externe des travailleurs aux rayonnement ionisants. Ce sont ces opérations qui présentent la part majeure du bilan dosimétrique annuel pour les travailleurs. L'exposition interne aux gaz et aérosols radioactifs est négligeable en fonctionnement normal et dégradé. En situation de fonctionnement incidentel et accidentel, l'exposition interne aux gaz et aérosols reste sous les objectifs de protection définis par l'Andra pour ces situations.

Le dimensionnement des protections radiologiques est réalisé de manière à ce que le bilan dosimétrique individuel annuel soit inférieur aux objectifs de radioprotection et aussi faible que raisonnablement possible.

2.3 Le risque de criticité

2.3.1 La présentation du risque

Le risque de criticité dans une installation nucléaire correspond au risque d'occurrence d'une réaction de fission nucléaire en chaîne divergente au sein d'un milieu initialement sous-critique. Il peut survenir dans des milieux contenant des matières fissiles telles que l'uranium et le plutonium, lorsque le taux de production de neutrons par fission devient égal ou supérieur au taux de disparition des neutrons, soit par absorption, soit par fuite.

Pour l'INB Cigéo, sur le plan qualitatif, un tel risque de criticité apparait très faible compte tenu que :

- les quantités maximales de matières fissiles dans la plupart des colis de déchets sont relativement limitées, de l'ordre de quelques dizaines voire la centaine de grammes pour les colis les plus à risque (cf. Volume 3 du présent rapport) ;
- ces quantités sont mélangées avec les déchets, ce qui limite le regroupement des matières fissiles, favorise l'absorption des neutrons par les déchets et diminue ainsi le risque de démarrage d'une réaction en chaîne ;
- les colis de déchets HA et MA-VL reçus dans l'installation sont conçus et produits afin d'être intrinsèquement sûrs du point de vue du risque de criticité :
  - ✓ de façon isolée ;
  - ✓ selon les conditions d'entreposage des colis dans les installations des producteurs de déchets.

Néanmoins, une démonstration quantitative de l'absence de risque de criticité dans l'ensemble de l'installation (installation nucléaire de surface et installation souterraine) est menée en considérant des hypothèses simplifiées (ex : le pouvoir absorbant des déchets est le plus souvent négligé) et enveloppes, dans le sens où elles majorent le niveau du risque. Cette démonstration est présentée au chapitre 2.3.5 du présent volume. Elle vise également à vérifier que les dispositions de conception de l'installation sont suffisantes vis-à-vis de la maîtrise du risque de criticité.

2.3.2 Les données d'entrée pour l'étude du risque

2.3.2.1 Les matières fissiles

Les matières fissiles présentes dans les déchets sont de l'uranium, du plutonium ou un mélange uranium/plutonium. Dans l'installation, elles sont conditionnées dans des colis de déchets, décrits dans le chapitre 2.3.2.2 du présent volume, sous la forme des différents contenants suivants :

- emballages de transport (ET) de types divers, chacun pouvant contenir plusieurs colis primaires (CP) ;
- colis primaires de types et de contenus divers ;
- colis de stockage (CS) correspondant à des CP mis en conteneurs de stockage (CtS) en béton ou en acier de types divers (chacun pouvant contenir plusieurs CP) ;
- colis de stockage destinés au stockage direct de colis primaires MA-VL regroupés en paniers ; dans ce cas, un colis de stockage correspond à un colis primaire ;
- colis de stockage destinés au stockage direct de colis primaires MA-VL sans panier ; dans ce cas, le colis de stockage correspond également au colis primaire.

La forme physico-chimique de ces matières est principalement du métal ou de l'oxyde sous forme de poudre ou encore d'éclats de pastilles.

Ces matières sont présentes sous différents vecteurs isotopiques ou enrichissements.

2.3.2.2 Les colis de déchets

Les caractéristiques des colis primaires (CP) et, le cas échéant, de leurs conteneurs de stockage (nombres de colis primaires contenus, dimensions…), données essentielles de la présente analyse du risque de criticité, sont présentées dans le volume 3 du présent rapport.

La classification des colis de déchets, HA ou MA-VL, n'a pas d'influence intrinsèque sur la façon dont ils sont traités au regard du risque de criticité.

2.3.3 Les principes généraux de prévention du risque de criticité

Les dispositions générales relatives à la maîtrise des réactions de fission nucléaire en chaîne au sein de l'INB Cigéo sont définies dans le respect des arrêtés du 7 février 2012 (3) et du 20 novembre 2014 (16) (reprenant et complétant la règle fondamentale de sûreté I.3.c (17)).

Conformément au principe de défense en profondeur, le besoin de mettre en œuvre des dispositions techniques ou organisationnelles permettant de prévenir le risque de criticité, surveiller l'installation afin de détecter toute dérive susceptible de remettre en cause la maîtrise du risque et limiter les conséquences en cas d'accident de criticité est présenté.

Au titre d'une démarche de conception prudente et conformément à l'arrêté du 20 novembre 2014 (16), le principe suivant (dit « principe de double éventualité ») est appliqué :

- un accident de criticité ne doit en aucun cas découler d'une seule anomalie ;
- si un accident de criticité peut découler de l'apparition concomitante de deux anomalies, il est alors démontré que :
  - ✓ les deux anomalies sont indépendantes ;
  - ✓ la probabilité d'occurrence de chacune des deux anomalies est suffisamment faible ;
  - ✓ chaque anomalie est mise en évidence à l'aide de moyens appropriés et fiables, permettant la réparation ou la mise en place de mesures compensatoires dans un délai adéquat.

Dans le cas où ce principe ne peut pas être appliqué, et conformément à la décision précitée, il est mis en œuvre des dispositions techniques et organisationnelles permettant de rendre les scénarios d'accident concernés extrêmement improbables avec un haut degré de confiance.

La démonstration réalisée vise à démontrer l'exclusion de l'occurrence d'un accident de criticité en phase de fonctionnement de l'INB Cigéo.

2.3.3.1 Les milieux fissiles de référence

Les milieux fissiles de référence sont les milieux fissiles enveloppes en termes de réactivité de ceux susceptibles d'être présents dans l'installation et conduisant, suite à l'étude des configurations normales et anormales, aux limites associées aux paramètres de criticité les plus pénalisantes compte tenu du mode de contrôle retenu.

Pour la majorité des familles de colis de déchets, le milieu fissile de référence (MFR) retenu est un milieu $Pu_{métal}$ (100 % ^{239}Pu) modéré par du CH_2 de densité maximale.

Des milieux fissiles de référence spécifiques sont retenus pour les colis de déchets suivants :

- un milieu fissile $Pu_{métal}$-ciment pour les fûts de fines et résines cimentés du silo HAO (COG-440) ;
- un milieu fissile hétérogène constitué par un réseau dans le béton de tubes de zirconium à l'intérieur desquels l'oxyde d'U ou d'(U+Pu) est réparti sous forme d'une couche d'épaisseur variable tapissant la face interne de la gaine pour les colis de coques et embouts cimentés (COG-040) ;
- un milieu fissile (Pu ou U) O_2-Zr-H_2O pour les conteneurs standards de déchets compactés (CSD-C).

La « Note d'analyse des risques liés à la criticité en exploitation » support au présent volume précise l'ensemble des détails associés.

2.3.3.2 L'optimum de modération

Toutes les configurations étudiées sont à l'optimum de modération. Ainsi, le système présente une teneur en modérateur (le plus souvent du CH_2 de densité maximale) dans le milieu fissile de référence (MFR) et dans les vides interstitiels (le plus souvent de l'eau) optimale pour favoriser la réactivité.

Cette dernière hypothèse est très pénalisante par rapport à la réalité de l'installation car elle suppose, dans le principe, que les colis sont en permanence « sous eau » ou dans un « brouillard d'eau », y compris à l'intérieur du colis.

Cette hypothèse permet d'étudier et de couvrir, de manière enveloppe, des éventuelles situations de criticité suite à une situation d'inondation interne ou d'aspersion par des dispositifs d'extinction en cas d'incendie, même si ces situations ne correspondront pas, dans les faits, à des niveaux aussi élevés de modération.

2.3.3.3 Les modes de contrôle de la sûreté-criticité

Au sein d'une INB, un mode de contrôle de la criticité est défini par une limite imposée à l'un ou plusieurs des paramètres suivants :

- masse de matières fissiles ;
- dimensions géométriques ;
- concentration ou teneur en matières fissiles dans des milieux donnés considérés comme homogènes ;
- quantité ou teneur en matières modératrices ;
- concentration ou teneur en poisons neutroniques dans le milieu fissile ou dans un matériau externe associé à la composition et aux dimensions de ce matériau.

Pour la majorité des familles de colis de déchets à stocker dans l'INB Cigéo, pour toute la phase de fonctionnement, les modes de contrôle génériques retenus sont le contrôle par la masse de matières fissiles associé à la géométrie des colis (primaires ou de stockage) et des zones d'entreposage tampon ou de stockage selon la configuration.

Un mode de contrôle spécifique correspondant à la teneur résiduelle en oxyde des coques et embouts cimentés est retenu pour les colis de la famille COG-040 qui fait l'objet d'un stockage en conteneur de type CS3.

2.3.3.4 Les moyens de contrôle

Le processus d'acceptabilité des colis de déchets permet de s'assurer, sur la base des déclarations et justifications des producteurs, que les colis primaires pris en charge respectent les spécifications d'acceptation et en particulier les limites de masses fissiles issues de la présente analyse du risque de criticité dans l'INB Cigéo en phase de fonctionnement.

La prise en charge d'un colis primaire est subordonnée au respect de ces limites.

Les moyens de contrôle mis en place dans l'INB ou en amont sont les suivants :

- pour les colis primaires :
  - ✓ comptabilité des matières fissiles *via* un logiciel de traçabilité ;
  - ✓ surveillance des géométries des colis primaires (programme de surveillance) ;
  - ✓ vérification des conditions d'entreposage ;
- pour les colis de stockage :
  - ✓ contrôle dimensionnel des conteneurs de stockage ;
  - ✓ contrôle des conditions d'entreposage et de stockage.

2.3.3.5 Les critères d'admissibilité

Pour étudier le risque de criticité, des critères d'admissibilité sont définis. Ces critères sont utilisés dans le cadre de l'analyse en configurations normale et anormale dans l'INB Cigéo. Ils sont définis de telle sorte que les facteurs de multiplication effectifs (k_{eff}), toutes incertitudes de calcul comprises, soient inférieurs à 1 avec une marge suffisante.

Ces critères d'admissibilité sont les suivants :

- $K_{eff} + 3\sigma \leq 0{,}95$ pour les configurations normales ;
- $K_{eff} + 3\sigma \leq 0{,}97$ pour les configurations anormales ;
- pour les colis de coques et embouts cimentés (COG-040), du fait de la modélisation d'un milieu infini (enveloppe de l'ensemble des configurations), les valeurs admissibles de taux d'oxyde résiduel sont déterminées pour :
  - ✓ $k_\infty \leq 0{,}95$.

Pour tenir compte de la sous-estimation par le schéma de calcul, attribuée au zirconium, un biais de qualification pénalisant égal à 500 pcm est considéré pour les configurations étudiées dans les études spécifiques des conteneurs standards de déchets compactés (CSD-C). Les critères d'admissibilité retenus pour ces configurations sont :

- $k_{eff} + 3\sigma \leq 0{,}945$ pour les configurations normales ;
- $k_{eff} + 3\sigma \leq 0{,}965$ pour les configurations anormales.

L'écart-type σ associé aux calculs est inférieur ou égal à 100 pcm pour tous les résultats de calculs présentés dans cette note.

2.3.3.6 Les critères de criticité

Pour définir les domaines critiques, tout en considérant l'ensemble des hypothèses enveloppes de représentation, les critères suivants sont pris en compte :

- $K_{eff} + 3\sigma \leq 1$;
- $k_\infty \leq 1$ (pour les COG-040).

Le même biais de qualification est considéré pour les études spécifiques des conteneurs standards de déchets compactés (CSD-C). Ainsi, le critère retenu pour déterminer les masses minimales critiques est $k_{eff} + 3\sigma \leq 0{,}995$.

L'écart-type σ associé aux calculs est inférieur ou égal à 100 pcm pour tous les résultats de calculs présentés dans cette note.

2.3.4 La description des opérations et unités de criticité

Conformément à l'arrêté du 11 janvier 2016 (18), le présent chapitre « *décrit et analyse […] les parties de l'INB pour lesquelles les réactions en chaîne ne sont pas recherchées et les dispositions retenues de prévention du risque de criticité* ». Le process nucléaire de l'INB Cigéo a pour objectif de stocker les colis HA et MA-VL reçus. Celui-ci est présenté en détails dans le volume 5 du présent rapport. Il est néanmoins rappelé succinctement ci-après.

Ce process consiste à :

- réceptionner par rail ou route les emballages de transport (ET) contenant les déchets sous forme de colis primaires ;
- confectionner les colis de stockage (CS) selon le mode de stockage retenu (cf. Volume 3 de la présente version provisoire du rapport de sûreté) ;
- transférer les colis de stockage vers les alvéoles qui constituent leur zone de stockage.

La première étape de l'analyse de sûreté-criticité consiste à diviser l'installation en unités de criticité (UC). Ces unités correspondent aux différents périmètres dans lesquels la matière fissile (contenue dans les colis primaires) peut être présente et où la prévention du risque de criticité doit être garantie par la limite d'un ou plusieurs paramètres de contrôle du risque de criticité. Elles délimitent ainsi les seuls

emplacements géographiques et les trajets dans l'installation où la présence et la mise en œuvre de matières fissiles sont autorisées.

Les unités de criticité sont présentées dans le tableau 2-9 :

Tableau 2-9 Unités de criticité du procédé de l'INB Cigéo

Numéro de l'UC	Périmètre
Unité de criticité n° 1	Réception et mise à disposition des ET
Unité de criticité n° 2	Déchargement des ET et entreposage tampon des CP
Unité de criticité n° 3	Préparation des colis de stockage
Unité de criticité n° 4	Entreposage tampon et fermeture des CS
Unité de criticité n° 5	Transfert en hotte des CS
Unité de criticité n° 6	Alvéole de stockage
Unité de criticité n° 7	Cellule de déconditionnement des CS
Unité de criticité n° 8	Contrôles hors flux

Note : de par leur nature, les unités de criticité 7 et 8 ne voient pas transiter tous les colis.

Une description de chaque unité de criticité (UC) et des opérations qui y sont réalisées est présentée ci-après. Cela permet d'identifier toutes les configurations envisageables.

2.3.4.1 L'unité de criticité n° 1 (réception et mise à disposition des emballages de transport)

L'unité de criticité n° 1 regroupe les installations destinées à la préparation des emballages de transport avant leur déchargement et au déchargement des emballages de transport vers l'unité de criticité n° 2.

Cette unité traite de la matière fissile conditionnée sous forme de colis primaires eux-mêmes conditionnés dans leurs emballages de transport dans leur configuration transport ou sans leurs capots ou encore avec un couvercle dévissé.

2.3.4.2 L'unité de criticité n° 2 (déchargement des emballages de transport et entreposage tampon des colis primaires)

L'unité de criticité n° 2 est constituée de la cellule de déchargement des emballages de transport. Son périmètre recouvre les opérations réalisées lors de l'extraction des colis primaires d'un emballage de transport accosté.

En situation de fonctionnement nominal, les colis primaires sont extraits des emballages de transport puis déposés directement sur un chariot pour leur transfert vers l'unité de criticité n° 3 (préparation des colis de stockage). Dans le cas d'une indisponibilité du procédé en aval, il est procédé au déchargement complet de l'emballage de transport et les colis primaires sont alors déchargés au sein d'un entreposage tampon de colis primaires.

2.3.4.3 L'unité de criticité n° 3 (préparation des colis de stockage)

Cette unité a pour objet, après avoir acheminé les colis primaires depuis l'unité de criticité n° 2 et réalisé leurs contrôles (contrôle de type C5), de préparer les colis de stockage.

Les colis de stockage sont ensuite transférés vers l'entreposage tampon de l'unité de criticité n° 4.

2.3.4.4 L'unité de criticité n° 4 (entreposage tampon et fermeture des colis de stockage)

Cette unité de criticité a pour objet, après avoir acheminé les palettes de colis de stockage préparés depuis l'unité de criticité n° 3 et de les entreposer temporairement avant de les transférer vers les cellules de fermeture des colis de stockage (pour les colis primaires mis en conteneur) et les mettre à disposition de l'UC n° 5 en hotte de transfert vers l'installation souterraine.

2.3.4.5 L'unité de criticité n° 5 (hottes de transfert)

Cette unité a pour objet d'acheminer les colis de stockage de l'installation de surface vers l'installation souterraine dans des hottes de transfert.

Les hottes HA et MA-VL sont dimensionnées afin de transférer les colis de stockage en garantissant les fonctions de sûreté suivantes : confinement statique, protection radiologique, protection contre l'incendie, protection des colis suite à un accident de manutention et à un séisme.

Le périmètre de l'UC n° 5 est constitué des hottes de transfert. Les hottes ne peuvent contenir qu'un seul colis de stockage (pouvant contenir plusieurs colis primaires). Elles sont transférées au fond unitairement. Elles sont déchargées soit en tête d'alvéole pour les hottes HA soit sur la façade d'accostage de la cellule de manutention pour les hottes MA-VL. Les colis de stockage sont ensuite transférés dans les alvéoles de stockage de l'unité de criticité n° 6.

2.3.4.6 L'unité de criticité n° 6 (alvéoles de stockage)

Cette unité a pour objet de stocker les colis de stockage en alvéole de stockage. Les colis sont transférés à partir des hottes de transfert (UC n° 5).

2.3.4.7 L'unité de criticité n° 7 (réouverture des colis de stockage)

Cette unité a pour objet la réouverture des colis de stockage en cas de non-conformité ou suite à la remontée d'un colis depuis l'installation souterraine dans le cadre de la récupérabilité des déchets.

2.3.4.8 L'unité de criticité n° 8 (contrôles hors flux)

Cette unité a pour but de réaliser des contrôles hors flux sur les colis primaires. Ces derniers sont soit sélectionnés par prélèvement sur le flux de colis, soit issus des cellules de réouverture des colis de stockage (UC n° 7).

2.3.5 L'analyse de sûreté-criticité

L'analyse détaillée est présentée dans le document support « Note d'analyse des risques liés à la criticité en exploitation ». Les résultats de cette analyse montrent que les configurations enveloppes sont :

- pour les colis primaires MA-VL destinés à un stockage après mise en conteneur de stockage en béton : la configuration de l'entreposage tampon des colis primaires préalable à leur mise en conteneur (unité de criticité n° 2) ;
- pour les colis primaires HA destinés à un stockage après mise en conteneur de stockage en acier : la configuration de l'entreposage tampon des colis de stockage (unité de criticité n° 4) ;
- pour les colis primaires MA-VL destinés à un stockage direct, avec ou sans panier : les configurations du stockage en alvéoles (unité de criticité n° 6).

Pour les colis primaires de coques et embouts cimentés (COG- 040) destinés à un stockage en conteneurs de stockage en béton, des calculs spécifiques, considérant le milieu fissile dans une géométrie infinie,

sont effectués afin de couvrir toutes les configurations en phase de fonctionnement. Cela correspond à la configuration enveloppe pour ces colis, applicable dans toutes les unités de criticité.

Les modes de contrôle de la criticité retenus sont :

- la limitation de la masse de matière fissile (ou du taux d'oxyde résiduel) par colis primaire ;
- la géométrie valorisée dans les analyses et calculs de criticité, essentiellement celle des colis (primaires et conteneurs de stockage) margée par rapport aux plans mais aussi des zones d'entreposage et de stockage ; cet ensemble permet de garantir que les interactions neutroniques entre colis (effets de réseau) ont bien été pris en compte.

Pour rappel (cf. Chapitre 2.3.3.2 du présent volume), aucune disposition n'est prise sur la modération, ainsi toutes les configurations sont étudiées à l'optimum de modération.

Afin de garantir le caractère enveloppe de l'analyse de sûreté-criticité menée dans l'UC n° 1 s'ajoute, en tant que disposition de prévention des risques, le respect des référentiels de sûreté des emballages de transport, des indices de criticité conformément à la règlementation transport et des prescriptions de déchargement.

Enfin, pour vérifier les hypothèses permettant de retenir certaines configurations comme relevant de situations anormales et s'assurer que leurs conséquences ne sont pas inacceptables, les dispositions d'exploitation associées sont identifiées, en particulier celles qui permettent de prévenir le risque de gerbage ou de chute de façon, notamment, à conserver les géométries des colis[16]. Chacune de ces dispositions de prévention, les systèmes de surveillance ou les procédures opérationnelles associées sont détaillés ci-après.

2.3.5.1 La limitation de la masse de matière fissile

Les masses maximales admissibles par type de colis primaires retenues pour toute l'installation correspondent aux valeurs minimales de toutes celles valorisées comme mode de contrôle dans les analyses effectuées pour toute situation et pour toutes les unités de criticité en phase de fonctionnement. Le mode de contrôle par la masse de matière fissile est associé à la géométrie des colis primaires et colis de stockage ainsi que des entreposages tampon et alvéoles de stockage. Les valeurs détaillées pour toutes les situations sont précisées dans la « Note d'analyse des risques liés à la criticité en exploitation ».

Le respect des masses maximales admissibles (ou, spécifiquement, du taux d'oxyde résiduel pour les COG-040) est assuré par un processus d'acceptabilité des colis qui encadre la maîtrise de la qualité des colis destinés à être stockés dans l'INB.

Enfin, le respect des masses de matière fissile par colis primaire est garanti par le producteur. Une vérification de l'adéquation entre les masses retenues dans les grandeurs caractéristiques (cf. Volume 3 du présent rapport) et les masses maximales admissibles établies pour les conditionnements connus dans l'INB Cigéo est présentée dans le tableau 2-10 pour les colis MA-VL et dans le tableau 2-12 pour les colis HA. Le tableau 2-11 précise la limite applicable aux colis COG-040, qui s'exprime en taux d'oxyde résiduel en fonction de l'enrichissement. Pour les colis dont le conditionnement n'est pas défini, soit ils s'intègreront dans un des conditionnements connus, soit des études dédiées compléteront la démonstration.

Si un colis est détecté avec une non-conformité au cours d'un des différents contrôles, il est alors isolé dans un des locaux dédiés aux colis non conformes dans l'attente de décision.

[16] En cas de chute, les déformations géométriques engendrées ne sont pas susceptibles de remettre en cause la validité des modèles considérés dans les calculs, sauf à considérer une rupture totale du conditionnement. Dans ce cas, la dispersion de la matière fissile inhérente à cette perte du conditionnement conduit à réduire la réactivité.

Tableau 2-10 *Masses maximales admissibles dans l'INB Cigéo et maximales calculées[17] (données à titre indicatif) par colis primaire MA-VL*

Tableau 2-11 *Teneur en oxyde résiduel maximales admissibles et minimales critiques en fonction de l'enrichissement initial en ^{235}U en % (CM = 0 GWj/t_U)*

Tableau 2-12 Masses maximales admissibles dans l'INB Cigéo et maximales calculées (données à titre indicatif) par type de colis HA

Les masses maximales admissibles par type de colis HA issues de la présente analyse sont supérieures aux masses maximales estimées par les producteurs.

2.3.5.2 La géométrie des colis

Le mode de contrôle par la masse de matière fissile est associé à des géométries pour les colis primaires et/ou colis de stockage.

Ces masses maximales admissibles sont en effet le résultat d'un calcul pour une configuration choisie. Les cotes à garantir, le plus souvent des *minima*, sont présentées dans la « Note d'analyse des risques liés à la criticité en exploitation » (19).

Si un colis est détecté avec une non-conformité au cours d'un des différents contrôles, il est alors isolé dans un des locaux dédiés aux colis non conformes dans l'attente de décision.

La géométrie des conteneurs est garantie par les spécifications de fabrication.

2.3.5.3 Les géométries des zones d'entreposage et de stockage et maîtrise des interactions neutroniques entre colis (réseau)

Du point de vue des exigences de sûreté-criticité, il n'y a pas de nombre maximal de colis à respecter et la mixité des colis est autorisée au sein des entreposages tampon. Le respect des interdictions de survol et de gerbage des colis est assuré en conditions normales par le dispositif de contrôle commande du pont. L'opérateur qui autorise le mouvement dispose d'un moyen d'arrêt d'urgence en cas de défaillance. Il est sensibilisé aux consignes d'interdiction de gerbage, rappelées dans la salle de conduite. Si malgré tout, une anomalie occasionnait un gerbage/survol des entreposages tampon, les manutentions étant unitaires, les calculs de masses maximales admissibles prennent en compte le gerbage d'un colis avec le critère d'admissibilité en situation d'incident ou d'accident ($k_{eff} \leq 0,97$). Enfin, une consigne de criticité rappelle le domaine de fonctionnement des zones d'entreposage au poste de contrôle de la salle de conduite centralisée.

La configuration de stockage en alvéoles est limitée par le génie civil de l'alvéole et la mixité des colis en son sein est également autorisée.

La géométrie du stockage des colis dans les alvéoles est garantie par :

- la robustesse des conteneurs de stockage qui sont dimensionnés pour supporter sur eux une charge correspondant à leur niveau de gerbage autorisé ;
- les paniers, pour les colis primaires en stockage direct de type CSD-C et 500 L FI, qui permettent de garantir l'intégrité du stockage et du pas carré.

Il est à noter que la perte du pas carré de ces colis primaires en panier (sous séisme par exemple) ne remet pas en cause la sûreté-criticité de l'installation.

2.3.5.4 Le respect des référentiels de sûreté des emballages de transport

La démonstration de sûreté-criticité lors des transferts des emballages et des opérations de déchargement des emballages de transport s'appuie sur les configurations prises en compte dans le cadre de l'établissement du dossier de transport.

Les caractéristiques des emballages de transport valorisées dans la démonstration de sûreté sont précisées dans la « Note d'analyse des risques liés à la criticité en exploitation » (19) et renvoient vers le référentiel transport.

L'utilisation éventuelle, dans l'INB Cigéo, de l'emballage dans des configurations différentes de celles prises en compte dans les conditions de transport fera l'objet d'une analyse spécifique et pourra nécessiter des calculs complémentaires, présentés dans le rapport de sûreté en vue de la mise en service.

2.3.5.5 La prévention des évènements susceptibles de remettre en cause la maîtrise du risque de criticité

L'analyse des conséquences d'évènements susceptibles de remettre en cause la maîtrise du risque de criticité qui conduit à identifier ces dispositifs de prévention des risques est détaillée dans la « Note d'analyse des risques liés à la criticité en exploitation » (19). Dans ce document, seule la synthèse de ces dispositions permettant de prévenir autant que possible l'occurrence de ces évènements est présentée.

2.3.5.5.1 La chute

Lors des opérations de manutention, la chute d'un emballage de transport ou d'un colis au-delà de sa hauteur de qualification est prévenue par :

- la conception robuste de la chaîne de levage des ponts ;
- une hauteur de manutention des colis inférieure dans la majorité des situations à la hauteur de qualification à la chute des colis.

Ces moyens de prévention permettent d'écarter les risques de chutes susceptibles d'engendrer la perte de la géométrie des emballages de transport ou des colis, garantissant ainsi la sous-criticité des procédés liés à la manutention de ces derniers.

Dans le cas où les hauteurs de qualification des colis ne pourraient pas être respectées (déchargement des emballages de transport et préparation des colis de stockage), les scénarios de chute sont analysés dans la « Note d'analyse des risques liés à la criticité en exploitation » (19) et concluent à une maîtrise du risque de criticité dans ces situations.

Si un colis chute, les balises de surveillance permettent de détecter si le confinement est perdu (évènement qui n'est pas susceptible de remettre en cause la criticité car il engendre une dispersion de la matière). Les moyens appropriés sont utilisés pour récupérer le colis et l'isoler dans un des locaux dédiés aux colis non conformes dans l'attente de décision.

2.3.5.5.2 Le gerbage

Le gerbage des colis dans l'installation de surface, en particulier dans les cellules de déchargement des emballages de transport, de chargement ou déchargement des CP en CS ou de contrôle hors flux n'est pas autorisé. Cette configuration est prévenue en situation normale par le dispositif de contrôle commande du pont. L'opérateur qui autorise le mouvement du pont dispose d'un moyen d'arrêt d'urgence en cas de défaillance. Il est sensibilisé aux consignes d'interdiction de gerbage, rappelées dans la salle de conduite. Néanmoins, si cette situation anormale était rencontrée, le respect des limites de masses/concentration retenues permet de garantir la maîtrise du risque de criticité.

2.3.5.5.3 L'incendie

L'installation est conçue avec l'objectif de minimiser la charge calorifique. De plus, des moyens d'extinction sont prévus pour limiter sa propagation et les éventuels dommages. Le recours à ces moyens ne remet pas en cause les limites applicables puisque les calculs ont été réalisé en considérant une modération interstitielle (brouillard de densité variable ou lame d'eau) à l'optimum. Aussi, l'incendie qui pourrait s'y développer n'est pas de nature à remettre en cause la géométrie des colis. Enfin, les limites de masse présentées au chapitre 2.3.5.1 du présent volume tiennent compte d'une teneur en eau dans les bétons variant entre 2 % et 9 %. Ainsi, si cette situation anormale était rencontrée, le respect des limites de masses/concentration retenues permet de garantir la maîtrise du risque de criticité.

2.3.5.5.4 Le séisme

Les équipements de l'installation utilisés pour les transferts de colis sont dimensionnés au séisme. Néanmoins un séisme peut engendrer des anomalies comme la chute ou l'incendie dont l'analyse est présentée ci-avant. De plus, un séisme peut remettre en cause l'agencement des colis modifiant les interactions entre les colis. Les limites applicables en tiennent compte. Ainsi, si cette situation anormale était rencontrée, le respect des limites de masses/concentration retenues permet de garantir la maîtrise du risque de criticité.

2.3.5.6 La détection d'un hypothétique accident

Dans les cellules du bâtiment nucléaire de surface, les dispositifs permettant de détecter un hypothétique accident de criticité sont des sondes gamma haut flux implantées en cellule. Les zones arrière des locaux en surface peuvent également contenir des balises d'irradiation gamma ainsi qu'une prise pour une sonde neutron.

Dans les quartiers de stockage, des balises d'irradiation gamma sont placées en tête d'alvéole (alvéole HA) ou en zone d'accostage (alvéole MA-VL). Une balise d'irradiation neutron vient compléter le dispositif en tête d'alvéole HA.

Enfin, les locaux de filtration des alvéoles MA-VL contiennent une balise d'irradiation gamma.

2.4 Les risques liés à la thermique des colis de déchets

Cette analyse de risques s'appuie sur la description des installations et équipements et leur fonctionnement présentés dans le volume 5 du présent rapport ainsi que dans les différents dossiers de justification (bâtiment nucléaire (20), hottes (8), alvéole MA-VL (21), alvéole HA (6), systèmes transverses (22)).

Ce chapitre ne traite pas des critères thermiques associés au stockage des colis de déchets bitumés. Ceux-ci sont traités au sein du volume 11 du présent rapport. Seuls les résultats des études menées au titre de l'analyse du risque lié au dégagement thermique des colis sont présentés. Le détail des scénarios et hypothèses associées prises en compte est présenté au sein de la « Note d'analyse de risques liés au dégagement thermique » (23).

2.4.1 L'origine et localisation du risque

Ce risque est relatif à l'évacuation de la puissance thermique issue des radionucléides contenus dans les colis primaires de déchets HA ou MA-VL. En se désintégrant, les radionucléides libèrent de l'énergie sous forme de chaleur. La présence des colis de déchets, au sein des différents locaux/ouvrages (cellules et couloirs procédé, locaux pour entreposer temporairement les colis primaires ou de stockage en attente de leur transfert, alvéoles de stockage), peut conduire à une élévation de la température ambiante. Ce dégagement de chaleur peut avoir un impact sur le fonctionnement de certains équipements (équipements électriques par exemple dont le fonctionnement est assuré dans un certain domaine de température), le comportement mécanique de certaines structures, systèmes et composants « SSC » en lien avec la nature des matériaux (dégradation de la résistance de certains SSC) assurant la tenue d'une fonction de sûreté.

Les locaux et ouvrages de l'INB au sein desquels le risque de dépassement des critères thermiques est envisageable sont ceux pour lesquels il existe un regroupement important de colis primaires ou de stockage (zones d'entreposage tampons, partie utile des alvéoles de stockage) ainsi que ceux présentant un nombre plus limité de colis de déchets mais un volume réduit (cas des hottes par exemple).

2.4.2 Les objectifs de sûreté associés à la maîtrise du risque thermique

Les objectifs de sûreté à maintenir vis-à-vis du dégagement thermique sont :

- le maintien du confinement des déchets. En effet, les effets thermiques des radionucléides contenus au sein des colis primaires peuvent potentiellement entraîner un risque de dissémination de substances radioactives par :
  - ✓ la dégradation des propriétés de confinement des matrices ou enveloppes béton de certains colis primaires de déchets MA-VL ;
  - ✓ la dégradation des propriétés de confinement des matrices vitreuses de certains colis de déchets HA ou MA-VL (recristallisation du verre assurant le confinement des radioéléments) ;
  - ✓ la dégradation des propriétés de confinement de l'enveloppe acier des colis primaires de déchets MA-VL ;
- le respect des critères de température de fonctionnement des structures, systèmes et composants jouant un rôle dans la démonstration de sûreté et soumis aux effets thermiques liés à la présence des colis de déchets radioactifs. Il s'agit de maitriser :
  - ✓ la dégradation, par dégagement thermique direct, des parois, des traversées des locaux ou des équipements assurant des fonctions de confinement et/ou de radioprotection (par exemple : les hottes) ;
  - ✓ l'augmentation de la température de l'air ambiant des locaux contenant du matériel électrique ou électronique assurant ou surveillant une ou plusieurs fonctions de sûreté[19] ;
  - ✓ l'atteinte d'une température ne permettant plus l'intervention du personnel pour mettre en sécurité les installations.

Ainsi, des critères thermiques associés aux différents domaines de fonctionnement sont définis pour les structures, systèmes et composants identifiés ci-dessus.

[19] Les équipements électriques/électroniques retenus seront choisis de manière à assurer leurs fonctions de sûreté dans les conditions d'environnement auxquelles ils seront soumis. À ce stade, des températures d'ambiance dans les locaux allant jusqu' 50 °C ne remettraient pas en cause le fonctionnement des matériels électriques/électroniques assurant une fonction de sûreté.

Il en découle que :

- les critères associés à la maîtrise des risques thermiques en phase de fonctionnement sont :
  - ✓ en fonctionnement normal et dégradé, le maintien d'une température inférieure à 65 °C au niveau des éléments en béton afin d'en conserver les propriétés mécaniques (vieillissement du béton). Cela concerne en particulier :
    - le béton du génie civil du bâtiment nucléaire de surface EP1 (locaux où des colis sont présents) et des alvéoles MA-VL ;
    - le béton des colis primaires MA-VL ;
    - le béton des conteneurs MA-VL ;
    - le béton du massif d'accostage des alvéoles HA ;
  - ✓ en fonctionnement incidentel/accidentel (pendant une dizaine de jours au maximum), le maintien d'une température inférieure à 80 °C au niveau de ces mêmes éléments en béton ;
  - ✓ en fonctionnement normal, le maintien d'une température inférieure à 450 °C au niveau du verre des colis primaires HA (propriétés confinantes du verre assurées pour cette température) ;
  - ✓ en fonctionnement incidentel/accidentel, le maintien d'une température inférieure à 500 °C au niveau du verre des colis primaires HA ;
  - ✓ le maintien d'une température inférieure à 120 °C au niveau de la protection neutronique des hottes HA[20] ;
  - ✓ le maintien d'une température inférieure à 130 °C au niveau du joint de l'enceinte de confinement des hottes MA-VL ;
- les objectifs quantifiés associés à la maîtrise des risques thermiques en phase après fermeture (traités au sein du volume 8 du présent rapport) sont :
  - ✓ le maintien d'une température inférieure à 100 °C au niveau de l'argilite (cible de 90 °C pour le dimensionnement soit 100 °C avec une marge de 10 °C).

Compte tenu de la variabilité des colis primaires de déchets HA ou MA-VL, des grandeurs caractéristiques de puissance thermique pour le dimensionnement des structures, systèmes et composants sont établies[21] (cf. Volume 3 du présent rapport).

L'analyse du risque thermique au niveau du bâtiment nucléaire de surface et de l'installation souterraine est découplée. En effet, une même zone peut contenir différentes catégories de colis de déchets dans le bâtiment nucléaire de surface (zones tampons), tandis que l'installation souterraine est organisée par quartier indépendants : quartier pilote HA et quartier de stockage HA, quartier de stockage MA-VL). Par ailleurs, les alvéoles d'un quartier sont remplis avec un nombre limité et prédéfini de colis de stockage pouvant appartenir à des familles de déchets différentes mais de composition physico-chimique compatible.

2.4.3 L'analyse des risques dans le bâtiment nucléaire de surface EP1

2.4.3.1 Le fonctionnement normal/dégradé

Pour le bâtiment nucléaire, l'analyse vise à définir le ou les locaux ou zones les plus défavorables vis-à-vis de la maîtrise du risque de dégagement thermique, eu égard aux critères de sûreté à garantir en phase de fonctionnement. Le cas échéant, des dispositions particulières sont prises pour maîtriser ce risque au sein de ce ou ces locaux. Cette analyse conduit à montrer que la zone présentant la puissance thermique volumique le plus grand conduit aux températures maximales au niveau des cibles définies précédemment (cf. Chapitre 2.4.2 du présent volume).

---

[20] La protection neutronique n'est nécessaire que pour les hottes transportant des colis HA1/HA2.

[21] Pour certains colis MA-VL (cas des CSD-C), certaines itérations sur cette grandeur caractéristique ont dû être menées afin de garantir l'absence de dépassement de certains critères (cf. Chapitre 2.4.5 du présent volume).

Ainsi, en fonctionnement normal, si aucune disposition particulière ne doit être prise pour ce local ou cette zone, il en est de même pour les autres locaux à plus faible enjeu.

Pour rappel, les critères de température à respecter au niveau de cette zone en fonctionnement normal/dégradé sont :

- 65 °C au niveau du béton des colis primaires ou de stockage et des parois du génie civil ;
- 450 °C au niveau du verre des colis HA.

[redacted] La configuration étudiée tient compte d'hypothèses d'agencement (nombre, type et positionnement des colis de déchets) maximisant les températures atteintes sur les différentes [redacted]

[redacted]

Figure 2-12 Illustration de la vue du niveau +0,00 mètre du bâtiment nucléaire (en particulier la zone d'entreposage tampon des colis primaires (CP) en colis de stockage confectionnés (CS))

Le conditionnement de l'air de cette zone permet d'y limiter la montée en température due au dégagement thermique des colis qui s'y trouvent.

Tableau 2-13 Températures atteintes en fonctionnement normal au niveau de la zone tampon des colis primaires en colis de stockage confectionnés du bâtiment nucléaire

Localisation	Température maximale atteinte (°C)	Critères thermiques en situation normale ou dégradée (°C)
Température interne des colis HA0	30	<450
Température interne des colis MA-VL (CS béton)	26,5	<65
Température des parois en béton (génie civil)	27	<65

Une température de soufflage supérieure ou un débit moindre ne serait pas de nature à compromettre le respect des critères thermiques au niveau des cibles compte tenu des marges disponibles en fonctionnement normal et dégradé vis-à-vis de ces critères (cf. Tableau 2-13).

En fonctionnement normal et dégradé, les critères sont respectés pour des températures extérieures comprises entre -15 °C et 35 °C (plage de températures prise en compte pour le dimensionnement de l'installation), et ce, pour l'ensemble des locaux du bâtiment nucléaire de surface EP1.

2.4.3.2 Les scénarios de perte de ventilation/refroidissement ou températures extrêmes

Pour rappel, les critères de température à respecter au niveau de cette zone en cas de perte de ventilation/refroidissement ou températures extrêmes sont :

- 80 °C pendant une dizaine de jours au maximum sur les éléments en béton (colis primaires en stockage direct en béton, colis de stockage, génie civil) ;
- 500 °C au niveau du verre des colis primaires HA.

La perte de la ventilation et/ou du refroidissement de la zone tampon des colis primaires en conteneur de stockage confectionnés (de manière directe ou indirecte, par la perte des systèmes supports d'alimentation par exemple) est analysée afin de quantifier, de manière enveloppe, le temps d'atteinte des critères définis pour les cibles ou les températures maximales atteintes au niveau de ces cibles en fonctionnement incidentel/accidentel. Pour ce faire, une modélisation pénalisante (choix d'agencement des colis, absence d'échanges thermiques avec les locaux adjacents, extrapolation conservative des résultats des modélisations) a été menée au niveau de la zone tampon des colis primaires en colis de stockage confectionnés afin d'évaluer la cinétique de montée en température de la zone et l'atteinte ou non des températures critiques identifiées au niveau des différentes cibles.

Pour les autres locaux du bâtiment nucléaire (hors zone tampon des CP en CS confectionnés), la puissance thermique totale n'est pas suffisante pour conduire à une élévation significative de la température en cas de perte de la fonction ventilation ou refroidissement au vu du grand volume des locaux dans lesquels ils se trouvent (dilution significativement plus élevée que celle de la zone tampon des CP en CS confectionnés).

2.4.3.2.1 La perte totale de la ventilation

La perte totale de la ventilation (et par conséquent, du refroidissement associé), est postulée pour la zone tampon des CP en CS confectionnés en tenant compte d'une température extérieure de 35 °C. La détermination des températures atteintes au niveau des différentes cibles dans cette situation a été effectuée sur la base d'une approche conservative.

Les résultats obtenus pour les différentes cibles sont présentés dans le tableau 2-14.

Tableau 2-14 Température atteinte en cas de perte totale de la ventilation en zone tampon des CP en CS confectionnés

Cibles	Critères de température (°C)	Température à 28 j (°C)	Délais d'atteinte du critère
Température interne des colis primaires HA	500	43	>5 ans
Température des parois en béton (génie civil)	80	39	>7 mois
Colis primaires MA-VL (béton)	80	39	>6 mois

Ainsi, en cas de défaillance de la ventilation, le délai d'atteinte d'une température de plus de 80 °C sur le génie civil est de plus de quatre mois, très supérieur au délai maximal de remise en service de la ventilation des zones process (90 jours).

2.4.3.2.2 La perte totale de refroidissement (source froide)

Concernant le comportement thermique de la zone tampon des CP en CS confectionnés, en cas de perte de la source froide, il est considéré de manière conservative que la ventilation reste en fonctionnement et donc qu'il subsiste un brassage de l'air ambiant. Toutefois, cet air insufflé n'est plus du tout refroidi. En cas de défaillance de la source froide (eau glacée), la température insufflée peut potentiellement atteindre +35 °C (température extérieure maximale prise en compte pour le dimensionnement de l'installation), voire une température supérieure (températures extrêmes).

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 2-15.

Tableau 2-15 Température atteintes en cas de perte de la source froide en zone tampon des CP en CS confectionnés

Cibles	Température maximale (°C)	Critères de température (°C)
Température interne des colis primaires HA	46	<500
Colis primaires MA-VL (béton)	43	<80
Température des parois en béton (génie civil)	43	<80

En situation de perte totale de refroidissement aucune température critique n'est atteinte au niveau des cibles. De plus, pour ce scénario, il est envisageable de couper l'admission d'air au soufflage (en maintenant un régime d'extraction permettant de garantir les cascades de dépressions, en particulier au niveau des secteurs de confinement) afin de limiter l'apport de chaleur par l'extérieur si les conditions météorologiques extérieures (données prédictibles) le nécessitent. Il est également possible de délester les principaux consommateurs électriques non nécessaires à la maîtrise des fonctions de sûreté (arrêt d'exploitation) dont les apports thermiques influent sur la température ambiante atteinte dans ces zones.

2.4.3.2.3 Les températures extrêmes

De la même manière, le comportement thermique de la zone tampon des CP en CS confectionnés, en cas de températures extrêmes (42 °C sur 7 jours et 47 °C sur 24 heures), a été évalué de manière enveloppe sur la base des résultats obtenus en fonctionnement accidentel (perte de refroidissement - cf. Chapitre 2.4.3.2.2 du présent volume et tableau 2-15) où la température au soufflage est prise égale à la température extérieure de 35 °C. Pour une température extérieure de 42 °C ou 47 °C au soufflage, les températures maximales atteintes au niveau des cibles sont réhaussées d'autant, de manière enveloppe (soit +7 °C et +12 °C). Au vu des résultats du tableau 2-15, aucun des critères de température n'est atteint.

De la même manière que pour le scénario de perte totale de refroidissement, en cas de températures extrêmes, il est également envisageable de couper l'admission d'air au soufflage et de délester les principaux consommateurs électriques non nécessaires à la maîtrise des fonctions de sûreté (arrêt d'exploitation) et dont les apports thermiques influent la température ambiante atteinte dans ces zones. Ainsi, les températures extrêmes ne sont pas susceptibles de conduire à un risque vis-à-vis du dégagement thermique des colis.

Synthèse pour le bâtiment nucléaire de surface EP1

La simulation thermique menée au niveau du local pénalisant du bâtiment nucléaire de surface EP1 (zone tampon des colis primaires en colis de stockage confectionnés) pour l'analyse du risque de dégagement thermique en situations normale/dégradée montre que les critères en matière de température pour les structures, systèmes et composants sont respectés. En cas de perte totale du refroidissement ou de températures extrêmes, ces températures ne sont pas non plus atteintes. Elles ne sont pas non plus dépassées en situation de perte de ventilation, sur des échelles de temps permettant la remise en fonctionnement des fonctions défaillantes. Par ailleurs, des dispositifs de surveillance de la température des locaux sont mis en œuvre pour les locaux du bâtiment nucléaire EP1.

2.4.4 L'analyse des risques dans la descenderie colis et les galeries souterraines

2.4.4.1 Le fonctionnement normal ou dégradé

Les transferts des colis de stockage sont assurés par des hottes de transfert.

Figure 2-13 Illustration des différents types de hotte de transfert des colis de stockage MA-VL selon les colis de stockage (CS) considérés

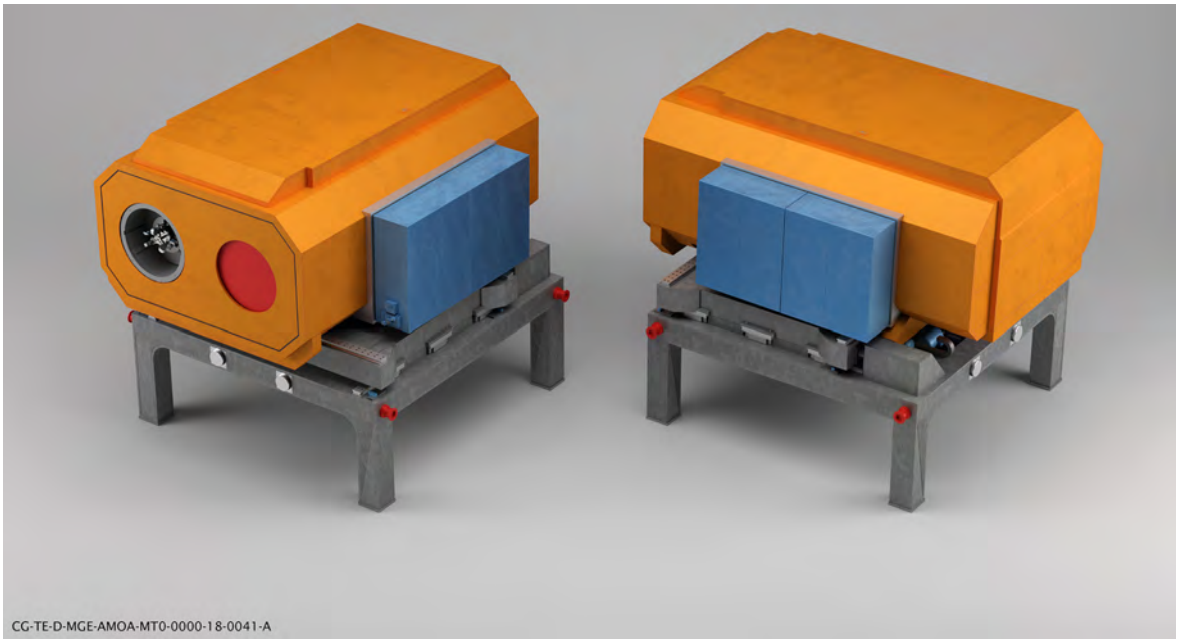


Figure 2-14 Illustration de la hotte de transfert des colis de stockage HA

La conception des hottes de transfert est réalisée principalement de manière à isoler les travailleurs des colis qu'elles contiennent. À ce titre, elles disposent d'une enceinte de confinement (cas des hottes MA-VL) et d'une protection biologique nécessaires à la maîtrise des risques de dissémination et d'exposition aux rayonnements ionisants. Elles sont également munies de protections thermiques afin de protéger leur contenu des agressions internes (risque incendie en particulier (cf. Chapitre relatif au risque incendie chapitre 3 du présent volume). La présence de ces éléments conditionne les échanges thermiques des colis de stockage avec l'extérieur, et par conséquent la maitrise de la dissipation thermique des colis de stockage. Les hottes HA et MA-VL présentent donc un caractère isolant vis-à-vis d'un échauffement extérieur (incendie) ce qui ne favorise pas l'évacuation de la puissance thermique dégagée par les colis. De plus, les hottes sont passives et non ventilées. Des calculs de dissipation de la puissance thermique interne ont été menés sur les différents types de hotte afin de vérifier que les critères thermiques sur les colis primaires ou de stockage ou sur les éléments constitutifs de la hotte (joint de confinement et neutrophage en particulier) ne sont pas atteints en fonctionnement normal et dégradé (blocage de la hotte pendant son transfert). Ces évaluations sont réalisées en tenant compte des familles de colis MA-VL présentant les puissances thermiques initiales les plus élevées (CSD-C en conteneurs ou en stockage direct - cf. Volume 3 du présent rapport). Pour rappel, les critères de température à respecter au niveau des hottes lors des phases de transfert en fonctionnement normal ou dégradé sont :

- 65 °C au niveau du béton des colis primaires ou au niveau des colis de stockage ;
- 120 °C au niveau de la protection neutronique des hottes HA1/H2 ;
- 130 °C au niveau du joint de l'enceinte de confinement ;
- 450 °C au niveau du verre des colis HA.

Au niveau des hottes MA VL, les simulations pour la détermination des températures atteintes au niveau des différentes cibles ont été menées jusqu'à atteinte de l'équilibre thermique au sein des hottes et en considérant une température ambiante au minimum égale à la borne supérieure en température du domaine de fonctionnement normal, soit 35 °C. À l'équilibre, aucun critère thermique n'est atteint pour un colis en transfert. Il en résulte que la simulation menée permet d'assurer qu'en cas de situation de blocage d'un colis au sein d'une hotte, quelle que soit la durée du blocage, les critères thermiques ne sont également jamais dépassés (cf. Tableau 2-16). Pour mémoire, en situation de fonctionnement normal (hors blocage du procédé), le temps de séjour d'un colis (HA ou MA VL) au sein d'une hotte est considéré comme étant au maximum de l'ordre de la centaine d'heures (soit un arrêt d'exploitation de quatre jours).

Ainsi, la conception des hottes permet l'évacuation de la chaleur dissipée par les colis de déchets de manière passive sans atteindre les critères de température définis au niveau des différentes cibles.

2.4.4.2 La situation de blocage de durée infinie d'une hotte

Pour rappel, les critères de température à respecter au niveau des hottes lors des phases de transfert pour une situation de ce type sont :

- 80 °C au niveau du béton des colis primaires ou au niveau des colis de stockage (sur une dizaine de jours maximum) ;
- 120 °C au niveau de la protection neutronique des hottes HA1/H2 ;
- 130 °C au niveau du joint de l'enceinte de confinement de la hotte ;
- 500 °C au niveau du verre des colis HA.

Les seules situations identifiées qui conduiraient à une augmentation de la température au sein de la cavité de la hotte du fait de la thermicité des colis consistent en des situations de blocage pendant des temps importants, induites par des agressions internes ou externes (par exemple, immobilisation prolongée d'une hotte suite à un incendie ou un séisme). Ces évènements initiateurs sont étudiés aux chapitres 3 et 4 du présent volume.

Les résultats des modélisations menées sur les hottes sont présentés dans les tableaux suivants.

Tableau 2-16 Températures stabilisées (à l'équilibre, simulant un blocage de durée infinie) des colis de déchets MA-VL lors de leur transfert en hotte

Modèle de hotte	Type de CS	Puissance thermique	Température du CS initiale (°C)	Température à l'équilibre (°C)	Critère (°C)
MA-VL Type 1[22]	CSD-C en conteneur	60 W[23]	35	64	<80
	CSD-C en stockage direct	90 W/panier[23]	27	36	<130

Pour l'ensemble des cibles associées aux hottes de type MA-VL et leur contenu (béton des conteneurs de stockage, joint de confinement de la hotte), aucun critère thermique n'est atteint pour une durée infinie de présence du colis au sein de la hotte. Les niveaux de température obtenus pour les différentes cibles sont, à l'équilibre thermique de l'ensemble du système (hotte chargée d'un colis de stockage), inférieurs aux critères de température à respecter sur les différents composants.

Tableau 2-17 Températures stabilisées (à l'équilibre, simulant un blocage de durée infinie) des colis de déchets HA en cours de transfert en hotte

Modèle de hotte	Type de CS	Puissance thermique	Température du CS initiale (°C)	Point de mesure	Température à l'équilibre (°C)	Critère (°C)
HA	CS HA1/HA2	500 W/CS	40	Logement	95	<120
				Fourreau	122	<500

[22] La modélisation réalisée pour la hotte de type 1 couvre les hottes de type 2 et 3 (puissance thermique moindre des colis manutentionnés par ces dernières).
[23] Valeur prise initialement pour réaliser le dimensionnement. La puissance thermique retenue au final est plus faible (cf. Chapitre 2.4.5.1.1b) du présent volume).

Les températures atteintes à l'équilibre pour un colis au sein d'une hotte HA sont également inférieures aux critères fixés. La température de 120 °C au niveau de la protection neutronique (logement) et de 500 °C au niveau du verre des colis HA ne sont jamais atteintes.

L'étude de la hotte HA est basée sur la prise en compte de colis de stockage de type HA1/HA2, enveloppes thermiquement des colis HA0.

Ainsi, lors du transfert des hottes au sein de la descenderie colis et des galeries souterraines, aucune situation de fonctionnement n'est susceptible de conduire, du fait du dégagement thermique des colis, à un risque de dépassement des critères thermiques définis au niveau des différentes cibles d'une hotte chargée.

Synthèse pour les systèmes de transfert (hottes)

Les évaluations effectuées pour l'analyse du risque de dégagement thermique lors du transfert en hotte des colis de stockage HA et MA-VL dans la descenderie colis et dans les galeries souterraines en situation normale/dégradée et en situation de blocage de durée infinie montrent qu'aucun des critères de températures important pour la sûreté (cf. Chapitre 2.4.2 du présent volume) n'est atteint au niveau des différentes cibles en tenant compte du dimensionnement des hottes de transfert HA et MA-VL. Aussi, les hottes ne nécessitent aucun dispositif d'évacuation de la puissance thermique des colis.

2.4.5 Les alvéoles de stockage HA et MA-VL

2.4.5.1 Le fonctionnement normal

Pour rappel, les critères de température à respecter au niveau des alvéoles en fonctionnement normal pour la phase de fonctionnement sont :

- 65 °C au niveau du béton des colis primaires ou colis de stockage et des parois du génie civil ;
- 450 °C au niveau du verre des colis HA.

2.4.5.1.1 Les alvéoles de stockage MA-VL

a) Le cas général

Une grande partie des colis primaires MA-VL ne présente pas d'enjeu vis-à-vis du risque de dégagement thermique, du fait de leur très faible exothermicité.

Pour l'ensemble des colis MA-VL (hors C1PG^{SP} et CSD-C), la maitrise du risque thermique en alvéole de stockage MA-VL est assurée de manière passive et indépendante des chroniques de livraison. Ainsi, la vérification du respect des critères thermiques (cf. Chapitre 2.4.2 du présent volume) est réalisée, de manière conservative, sans prise en compte de la ventilation et sans prise en compte de la décroissance radioactive des colis.

Par ailleurs, les données nécessaires suivantes sont considérées :

- agencement des colis prédéfini au sein de leur alvéole ;
- agencement des alvéoles entre eux prédéfinis (entraxe entre alvéoles notamment) ;
- caractéristiques géométriques et choix de matériaux prédéfinis pour ces alvéoles.

Les puissances thermiques des différents types de colis primaires MA-VL définies dans les grandeurs caractéristiques (cf. Volume 3 du présent rapport) sont systématiquement inférieures aux puissances maximales admissibles déterminées sur la base d'une modélisation tenant compte des hypothèses et données précédentes ; ces puissances maximales admissibles varient de 9 W à 390 W par colis primaire selon les configurations. Le détail de la modélisation ayant permis de définir ces puissances maximales admissibles est présenté au sein de la « Note d'analyse des risques liés au dégagement thermique » (23).

Ainsi, la maitrise du risque thermique en alvéole de stockage MA VL repose sur la limitation de la puissance thermique à la source *via* les spécifications d'acceptation des colis primaires (cf. « Pièce 19 - Version préliminaire des spécifications d'acceptation des colis » (24)).

La température au sein des alvéoles MA-VL est également surveillée par différentes sondes au sein des alvéoles MA-VL (cf. « Dossier de justification de la conception de l'alvéole MA-VL » (21)).

b) Le cas particulier des alvéoles accueillant les familles CSD-C et C1PG^{SP}

Pour les familles de colis de déchets CSD-C et C1PG^{SP}, la démonstration de l'absence d'atteinte des critères susmentionnés ne peut se faire qu'en tenant compte d'une part, de leur décroissance radioactive dès la phase de chargement de l'alvéole et d'autre part, de la ventilation de l'alvéole pendant son chargement. Les alvéoles concernés sont modélisés sur la base de ces hypothèses et des données nécessaires suivantes afin de déterminer la puissance thermique maximale admissible des colis primaires qu'ils contiennent et qui permettent de ne pas dépasser les critères thermiques définis au niveau des différents composants cibles.

Ainsi, la puissance maximale admissible des colis plus exothermiques est déterminée sur la base :

- d'un agencement de ces colis prédéfini au sein de leur alvéole ;
- d'un agencement des alvéoles entre eux prédéfini (pas entre alvéoles notamment) ;
- de caractéristiques géométriques et de choix de matériaux prédéfinis pour ces alvéoles ;
- d'un chargement réaliste (non instantané) des alvéoles dont il est question ;
- de conditions de ventilation pendant le chargement des colis telles que prévues dans le dimensionnement.

Les modélisations réalisées permettent de déterminer les puissances thermiques maximales admissibles. Celles-ci sont bornées par la phase la plus pénalisante en fonctionnement normal et dégradé à savoir la fin de chargement de l'alvéole, lorsque la ventilation est arrêtée.

Les différentes puissances thermiques maximales admissibles obtenues par colis permettant de respecter les critères de température précités sont les suivantes :

- pour les alvéoles à T1 :
  - ✓ CSD-C en stockage direct en panier : 8 W à réception sur l'INB ;
  - ✓ CSD-C en conteneur de stockage de type CS2 : 10 W à réception sur l'INB ;
- pour les alvéoles à TU :
  - ✓ C1PG^{SP} en stockage direct : puissance thermique maximale admissible de 60 W/CP à réception ;
  - ✓ CSD-C en conteneur de stockage de type CS2 : 10 W à réception sur l'INB.

Ces résultats mettant en jeu la décroissance des colis primaires durant la phase de chargement, impliquent des contraintes de chargement :

- contrainte de durée de chargement entre deux nappes pour les C1PG^{SP} et les CSD-C ;
- contrainte d'agencement des colis à spectre ^{108m}Ag pour les C1PG^{SP} uniquement.

Le détail des modélisations et des contraintes de chargement associées est présenté au sein de la « Note d'analyse des risques liés au dégagement thermique » (23).

La prise en compte de la ventilation permet de disposer de marges conséquentes vis-à-vis des critères thermiques durant la phase de fonctionnement. Néanmoins, l'analyse de la perte de la ventilation en phase de fonctionnement est étudiée et présentée au sein du chapitre 2.4.5.2 du présent volume.

Ainsi, la maitrise du risque thermique en alvéole de stockage MA-VL repose sur la limitation de la puissance thermique à la source *via* les spécifications d'acceptation des colis primaires (cf. « Pièce 19 - Version préliminaire des spécifications d'acceptation des colis » (24)) et la limitation du nombre de colis dans une section d'alvéole. Les dispositifs de surveillance présents pour les alvéoles contenant des CSD-C ou des C1PG^{SP} sont identiques à ceux présentés dans le chapitre précédent (cf. Chapitre 2.4.5.1.1a) du présent volume).

2.4.5.1.2 Les alvéoles de stockage HA

Dans les alvéoles HA, l'évacuation de la puissance thermique des colis est effectuée de manière passive. Le respect des critères thermiques repose sur la dissipation thermique à travers le chemisage en acier des alvéoles HA, le jeu fonctionnel, le MREA et l'argilite de la roche hôte. Les critères thermiques à respecter pour la sûreté en phase de fonctionnement concernent l'absence d'atteinte du critère thermique de 65 °C au niveau du béton du massif d'accostage et du revêtement de la galerie d'accès (ce paramètre étant limitant comparé au critère de 450 °C à respecter au niveau du verre des colis HA).

Les évaluations sont menées en tenant compte des valeurs de puissance thermique à réception des colis sur la base des valeurs définies au chapitre 4.1.5 du volume 3 du présent rapport. Ces valeurs de puissance thermique maximale sont respectées pour chaque colis primaires HA arrivant sur l'INB.

Sur la base du dimensionnement THM de l'ensemble du quartier (cf. Volume 7 – L'évolution phénoménologique du système de stockage après sa fermeture du présent rapport), les critères thermiques associés à la démonstration de sûreté en phase de fonctionnement ne sont pas dépassés. La ventilation présente au sein des différents quartiers au niveau de la galerie d'accès en phase de fonctionnement n'est pas prise en compte dans les modélisations réalisées pour cette vérification. Les résultats obtenus sont donc majorants.

a) Les alvéoles du quartier pilote HA

Le quartier pilote HA est conçu pour recevoir principalement les colis des familles COG-150 et COG-870. Ces colis sont stockés à proximité les uns des autres.

Le dimensionnement du quartier pilote HA (cf. Chapitres 5.4.2 et 6.1.5 du « Dossier de justification des choix d'architecture souterraine » (25)) conduit à une température n'excédant pas 40 °C au niveau du béton du massif et du bouchon de radioprotection côté galerie d'accès. Ainsi, pour ce quartier, le critère thermique est largement couvert par le critère THM. Il est à noter que la température maximale atteinte en peau de colis sera toujours inférieure à 50 °C, le critère de 450 °C au niveau du verre des colis HA est donc également respecté (gradient entre température au sein du colis et en peau de conteneur est de l'ordre de la dizaine de degrés).

b) Les alvéoles du quartier de stockage HA

Le quartier de stockage HA comprend quatre sous-quartiers ouverts les uns après les autres suivant la chronique de livraison. Ce quartier est conçu pour recevoir les colis de déchets vitrifiés fortement exothermiques issus principalement des familles COG-140, COG-200 et COG-800. Ces colis sont séparés les uns des autres par un espace vide afin de respecter les critères thermiques. Dans certains alvéoles, des colis de déchets vitrifiés peu exothermiques (MA-VL vitrifiés ou HA0) sont placés entre chaque colis fortement exothermique. Le stockage de ces colis faiblement exothermiques en intercalaire permet, dans une logique d'optimisation, de valoriser les espaces vides entre les colis HA exothermiques nécessaires pour limiter la densité de chargement thermique vis-à-vis du respect des critères thermiques et THM.

Les paramètres retenus pour l'ensemble du quartier (cf. Chapitres 5.4.2 et 6.1.5 du « Dossier de justification des choix d'architecture souterraine » (25)) permettent d'assurer des niveaux de température de l'ordre de 50 °C au niveau du béton du massif et du bouchon de radioprotection côté galerie d'accès pour l'ensemble des alvéoles pendant la phase de fonctionnement. Ainsi, pour ce quartier, le critère thermique est largement couvert par le critère THM. Il est à noter que ces paramètres ont été définis afin d'assurer un niveau de température en dessous de 100 °C au niveau de la roche hôte en vérifiant l'absence de dépassement d'une température de 90 °C au niveau du colis de stockage.

Aussi, le critère de 450 °C au niveau du verre des colis HA est également respecté (gradient entre température au sein du colis et en peau de conteneur est de l'ordre de la dizaine de degrés).

La température des alvéoles du quartier pilote HA et du quartier de stockage HA pendant la phase de fonctionnement fait l'objet d'un suivi. Par ailleurs, la température en galerie d'accès est surveillée au travers des paramètres associés au fonctionnement de la ventilation de cette zone.

2.4.5.2 Le scénario de perte de ventilation ou refroidissement

2.4.5.2.1 Les alvéoles MA-VL

Pour la plupart des colis MA-VL (hors CSD-C et C1PG^{SP}), la maitrise du risque thermique en alvéole de stockage MA-VL étant assurée de manière passive et indépendamment des chroniques de livraison aucun scénario de ce type n'est susceptible d'engendrer, pour les alvéoles contenant ces colis, des niveaux de températures supérieurs à ceux définis pour le fonctionnement normal, au niveau des différentes cibles étudiées.

Pour les familles de colis de déchets CSD-C et C1PG^{SP}, les modélisations réalisées ayant permis de déterminer la puissance thermique maximale admissible des colis primaires montrent qu'en cas de perte de ventilation (et donc de refroidissement) au moment le plus critique de la phase de chargement, le délai disponible pour la remise en service des systèmes impactés est suffisant pour garantir l'absence de dépassement des critères thermiques. En effet, sur la base d'une approche enveloppe (cf. « Note d'analyse des risques liés au dégagement thermique » (23)), le critère de 65 °C au niveau du béton de l'alvéole est atteint aux environs d'un an dans le cas de l'alvéole pénalisant pour ce scénario de perte de ventilation. Pour l'alvéole contenant des C1PG^{SP}, le critère atteint le plus rapidement est le critère de 65 °C au niveau du béton du CP au bout d'une durée de l'ordre de l'année également.

En situation de perte de ventilation, une température de soufflage supérieure à 35 °C n'est pas de nature à remettre en cause la sûreté de l'installation vis-à-vis de ces critères au vu :

- de la possibilité de réaliser un délestage des équipements électriques lors de cette situation accidentelle (afin de limiter les apports thermiques dus aux équipements électriques présents sur le cheminement de l'air depuis la surface vers le fond) ;
- des délais disponibles pour remettre en état de fonctionnement les systèmes impactés au vu de la cinétique d'évolution des températures au niveau des cibles.

2.4.5.2.2 Les alvéoles du quartier pilote HA et alvéoles du quartier de stockage HA

Ces alvéoles ne sont pas ventilées en phase de fonctionnement. Par ailleurs, la ventilation de la galerie d'accès (GAC) n'est pas prise en compte ce qui amène à majorer les températures calculées au niveau du massif d'accostage en béton pour le fonctionnement normal. La maîtrise du risque de dégagement thermique est réalisée de manière passive. Ainsi, aucun scénario n'est de nature à conduire à un dépassement des critères thermiques définis au niveau des différentes cibles (cf. Chapitre 2.4.5.1.2 du présent volume).

Synthèse pour l'ensemble des alvéoles de stockage

- Pour l'ensemble des alvéoles MA-VL (hors C1PG^{SP} et CSD-C), la maitrise du risque thermique en alvéole de stockage MA-VL est assurée de manière passive et indépendante des chroniques de livraison. L'ensemble des critères thermiques est respecté en fonctionnement normal. Aucun scénario n'est de nature à conduire à un dépassement des critères thermiques.
- Pour les alvéoles MA-VL contenant les familles de colis C1PG^{SP} et CSD-C, la valorisation de la ventilation et de la décroissance thermique des colis pendant le temps de chargement permet de vérifier que les critères thermiques ne sont jamais dépassés en fonctionnements normal et dégradé. En cas de perte de ventilation ou de conditionnement, le délai de remise en fonctionnement des systèmes de ventilation impactés est inférieur au délai d'atteinte des critères thermiques associés au béton des colis et des ouvrages.
- Pour les alvéoles HA, la maitrise du risque thermique est assurée de manière passive et indépendante des chroniques de livraison. L'ensemble des critères thermiques est respecté en fonctionnement normal. Aucun scénario n'est de nature à conduire à un dépassement des critères thermiques.
- La maitrise du risque thermique en alvéole de stockage MA-VL et en alvéole de stockage HA repose sur la limitation de la puissance thermique des colis primaires *via* les spécifications d'acceptation des colis primaires et sur le nombre de colis par section d'alvéole.

2.5 Les risques liés aux gaz inflammables produits par radiolyse et par corrosion

Cette analyse de risques s'appuie sur la description des installations, des équipements et de leur fonctionnement présenté dans le volume 5 du présent rapport.

Le détail des hypothèses prises en compte pour la démonstration de sûreté et l'exhaustivité de l'analyse de risques sont présentés dans la « Note d'analyse des risques liés aux gaz de radiolyse et de corrosion » (26).

2.5.1 La présentation des risques

Les risques liés aux gaz inflammables produits par radiolyse et par corrosion font référence à la présence simultanée :

- d'un gaz inflammable, dont la concentration est telle qu'il se trouve dans son domaine d'explosivité (compris entre la limite inférieure d'explosivité et la limite supérieure d'explosivité) ;
- d'un comburant (généralement, l'oxygène de l'air) ;
- d'une source d'ignition (étincelle, frottement, température du milieu ou de paroi supérieure à la température d'auto-inflammation du gaz considéré).

La maîtrise des risques liés à la production de gaz inflammables dans l'INB Cigéo revêt un enjeu important car leur explosion pourrait entraîner la perte de confinement des matières radioactives contenues dans les colis de déchets ou plus généralement, l'atteinte d'une cible de sûreté.

Pendant la phase de fonctionnement, la production de gaz inflammables est un phénomène résultant :

- cas des gaz inflammables produits par radiolyse : de processus radiolytiques (radiolyse des déchets, radiolyse de l'eau), c'est-à-dire de processus de décomposition de matières hydrogénées par les rayonnements ionisants conduisant à la formation de gaz inflammables (hydrogène, méthane, etc.) ;
- cas des gaz inflammables produits par corrosion : de processus de dégradation chimique des composants du stockage (notamment ceux comportant de l'acier), qui, dans certaines conditions, produisent de l'hydrogène.

L'hydrogène est la phase gazeuse émise de façon prépondérante dans le stockage. De plus, il présente les propriétés d'inflammabilité les plus pénalisantes vis-à-vis des autres gaz inflammables produits (notamment le méthane et le monoxyde de carbone, cf. Tableau 2-18).

Tableau 2-18 Propriétés des gaz inflammables produits majoritairement dans le stockage

Propriétés en mélange dans l'air	Hydrogène[24]	Méthane	Monoxyde de carbone
Formule chimique	H_2	CH_4	CO
Domaine d'explosivité dans l'air[25]	LIE : 4 % vol. LSE : 75 % vol.	LIE : 5 % vol. LSE : 15 % vol.	LIE : 12,5 % vol. LSE : 74 % vol.
Énergie minimale d'inflammation dans l'air	20 µJ	300 µJ	-
Température d'auto-inflammation	500 °C	535 °C	605 °C
Énergie d'explosion	2,02 kg TNT/m³ gaz	-	-

2.5.2 La localisation des risques

Les risques liés aux gaz inflammables produits par radiolyse et par corrosion concernent les zones dans lesquelles il existe :

- un regroupement important de colis émetteurs de gaz de radiolyse (ex : zones tampons en surface, alvéoles de stockage MA-VL en souterrain) ;
- des colis émetteurs de gaz se trouvant dans un volume libre réduit (ex : hotte MA-VL) ;
- un dégagement d'hydrogène résultant de la corrosion de matériaux métalliques (ex : alvéoles de stockage HA).

[24] Valeurs à pression et température atmosphériques (à pression constante, la plage d'explosivité dans l'air croît avec la température, c'est-à-dire que la LIE s'abaisse et la LSE s'élève lorsque la température initiale est plus élevée).

[25] Dans l'ensemble de l'étude, la limite inférieure d'explosivité (LIE) de l'hydrogène est assimilée à sa limite inférieure d'inflammabilité à pression et température ambiantes (LII). Néanmoins, il faut noter qu'à la concentration minimale de 4 %, il n'y a pas une explosion mais seulement une inflammation d'hydrogène (le domaine d'explosivité de l'hydrogène étant quant à lui compris entre 18 % et 55 % à pression atmosphérique et température ambiante).

2.5.2.1 Le cas des colis de déchets HA

Dans le cas des colis de déchets HA, la production de gaz de radiolyse est négligeable par rapport aux quantités produites par corrosion des aciers compte-tenu de :

- la faible quantité de matières hydrogénées (la majorité des colis étant constituée d'une matrice vitreuse) ;
- la limitation du débit d'équivalent de dose au contact du conteneur de stockage, liée à la prévention du risque de corrosion radiolytique (DeD <10 $Gy.h^{-1}$), qui rend négligeable la génération d'hydrogène par le phénomène de radiolyse de l'eau au contact du colis de stockage.

En outre, dans l'alvéole de stockage HA, compte-tenu de l'atmosphère pauvre en oxygène maintenue à l'intérieur de l'alvéole pour maîtriser la corrosion du conteneur de stockage, un régime de corrosion anoxique (ou très proche de l'anoxie) va s'instaurer. La corrosion anoxique des matériaux métalliques génère de l'hydrogène par réduction de l'eau, de manière lente et limitée du fait de sa faible cinétique. Le risque d'apparition d'atmosphère explosive dans l'alvéole de stockage HA est lié à ce phénomène.

2.5.2.2 Le cas des colis de déchets MA-VL

Les déchets MA-VL font principalement référence aux déchets de structure issus du traitement des combustibles usés (coques et embouts compactés en CSD-C) et aux déchets produits par l'exploitation des réacteurs et autres installations nucléaires. Parmi ces derniers, ceux composés de matières hydrogénées sont générateurs d'hydrogène par radiolyse de ces matières. Dans le cas des colis de déchets MA-VL, le risque concerne ainsi :

2.5.3 Les objectifs de sûreté

Vis-à-vis des risques liés aux gaz inflammables produits par radiolyse et par corrosion, l'état sûr se caractérise par le maintien d'une atmosphère non explosive. Ceci se traduit par les objectifs de sûreté suivants, en fonction des zones considérées de l'INB :

- **cas des alvéoles de stockage HA :**
  - ✓ la corrosion des matériaux métalliques présents dans l'alvéole HA génère de l'hydrogène. Dans un mélange ternaire en présence d'hydrogène, d'azote et d'oxygène, la concentration maximale en oxygène (CMO) de 4,8 % permet de rester dans le domaine de non-inflammabilité de l'hydrogène ;
  - ✓ dans ces conditions, les concentrations maximales en oxygène retenues en tant qu'objectifs de sûreté sont les suivantes :
    - 25 % de la concentration maximale en dioxygène (soit 1 % d'O_2) en situations normale et dégradée ;
    - 75 % de la concentration maximale en dioxygène (soit 3 % d'O_2) en situations incidentelle et accidentelle ;
- **cas du bâtiment nucléaire de surface, des hottes de transfert et des alvéoles de stockage MA-VL :**
  - ✓ la limite inférieure d'explosivité (LIE) du dihydrogène étant de 4 % en mélange dans l'air, à pression et température atmosphériques (cf. Tableau 2-18), les concentrations maximales en hydrogène retenues en tant qu'objectifs de sûreté sont les suivantes :
    - à 25 % de la LIE du dihydrogène (soit 1 % d'H_2) en situations normale et dégradée ;
    - à 75 % de la LIE du dihydrogène (soit 3 % d'H_2) en situations incidentelle et accidentelle.

2.5.4 L'analyse des risques dans le bâtiment nucléaire

Dans le bâtiment nucléaire, les colis (colis primaires, colis de stockage) circulent sur des palettes à l'aide de chariots et de transbordeurs pour effectuer des opérations de déchargement, de contrôle, de conditionnement puis de mise en hotte afin de permettre leur transfert vers les ouvrages de stockage *via* la descenderie colis et les galeries souterraines.

Elles ont la particularité de regrouper un nombre plus ou moins important de colis (d'un colis dans certaines cellules - cellule de contrôle C5, cellule de mise en hotte – [redacted]

[redacted]

La maîtrise des risques liés aux gaz inflammables produits par radiolyse dans le bâtiment nucléaire repose sur des dispositions passives permettant d'une part, de prévenir de l'accumulation d'hydrogène et d'autre part, d'assurer sa dilution :

- la limitation à la source de l'hydrogène produit par les déchets, au travers des spécifications d'acceptation des colis primaires (critères fixées en litre d'H_2/colis primaire/an) ;
- le volume des cellules du bâtiment nucléaire qui permet, au regard des débits de radiolyse, de diluer l'hydrogène émis et de disposer de délais d'atteinte des taux limites en hydrogène considérables (plusieurs dizaines d'années).

[26] Les familles particulières de colis de déchets correspondent à des familles présentant un nombre réduit de colis avec un débit d'hydrogène élevé (cf. Grandeurs caractéristiques présentées dans le volume 3 du présent rapport).

Tableau 2-19 Hypothèses retenues pour l'analyse des risques liés aux gaz de radiolyse dans le bâtiment nucléaire de surface EP1

Tableau 2-20 Délais d'atteinte des taux limites en hydrogène dans le bâtiment nucléaire de surface EP1 pour les hypothèses enveloppes

Compte-tenu des délais d'atteinte des taux limites en dihydrogène (une dizaine d'année pour l'atteinte du critère de 1 %), aucune défaillance ou agression d'origine interne ou externe n'est susceptible d'affecter la maîtrise des risques liés aux gaz inflammables produits par radiolyse dans le bâtiment nucléaire de surface EP1.

Aussi, la ventilation n'est pas nécessaire, dans la démonstration de sûreté, pour maîtriser les risques liés aux gaz inflammables produits par radiolyse (les dispositions de conception passives telles que le volume des cellules suffisent).

De plus, compte tenu de la forte diffusivité moléculaire de l'hydrogène, la dilution rapide de ce gaz dans le volume libre de la cellule permet également d'écarter tout risque d'accumulation d'hydrogène dans une zone singulière.

Ainsi, le risque d'apparition d'une atmosphère explosive liée aux gaz de radiolyse générés par les colis MA-VL dans le bâtiment nucléaire de surface EP1 est exclu.

Synthèse sur la maîtrise des risques liés aux gaz de radiolyse dans le bâtiment nucléaire de surface

Dans le bâtiment nucléaire de surface EP1, la maîtrise des risques liés aux gaz inflammables produits par radiolyse consiste d'une part, à limiter à la source l'hydrogène produit par les colis primaires et d'autre part, à diluer la concentration d'hydrogène émis dans l'air ambiant en concevant des cellules de grands volumes (dispositions passives de maîtrise du risque).

Ainsi, dans les cellules du bâtiment nucléaire de surface, les délais d'atteinte des taux limites en hydrogène sont extrêmement longs, de l'ordre de plusieurs années voire dizaines d'années.

Compte-tenu de ces échelles de temps, aucune défaillance ou agression d'origine interne ou externe n'est susceptible de remettre en cause la maîtrise des risques liés aux gaz inflammables produits par radiolyse dans les cellules du bâtiment nucléaire.

À ce titre, aucune exigence de maintien de la ventilation dans les cellules du bâtiment nucléaire de surface n'est requise, en situation accidentelle, au titre de la démonstration de maîtrise des risques.

Le risque d'atteindre une atmosphère explosive dans les cellules du bâtiment nucléaire est exclu.

2.5.5 L'analyse des risques dans la descenderie colis et les galeries souterraines

Au cours de leur transfert entre le parc à hottes du bâtiment nucléaire de surface et les alvéoles de stockage, les colis de stockage transitent dans une hotte.

Le risque d'apparition d'une atmosphère explosive concerne principalement les hottes MA-VL (la production de gaz de radiolyse étant faible dans le cas des colis de déchets HA, cf. Chapitre 2.5.2.1 du présent volume).

Une des fonctions de la hotte est d'assurer le confinement statique du colis de stockage transporté. À ce titre, la hotte est susceptible d'être un lieu d'accumulation d'hydrogène (la cavité de la hotte n'étant pas ventilée).

Les zones à risque sont celles traversées par ladite hotte lors de son transfert, à savoir successivement le parc à hottes, la galerie de raccordement, la tête de descenderie colis, le funiculaire, la zone de soutien logistique exploitation, les galeries de liaison et la galerie d'accès aux alvéoles de stockage MA-VL.

Il existe trois modèles de hottes MA-VL (de dimensions variables en fonction des types de colis transportés), chacune étant notamment composée d'une enceinte de confinement, d'une enceinte blindée et d'une protection thermique (cf. Figure 2-15).

Figure 2-15 Illustration des différents types de hottes de transfert des colis de stockage MA-VL selon les colis de stockage (CS) considérés

Les dispositions mises en œuvre vis-à-vis du risque d'accumulation d'hydrogène dans la cavité de la hotte MA-VL lors du procédé de transfert des colis sont décrites ci-après selon les différents niveaux de défense en profondeur.

2.5.5.1 Des dispositions pour prévenir le risque d'accumulation d'hydrogène en hotte MA-VL

Dans les hottes MA-VL, la maîtrise des risques liés à l'émission de gaz de radiolyse repose sur la limitation, au strict nécessaire, du temps de séjour du colis avant son accostage à une cellule ventilée. Le délai d'atteinte de 1 % d'H_2 (25 % de la LIE) dans la cavité de la hotte MA-VL est estimé à :

Le temps de cycle entre le chargement d'un colis MA-VL dans la hotte en surface et son déchargement en alvéole de stockage MA-VL est de l'ordre de quatre heures (valeur enveloppe prenant en compte les temps alloués aux différentes opérations de manutention, aux vitesses des engins de transfert et aux alvéoles les plus éloignés du quartier de stockage MA-VL).

En fonctionnement normal (position stable du process, hors cas de blocage du process), un arrêt d'exploitation d'une centaine d'heures (soit environ quatre jours) est admis.

Ce temps de séjour maximum d'environ quatre jours dans la hotte de transfert MA-VL est inférieur aux délais d'atteinte de 1 % d'hydrogène présentés ci-avant, même dans le cas le plus pénalisant du colis COG -440 émetteur à 300 L/CS/an (une dizaine de jours).

[27] Les colis EDF dits « C1PG^{SP} » émettent à 90 L/CP/an mais le volume libre dans la hotte est plus important compte-tenu du stockage direct (les C1PG^{SP} ne sont pas conditionnés en CS).

2.5.5.2 Des dispositions de détection et de surveillance associées aux hottes MA-VL

En transfert dans la hotte MA-VL, il n'y a pas de surveillance spécifique des gaz de radiolyse émis par les colis. En effet, la durée de transfert des hottes est très courte par rapport au délai d'atteinte de la LIE estimé pour le colis le plus pénalisant (cf. Chapitre 2.5.5.1 du présent volume).

Le paramètre surveillé est le délai d'immobilisation de la hotte. Le cheminement de la hotte dans l'installation étant suivi à tout moment depuis la Salle de Conduite Centralisée (SCC), en cas d'immobilisation prolongée de celle-ci, l'opérateur de conduite est capable de détecter un arrêt du process, d'informer de la situation, de surveiller le délai d'immobilisation de la hotte et d'intervenir, le cas échéant.

2.5.5.3 Des dispositions de limitation des conséquences en situation d'immobilisation prolongée de la hotte MA-VL

L'évènement redouté est une immobilisation prolongée de la hotte MA-VL conduisant à l'atteinte d'une atmosphère explosive dans la cavité de la hotte, quelle qu'en soit la cause (ex : défaillance intrinsèque des moyens de transfert ou agression des moyens de transfert conduisant à une immobilisation prolongée).

Le délai d'atteinte de 3 % d'H_2 (75 % de la LIE) dans la cavité de la hotte est estimé à :

- plus de six mois pour la situation enveloppe issue des grandeurs caractéristiques correspondant à un colis de stockage de la famille COG-430 (colis émetteurs à 70 L/CS5/an avec un volume libre de l'ordre de 1 m^3 dans la hotte) ;
- respectivement une quarantaine de jours et trois mois dans le cas pénalisant des COG-440 pour les familles particulières de colis de déchets (une dizaine de colis émetteurs à 300 L/CS3/an et une centaine de colis émetteurs à 120 L/CS3/an avec un volume libre de l'ordre de 1 m^3).

En ce qui concerne la défaillance intrinsèque des moyens de transfert, aucune situation de blocage n'est susceptible de conduire à une immobilisation de la hotte MA-VL d'une durée égale ou supérieure à ces délais. Le délai le plus long estimé à environ une journée pour débloquer la hotte MA-VL correspond à une opération réalisée sur la navette MA-VL. Le cas échéant, le transbordement d'une hotte sur un chariot de secours est prévu. Ainsi, le risque d'apparition d'une atmosphère explosive dans la hotte MA-VL consécutive à la défaillance intrinsèque des moyens de transfert est exclue.

En ce qui concerne les agressions d'origine interne (collisions et chute de charges, incendie interne, perte d'utilité, etc.) ou externe (ex : séisme), elles sont susceptibles d'impliquer des opérations plus longues relevant de la gestion post-accidentelle.

Dans le cas particulier des COG-440, le risque d'atteinte d'une atmosphère explosive dans la cavité interne de la hotte MA-VL suite à une immobilisation prolongée de la hotte consécutive à un séisme ne peut être exclu. Un dispositif mobile permettant de balayer l'atmosphère interne de la hotte est ainsi prévu.

L'aspiration des gaz peut être réalisée *via* des orifices implantés sur les faces avant et arrière de la hotte, derrière les protections thermiques et radiologiques, à une hauteur accessible par les opérateurs (cf. Figure 2-16).

L'atmosphère aspirée de la hotte est filtrée *via* un filtre THE avant d'être rejetée en galerie, dans laquelle les débits de ventilation mis en œuvre et/ou les volumes des ouvrages sont largement compatibles avec les besoins requis vis-à-vis du dégagement d'hydrogène d'un seul colis transitant en hotte.

Le dispositif de balayage, alimenté par une bouteille d'air comprimé provoquant une dépression dans la hotte, est transportable « à dos d'homme » par l'opérateur afin de permettre une intervention rapide, même en conditions dégradées (de l'ordre de quelques heures à quelques jours).

D'autre part, les cheminements en souterrain étant dimensionnés aux agressions (ex : non effondrement sous séisme) et la hotte étant dimensionnée au renversement sous séisme (stabilité et intégrité sous séisme), l'accessibilité aux orifices de dégazage est garantie quelle que soit la situation rencontrée.

Le délai de mise en service du dispositif de balayage reste ainsi inférieur au délai évalué à une quarantaine de jours[28] pour l'atteinte du critère de 3 % d'hydrogène dans la hotte MA-VL dans le cas le plus pénalisant.

En outre, la hotte ne comprend aucun équipement électrique embarqué : l'absence de source d'ignition à l'intérieur des hottes MA-VL permet de considérer comme exclue l'occurrence d'une explosion au sein de celle-ci.

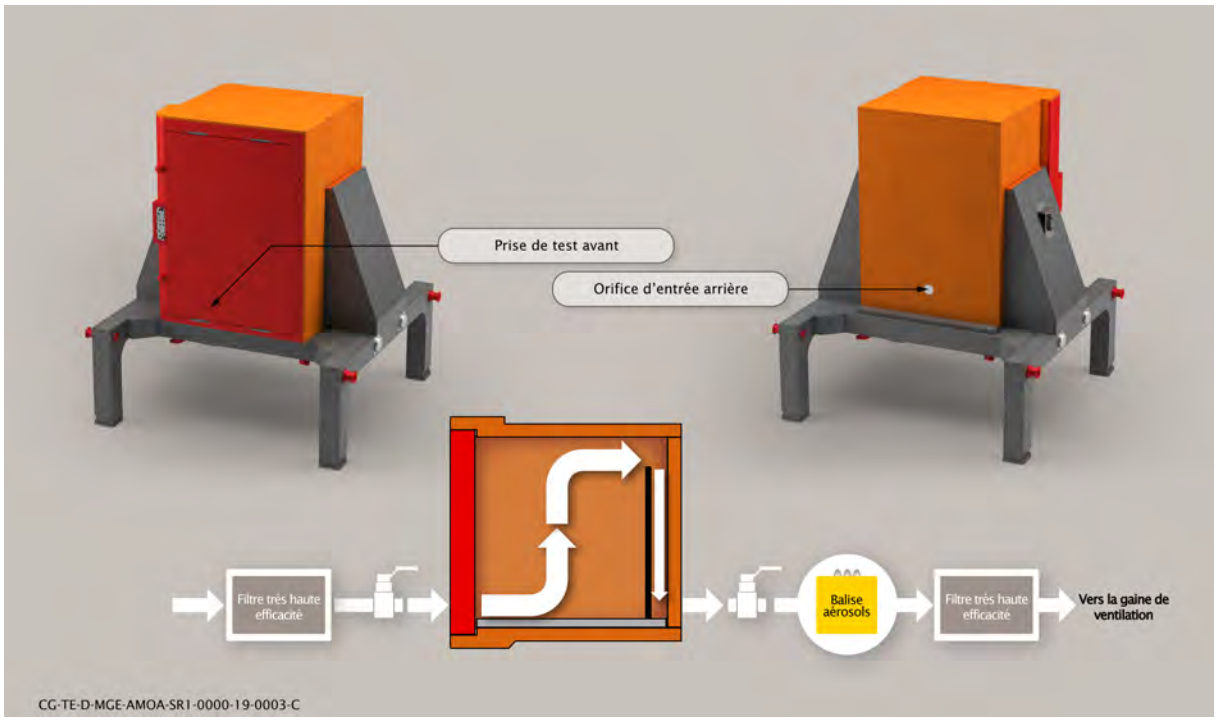


Figure 2-16 Illustration du dispositif de dégazage de la hotte de transfert des colis de stockage MA-VL en situation accidentelle

Synthèse des risques liés aux gaz de radiolyse dans la liaison surface-fond et les galeries souterraines

En situation normale et dégradée, le temps de séjour d'un colis MA-VL transitant dans une hotte est insuffisant pour conduire à l'apparition d'une atmosphère explosive. En situation accidentelle, il en est de même en cas de défaillance intrinsèque des moyens de transfert. En cas d'immobilisation prolongée de la hotte MA-VL consécutive à une agression affectant les moyens de transfert, la maîtrise des risques liés aux gaz de radiolyse repose sur le déploiement du dispositif de balayage de l'atmosphère interne de la hotte.

Grâce à la capacité de mise en œuvre de ce dispositif, aucune situation accidentelle n'est susceptible de remettre en cause la maîtrise des risques liés aux gaz de radiolyse dans les hottes MA-VL.

Le risque d'atteindre une atmosphère explosive dans les hottes MA-VL est exclu.

[28] Le délai disponible pour mettre en service le dispositif de balayage est porté à plus de 50 jours en considérant l'atteinte de la LIE, c'est-à-dire 4 % d'hydrogène dans la cavité de la hotte MA-VL.

2.5.6 L'analyse des risques dans les alvéoles de stockage HA

NOTE IMPORTANTE

Le déploiement des alvéoles du quartier de stockage HA s'appuie à ce stade sur des principes similaires à ceux du quartier pilote HA, en retenant une longueur d'alvéole de l'ordre de 150 mètres, sans préjuger des développements futurs (intégrant le retour d'expérience de l'exploitation du quartier pilote HA et des évolutions technologiques disponibles) qui pourraient être mis en œuvre d'ici sa mise en service envisagée à l'horizon 2080.

Dans la suite du chapitre, la terminologie « alvéole de stockage HA » est ainsi employée pour désigner indifféremment les alvéoles du quartier pilote HA et du quartier de stockage HA.

2.5.6.1 La caractérisation de l'environnement de l'alvéole de stockage HA

La corrosion anoxique des matériaux métalliques présents dans l'alvéole de stockage HA génère de l'hydrogène. L'oxygène présent dans l'air des galeries ventilées d'accès aux alvéoles peut potentiellement pénétrer dans les alvéoles de stockage HA et créer des conditions favorisant l'apparition d'une atmosphère explosive.

Les dispositions de maîtrise des risques liés à l'hydrogène produits par corrosion anoxique en alvéole HA sont décrites ci-après selon les différents niveaux de défense en profondeur.

2.5.6.2 Des dispositions de conception passives pour prévenir l'entrée d'air dans l'alvéole de stockage HA

La maîtrise du risque d'apparition d'atmosphère explosive en alvéole de stockage HA, en phase d'exploitation, repose en premier lieu sur la maîtrise de la concentration en oxygène à l'intrados du chemisage.

Des dispositions de conception passives permettent de limiter l'entrée de l'air (oxygène) présent dans les galeries ventilées vers l'alvéole (cf. Figure 2-16 et figure 2-17). Elles reposent sur la présence :

- d'une bride métallique, équipée d'un joint d'étanchéité métallique, boulonnée au niveau de la façade d'accostage (dispositif d'isolement entre l'alvéole et la galerie ventilée) ;
- d'une membrane d'étanchéité située autour du massif d'accostage et du revêtement de la galerie (dispositif d'isolement au niveau de l'interface entre le massif d'accostage de la tête d'alvéole et le revêtement en béton de la galerie) ;
- d'un matériau de remplissage de l'espace annulaire (MREA) le long du chemisage.

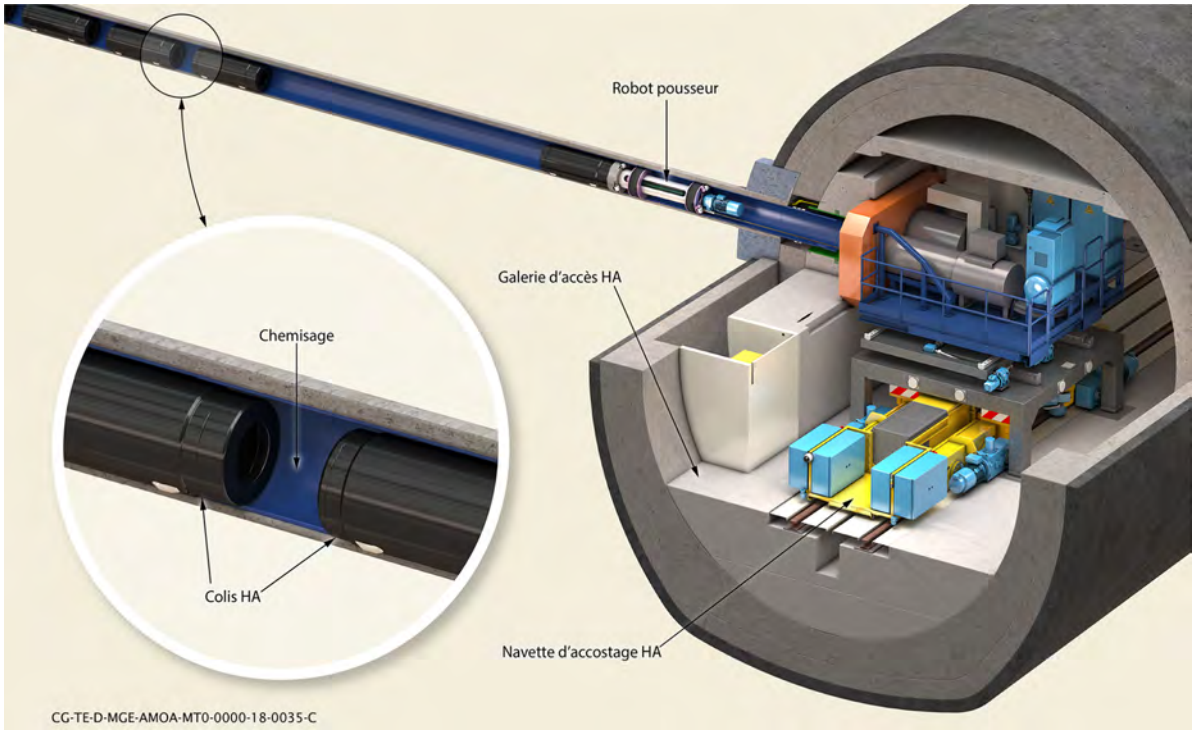


Figure 2-17 Illustration de l'alvéole de stockage HA en exploitation

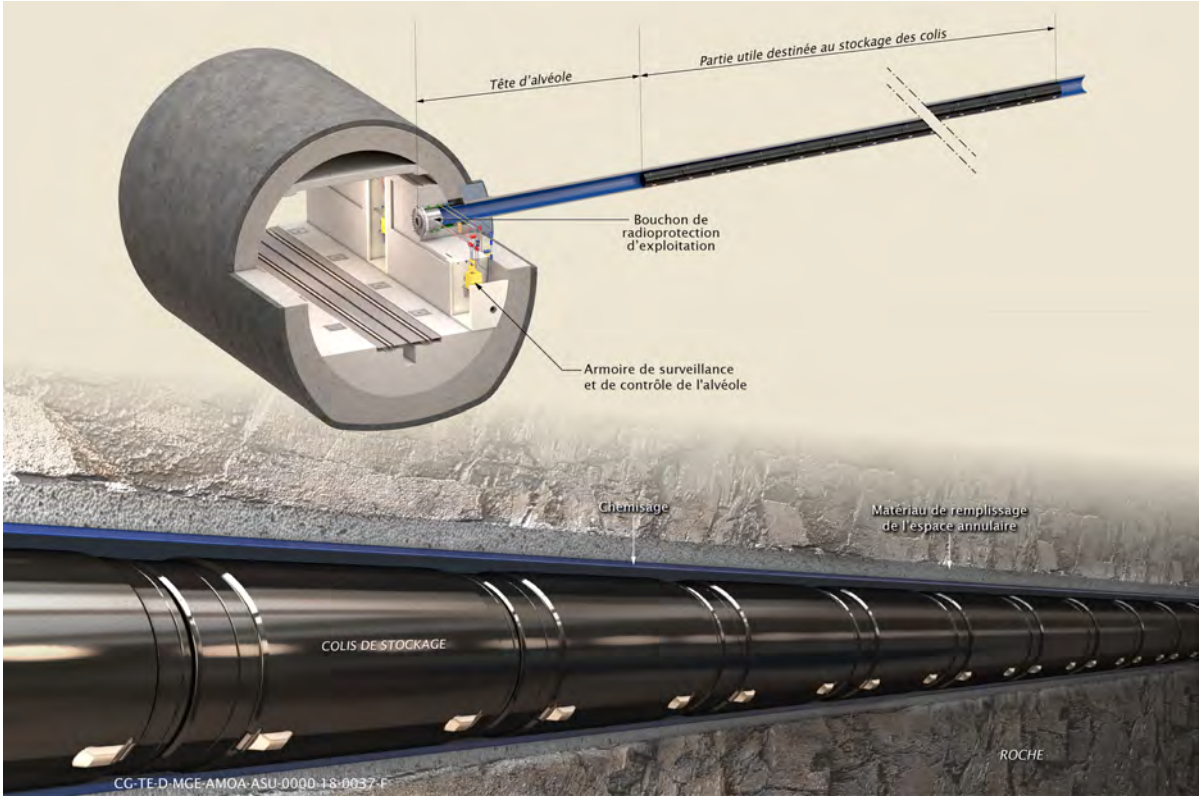


Figure 2-18 Illustration de l'alvéole de stockage HA en exploitation

2.5.6.3 Des dispositions de surveillance des taux d'oxygène et d'hydrogène dans l'alvéole de stockage HA

Afin de vérifier que l'objectif de sûreté correspondant à une concentration maximale en oxygène inférieure à 1 % dans l'alvéole de stockage HA en fonctionnement normal et dégradé est respecté, un dispositif de prélèvement des gaz est mis en place. Il permet de contrôler, de manière périodique, l'évolution de la concentration en oxygène et en hydrogène dans l'alvéole de stockage HA.

Le principe de fonctionnement du dispositif consiste à placer un tube à l'intrados du chemisage de l'alvéole pour réaliser les prélèvements. Ce dispositif, basé sur la technologie éprouvée du *coil-tubing* de l'industrie pétrolière, est amovible c'est-à-dire qu'il est mis en place dans l'alvéole et peut être retiré en tant que de besoin au moyen d'un équipement mobile, depuis la galerie d'accès, par un système de traversée de la bride métallique.

Le tube de prélèvements est connecté à l'analyseur de gaz placé dans une armoire technique à proximité de chaque alvéole, en galerie d'accès.

Figure 2-19 Illustration de l'armoire de prélèvement et d'analyse des gaz située en façade d'un alvéole de stockage HA

2.5.6.4 Des dispositions de limitation des conséquences en cas de dépassement du taux maximal en oxygène en alvéole de stockage HA

Au cas où le dispositif de surveillance du taux d'oxygène en alvéole HA révèle une concentration supérieure à la limite admise de 1 % en fonctionnement normal et dégradé, un dispositif de balayage à l'azote est prévu pour chasser les gaz (oxygène et hydrogène) présents dans l'alvéole et écarter un éventuel risque de formation d'atmosphère explosive[29].

[29] On notera qu'en termes d'exploitation, outre les situations accidentelles, la maîtrise de la concentration en oxygène à l'intrados de l'alvéole de stockage HA se traduit également par un inertage avant la mise en place des colis de stockage, une fois l'alvéole rempli et avant la réouverture de l'alvéole en cas de retrait des colis.

Le dispositif de balayage à l'azote est identique au dispositif de prélèvement des gaz, c'est-à-dire que le tube servant aux prélèvements est aussi le tube utilisé pour inerter, le cas échéant, l'alvéole de stockage HA.

Une centrale de production et de distribution d'azote est située dans une niche dédiée en galerie de liaison et alimente chaque alvéole de stockage HA par un réseau de tube cheminant en galerie (cf. Chapitre 3.12 du présent volume).

Synthèse sur la maîtrise des risques liés aux gaz inflammables produits par corrosion dans les alvéoles de stockage HA en phase d'exploitation

Dans l'alvéole de stockage HA, la maîtrise des risques liés aux gaz inflammables produits par corrosion repose sur différentes dispositions consistant à maîtriser la concentration en oxygène à l'intrados de l'alvéole.

2.5.7 L'analyse des risques dans les alvéoles de stockage MA-VL

2.5.7.1 La caractérisation de l'environnement de l'alvéole de stockage MA-VL

Pendant la phase d'exploitation, l'alvéole de stockage MA-VL est ventilé. L'environnement étant majoritairement sec et oxydant, la production d'hydrogène résulte essentiellement du phénomène de radiolyse des composants organiques et de l'eau présents dans la matrice de confinement de certains déchets MA-VL.

La maîtrise des risques liés aux gaz inflammables produits par radiolyse dans les alvéoles de stockage MA-VL (cf. Figure 2-20) repose sur les dispositions décrites ci-après, suivant les différents niveaux de défense en profondeur.

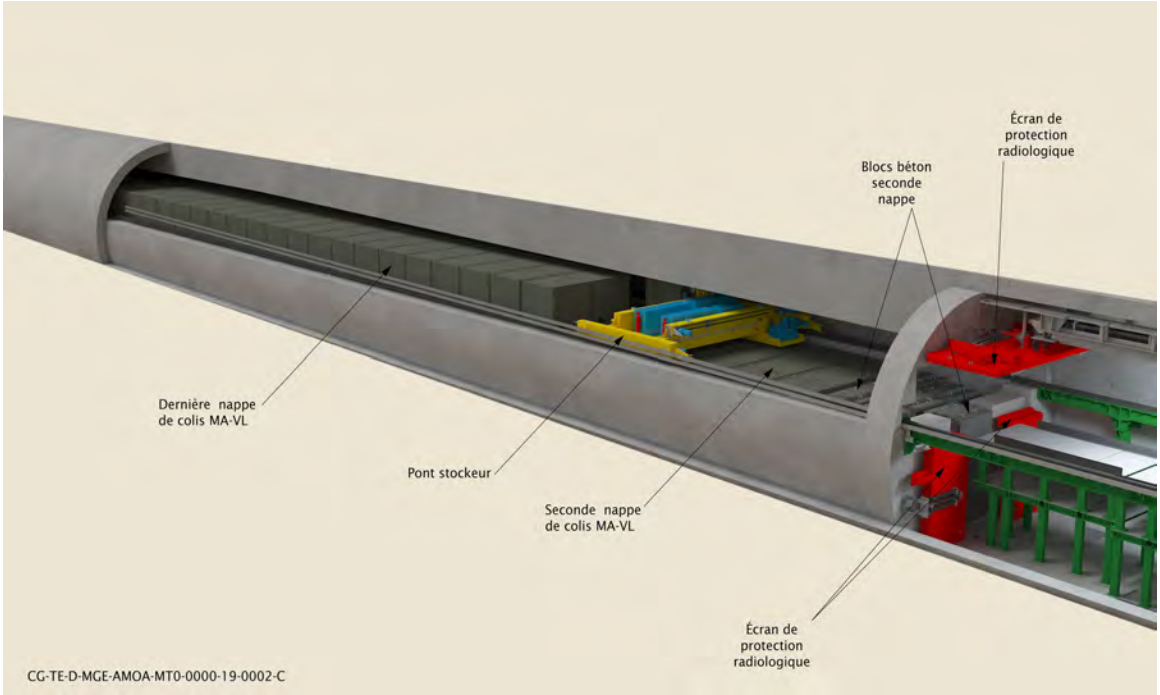


Figure 2-20 Illustration d'un alvéole de stockage MA-VL en exploitation

2.5.7.2 Des dispositions pour prévenir le risque d'accumulation d'hydrogène en alvéole de stockage MA-VL

La prévention du risque d'accumulation d'hydrogène en alvéole de stockage MA-VL repose sur deux dispositions principales :

- la limitation à la source de l'hydrogène produit par les déchets ;
- la mise en œuvre d'une ventilation dans les alvéoles de stockage MA-VL.

L'hydrogène produit par les déchets est limité à la source par le respect des spécifications d'acceptation des colis primaires (critères fixés en litre d'H_2/colis primaire/an).

Les débits de radiolyse associés aux colis, avec prise en compte des familles particulières de colis de déchets, sont détaillés dans le volume 3 du présent rapport.

Parmi les alvéoles le plus pénalisants en termes de débit d'hydrogène généré annuellement, un cas correspond à du stockage direct à 100 %, un autre cas à du stockage en conteneur de stockage à 100 % et le dernier à un mélange entre stockage direct et stockage en conteneur de stockage.

Le tableau suivant présente les cas les plus pénalisants en termes de débit de radiolyse annuel (L H_2/an/alvéole) à l'échelle du quartier de stockage MA-VL, tous modes de stockage confondus, en retenant la configuration enveloppe en termes de nombre de colis de stockage par alvéole.

Tableau 2-21 Identification des alvéoles de stockage MA-VL pénalisants, tous modes de stockage confondus, en termes de débits annuels de radiolyse (L H_2/an/alvéole, débits issus des grandeurs caractéristiques)

Mode de stockage dans l'alvéole	Type de conditionnement	Débit de radiolyse issu des grandeurs caractéristiques (L/CS/an)	Débit de radiolyse (L/an/alvéole)
100 % stockage direct	CS23 (COG-030, CBFC'2)	40	
	CS21 (EDF-080, C1PG^{SP})	**90**	
	CS23 (COG-030, CBFC'2) et CS24 (CEA-050, 870 L FI)	40	
100 % conteneurs de stockage	CS5.4 (COG-430)	70	
Mélange stockage direct et conteneurs de stockage	CS4.2 CS5.4 CS26	50 70 40	

Outre la limitation à la source de l'hydrogène produit par les déchets, la mise en œuvre d'une ventilation dans les alvéoles MA-VL permet d'évacuer l'hydrogène par transfert d'air depuis la galerie de liaison vers la galerie de retour d'air de l'alvéole, puis vers le puits de ventilation d'extraction d'air vicié.

Cette ventilation de type pleine section est :

- adaptée, au regard des débits de ventilation mis en œuvre dans les alvéoles, ce qui permet de disposer de marges considérables pour garantir une concentration maximale en hydrogène très inférieure à la limite de 1 % (25 % de la LIE) autorisée en fonctionnement normal (inférieure d'environ trois ordres de grandeur) ;
- efficace, au regard des simulations aérauliques et aérothermiques permettant de garantir l'efficacité du flux d'air (brassage) et l'absence de zones d'accumulation (concentration maximale locale en hydrogène évaluée à 0,003 % *via* des simulations) ;
- robuste vis-à-vis des risques de défaillance ;
- dimensionnée aux agressions internes ou externes :
  - ✓ les équipements sensibles du système de ventilation sont ségrégués physiquement afin qu'un incendie ne puisse pas les agresser de façon concomitante (présence de parois séparatives) ;
  - ✓ en cas de chute d'avion sur l'usine de soufflage, l'admission d'air vers l'installation souterraine peut s'effectuer *via* les portes de maintenance du chevalement du puits de soufflage de l'ouvrage PN064 ou *via* la tête de descenderie de service. L'usine d'extraction est quant à elle dimensionné à la chute d'avion et au séisme.
  - ✓ en cas de séisme de dimensionnement, le cheminement aéraulique de la ventilation n'est pas atteint compte-tenu :
    - du dimensionnement du génie civil de l'ensemble des locaux traversés par le flux d'air et des équipements passifs du réseau de ventilation ; les délais de remise en service de la ventilation suite à un séisme sont ainsi compatibles avec la démonstration de l'absence de risque d'atteinte d'une atmosphère explosive ;
    - de l'exigence de stabilité des équipements situés à proximité de cibles de sûreté (dont les gaines de ventilation) susceptibles d'être agressées par des projectiles en cas de séisme (stabilité : l'équipement ne doit pas devenir projectile sur les cibles de sûreté dont l'intégrité et/ou la tenue fonctionnelle après séisme sont requises).

2.5.7.3 Des dispositions de détection et de surveillance de la concentration d'hydrogène en alvéole MA-VL

La surveillance du risque associé à la production d'hydrogène en alvéole de stockage MA-VL repose sur :

- la surveillance en continu du fonctionnement de la ventilation nucléaire en alvéole, au travers de la surveillance des paramètres de pression et de débit d'air. En cas de perte de débit, l'information est remontée en salle de conduite centralisée pour enclenchement, le cas échéant, des processus définis (vérifications, actions correctives, etc.) ;
- la surveillance périodique du taux d'hydrogène en alvéole, afin de détecter une élévation anormale de sa concentration, au moyen d'un capteur hydrogène placé en sortie d'alvéole, dans la gaine de ventilation.

2.5.7.4 Des dispositions de limitation des conséquences en cas de dépassement du taux maximal en hydrogène en alvéole de stockage MA-VL

L'évènement redouté correspond à une accumulation d'H_2 dans l'alvéole de stockage MA-VL, jusqu'à l'atteinte de la LIE, consécutive à la perte de la ventilation nucléaire.

En l'absence d'extraction d'air, les délais d'atteinte des critères limites en hydrogène ont été estimés pour chaque alvéole de stockage MA-VL. Le tableau 2-22 présente les résultats obtenus pour les alvéoles MA-VL correspondant aux plus grands contributeurs en termes de production annuelle d'hydrogène.

De manière conservative, il est considéré, pour l'évaluation des délais disponibles pour maîtriser le risque d'apparition d'atmosphère explosive :

- que les gaz de radiolyse produits par les colis MA-VL sont à 100 % de l'hydrogène. Cette hypothèse est majorante vis-à-vis des délais d'atteinte des taux limites en hydrogène étant donné que la LIE de l'hydrogène est plus basse que celle des autres gaz de radiolyse (cf. Tableau 2-18) ;
- que les débits de gaz de radiolyse sont continus et constants, la décroissance des débits d'hydrogène associée à la décroissance de l'activité des radionucléides n'étant pas prise en compte ;
- que les zones à risques sont étanches, c'est-à-dire qu'aucune dilution des gaz par diffusion dans le reste de l'installation n'est prise en compte dans les évaluations.

Tableau 2-22 Délais d'atteinte des critères limites en hydrogène en alvéole MA-VL avec prise en compte des grandeurs caractéristiques

Mode de stockage dans l'alvéole	Type de conditionnement	Débit issu des grandeurs caractéristiques (L/CS/an)	Délai 1 % H_2 (jours)	Délai 3 % H_2 (jours)	Délai 4 % H_2 - LIE (jours)
100 % stockage direct	CS23 (COG-030, CBFC'2)	40			
	CS21 (EDF-080, C1PG^{SP})	**90**			
	CS23 (COG-030, CBFC'2) et CS24 (CEA-050, 870 L FI)	40			
100 % conteneurs de stockage	CS5.4 (COG-430)	70			

En cas de perte de la ventilation en alvéole, le délai maximal de remise en service est fixé à 90 jours (cf. Volume 5 du présent rapport).

Ainsi, l'atteinte d'une atmosphère explosive en alvéole MA-VL est exclue.

À titre informatif, pour les alvéoles MA-VL pénalisants, le débit d'hydrogène annuel par conteneur de stockage qui conduirait à l'atteinte de 3 % d'hydrogène sous un délai de 90 jours est présenté dans le tableau 2-23. Il permet de démontrer les marges disponibles entre les débits d'hydrogène annuels réels par conteneurs de stockage et les débits qui conduiraient à l'apparition d'une atmosphère explosive dans des délais incompatibles avec la démonstration de sûreté.

Tableau 2-23 *Débits d'hydrogène annuels par CS qui conduiraient à l'atteinte de 3 % d'hydrogène en alvéole MA-VL sous un délai de 90 jours avec prise en compte des grandeurs caractéristiques*

Mode de stockage dans l'alvéole	Type de conditionnement	Grandeur caractéristique (L/CS/an)	Débit qui conduirait à l'atteinte de 3 % H_2 en alvéole *i.e.* Débit maximal admissible en situation accidentelle de perte de la ventilation pendant 90 jours (L/CS/an)
100 % stockage direct	CS23 (COG-030, CBFC'2)	40	
	CS21 (EDF-080, C1PG[SP])	**90**	
	CS23 (COG-030, CBFC'2) et CS24 (CEA-050, 870 L FI)	40	
100 % conteneurs de stockage	CS5.4 (COG-430)	70	

Synthèse sur la maîtrise des risques liés aux gaz inflammables produits par radiolyse dans les alvéoles de stockage MA-VL

Dans l'alvéole de stockage MA-VL, la maîtrise des risques liés aux gaz de radiolyse repose sur la mise en œuvre d'une ventilation nucléaire.

Compte tenu de la conception et du dimensionnement aux agressions des éléments sensibles de cette ventilation, aucune défaillance ou agression d'origine interne ou externe n'est susceptible de remettre en cause la capacité à extraire les gaz produits en alvéole dans un délai supérieur à 90 jours.

Ainsi, le risque d'atteindre une atmosphère explosive dans les alvéoles de stockage MA-VL en phase d'exploitation est exclu.

3

Les risques liés aux agressions internes

3.1 Les risques liés au transport interne et aux opérations de manutention 114
3.2 Les risques liés à l'incendie 148
3.3 Les risques liés à l'explosion 193
3.4 Les risques liés à la perte de l'alimentation électrique 199
3.5 Les risques liés à la perte des fluides 206
3.6 Les risques liés à la perte de la ventilation 221
3.7 Les risques liés à la perte de la surveillance 231
3.8 Les risques liés à la perte du contrôle commande 236
3.9 Les risques liés à l'inondation interne 244
3.10 Les risques liés aux substances dangereuses non radioactives 255
3.11 Les risques liés à l'émission de projectiles 260
3.12 Les risques liés aux équipements sous pression 261
3.13 Les risques liés au vieillissement 264

3.1 Les risques liés au transport interne et aux opérations de manutention

3.1.1 Les risques liés au transport interne

La nature des opérations de transport interne ainsi que les flux associés sont présentées dans le volume 5 « Les installations, ouvrages et équipements de l'INB » du présent rapport.

Les opérations de transport interne recensées au sein de l'INB concernent les marchandises dangereuses suivantes :

- marchandises de substances radioactives avec :
  - ✓ colis de déchets radioactifs ;
  - ✓ déchets radioactifs induits d'exploitation ;
- marchandises d'autres substances dangereuses avec :
  - ✓ bouteilles d'azote (50 l, 200 bars) et bouteille de mélange argon – méthane (6 l, 200 bars) ;
  - ✓ skids d'Inergen ;
  - ✓ bouteilles de gaz inflammables utilisées pour la soudure ou des découpes pour la maintenance ;
  - ✓ solvants divers pour des besoins de maintenance sur l'ensemble des opérations.

À noter qu'aucun transport interne de carburant ou de gaz[30] n'est à recenser, des aires de dépotage sont prévues à l'extérieur du périmètre INB, supprimant ainsi tout risque lié au transport interne de ces substances dangereuses. L'ensemble des opérations de transport interne est réalisé conformément aux exigences de la règlementation voie publique (27, 28), notamment le transport interne des colis de déchets radioactifs (colis primaires) qui sont transportés sur site dans des Emballages de Transport (ET) dont le type de colis de transport au sens de la réglementation sur voie publique applicable est adapté aux risques induits par les colis primaires. Les sollicitations (mécanique et thermique principalement) représentatives des conditions normales, incidentelles ou accidentelles auxquelles sont susceptibles d'être confrontés les transports de substances dangereuses tels que réalisés dans le périmètre de l'INB ne sont pas plus sévères que celles qui ont prévalues à l'élaboration de la réglementation du transport de ces substances sur voie publique.

En particulier :

- la vitesse de circulation est faible et limitée à des valeurs bien inférieures aux vitesses maximales de circulation des moyens de transport sur la voie publique ;
- les risques d'agression d'un transport interne (par exemple par un incendie ou une explosion) ne sont pas plus importants que sur voie publique ;
- à l'extérieur des bâtiments nucléaires, les hauteurs de manutention sont faibles et réalisées autant que faire se peut de plain-pied ;
- par ailleurs, les moyens d'intervention locaux (moyens de lutte contre le feu notamment …) peuvent être déployés rapidement. Le cas échéant, un périmètre d'exclusion peut être mis en place bien plus rapidement que sur voie publique.

[30] Pour l'inertage des alvéoles de stockage HA, l'azote est produit directement dans l'installation souterraine via la centrale de production d'azote (cf. Chapitre 3.12 du présent rapport).

Le respect des exigences de la règlementation voie publique concernant le transport interne de marchandises dangereuses ainsi que les faibles intensités des sollicitations pouvant les agresser permettent de conclure à la maîtrise du risque lié au transport interne.

Concernant les emballages de transport, le respect des exigences de la règlementation voie publique permet de conclure à l'absence de conséquences en cas d'agression lors d'une opération de transport interne.

3.1.2 Les risques liés aux opérations de manutention

Les différents équipements de manutention sont présentés dans le volume 5 du présent rapport (les chapitres 4, 5, 6 et 7 du volume 5 du présent rapport, présentent des illustrations des différentes étapes du process). L'analyse des risques liés aux opérations de manutention s'appuie sur cette description.

Les éléments détaillés et de justification des risques liés aux opérations de manutention sont présentés dans la « Note d'analyse des risques liés à la manutention » citée en référence (29).

Les opérations de manutention sont des opérations sur des colis primaires ou de stockage, des opérations de levage, de dépôt, de transfert, de poussée et de tirage (pour ce qui concerne les opérations de mise en place ou de retrait de colis HA). Les risques liés à ces opérations de manutention sont susceptibles de conduire à des situations :

- de chute et de collisions de colis contenant des substances radioactives ;
- de chute de charges sur des équipements ou sur du génie civil.

Ces situations peuvent entrainer les conséquences suivantes :

- une rupture de barrière de confinement avec un risque de dissémination de substances radioactives ;
- une dégradation de protection biologique avec un risque d'irradiation du personnel ;
- une perte de la maitrise du risque de criticité ;
- la perte d'éléments importants pour la sûreté.

Depuis la réception des emballages de transport jusqu'à la mise en alvéole des colis de stockage, les charges contenant des substances radioactives manutentionnées se présentent sous les formes suivantes :

- des emballages de transport (ET) contenant les colis primaires (CP) ;
- des colis de déchets primaires ;
- des colis de stockage (constitués de colis primaires en conteneur, fermé ou non, de colis primaires en panier ou de colis primaires sur plateau) ;
- des hottes de transfert contenant des colis de stockage (CS) ;
- des déchets/effluents induits par les opérations d'exploitation.

L'ensemble des opérations de manutention des colis de déchets est effectué dans le bâtiment nucléaire de surface de la zone descenderie, dans les descenderies et dans les ouvrages souterrains.

Les principaux équipements de manutention sont :

- les équipements de levage, comprenant :
  - ✓ les ponts de manutention ;
  - ✓ les élévateurs ;

- les équipements de transfert guidé sur rails, comprenant :
  - ✓ les chariots de transfert de surface et de fond ;
  - ✓ les transbordeurs ;
  - ✓ le système de transfert des colis primaires (ensemble de transbordeurs et chariots formant une noria pour la circulation des colis primaires entres les cellules de la zone de déchargement) ;
  - ✓ les navettes de surface HA et MA-VL ;
  - ✓ le funiculaire ;
  - ✓ les tables d'accostage ;
  - ✓ les tables de chargement et de réception ;
- les équipements spécifiques de mise en stockage et de retrait : pont stockeur/chariot stockeur, robot pousseur et robot tireur.

D'autres équipements de manutention tels que les tables tournantes et les portes procédé sont utilisés, les risques inhérents à ces équipements sont étudiés dans la « Note d'analyse de risques liés à la manutention » (29).

La conception des équipements de manutention s'appuie sur des solutions technologiques conventionnelles et éprouvées dont le domaine de fonctionnement correspond à celui dans lequel ils sont utilisés. Leur conception est réalisée selon les règles FEM (Fédération européenne de manutention), la directive machine n° 2006/42/CE (8) ainsi que la directive du transport par câble 2000/9/CE pour le funiculaire (30) et intègre les exigences de sûreté définies.

3.1.2.1 Les dispositions de maitrise des risques associés aux ponts de manutention

Les opérations de levage dans le bâtiment nucléaire de surface sont menées à l'aide de ponts de manutention classés selon quatre catégories en lien avec leurs fonctions :

- les ponts sécurisés de manutention ;
- les ponts nucléarisés de manutention ;
- la machine à levage limité ;
- les ponts standards de manutention.

Les risques inhérents aux ponts de manutention sont :

- le risque de blocage de la chaine cinématique de manutention due à la défaillance d'un équipement sur un pont de manutention. Le blocage d'une charge contenant des substances radioactives ou d'un équipement support au process dans une position transitoire lors de sa manutention au pont, induit un impact sur la sûreté (le blocage d'une charge lors de manutention en hauteur ne permet pas la mise à l'état sûr de l'installation : charges affalées) et la radioprotection (intervention d'opérateurs à proximité de substances radioactives afin de débloquer l'équipement) ainsi que sur l'exploitation et la disponibilité de l'installation.

  Pour la machine à levage limité, le blocage prolongé d'une hotte induit une accumulation de gaz de radiolyse au sein de la hotte et la création d'une potentielle zone explosive si la situation de blocage se prolonge (immobilisation supérieure à une quarantaine de jours).
- la chute ou la collision d'une charge manutentionnée :
  - ✓ contenant des substances radioactives (emballage de transport, colis primaire, colis de stockage, hotte de transfert contenant des colis, fûts de déchets radioactifs et d'effluents liquides induits par l'exploitation) ayant pour conséquence éventuelle le déconfinement de ces substances et la dégradation de la maitrise du risque de criticité ;
  - ✓ d'un équipement process ou support au process sur une charge contenant des substances radioactives ou sur un équipement important pour la sûreté ;

La chute de charge ou la collision d'un équipement manutentionné par un pont de manutention peut avoir des origines diverses qui sont :

- la rupture d'un élément de la chaine de levage de l'équipement de manutention ;
- l'inadéquation entre l'élément de levage et la charge manutentionnée. Cela concerne aussi bien une géométrie d'interface inadaptée, qu'une masse inadéquate ;
- la sortie de la charge manutentionnée de son cheminement prévue ;
- la présence d'un obstacle imprévu entre la charge manutentionnée et son point de dépose.

3.1.2.1.1 Les ponts sécurisés et ponts nucléarisés de manutention

La localisation des ponts sécurisés et nucléarisés dans le bâtiment nucléaire de surface est présentée dans les chapitres 4, 5, 6 et 7 du volume 5 du présent rapport.

Les ponts sécurisés et nucléarisés se caractérisent par une chaîne de levage sécurisée au vu de la sensibilité des charges manutentionnées ainsi que par une fonctionnalité de mise à l'état sûr en cas de panne des chaînes cinématiques.

Les ponts nucléarisés se distinguent des ponts sécurisés par leur fonctionnement dans un environnement irradiant. Par conséquent, des dispositions de conception spécifiques sont prises pour leur exploitation et leur maintenance (fonctionnement téléopéré et semi-automatisé) ainsi que pour gérer d'éventuelles situations de blocage.

Les dispositions de maitrise des risques des ponts sécurisés et nucléarisés présentent de fortes similitudes, ces dispositions sont présentées communément pour ces deux types de pont.

a) Les dispositions de prévention

Les dispositions de prévention liées aux opérations de manutention par les ponts sécurisés et nucléarisés sont les suivantes :

- les vitesses de déplacement en charge sont contrôlées et limitées pour les opérations de levage et de translation ;
- leur système de levage est sécurisé avec notamment la présence de palonniers sécurisés et de systèmes de freinage redondés permettant ainsi le maintien et l'équilibrage de la charge en cas de rupture d'un élément de la chaine de levage ;
- un plan de maintenance préventive sur les différents composants des ponts associé aux contrôles réglementaires annuels sont mis en place.

b) Les dispositions de surveillance

Les ponts sécurisés et nucléarisés sont équipés de moyens de surveillance visant à s'assurer du maintien des différents paramètres surveillés dans une plage de valeurs autorisées et à en détecter toute sortie.

Les paramètres surveillés sont :

- la position et la vitesse de déplacement selon les trois axes de déplacement ;
- la masse levée (conformité de la masse manutentionnée) et la confirmation de préhension des charges ;
- la conformité de la configuration (vérification de conformité entre le moyen aérien et le moyen au sol réceptionnant la charge manutentionnée).

Dans le cas d'une sortie d'un des paramètres surveillés de sa plage de fonctionnement (normal et mode dégradé), les mouvements du pont sont arrêtés.

Une commande d'arrêt d'urgence des équipements process est également présente sur les pupitres de la salle de conduite centralisée.

c) Les dispositions de limitation des conséquences

- Cas de la manutention des emballages de transport.

  Les emballages de transport lors de leur déchargement de leur moyen de transport sont en configuration transport. Ils sont qualifiés afin de rester confinants aux collisions et hauteurs de chute potentielles auxquelles ils sont manutentionnés.

  Lors des opérations de basculement des emballages de transport à la verticale et de leur descente en fosse, celles-ci s'effectuent dans des configurations différentes de celles rencontrées lors de leur programme de qualification. En effet les emballages ne disposent plus de leurs capots de protection lors de ces opérations.

  Par conséquent, des matelas amortisseurs sont placés à proximité des postes de basculement de l'emballage à la verticale, en fond de demi-fosse et en fond de fosse du hall de déchargement. Ces amortisseurs garantissent qu'en cas de chute lors du redressement de l'emballage ou de sa descente dans la fosse, le confinement des colis qu'il contient est préservé.

  Pour les risques de chute d'un équipement en manutention sur un emballage de transport ou d'une collision impliquant un emballage de transport, la robustesse de l'emballage permet d'estimer que l'impact n'est pas de nature à conduire à une perte de confinement de l'emballage ni des colis primaires qu'il contient.

  En cas de chute d'un emballage de transport sur le radier du hall de déchargement, le génie civil est dimensionné afin de garantir la stabilité du radier.

- Cas de la manutention des colis primaires et de stockage.

  Dans la majorité des situations, la manutention des colis de déchets est limitée à des hauteurs inférieures à leur qualification à la chute. Des dispositifs de type tables et platelages sont disposés spécifiquement afin de limiter la hauteur potentielle de chute des colis de déchets. Ces dispositions sont conçues afin de pouvoir reprendre l'intégralité de la masse des colis de déchets en cas de chute et ainsi conserver leur confinement.

  En revanche, certaines opérations de levage sont effectuées dans le bâtiment nucléaire de surface à des hauteurs supérieures à la hauteur de qualification pour certains colis de déchets MA-VL. Les cellules nécessitant une manutention au pont nucléarisé des colis de déchets MA-VL à des hauteurs supérieures à 1,20 mètre sont :

  - ✓ la cellule de déchargement des emballages de transport ;
  - ✓ la cellule de préparation des colis de stockage ;
  - ✓ la cellule de réouverture des colis de stockage MA-VL ;
  - ✓ la cellule de préparation aux contrôles.

Pour ces cellules, le génie civil et la ventilation nucléaire associée constituent le second système de confinement des colis de déchets MA-VL (cf. Chapitre 2.1.5 du présent volume).

En cas de chute d'une charge manutentionnée sur le radier d'une cellule, le génie civil est dimensionné afin de rester stable suite à la chute avec de faibles dommages. Le confinement statique reste assuré par le génie civil.

d) Les dispositions de gestion des situations de blocage

Les ponts sécurisés sont situés dans des zones accessibles par des opérateurs lors des opérations de manutention, permettant des opérations de maintenance corrective au contact.

Les ponts nucléarisés sont, quant à eux, situés dans des cellules non accessibles en présence d'un colis. La maintenance de ces ponts s'effectue dans une zone de garage isolée du terme source par une porte de radioprotection. L'affalage des charges dans des zones dédiées est effectué avant toute opération de maintenance.

Les dispositions permettant la gestion des situations de blocage des ponts sécurisés et nucléarisés sont :

- la présence d'un outillage portatif ou d'un treuil de halage permettant le déplacement du pont ;
- un dispositif d'affalage manuel.

e) La synthèse

Les dispositions de maîtrise des risques liées à la fiabilisation des opérations de manutention et à la limitation des hauteurs de levage permettent de s'assurer dans la majorité des cas du maintien de l'intégrité du confinement des colis primaires et de stockage. Les cellules et locaux où la hauteur de manutention est supérieure à la qualification de certaines familles de colis ne permet pas de s'assurer du maintien du confinement des colis de déchets en cas de chute sont :

- la cellule de déchargement des emballages de transport ;
- les cellules de préparation des colis de stockage ;
- la cellule de réouverture des colis de stockage MA-VL.

Pour ces cas, la conception intègre des dispositions permettant de limiter les conséquences tels que la mise en place de matelas amortisseur ou d'un second système de confinement composé du génie civil des cellules et d'une ventilation nucléaire filtrée.

3.1.2.1.2 La machine à levage limité (MLL)

La machine à levage limité est un engin téléopéré et semi-automatisé permettant de manutentionner les hottes HA et MA-VL dans le parc à hottes situé dans le bâtiment nucléaire de surface entre leur position d'entreposage, les tables d'accostage des cellules de mise en hottes et la table tournante permettant le changement d'orientation des hottes vers le funiculaire.

La machine à levage limité permet également d'emmener les hottes vides sur la zone de reprise des hottes, zone permettant la reprise des hottes par une navette assurant le transfert vers le local de maintenance des hottes.

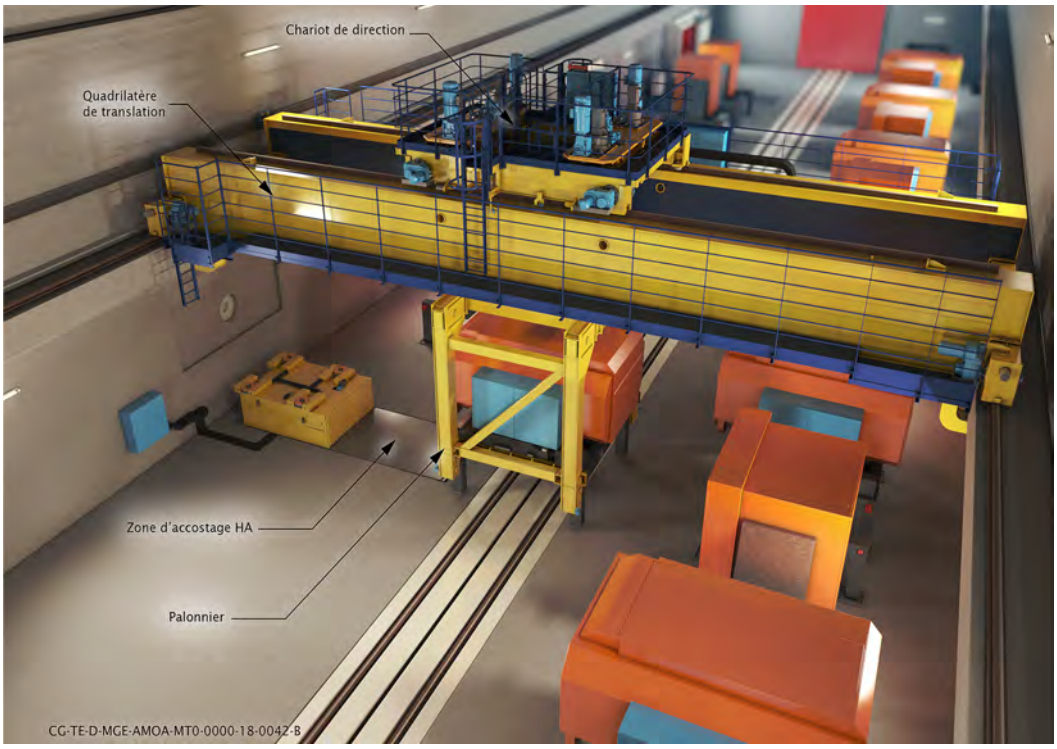


Figure 3-1 Illustration de la machine à levage limité (MLL) manutentionnant une hotte de transfert des colis de stockage HA

a) Les dispositions de prévention

Les dispositions de prévention liées aux opérations de manutention par la machine à levage limité sont les suivantes :

- les vitesses de levage et de translation en charge sont contrôlées et limitées ;
- le système de levage est composé de chaînes de levage sécurisées à l'aide de moteurs frein. La rupture d'un élément ne permet pas la chute de la charge manutentionnée ;
- le système de freinage est redondé et deux systèmes de freins indépendants sont mis en place pour le ralentissement et l'arrêt de la machine ;
- un plan de maintenance préventive sur les différents composants de la machine associé aux contrôles réglementaires annuels sont mis en place.

b) Les dispositions de surveillance

La Machine à levage limité est équipée de moyen de surveillance visant à s'assurer du maintien des différents paramètres surveillés dans une plage de valeurs autorisées et à en détecter toute sortie.

Les paramètres surveillés sont :

- la vitesse ;
- la présence d'obstacle sur le cheminement de la machine par un système de détection « anticollision » ;
- la masse levée par la machine (conformité de la masse manutentionnée à la CMU de la MLL et de son palonnier) et la confirmation de préhension des charges.

Dans le cas d'une sortie d'un des paramètres surveillés de sa plage de fonctionnement (normal et mode dégradé), les mouvements de la machine à levage limité sont arrêtés.

Une commande d'arrêt d'urgence des équipements du process est également présente sur les pupitres de la salle de conduite centralisée.

c) Les dispositions de limitation des conséquences

S'agissant des risques inhérents au levage, la hauteur de manutention des hottes par la machine est limitée à 100 mm et est donc inférieure à la hauteur de qualification à la chute des colis HA et MA-VL.

La hotte MA-VL, qui constitue le second système de confinement des colis de stockage MA-VL durant leur transfert en hotte, est qualifiée pour une chute de sa hauteur de manutention par la machine.

S'agissant des risques de collisions, l'énergie des chocs ou des décélérations apportées aux colis de stockage HA et MA-VL lors de leur transfert en hotte est inférieure à l'énergie résultant d'une chute de leurs hauteurs de qualification. Le confinement des substances radioactives est donc conservé.

d) Les dispositions de gestion des situations de blocage

La maintenance de la machine à levage limité s'effectue au contact dans le parc à hotte dans la zone de couverture des déplacements de la machine. La dépose des charges manutentionnées est réalisée avant tout dégagement de la machine à levage limité pour les opérations de maintenance.

Les dispositions permettant la gestion des situations de blocage sont :

- un dispositif d'affalage manuel de la hotte ;
- un système de halage du quadrilatère permettant le rapatriement de la machine à levage limité en zone de maintenance.

e) La synthèse

Les dispositions de maîtrise des risques liées à la fiabilisation des opérations de manutention et à la limitation des hauteurs de levage permettent de s'assurer du maintien de l'intégrité du confinement des colis de stockage ainsi que de la hotte MA-VL en cas de chute ou de collision d'une hotte manutentionnée par la machine à levage limité.

3.1.2.1.3 Les ponts standards de manutention

Ces ponts ne possèdent pas d'exigences de sécurisation des fonctions de levage et de transfert autres que celles liées au respect de la réglementation en vigueur, ni de contraintes d'adaptation à un environnement radioactif.

a) Le cas de la manutention des fûts de déchets d'exploitation

Les fûts de déchets d'exploitation manutentionnés au sein des installations disposent de qualifications vis-à-vis du risque de chute. Ces fûts garantissent le confinement des substances radioactives d'une chute d'une hauteur de 1,2 mètre.

S'agissant des risques inhérents au levage, la hauteur de manutention des fûts de déchets est limitée à 1,2 mètre.

b) Le cas de la manutention des ventilateurs extraction de l'usine de ventilation du puits ventilation air vicié - PN071

Lors des opérations de maintenance importantes et de jouvence sur les ventilateurs de l'usine d'extraction de l'installation souterraine, celles-ci sont réalisées à l'aide d'un pont standard de manutention. Lors de ces opérations, en fonction de sa position, le ventilateur manutentionné peut survoler jusqu'à quatre ventilateurs.

Afin de limiter les conséquences d'une chute d'un ventilateur en manutention, la présence d'un mur entre chaque ventilateur ainsi que l'espacement entre deux ventilateurs permettent d'exclure la possibilité de chute sur deux ventilateurs en même temps.

La ventilation extraction est dimensionnée pour assurer la totalité des besoins en extraction de installations souterraines avec deux ventilateurs en moins (cf. Chapitre 3.6 du présent volume).

3.1.2.2 Les dispositions de maîtrise des risques associées aux chariots de transfert de surface

Les chariots de transfert : chariot de transfert des emballages de transport et chariot de transfert des palettes, sont des équipements de manutention au sol sur rails.

Le premier permet de déplacer les emballages de transport au sein de leur réhausse, chargés ou vides de colis primaires, suivant un axe longitudinal. Il est équipé d'une fonction d'élévation lui permettant de soulever l'emballage de manière à le présenter à une hauteur compatible du dispositif d'accostage dans les cellules dédiées.

Le second permet de déplacer les palettes, vides ou chargées de colis de stockage ou de colis primaires, suivant un axe longitudinal. Il est équipé d'une fonction d'élévation de la palette lui permettant de la soulever et de la transférer au niveau des différents postes du bâtiment nucléaire de surface.

Figure 3-2 Illustration du principe du chariot de transfert des emballages de transport (ET) avec sa demi-rehausse

Les risques inhérents aux chariots de transfert sont les suivants :

- la collision du chariot de transfert avec un autre chariot situé sur son cheminement ;
- la chute du chariot de transfert et de sa charge manutentionnée dans la fosse transbordeur en l'absence de celui-ci ;
- le déraillement et le renversement du chariot de transfert ainsi que de sa charge manutentionnée (emballage de transport, colis primaire, colis de stockage) ;
- le mauvais positionnement des chariots de transfert aux différentes interfaces de prise en charge de leur charge manutentionnée ;
- la chute de la charge manutentionnée suite à une défaillance du système de levage.

De plus, la défaillance d'un équipement sur les chariots de transfert peut entrainer un risque de blocage de la chaine cinématique de manutention.

Le blocage d'une charge contenant des substances radioactives dans une position transitoire lors de sa manutention sur un chariot, induit un impact sur la radioprotection (intervention d'opérateurs à proximité de substances radioactives afin de débloquer l'équipement) ainsi que sur l'exploitation et la disponibilité de l'installation.

3.1.2.2.1 Les dispositions de prévention

Les dispositions de prévention des chocs et collisions associées aux chariots de transfert sont les suivantes :

- les chariots de transfert sont équipés de systèmes de freinage redondés à sécurité positive permettant l'arrêt et le maintien dans cet état en position sécurisée ;
- le système de freinage est dimensionné pour que la distance d'arrêt et la décélération liée au freinage soient compatible avec la qualification de la charge manutentionnée ;
- un plan de maintenance préventive sur les différents composants des chariots de transfert associé aux contrôles réglementaires annuels sont mis en place.

Aux interfaces de prise en charge des charges manutentionnées, la vérification du bon positionnement des chariots est réalisée à l'aide de deux systèmes distincts.

3.1.2.2.2 Les dispositions de surveillance

Les chariots de transfert sont équipés de dispositifs de surveillance visant à s'assurer du maintien des différents paramètres surveillés dans une plage de valeurs autorisées et à en détecter toute sortie.

Une commande d'arrêt d'urgence des équipements du process est également présente sur les pupitres de la salle de conduite centralisée.

3.1.2.2.3 Les dispositions de limitation des conséquences

S'agissant de la fonction de levage des chariots, celle-ci est assurée par un système de levage hydraulique par la base.

L'énergie des chocs ou des décélérations apportées aux colis HA et MA-VL lors de leur transfert sur chariot est inférieure à l'énergie résultant d'une chute de leurs hauteurs de qualification [31]. Le confinement des substances radioactives apporté par les colis primaires ou de stockage est donc conservé.

En complément des mesures liées aux chariots de transfert en eux-mêmes, l'interface avec le transbordeur est sécurisée : un système de barrières antichute est présent afin de prévenir tout glissement sous séisme des chariots dans la fosse transbordeur.

3.1.2.2.4 Les dispositions de gestion des situations de blocage

La maintenance des chariots de transfert s'effectue dans des locaux de maintenance. La dépose des charges manutentionnées est réalisée avant tout rapatriement des chariots pour les opérations de maintenance.

[31] Certaines familles de colis, déjà produites et présentant d'un nombre limité de colis de déchets, ne disposent pas de hauteur de qualification à la chute (CEA-290, CEA-300 et CEA-310). Le dimensionnement de l'installation et les limites d'inventaires radiologiques définies dans les spécifications d'acceptation permettent de garantir la démonstration de sûreté.

3.1.2.2.5 La synthèse

Les dispositions de maîtrise des risques liées à la fiabilisation des opérations de manutention permettent de s'assurer du maintien de l'intégrité du confinement des colis de stockage en cas de collision d'un colis de stockage.

Les dispositions de maîtrise des risques liées à la fiabilisation des opérations de manutention permettent de s'assurer du maintien de l'intégrité du confinement des substances radioactives en cas de collision mettant en jeu des colis de déchets.

3.1.2.3 Les dispositions de maîtrise des risques associés aux transbordeurs

Les transbordeurs (transbordeurs des chariots de transfert des emballages de transport et transbordeurs de chariots de transfert des palettes) sont des équipements de manutention au sol sur rails.

Ils permettent de déplacer les chariots suivant un axe transversal et de les positionner afin de permettre leur translation suivant un axe longitudinal.

Les risques inhérents aux transbordeurs sont les suivants :

- la collision du transbordeur avec un objet situé sur son cheminement ;
- le déraillement et le renversement du transbordeur ainsi que de sa charge manutentionnée (chariot de transfert) ;
- le mauvais positionnement du transbordeur au niveau de l'interface avec un chariot.

De plus, la défaillance d'un équipement sur un transbordeur peut entrainer un risque de blocage de la chaine cinématique de manutention.

Le blocage d'une charge contenant des substances radioactives dans une position transitoire lors de sa manutention sur un transbordeur induit un impact sur la radioprotection (intervention d'opérateurs à proximité de substances radioactives afin de débloquer l'équipement) ainsi que sur l'exploitation et la disponibilité de l'installation. Pour ces équipements de transfert sur rails, il n'existe aucune perte de stabilité en cas de blocage.

Figure 3-3 Illustration du transbordeur des chariots de transfert des emballages de transport

3.1.2.3.1 Les dispositions de prévention

Les dispositions de prévention des chocs et collisions associées aux transbordeurs sont les suivantes :

- les transbordeurs sont équipés de systèmes de freinage redondés à sécurité positive permettant l'arrêt et le maintien dans cet état en position sécurisée ;
- le système de freinage est dimensionné pour que la distance d'arrêt et la décélération liée au freinage soient compatible avec la qualification de la charge manutentionnée ;
- un plan de maintenance préventive sur les différents composants des transbordeurs associé aux contrôles réglementaires annuels sont mis en place.

Aux interfaces avec le chariot de transfert, le positionnement du transbordeur est réalisé à l'aide de capteurs afin de valider le point d'arrêt et de s'assurer de la bonne position du transbordeur à un interface. À l'arrêt, le transbordeur est verrouillé en position par un système de doigts rétractables.

3.1.2.3.2 Les dispositions de surveillance

Les transbordeurs sont équipés de dispositifs de surveillance visant à s'assurer du maintien des différents paramètres surveillés dans une plage de valeurs autorisées et à en détecter toute sortie.

Une commande d'arrêt d'urgence des équipements du process est également présente sur les pupitres de la salle de conduite centralisée.

3.1.2.3.3 Les dispositions de limitation des conséquences

S'agissant des risques de collisions, les transbordeurs ont des vitesses de déplacement des charges contrôlées et limitées avec des rampes de décélération à l'approche des différentes zones d'arrêt. De

En outre, les transbordeurs sont dimensionnés aux chocs auxquels ils peuvent être soumis pour assurer le maintien de la charge manutentionnée lors du choc.

L'énergie des chocs ou des décélérations apportées aux colis HA et MA-VL lors de leur transfert sur chariot est inférieure à l'énergie résultant d'une chute de leurs hauteurs de qualification. Le confinement des substances radioactives apporté par les colis primaires ou de stockage est donc conservé.

3.1.2.3.4 Les dispositions de gestion des situations de blocage

La maintenance des transbordeurs s'effectue dans des zones de maintenance. L'évacuation des charges manutentionnées est réalisée avant tout rapatriement des transbordeurs pour des opérations de maintenance.

Les dispositions de gestion des situations de blocage sont des anneaux de tractage permettant le rapatriement des transbordeurs par un locotracteur.

Pour le transbordeur des chariots de transfert des palettes, les motorisations sont redondées et des dispositions d'isolement d'éléments de roulement ou de freinage sont prévues afin de pouvoir positionner le transbordeur à un interface de déchargement de chariot.

3.1.2.3.5 La synthèse

Les dispositions de maîtrise des risques liées à la fiabilisation des opérations de manutention permettent de s'assurer du maintien de l'intégrité du confinement des substances radioactives en cas de collision mettant en jeu des colis de déchets.

3.1.2.4 Les dispositions de maitrise des risques associés au système de transfert des colis primaires

Le système de transfert des colis primaire est un ensemble d'équipements de la filière de déchargement des emballages de transport à déchargement vertical, qui permet la circulation des colis primaires de déchets radioactifs réceptionnés sur l'INB depuis leur dépose en cellule de déchargement après extraction de leur emballage de transport, jusqu'à leur prise en charge pour préparation des colis de stockage (CS).

Il est composé de chariots et de transbordeurs, montés sur des rails, se déplaçant au sein des différentes cellules de la filière de déchargement au moyen d'un réseau de chaînes pousseuses ou tireuses.

Les transbordeurs permettent de déplacer les chariots suivant un axe transversal et de les positionner afin de permettre leur translation suivant un axe longitudinal.

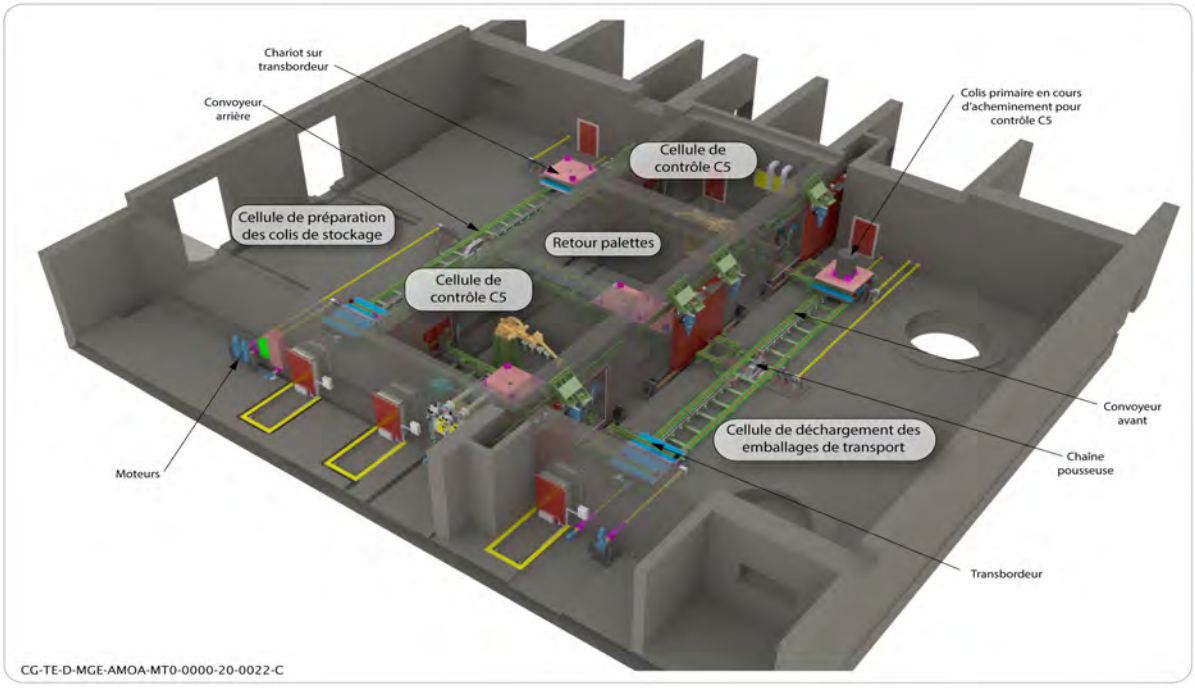


Figure 3-4 Illustration du système de transfert des colis primaires

Les risques inhérents au système de transfert des colis primaires sont les suivants :

- la collision d'un chariot ou d'un transbordeur avec un obstacle situé sur son cheminement ;
- le déraillement et le renversement d'un chariot ou d'un transbordeur ainsi que de sa charge manutentionnée ;
- la désolidarisation de la charge transportée ;
- la chute d'un chariot et de sa charge manutentionnée dans la fosse du transbordeur en l'absence de celui-ci ;
- le mauvais positionnement d'un chariot des colis primaires sur la table tournante du contrôle des colis primaires C5 ;
- le mauvais positionnement d'un transbordeur aux interfaces de prise en charge des chariots.

De plus, la défaillance d'un équipement du système de transfert des colis primaire peut entrainer un risque de blocage de la chaine cinématique de manutention.

Le blocage d'un colis primaire dans une position transitoire lors de sa manutention sur un transbordeur induit un impact sur la radioprotection (intervention d'opérateurs à proximité de substances radioactives afin de débloquer l'équipement) ainsi que sur l'exploitation et la disponibilité de l'installation. Pour ces équipements de transfert sur rails, il n'existe aucune perte de stabilité en cas de blocage.

3.1.2.4.1 Les dispositions de prévention

Les dispositions de prévention associées au système de transfert des colis primaires sont les suivantes :

- les chaines pousseuses sont équipées de limiteurs de couples stoppant tout mouvement en cas d'effort trop important ;
- le système de freinage des chariots porteurs et des plateaux transbordeurs est dimensionné pour que la distance d'arrêt et la décélération liée au freinage soient compatibles avec la qualification de la charge manutentionnée ;
- un plan de maintenance préventive sur les différents composants des chariots porteur associé aux contrôles réglementaires annuels sont mis en place.

Aux interfaces transbordeur/chariot, des systèmes de butées fixes (et escamotables pour les chariots porteurs) permettent le bon positionnement des plateaux transbordeurs et des chariots porteurs.

À l'interface avec la table tournante de contrôle des colis primaires C5, un système de butées escamotables associé à des capteurs à poussoir permet le positionnement, le blocage du chariot ainsi que la coupure de la motorisation de la chaine pousseuse lors du positionnement du chariot sur la table tournante de contrôle.

3.1.2.4.2 Les dispositions de surveillance

Le système de transfert des colis primaires est équipé de dispositifs de surveillance visant à s'assurer du maintien des différents paramètres surveillés dans une plage de valeurs autorisées et à en détecter toute sortie.

Les paramètres surveillés sont :

- la position du chariot et du transbordeur ;
- la vitesse de déplacement du chariot et du transbordeur ;
- le verrouillage du chariot sur le transbordeur et la table tournante de contrôles C5 ;
- le verrouillage du transbordeur aux interfaces de prise en charge et de dépose des chariots porteurs.

Dans le cas d'une sortie d'un des paramètres surveillés de sa plage de fonctionnement (normal et mode dégradé), les mouvements des chariots porteurs et plateaux transbordeurs sont arrêtés.

Une commande d'arrêt d'urgence des équipements du process est également présente sur les pupitres de la salle de conduite centralisée.

3.1.2.4.3 Les dispositions de limitation des conséquences

S'agissant des risques de chute, la hauteur de transfert des colis primaires sur les chariots porteurs et les plateaux transbordeurs est inférieure à 1,2 mètre[32] et donc aux hauteurs de qualification des colis primaires.

S'agissant des risques de collisions, les chariots et plateaux transbordeurs disposent de vitesses de déplacement des charges réduites. L'énergie des chocs ou des décélérations apportées aux colis HA et MA-VL lors de leur transfert est inférieure à l'énergie résultant d'une chute de leurs hauteurs de qualification. Le confinement des substances radioactives apporté par le colis primaire est donc conservé.

3.1.2.4.4 Les dispositions de gestion des situations de blocage

Les chariots porteurs et plateaux transbordeurs sont situés dans des cellules non accessibles en présence d'un colis. La maintenance de ces équipements s'effectue en absence de colis. L'évacuation des termes sources est réalisée avant toute opération de maintenance ou intervention.

Les dispositions permettant la gestion des situations de blocage sont :

- le dimensionnement des motorisations des chaines pousseuses afin de pouvoir continuer les opérations de transfert en cours et de permettre l'évacuation du terme source, en cas de blocage d'un élément de roulement des chariots ou plateaux transbordeurs ;
- le déport dans les zones arrière (ZAR) des éléments de motorisation des chaines pousseuses permettant les interventions de maintenance en présence de termes sources dans les cellules process en cas de défaillance de la motorisation d'une chaine pousseuse.

[32] Certaines familles de colis, déjà produites et disposant d'un nombre limité de colis de déchets, ne disposent pas de hauteur de qualification à la chute (CEA-290, CEA-300 et CEA-310). Le dimensionnement de l'installation et les limites d'inventaires radiologiques définies dans les spécifications d'acceptation permettent de garantir la démonstration de sûreté.

3.1.2.4.5 La synthèse

Les dispositions de maîtrise des risques associées au système de transfert des colis primaire, notamment les hauteurs de manutention inférieures à 1,2 mètre, permettent de s'assurer du maintien de l'intégrité du confinement des colis primaires lors leur transfert.

3.1.2.5 Les dispositions de maîtrise des risques associés aux élévateurs

Les élévateurs des cellules de mise en hotte MA-VL en surface et des cellules de manutention des alvéoles MA-VL sont des dispositifs de levage de charges par leur base. Ils permettent de charger ou de décharger le colis de stockage MA-VL de la table de chargement ou de réception et de l'amener à la hauteur adéquate pour sa récupération par le pont stockeur et le chariot stockeur pour le process de mise en stockage.

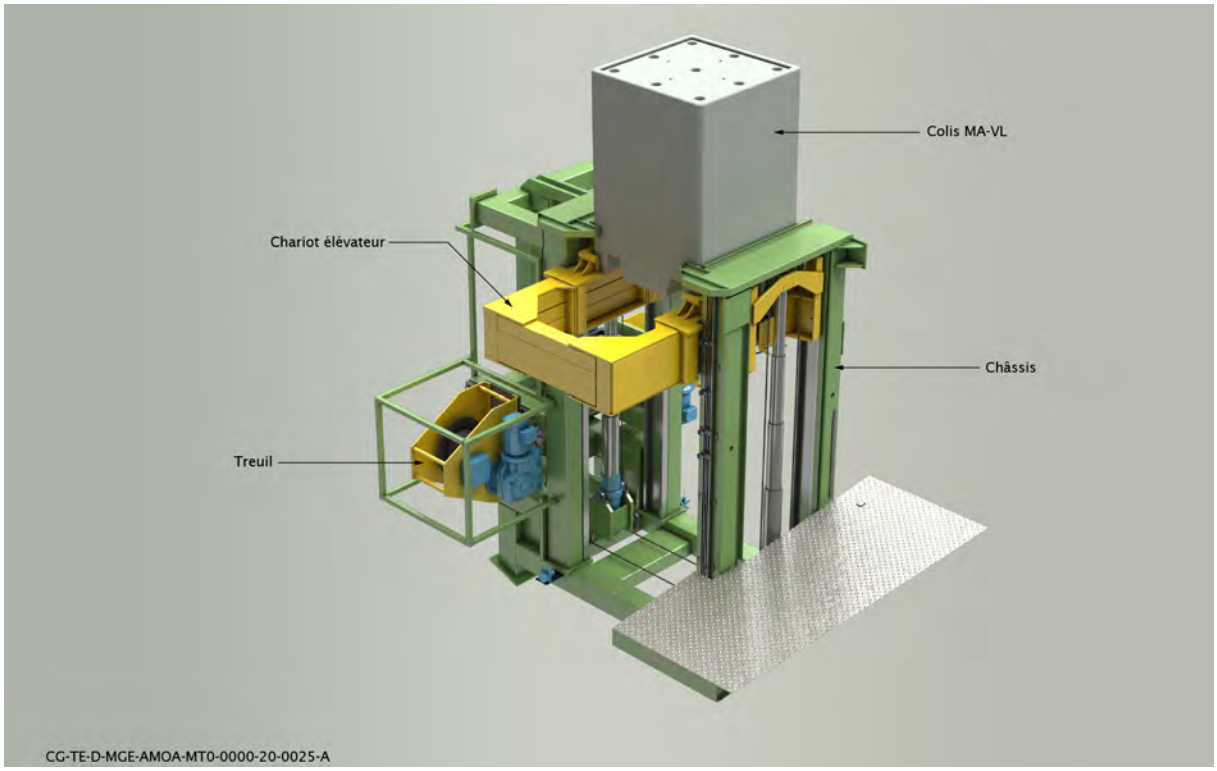


Figure 3-5 Illustration de l'élévateur de la cellule de manutention en alvéole de stockage MA-VL

Les risques associés concernent la chute de l'élévateur avec le colis de stockage manutentionné ou la sortie de l'élévateur de sa course prévue, induisant un renversement et un endommagement du colis de stockage manutentionné.

De plus, la défaillance d'un équipement des élévateurs peut entrainer un risque de blocage de la chaine cinématique de manutention.

Le blocage d'un colis de stockage contenant des substances radioactives dans une position transitoire lors de sa manutention sur un élévateur, induit un impact sur la radioprotection (intervention d'opérateurs à proximité de substances radioactives afin de débloquer l'équipement) ainsi que sur l'exploitation et la disponibilité de l'installation.

Les dispositions de maîtrise des risques associés aux élévateurs des cellules de mise en hotte MA-VL et des cellules de manutention des alvéoles MA-VL présentent de fortes similitudes. Elles sont présentées communément pour ces deux types de tables.

3.1.2.5.1 Les dispositions de prévention

Les dispositions de prévention associées aux élévateurs sont les suivantes :

- une vitesse de levage contrôlée et limitée à quelques mètres par minute ;
- un plan de maintenance préventive sur les différents composants des élévateurs associé aux contrôles réglementaires annuels sont mis en place.

3.1.2.5.2 Les dispositions de surveillance

Les élévateurs sont équipés de moyens de surveillance visant à s'assurer du maintien des différents paramètres surveillés dans une plage de valeurs autorisées et à en détecter toute sortie.

Les paramètres surveillés sont :

- la position de la table de levage ;
- la conformité du colis de stockage attendu.

Dans le cas d'une sortie d'un des paramètres surveillés de sa plage de fonctionnement (normal et mode dégradé), les mouvements de l'élévateur sont arrêtés.

Une commande d'arrêt d'urgence des équipements du process est également présente sur les pupitres de la salle de conduite centralisée.

3.1.2.5.3 Les dispositions de limitation des conséquences

Les élévateurs sont des équipements de levage hydraulique par la base. En cas de défaillance des systèmes de levage, aucune chute n'est possible, seulement un affaissement lent de la table et du colis manutentionné.

Un système anti-basculement composé de guides latéraux et de poutres est également mis en place autour des élévateurs afin de limiter à moins de 1,20 mètre les hauteurs potentielles de chute des colis.

Ces dispositions permettent d'exclure tout risque de chute des colis MA-VL à des hauteurs supérieures à leur qualification[33] et d'assurer le confinement des substances radioactives en cas de collision.

3.1.2.5.4 Les dispositions de gestion des situations de blocage

Les élévateurs sont situés dans des cellules non accessibles pour les opérateurs en présence d'un colis. La maintenance de ces équipements nécessite une évacuation de celui-ci avant toute intervention sur l'équipement.

Pour ce faire, les élévateurs disposent de vérins de secours permettant de continuer l'opération de manutention en cours et d'évacuer le colis de la cellule.

3.1.2.5.5 La synthèse

Les dispositions de maîtrise des risques associées aux élévateurs permettent de s'assurer du maintien du confinement des substances radioactives des colis de stockage lors de leur manutention sur ces équipements.

Les dispositions de maîtrise des risques liées aux élévateurs permettent de s'assurer du maintien de l'intégrité du confinement des substances radioactives lors de leur transfert.

[33] Certaines familles de colis, déjà produites et disposant d'un nombre limité de colis de déchets, ne disposent pas de hauteur de qualification à la chute (CEA-290, CEA-300 et CEA-310). Le dimensionnement de l'installation et les limites d'inventaires radiologiques définies dans les spécifications d'acceptation permettent de garantir la démonstration de sûreté.

3.1.2.6 Les dispositions de maitrise des risques associés aux tables de chargement et tables de réception

La table de chargement a pour fonction d'extraire les colis de stockage MA-VL de l'élévateur situé en cellule de mise en hotte du bâtiment nucléaire de surface puis de les convoyer à l'intérieur de la hotte située en zone d'accostage dans le parc à hottes.

La table de réception a pour fonction d'extraire les colis de stockage MA-VL de leur hotte située en zone d'accostage dans la galerie d'accès à l'alvéoles MA-VL dans l'installation souterraine puis de les convoyer jusqu'à l'élévateur de la cellule de manutention pour leur prise en charge par celui-ci.

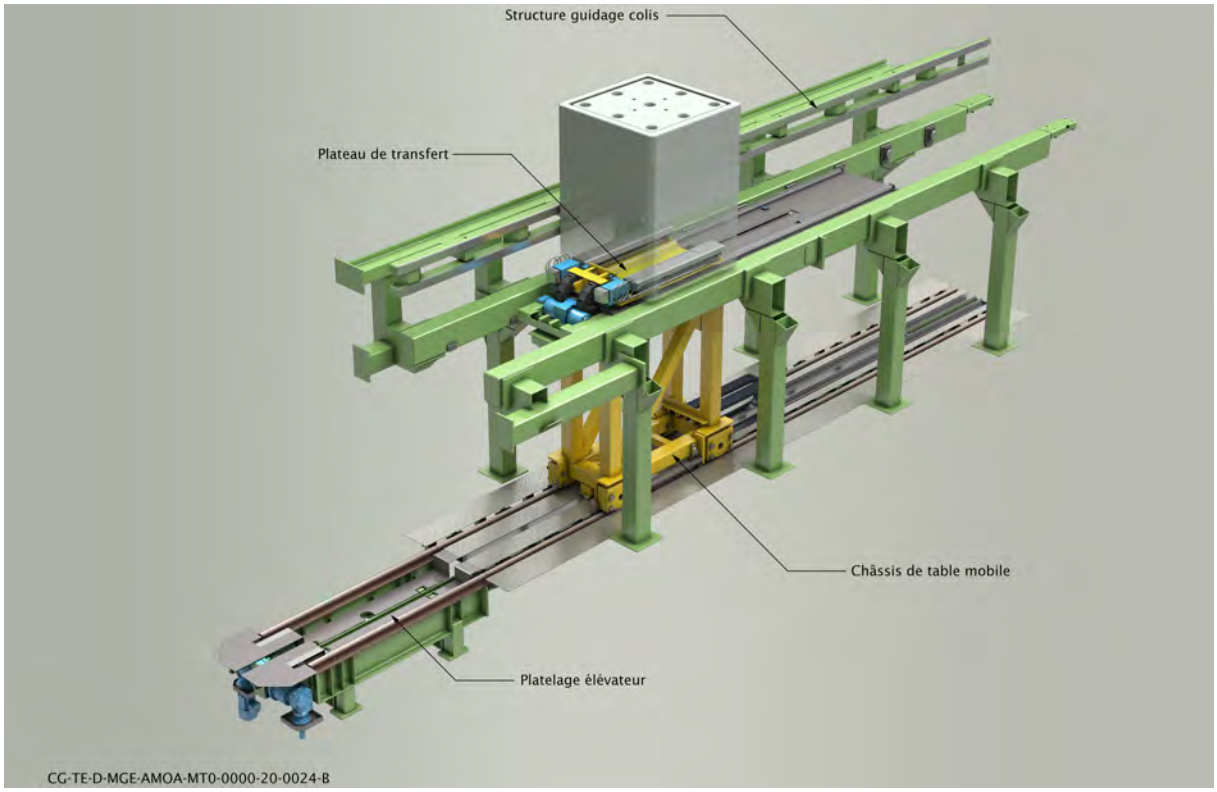


Figure 3-6 Illustration de la table de réception chargée d'un colis de stockage MA-VL en alvéole de stockage MA-VL

Les risques inhérents aux tables de chargement et de réception sont les suivants :

- la collision de la table avec l'élévateur ou la façade d'accostage ;
- le déraillement et le renversement de la table ainsi que de sa charge manutentionnée (colis de stockage MA-VL) ;
- le renversement du colis manutentionné.

De plus, la défaillance d'un équipement des tables de chargement ou de réception peut entrainer un risque de blocage de la chaine cinématique de manutention.

Le blocage d'un colis en configuration de stockage dans une position transitoire lors de son transfert, induit un impact sur la radioprotection (intervention d'opérateurs à proximité de substances radioactives afin de débloquer l'équipement) ainsi que sur l'exploitation et la disponibilité de l'installation.

3.1.2.6.1 Les dispositions de prévention

Les dispositions de prévention associées aux tables de réception et de chargement sont les suivantes :

- un système de galets à double joues permet la translation sécurisée des tables ;
- un plan de maintenance préventive sur les différents composants des tables de chargement associé aux contrôles réglementaires annuels sont mis en place.

3.1.2.6.2 Les dispositions de surveillance

Les tables sont équipées de dispositifs de surveillance visant à s'assurer du maintien des différents paramètres surveillés dans une plage de valeurs autorisées et à en détecter toute sortie

Les paramètres surveillés sont :

- la position des tables selon les deux axes (translation et levage) ainsi que leur vitesse de translation ;
- la présence d'un colis sur la table.

Dans le cas d'une sortie d'une des caractéristiques surveillées de sa plage de fonctionnement (normal et mode dégradé), les mouvements des tables sont arrêtés.

Une commande d'arrêt d'urgence des équipements du process est également présente sur les pupitres de la salle de conduite centralisée.

3.1.2.6.3 Les dispositions de limitation des conséquences

S'agissant du risque de chute des colis, des guides latéraux assurent la continuité du guidage du colis sur la table de chargement tout au long du transfert du colis. Ces guides sécurisent les mouvements de translation et préviennent tout risque de chute latérale du colis en cours de transfert. De la même manière, des poutres sont positionnés sous l'axe de déplacement du colis afin de le réceptionner en cas de basculement vers l'avant ou vers l'arrière, empêchant ainsi toute chute d'un colis d'une hauteur supérieure à sa hauteur de qualification.

S'agissant des risques de collisions, les tables disposent de vitesses de déplacement limitées et de rampes de décélération à l'approche des différentes zones d'arrêt. L'énergie des chocs ou des décélérations apportées aux colis MA-VL lors de leur transfert sur chariot est inférieure à l'énergie résultant d'une chute de leurs hauteurs de qualification.

3.1.2.6.4 Les dispositions de gestion des situations de blocage

Les tables sont situées dans des locaux et cellules non accessibles en présence d'un colis. L'évacuation du colis est réalisée avant toute opération de maintenance.

En raison de l'impossibilité de déporter les motorisations de la table hors des locaux et cellules non accessibles en présence d'un colis, celles-ci sont redondées afin de permettre la gestion des situations de blocage avec :

- la présence d'une motorisation de secours du plateau de chargement ;
- la présence d'une motorisation de secours du plateau de transfert ;
- la présence d'un système d'élévation de secours du plateau de transfert.

3.1.2.6.5 La synthèse

Les dispositions de maîtrise des risques associées aux tables de chargement et de réception permettent de s'assurer du maintien du confinement des colis de stockage en cas de chute ou de collision lors de leur transfert.

3.1.2.7 Les dispositions de maîtrise des risques associés aux tables d'accostage

Les tables d'accostage sont des équipements de transfert au sol sur rails et sont présentes dans deux zones au sein des installations.

La première est le parc à hotte du bâtiment nucléaire de surface où la table assure l'aller-retour des hottes HA et MA-VL de la façade d'accostage à la zone de prise en charge de la hotte par la machine à levage limité.

La seconde sont les galeries d'accès aux alvéoles de stockage MA-VL de l'installation souterraine où la table assure l'aller-retour des hottes MA-VL de la façade d'accostage à la zone de dépose des hottes par les navettes MA-VL.

Ces équipements permettent un accouplement précis de la hotte avec la façade d'accostage.

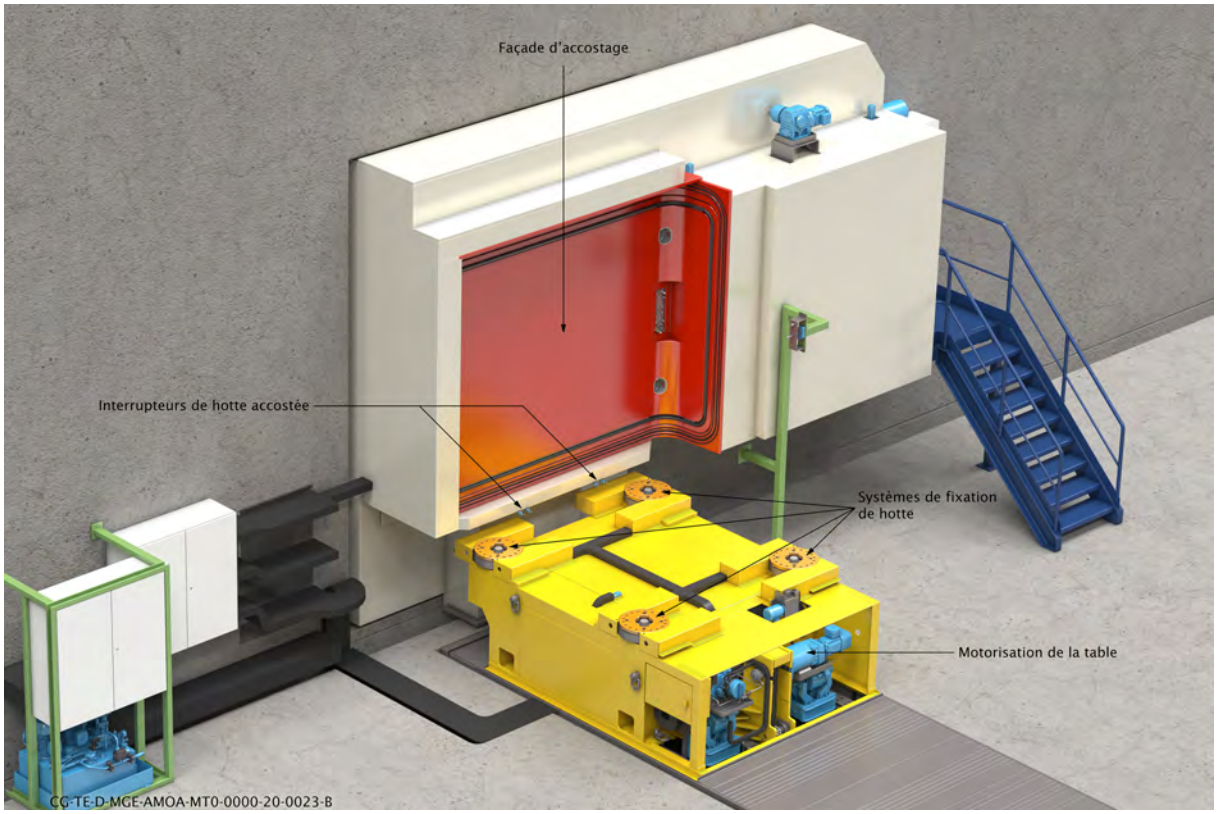


Figure 3-7 Illustration de la table d'accostage du parc à hottes

Les risques inhérents aux tables d'accostage sont les suivants :

- la collision de la hotte transférée avec la façade d'accostage ;
- le déraillement et le renversement de la table d'accostage ainsi que de sa charge manutentionnée (hotte chargée de colis de stockage HA et MA-VL) ;
- le renversement de la hotte manutentionnée.

De plus, la défaillance d'un équipement des tables d'accostage peut entrainer un risque de blocage de la chaine cinématique de manutention. Le blocage d'un colis en configuration de stockage dans une position transitoire lors de son transfert induit un impact sur la radioprotection (intervention d'opérateurs à proximité de substances radioactives afin de débloquer l'équipement) ainsi que sur l'exploitation et la disponibilité de l'installation. Pour ces équipements de transfert, il n'existe aucune perte de stabilité en cas de blocage.

En revanche, le blocage prolongé d'un colis MA-VL dans une hotte conduit aux mêmes risques que la machine à levage limité (cf. Chapitre 3.1.2.1 du présent volume).

3.1.2.7.1 Les dispositions de prévention

Les dispositions de prévention associées aux tables d'accostage sont les suivantes :

- un système de transfert sécurisé des hottes (par verrouillage des plots de la hotte pour les tables du parc à hotte, par des platines de positionnement des pieds de la hotte pour les tables de l'installation souterraine) ;
- un interverrouillage entre la table d'accostage et la façade d'accostage interdisant tout mouvement de la table tant que les portes de la façade et de la hotte ne sont pas fermées et verrouillées ;
- un plan de maintenance préventive sur les différents composants des tables d'accostage associé aux contrôles réglementaires annuels est mis en place.

3.1.2.7.2 Les dispositions de surveillance

Les tables d'accostage sont équipées de dispositifs de surveillance visant à s'assurer du maintien des différents paramètres surveillés dans une plage de valeurs autorisées et à en détecter toute sortie

Les caractéristiques surveillées sont :

- la position des tables ainsi que leur vitesse de translation. Deux interrupteurs fins de course, positionnés sur la façade d'accostage, valident la position relative entre la hotte et la façade d'accostage ;
- la présence d'une hotte sur la table d'accostage.

Dans le cas d'une sortie d'un des paramètres surveillés de sa plage de fonctionnement (normal et mode dégradé), les mouvements de la table d'accostage sont arrêtés.

Une commande d'arrêt d'urgence des équipements du process est également présente sur les pupitres de la salle de conduite centralisée.

3.1.2.7.3 Les dispositions de limitation des conséquences

S'agissant des risques de collisions, les tables d'accostage disposent de vitesses de déplacement limitées et de rampes de décélération à l'approche des différentes zones d'arrêt.

Concernant les hottes de transfert MA-VL, des dispositifs de calage placés à l'intérieur permettent de maintenir les colis en position stable en cas de collision ou d'arrêt brutal des engins de transfert.

L'énergie des chocs ou des décélérations apportées aux colis MA-VL ainsi qu'aux hottes MA-VL lors de leur transfert est inférieure à l'énergie résultant d'une chute de leurs hauteurs de qualification. Le confinement des substances radioactives apporté par le colis primaire, de stockage et des hottes de transfert MA-VL est donc conservé.

3.1.2.7.4 Les dispositions de gestion des situations de blocage

Les tables d'accostage sont situées en zone d'accostage des galeries d'accès aux alvéoles MA-VL. Les opérations de maintenance corrective sur ces équipements s'effectuent également en zone d'accostage. L'évacuation de la hotte est réalisée avant toute opération de maintenance corrective.

Les dispositions permettant la gestion des situations de blocage sont :

- l'accessibilité des zones d'implantation des tables. Ces équipements sont situés dans une zone accessible par des opérateurs en présence d'une hotte manutentionnée permettant des opérations de déblocage ;

- un système de tire-fort, permettant de rapatrier la table d'accostage et la positionner pour évacuation en cas de :
  - ✓ défaillance de la motorisation ;
  - ✓ blocage du système de freins ;
  - ✓ casse de la chaine cinématique.

3.1.2.7.5 La synthèse

Les dispositions de maîtrise des risques associées aux tables d'accostage permettent de s'assurer du maintien du confinement des colis de stockage lors de leur transfert.

3.1.2.8 Les dispositions de maîtrise des risques associés aux équipements de transfert sur rails des hottes (hors funiculaire)

Les opérations de transfert sur rails de la hotte font appel à quatre catégories d'équipements de transfert associés (hors funiculaire) :

- les navettes de surface ;
- les chariots de transfert fond ;
- les navettes MA-VL ;
- les navettes HA.

3.1.2.8.1 Les navettes de surface

Elles sont en charge du transfert des hottes HA et MA-VL dans le parc à hotte ainsi que de leur transfert dans le local de maintenance des hottes. Elles sont plus spécifiquement chargées du transfert des hottes chargées de colis ou vides entre la table tournante (zone de prise/dépose des hottes par la machine à levage limité) et la gare haute de la descenderie où s'effectue la dépose/reprise de la hotte sur le funiculaire.

3.1.2.8.2 Les chariots de transfert de fond

Ils permettent le transfert d'une hotte HA ou MA-VL entre la gare basse de la descenderie où s'effectue la dépose/reprise de la hotte sur le funiculaire et les intersections de reprise/dépose des hottes dans les galeries de liaison des quartiers de stockage HA et MA-VL au droit des galeries d'accès aux alvéoles de stockage. Ils sont également utilisés pour effectuer le transfert du robot pousseur, du robot de retrait ainsi que du robot bride et mesure vers l'intersection des galeries de liaison et d'accès des quartiers de stockage HA ainsi que vers le local de maintenance en zone de soutien logistique exploitation.

3.1.2.8.3 La navette HA

Elles permettent le transfert d'une hotte HA depuis les intersections des galeries de liaison et des galeries d'accès jusqu'aux façades d'accostage des alvéoles de stockage HA. Les navettes HA effectuent des allers-retours en ligne droite. Ces navettes permettent également l'alimentation électrique des hottes et du robot pousseur, du robot de et du robot bride ainsi que le transfert des robots bride et mesure, pousseur et de retrait.

3.1.2.8.4 La navette MA-VL

Elles permettent le transfert d'une hotte MA-VL depuis les intersections des galeries de liaison et des galeries d'accès jusqu'aux tables d'accostage aux cellules de manutention des alvéoles de stockage MA-VL.

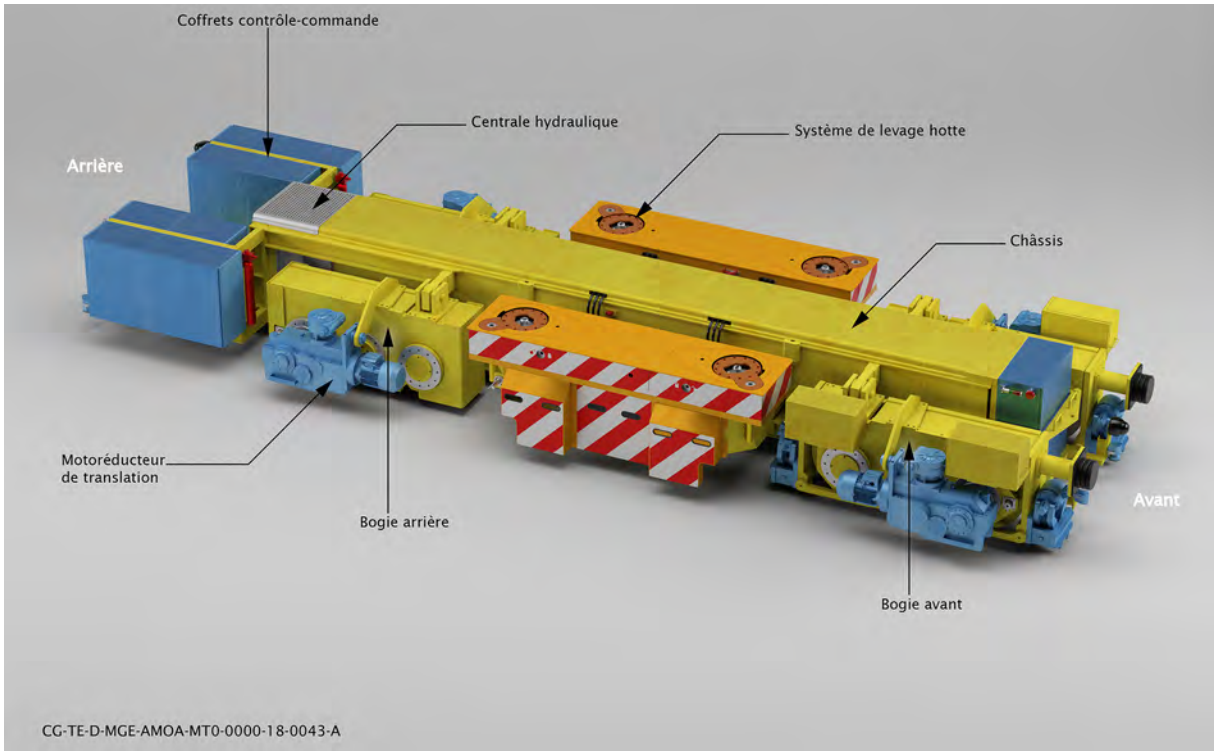


Figure 3-8 Illustration de la navette de surface pour le transfert des hottes de transfert HA/MA-VL

Les risques inhérents aux équipements de transfert sur rails de la hotte sont les suivants :

- la collision entre le moyen de transfert chargé d'une hotte pleine avec un objet ou une autre hotte située sur son cheminement ;
- le déraillement et le renversement du moyen de transfert ainsi que de la hotte manutentionnée ;
- la désolidarisation de la hotte transportée par le moyen de transfert ;
- la chute de la hotte suite à une défaillance du système de levage ;
- le mauvais positionnement du moyen de transfert aux interfaces de prise/dépose de la hotte.

De plus, la défaillance d'un équipement de transfert sur rails de hottes peut entrainer un risque de blocage de la chaine cinématique de manutention. Le blocage d'une hotte dans une position transitoire lors de son transfert induit un impact sur la radioprotection (intervention d'opérateurs à proximité de substances radioactives afin de débloquer l'équipement) ainsi que sur l'exploitation et la disponibilité de l'installation.

En outre, un blocage prolongé d'un colis MA-VL dans une hotte conduit aux mêmes risques que la machine à levage limité (cf. Chapitre 3.1.2.1 du présent volume).

3.1.2.8.5 Les dispositions de prévention

Les dispositions de prévention associées aux équipements de transfert sur rails de la hotte sont les suivantes :

- la hotte en transfert est sécurisée sur le moyen de transfert par un système de verrouillage mécanique des plots qui empêche tout mouvement de cette dernière ;
- le système de freinage des moyens de transfert comprend quatre systèmes de freinage distincts dont trois sont suffisants pour arrêter les équipements de transfert sur rails de manière sécurisée ;
- un plan de maintenance préventive sur les différents composants des moyens de transfert associé aux contrôles réglementaires annuels sont mis en place.

Pour les navettes de surface et les chariots de transfert fond, aux interfaces avec le funiculaire, un dispositif de cantonnement de l'alimentation électrique permet de prévenir le déplacement du moyen de transfert lorsque le funiculaire n'est pas positionné aux interfaces de dépose/prise en charge.

3.1.2.8.6 Les dispositions de surveillance

Les équipements de transfert sur rails des hottes sont équipés de dispositifs de surveillance visant à s'assurer du maintien des différents paramètres surveillés dans une plage de valeurs autorisées et à en détecter toute sortie.

Les paramètres surveillés sont :

- la vitesse et la position des moyens de transfert ;
- la présence d'obstacle sur le cheminement des moyens de transfert par un système de détection « anticollision » ;
- la présence de la hotte ainsi que la conformité de sa prise en charge.

Dans le cas d'une sortie d'un des paramètres surveillés de sa plage de fonctionnement (normal et mode dégradé), les mouvements de ces moyens de transfert sont arrêtés.

Une commande d'arrêt d'urgence des équipements du process est également présente sur les pupitres de la salle de conduite centralisée.

3.1.2.8.7 Les dispositions de limitation des conséquences

S'agissant de la fonction de levage des équipements de transfert sur rails des hottes, elle est assurée par un équipement de levage hydraulique par la base. En cas de défaillance des systèmes de levage, aucune chute n'est possible, seulement un affaissement lent des vérins et de la charge manutentionnée. De plus la hauteur de levage est limitée à 1,20 mètre.

S'agissant des risques de collisions, les équipements de transfert sur rails des hottes disposent de vitesses de déplacement des charges contrôlées et limitées avec des rampes de décélération à l'approche des différentes zones d'arrêt.

De plus, ils sont munis d'amortisseurs qui, en cas de défaillance des systèmes de freins ou de détection, sont dimensionnés pour limiter le choc à une valeur inférieure à 1 g lors d'un impact à petite vitesse, valeur correspondant au dimensionnement des fixations des hottes de transfert sur les moyens de transfert.

Concernant les hottes de transfert MA-VL, des dispositifs de calage placés à l'intérieur permettent de maintenir les colis en position stable en cas de collision ou d'arrêt brutal des engins de transfert.

L'énergie des chocs ou des décélérations apportées aux colis et hottes HA et MA-VL lors de leur transfert est inférieure à l'énergie résultant d'une chute de leurs hauteurs de qualification. Le confinement des substances radioactives apporté par les colis de stockage est donc conservé.

3.1.2.8.8 Les dispositions de gestion des situations de blocage

La maintenance des équipements de transfert sur rails des hottes s'effectue dans des locaux de maintenance dédiés, dans le bâtiment nucléaire de surface pour les navettes de surface et dans la zone de soutien logistique exploitation pour les autres moyens de transfert. L'évacuation de la hotte est réalisée avant toute opération de maintenance corrective.

Les dispositions permettant la gestion des situations de blocage sont :

- des actions manuelles permettant de retirer les butées antichute, d'actionner les vérins et d'affaler la hotte en cas de défaillance de la chaine de levage ;
- l'utilisation d'un locotracteur afin de rapatrier le moyen de transfert dans le local de maintenance.

3.1.2.8.9 La synthèse

Les dispositions de maîtrise des risques liés aux opérations de manutention par les équipements de transfert sur rails des hottes (hors funiculaire) permettent de s'assurer du maintien du confinement des colis de stockage et des hottes MA-VL en cas de collision lors de leur manutention.

3.1.2.9 Les dispositions de maîtrise des risques associés au funiculaire

Le funiculaire est un équipement de manutention au sol circulant en ligne droite sur des rails dans la descenderie colis (en pente de l'ordre de 12 % et sur une distance d'environ 4 km), un câble en boucle mouflée permettant son déplacement. Il permet le transfert en hotte des colis de stockage HA et MA-VL depuis la zone de chargement/déchargement de la gare haute (gare amont) jusqu'à la zone de chargement/déchargement de la gare basse (gare aval). Les zones de chargement/déchargement constituent les points d'arrêt du véhicule face aux emplacements d'amenée et d'évacuation des hottes par un chariot de transfert.

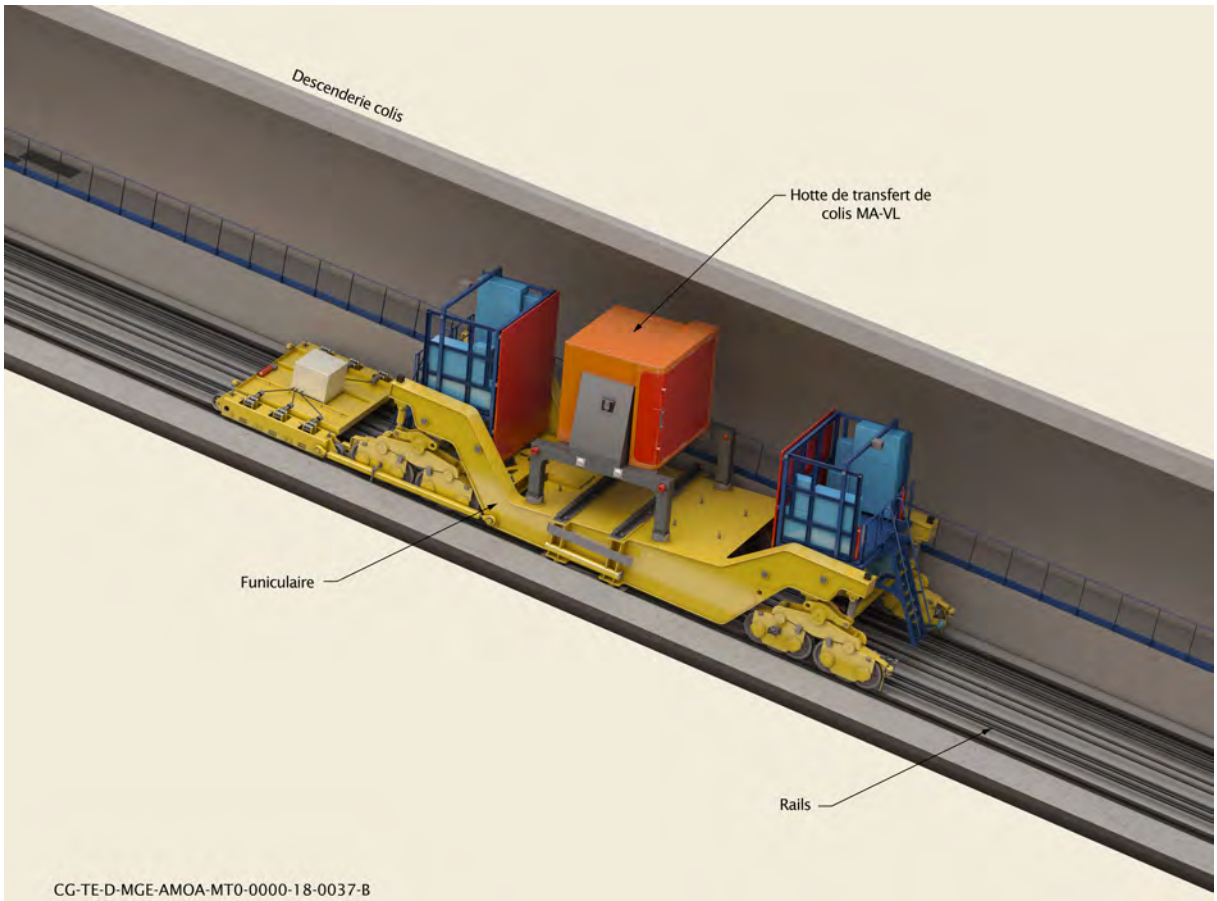


Figure 3-9 Illustration du funiculaire chargé d'une hotte de transfert de colis de stockage MA-VL

Les risques inhérents au funiculaire sont les suivants :

- l'emballement du funiculaire chargé d'une hotte pleine lors de son transfert entrainant sa collision en gare basse ;
- le déraillement du funiculaire entrainant sa collision ainsi que celle de la hotte transportée contre les parois de la descenderie ;
- la désolidarisation de la hotte transportée par le funiculaire.

De plus, la défaillance d'un équipement du funiculaire peut entrainer un risque de blocage de la chaine cinématique de manutention.

Le blocage d'une hotte dans une position transitoire lors de son transfert induit un impact sur la radioprotection (intervention d'opérateurs à proximité de substances radioactives afin de débloquer l'équipement) ainsi que sur l'exploitation et la disponibilité de l'installation.

En outre, un blocage prolongé d'un colis MA-VL dans une hotte conduit aux mêmes risques que la Machine à Levage Limité (cf. Chapitre 3.1.2.1 du présent volume).

3.1.2.9.1 Les dispositions de prévention

Les dispositions de prévention associées au funiculaire sont les suivantes :

- le verrouillage des quatre pieds de la hotte de transfert chargée sur le funiculaire permet son transfert sécurisé le long de la descenderie colis. Ce système est dimensionné pour tenir sous l'effet des décélérations maximales du véhicule ;
- le câble du funiculaire est entraîné par deux poulies motrices. Chaque poulie est dimensionnée afin de reprendre la masse du funiculaire chargée d'une hotte pleine ;
- un système de freinage redondé :
  - ✓ deux systèmes de freinage machinerie assurés par un système de freins de service et de freins de secours (freins à pinces) ;
  - ✓ deux systèmes de freinage embarqués sur le funiculaire : un frein d'arrêt d'urgence (FAU : freins à mâchoires) et un frein d'arrêt d'ultime secours (AUS : freins par affaissement).

3.1.2.9.2 Les dispositions de surveillance

Le funiculaire est équipé de dispositifs de surveillance visant à s'assurer du maintien des différents paramètres surveillés dans une plage de valeurs autorisées et à en détecter toute sortie.

Les caractéristiques surveillées sont :

- la position du funiculaire ;
- la vitesse du funiculaire réalisée par deux codeurs en machinerie et sur le véhicule ainsi que par un système de détection de survitesse mécanique de type masselotte :
  - ✓ en cas de survitesse, le freinage machinerie des poulies motrices est assuré par des freins de service et des freins de secours. Les plages de déclenchement de ces freins sont fonction de la survitesse mesurée sur le véhicule, respectivement de 5 % et de 8 % ;
  - ✓ si le freinage machinerie ne permet pas la décélération suffisante du moyen de transfert, les systèmes de freins embarqués sur le funiculaire sont déclenchés. Les plages de déclenchement de ces freins sont également fonction de la survitesse mesurée sur le véhicule. Une survitesse de 13 % entraine le déclenchement du frein d'arrêt d'urgence et une survitesse de 20 %, le déclenchement du frein d'arrêt d'ultime secours ;
- le contrôle de l'état du câble ;
- la présence d'obstacle sur le cheminement du funiculaire par un système redondé de détection « anticollision ».

Dans le cas d'une sortie d'un des paramètres surveillés de sa plage de fonctionnement (normal et mode dégradé), les mouvements du funiculaire sont arrêtés.

Une commande d'arrêt d'urgence des équipements du process est également présente sur les pupitres de la salle de conduite centralisée.

3.1.2.9.3 Les dispositions de limitation des conséquences

S'agissant des risques de collisions, le funiculaire a une vitesse de transfert de charges contrôlées et limitées avec des rampes de décélération à l'approche des différentes zones d'arrêt.

En gare basse et haute, des butoirs de fin de voies à effet amorti associés à des zones de sécurité permettent d'amortir l'arrivée du véhicule en survitesse ou de dysfonctionnement des systèmes de freinage tout en limitant le choc à une valeur inférieure à 1 g, valeur correspondant au dimensionnement des fixations des hottes de transfert sur le funiculaire.

En outre, des dispositifs de calage dans la hotte MA-VL permettent de maintenir les colis en position stable en cas de collision ou d'arrêt brutal des engins de transfert.

L'énergie des chocs ou des décélérations apportées aux colis HA et MA-VL ainsi qu'aux hottes HA et MA-VL est inférieure à l'énergie résultant d'une chute de leurs hauteurs de qualification. Le confinement des substances radioactives apporté par le colis primaire, de stockage et des hottes de transfert MA-VL est donc conservé.

3.1.2.9.4 Les dispositions de gestion des situations de blocage

La maintenance du funiculaire s'effectue dans une zone de maintenance en tête de descenderie colis. Pour toute maintenance corrective sur le véhicule, l'évacuation de la hotte est réalisée, si possible, au préalable. Les dispositions permettant la gestion des situations de blocage sont :

- la redondance des éléments de motorisation du mouvement de translation qui permet la poursuite du procédé et l'évacuation de la hotte à vitesse réduite en cas de perte d'un de ces éléments ;
- la redondance des éléments de guidage du véhicule (roues, axes de roue, balanciers) ou de guidage du câble (axes, galets) qui permet la poursuite du procédé et l'évacuation de la hotte à vitesse réduite en cas de perte d'un de ces éléments ;
- la redondance des poulies qui permet l'évacuation de la hotte à vitesse réduite en cas de blocage d'un de ces éléments (hors poulie de tension) ;
- en cas de perte du câble, d'un contrepoids ou d'une poulie de tension, le funiculaire est arrêté en position sûre en pleine voie. Le remplacement de ces éléments se fait avec la hotte chargée sur le funiculaire. La durée d'immobilisation du funiculaire ne remet pas en cause la maitrise des fonctions de sûreté.

3.1.2.9.5 La synthèse

Les dispositions de maîtrise des risques associées aux opérations de transfert par le funiculaire permettent de s'assurer du maintien du confinement des colis de stockage et des hottes MA-VL en cas de collision lors de leur transfert.

3.1.2.10 Les dispositions de maîtrise des risques associés aux robots pousseur

Le robot pousseur est un équipement permettant la poussée des colis HA dans les alvéoles HA. La poussée est réalisée par une avancée pas à pas par un dispositif avec deux joints élastomères gonflables.

La position de stockage pour le premier colis est située au fond de l'alvéole puis, pour les suivants, au contact avec le colis précédemment mis en stockage (quartier pilote HA) ou à une distance déterminée par la puissance thermique émise par le colis pour les suivants (quartier de stockage HA).

Le risque inhérent au robot pousseur est une collision entre deux colis HA résultant d'une poussée excessive.

De plus, la défaillance d'un équipement du robot pousseur entraine un risque de blocage de la chaine cinématique de manutention. Le blocage d'un colis HA en configuration de stockage dans une position transitoire lors de sa mise en stockage induit un impact sur l'exploitation et la disponibilité de l'installation. Cette situation ne présente pas de risque pour la sûreté de l'installation.

3.1.2.10.1 Les dispositions de prévention

Les dispositions de prévention associées au robot pousseur sont les suivantes :

- les emplacements de stockage sont identifiés par le contrôle commande afin de prévenir les risques de collision entre deux colis HA ou de rapprochement excessif ;
- un plan de maintenance préventive sur les différents composants du robot pousseur associé aux contrôles réglementaires annuels sont mis en place.

3.1.2.10.2 Les dispositions de surveillance

Le robot pousseur est équipé de dispositifs de surveillance visant à s'assurer du maintien des différents paramètres surveillés dans une plage de valeurs autorisées et à en détecter toute sortie.

Le robot pousseur est muni :

- d'un capteur d'effort mesurant en permanence l'effort de poussée et arrêtant tout mouvement de poussée de dépassement d'un effort seuil haut ;
- de capteurs de mesures de la position du colis. Cette mesure est effectuée *via* la longueur de déroulement du câble ombilical du robot pousseur ainsi que par le comptage du nombre de cycle effectué par les pneumatiques du pousseur.

Dans le cas d'une sortie d'un des paramètres surveillés de sa plage de fonctionnement (normal et mode dégradé), les mouvements du robot pousseur sont arrêtés.

Une commande d'arrêt d'urgence des équipements du process est également présente sur les pupitres de la salle de conduite centralisée.

3.1.2.10.3 Les dispositions de limitation des conséquences

La faible puissance du robot pousseur, la vitesse limitée de poussée (de l'ordre de quelques mètres par minute) ainsi que le limiteur de couple associés à la robustesse des colis HA permet de s'affranchir des risques de perte de confinement en cas de collision.

3.1.2.10.4 Les dispositions de gestion des situations de blocage

La maintenance du robot pousseur s'effectue dans local de maintenance dédié dans la zone de soutien logistique exploitation à proximité du carrousel. En cas de situation de blocage, le robot est mis en position de transfert et évacué vers le local de maintenance.

En raison de la continuité de la protection radiologique apportée par le système pousseur, les dispositions permettant la gestion des situations de blocage sont des actions manuelles en local, directement sur les équipements défaillants du robot pousseur permettant sa remise en configuration de transfert.

Dans le cas d'un blocage au niveau d'une motorisation, les opérations d'intervention consistent à manœuvrer manuellement le moteur idoine à l'aide d'un outillage électrique portatif lui permettant de terminer ou d'interrompre la séquence en cours.

L'accès à ces équipements se fait notamment à l'aide de trappes.

3.1.2.10.5 La synthèse

Les dispositions de maîtrise des risques liés aux opérations de manutention par le robot pousseur permettent de s'assurer du maintien du confinement des colis de stockage HA en cas de collision lors de leur poussée au sein des alvéoles HA. En cas de rapprochement excessif entre deux colis HA en alvéole, ces dispositions de maîtrise permettent la détection et le retrait du colis HA incriminé.

3.1.2.11 Les dispositions de maîtrise des risques associés aux ponts stockeur et aux chariots stockeur

Les ponts stockeurs et les chariots stockeur sont les dispositifs de manutention retenus pour le stockage des colis MA-VL, les ponts stockeurs ayant en charge la manutention des colis de tout type hormis les colis de stockage de type CS6, manutentionnés uniquement par les chariots stockeurs. Ces équipements disposent d'un mouvement vertical limité (quelques centaines de millimètres) destiné au déchargement du colis en alvéole. Il assure la prise en charge d'un colis sur l'élévateur et son acheminement jusqu'à son lieu de stockage en alvéole. La mise en stockage des colis est réalisée par couche en commençant par le fond de l'alvéole.

À noter que le stockage des colis de type CS6 s'effectue sur une seule rangée et sur un seul niveau en commençant par le fond de l'alvéole.

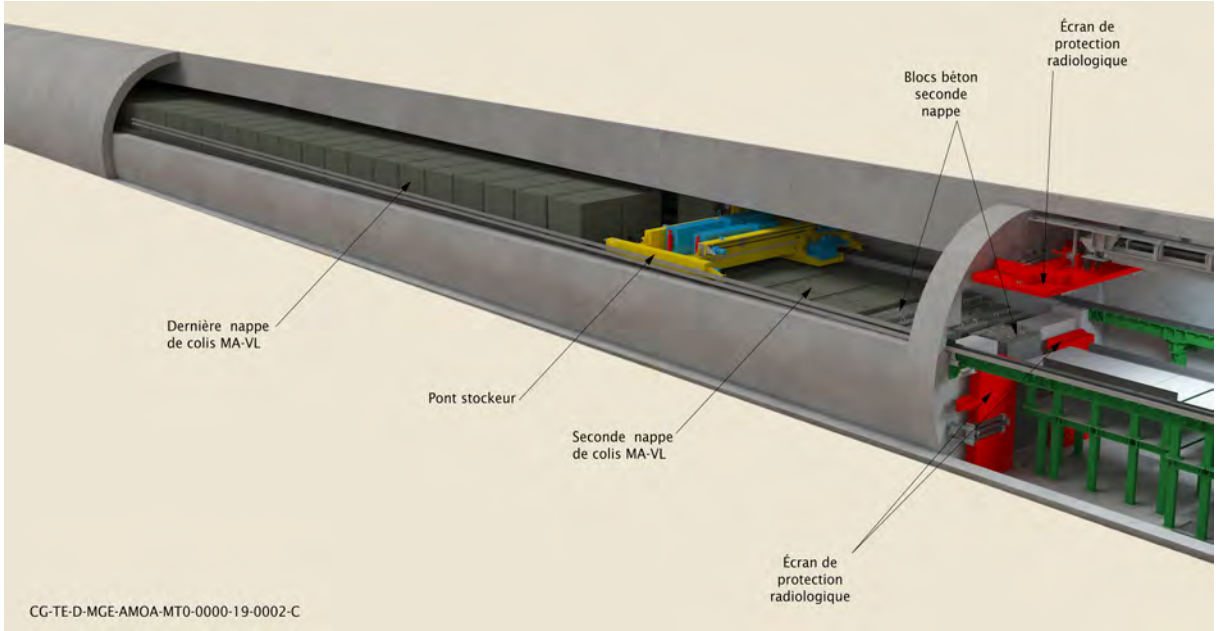


Figure 3-10 Illustration du pont stockeur en alvéole de stockage MA-VL

Les risques inhérents à ces équipements sont la chute ou la collision d'un colis de déchets manutentionné ayant pour conséquence son endommagement.

De plus, la défaillance d'un équipement du pont ou du chariot stockeur peut entrainer un risque de blocage de la chaine cinématique de manutention. Le blocage d'un colis de stockage ou d'un équipement support au process dans une position transitoire lors de sa manutention au pont, induit un impact sur la sûreté (le blocage d'une charge lors de manutention en hauteur ne permet pas la mise à l'état sûr de l'installation : charges affalées) et la radioprotection (intervention d'opérateurs à proximité de substances radioactives afin de débloquer l'équipement) ainsi que sur l'exploitation et la disponibilité de l'installation.

Les dispositions de maitrise des risques du pont et du chariot stockeur présentent de fortes similitudes. Ces dispositions sont présentées communément pour ces deux types d'équipements.

3.1.2.11.1 Les dispositions de prévention

Les dispositions de prévention aux opérations de manutention par les ponts stockeur et chariots stockeur sont les suivantes :

- les vitesses de déplacement en charge sont contrôlées et limitées pour les opérations de levage et de translation ;
- le système de levage est redondé et permet la reprise de la charge en cas de défaillance du premier système. Celui-ci se compose de deux vérins, redondés par deux vérins de secours ;
- un plan de maintenance préventive sur les différents composants de ces équipements associé aux contrôles réglementaires annuels sont mis en place.

3.1.2.11.2 Les dispositions de surveillance

Les ponts et chariots stockeurs sont équipés de moyen de surveillance visant à s'assurer du maintien des différents paramètres surveillés dans une plage de valeurs autorisées et à en détecter toute sortie.

Les caractéristiques surveillées sont :

- la position et la vitesse de déplacement du pont et du chariot stockeur ;
- la présence d'un colis sur le moyen de préhension du pont et du chariot stockeur.

Dans le cas d'une sortie d'un des paramètres surveillés de sa plage de fonctionnement (normal et mode dégradé), les mouvements du pont ou du chariot stockeur sont arrêtés. Une commande d'arrêt d'urgence des équipements du process est également présente sur les pupitres de la salle de conduite centralisée.

3.1.2.11.3 Les dispositions de limitation des conséquences

S'agissant des risques inhérents au levage, la course de levage du pont et du chariot stockeur est limitée à quelques dixièmes de centimètre et reste inférieure aux hauteurs de qualification à la chute des colis de stockage.

En cellule de manutention, dans les configurations où le stockage en alvéole des colis s'effectue en plusieurs nappes, des dispositifs de type platelages sont disposés spécifiquement afin de limiter la hauteur potentielle de chute des colis de stockage. Ces dispositions sont conçues afin de pouvoir reprendre l'intégralité de la masse des colis de stockage. En cas de chute d'un colis, l'intégrité de son confinement est conservée[34].

En alvéole de stockage (partie utile), le stockage par nappe permet de limiter les hauteurs de manutention des colis et les limite à des hauteurs inférieures à leur qualification à la chute.

S'agissant des risques de collisions sur ou impliquant un colis de stockage, l'énergie des chocs ou des décélérations apportées aux colis MA-VL est inférieure à l'énergie résultant d'une chute de leurs hauteurs de qualification. Le confinement des substances radioactives apporté par le colis de stockage est donc conservé.

Ces dispositions permettent d'exclure tout risque de perte de confinement des déchets MA-VL en cas de chute et de collision lors de leur manutention par le pont ou le chariot stockeur.

3.1.2.11.4 Les dispositions de gestion des situations de blocage

Le pont et le chariot stockeur sont situés en cellule de manutention ou en partie utile de stockage de l'alvéole MA-VL, zones non accessibles en présence d'un colis. La maintenance de ces équipements s'effectue dans une zone dédiée en cellule de manutention en l'absence de colis en cellule et avec l'écran de radioprotection, séparant la cellule de manutention de la partie utile de stockage MA-VL, baissé.

[34] Certaines familles de colis, déjà produites et disposant d'un nombre limité de colis de déchets, ne disposent pas de hauteur de qualification à la chute (CEA-290, CEA-300 et CEA-310). Le dimensionnement de l'installation et les limites d'inventaires radiologiques définies dans les spécifications d'acceptation permettent de garantir la démonstration de sûreté.

Pour toute opération de maintenance curative, la charge manutentionnée est affalée en zone de stockage puis le pont ou le chariot est rapatrié en cellule de manutention.

Les dispositions permettant la gestion des situations de blocage sont :

- la redondance de la chaîne cinématique de levage (vérins, circuit hydraulique) de l'outillage du pont et du chariot qui permet l'affalage de la charge manutentionnée en cas de défaillance d'un de ces éléments ;
- la présence de dispositifs déportés de traction et poussée (lièvres) qui permettent de rapatrier le pont ou le chariot en cellule de manutention en cas de défaillance d'un des éléments de motorisation du quadrilatère du pont ou du chariot. L'utilisation de ces dispositifs permet le déblocage par contact de leurs freins à sécurité positive.

3.1.2.11.5 La synthèse

Les dispositions de maîtrise des risques liées à la fiabilisation des opérations de manutention et à la limitation des hauteurs de levage permettent de s'assurer du maintien de l'intégrité du confinement des colis de stockage en cas de chute et de collision d'un colis de stockage manutentionné par un chariot ou un pont stockeur.

3.1.2.12 Les dispositions de maitrise des risques associés aux opérations de retrait d'exploitation

À la suite du stockage de colis de déchets en alvéoles, des opérations ponctuelles de retrait de colis non contaminés des alvéoles peuvent être réalisées.

Ces opérations de retrait sont dites « d'exploitation ».

3.1.2.12.1 Le retrait d'un colis stocké en alvéole MA-VL

S'agissant du retrait d'exploitation d'un ou plusieurs colis d'un alvéole MA-VL, ceux-ci sont considérés comme non contaminés et disposant de leurs dispositifs de manutention intègres. Ces colis peuvent être à destination d'un autre alvéole ou remontés dans le bâtiment nucléaire de surface.

Les équipements de manutention permettant le retrait et le transfert du colis MA-VL retiré vers un autre alvéole ou jusqu'au bâtiment nucléaire de surface sont identiques à sa mise en stockage. Les conditions de retrait étant les mêmes que les conditions de stockage, les opérations de retrait des colis MA-VL n'engendrent pas de risques supplémentaires.

3.1.2.12.2 Le retrait d'un colis stocké en alvéole HA

S'agissant du retrait d'exploitation d'un ou plusieurs colis d'un alvéole HA, ceux-ci sont considérés comme non contaminés et disposant de leurs dispositifs de manutention intègres.

Le mode de retrait des colis HA utilise un équipement de manutention spécifique, un robot tireur, permettant le retrait des colis HA situés en alvéole.

Les autres équipements de manutention permettant le transfert du colis HA retiré jusqu'au bâtiment nucléaire de surface sont identiques à sa mise en stockage, une fois le colis revenu en tête. Les conditions de retrait étant les mêmes que les conditions de stockage, les opérations de retrait des colis HA, exception faite de la phase de retrait de l'alvéole, n'engendrent pas de risques supplémentaires. Les risques induits par l'utilisation d'un robot de retrait sont le blocage et le tirage excessif d'un colis HA en alvéole engendrant sa dégradation, notamment de sa tête pouvant compromettre sa reprise ultérieure (arrachement de la tête au niveau de la gorge de la tête du colis HA).

De plus, la défaillance d'un équipement du robot de retrait entraine un risque de blocage de la chaine cinématique de manutention. Le blocage d'un colis HA en configuration de stockage dans une position transitoire lors de son retrait induit un impact sur l'exploitation et la disponibilité de l'installation. Cette situation ne présente pas de risque pour la sûreté de l'installation.

a) Les dispositions de prévention

Les dispositions de prévention associées au robot de retrait sont les suivantes :

- une tête de raclage équipée de brosses métalliques et de lames racleuses permettant d'enlever les dépôts le long de l'alvéole pouvant bloquer le colis HA lors de son opération de retrait ;
- un plan de maintenance préventive sur les différents composants du robot de retrait associé aux contrôles réglementaires annuels sont mis en place.

b) Les dispositions de surveillance

Le robot de retrait est équipé de dispositifs de surveillance visant à s'assurer du maintien des différents paramètres surveillés dans une plage de valeurs autorisées et à en détecter toute sortie.

Le robot de retrait est muni notamment d'un capteur d'effort mesurant en permanence l'effort de traction et arrêtant tout mouvement de traction dès dépassement d'un effort seuil haut.

Une commande d'arrêt d'urgence des équipements du process est également présente sur les pupitres de la salle de conduite centralisée.

c) Les dispositions de limitation des conséquences

S'agissant du risque de blocage et de tirage excessif, la tête de préhension adaptée, la faible puissance du robot de retrait, la vitesse limitée de tirage (de l'ordre de quelques mètres par minute) ainsi que le limiteur de couple associés à la robustesse des colis HA permettent de s'affranchir des risques d'endommagement du colis HA.

d) Les dispositions de gestion des situations de blocage

La maintenance du robot de retrait s'effectue dans local de maintenance dédié dans la zone de soutien logistique exploitation à proximité du carrousel. En cas de situation de blocage, le robot doit être mis en position de transfert et évacué vers le local de maintenance.

En raison de la continuité de la protection radiologique apportée par le système de retrait, les dispositions permettant la gestion des situations de blocage sont des actions manuelles en local, directement sur les équipements défaillants du robot de retrait permettant sa remise en configuration de transfert.

Dans le cas d'un blocage au niveau d'une motorisation, les opérations d'intervention consistent à manœuvrer manuellement le moteur idoine à l'aide d'un outillage électrique portatif lui permettant de terminer ou d'interrompre la séquence en cours.

L'accès à ces équipements se fait notamment à l'aide de trappes.

3.1.2.13 La synthèse

PONTS DE MANUTENTION

- Les risques inhérents aux équipements de type ponts de manutention sont :
  - ✓ la chute ou la collision d'une charge radioactive manutentionnée entrainant une potentielle perte de confinement des substances radioactives ;
  - ✓ la chute ou la collision d'une charge manutentionnée sur un équipement important pour la sûreté entrainant son endommagement.
- **Les dispositions de maîtrise des risques associées aux équipements de type ponts de manutention sont :**
  - ✓ une sécurisation des chaines de levage et des mouvements de translation afin d'assurer un maintien sécurisé de la charge manutentionnée en cas de survenue d'une défaillance ou agression ;
  - ✓ des vitesses de déplacement et de levage contrôlées et limitées ;
  - ✓ une surveillance des paramètres liés au fonctionnement des ponts (position, vitesse, conformité de la charge manutentionnée…) associée à des dispositifs d'arrêt sécurisé en cas de sortie du domaine autorisée ;
  - ✓ des hauteurs de manutention faibles et inférieures aux qualifications des charges radioactives manutentionnées dans la majorité des locaux et cellules. Seules quelques locaux et cellules où les hauteurs de manutention sont supérieures aux qualifications des charges :
    - le hall de déchargement ;
    - la cellule de déchargement des emballages de transport ;
    - la cellule de préparation des colis de stockage ;
    - la cellule de réouverture des colis de stockage MA-VL ;
    - la cellule de préparation aux contrôles ;
  - ✓ Pour ces locaux et cellules, des dispositions sont prises afin d'assurer le confinement des substances radioactives (matelas amortisseur dans le hall de déchargement, second système de confinement apporté par le génie civil des cellules associé à une ventilation nucléaire pour les cellules).

ÉLEVATEURS

- **Les risques inhérents aux équipements de type élévateurs sont :**
  - ✓ le renversement et la chute du colis manutentionné suite à un choc ou à une sortie de la table de sa course prévue.
- **Les dispositions de maîtrise des risques aux équipements de type élévateurs sont :**
  - ✓ une redondance et une sécurisation de la chaine de levage afin d'assurer un maintien sécurisé de la charge manutentionnée en cas de survenue d'une défaillance ou agression ;
  - ✓ une vitesse de levage contrôlées et limitées ;
  - ✓ une surveillance des paramètres liés au fonctionnement des tables (position, conformité de la charge manutentionnée…) associée à des dispositifs d'arrêt sécurisé en cas de sortie du domaine autorisée ;
  - ✓ des dispositifs anti-affaissement et anti basculement permettant de limiter les hauteurs de chute en dessous des qualifications des colis manutentionnés.

ÉQUIPEMENTS DE TRANSFERT SUR RAILS

- **Les risques inhérents aux équipements de type transfert sur rails sont :**
  - ✓ la collision de l'équipement de transfert avec un obstacle ;
  - ✓ le renversement et la chute de la charge manutentionnée.
- **Les dispositions de maîtrise des risques aux équipements de type transfert sur rails sont :**
  - ✓ des vitesses de transfert contrôlées et limitées ;
  - ✓ une sécurisation des mouvements de translation afin d'assurer un maintien sécurisé de la charge manutentionnée en cas de survenue d'une défaillance ou agression ;
  - ✓ une surveillance des paramètres liés au fonctionnement (position, vitesse, conformité de la charge manutentionnée, détection d'obstacles…) associée à des dispositifs d'arrêt sécurisé en cas de sortie du domaine autorisée ;
  - ✓ des dispositifs anti-chute permettant de limiter les hauteurs de chute en dessous des qualifications des colis manutentionnés ;
  - ✓ une conception des équipements limitant l'énergie des collisions à des seuils inférieurs aux qualifications des charges manutentionnées.

PONTS ET CHARIOTS STOCKEUR

- **Les risques inhérents aux ponts et au chariot stockeur sont :**
  - ✓ la chute d'un colis manutentionné entrainant une potentielle perte de confinement des substances radioactives ;
  - ✓ la collision d'un colis de déchets avec les fourches du pont ou du chariot entrainant une potentielle perte de confinement des substances radioactives.
- **Les dispositions de maîtrise des risques aux pont et chariot stockeur sont :**
  - ✓ une sécurisation des chaines de levage et des mouvements de translation afin d'assurer un maintien sécurisé de la charge manutentionnée en cas de survenue d'une défaillance ou agression ;
  - ✓ des vitesses de déplacement et de levage contrôlées et limitées ;
  - ✓ une surveillance des paramètres liés au fonctionnement (position, vitesse, présence d'une charge…) associée à des dispositifs d'arrêt sécurisé en cas de sortie du domaine autorisée ;
  - ✓ des hauteurs de manutention faibles (de l'ordre de quelques dizaines de centimètres) et inférieures aux qualifications des colis de déchets manutentionnés.

ROBOTS POUSSEUR

- **Les risques inhérents du robot pousseur sont :**
  - ✓ une collision entre deux colis HA résultant d'une poussée excessive ;
  - ✓ le rapprochement excessif de deux colis HA entrainant la remise en cause de la maîtrise du respect du critère thermique sur le milieu géologique et en peau de colis.
- **Les dispositions de maîtrise des risques du robot pousseur sont :**
  - ✓ des vitesses de poussée contrôlées et limitées ;
  - ✓ une puissance de poussée limitée ;
  - ✓ une surveillance des paramètres liés au fonctionnement (position, vitesse, effort…) associée à des dispositifs d'arrêt sécurisé en cas de sortie du domaine autorisée ;
  - ✓ une mesure de la position du colis au sein de l'alvéole ;
  - ✓ un retrait du colis positionné en dehors des tolérances de stockage.

ROBOTS DE RETRAIT

- **Les risques inhérents du robot de retrait** sont le blocage et le tirage excessif d'un colis HA engendrant son endommagement.
- **Les dispositions de maîtrise des risques du robot pousseur sont :**
  - ✓ des vitesses de tirage contrôlées et limitées ;
  - ✓ une puissance de tirage limitée ;
  - une surveillance des paramètres liés au fonctionnement (position, vitesse, effort…) associée à des dispositifs d'arrêt sécurisé en cas de sortie du domaine autorisée.

3.2 Les risques liés à l'incendie

L'occurrence d'un incendie nécessite la présence simultanée de matériaux combustibles, d'une source d'ignition et d'un comburant en quantité suffisante. Un incendie peut entrainer, sous certaines conditions, la dégradation voire la perte d'une fonction de sûreté.

La maîtrise du risque incendie repose sur la mise en œuvre d'une démarche itérative de conception. Cette conception respecte les textes réglementaires en vigueur pour les installations nucléaires de base. Il s'agit notamment des prescriptions liées à l'arrêté du 7 février 2012 (3) et à la décision n° 2014-DC-0417 de l'ASN du 28 janvier 2014 relative aux règles applicables aux installations nucléaires de base (INB) pour la maîtrise des risques liés à l'incendie, dite « incendie », homologué par arrêté du 20 mars 2014 (31).

Pour tenir compte de la spécificité de l'INB Cigéo (ouvrages souterrains), à savoir la survenue d'un incendie en milieu souterrain et confiné (dépendant des conditions de ventilation), entraînant des conditions particulières d'intervention des services de secours, un « Référentiel incendie pour la conception des installations souterraines de Cigéo[35] » (33) (cf. Volume 2 du présent rapport) est appliqué à la conception.

[35] Ce référentiel à fait l'objet d'une instruction en 2014 par l'IRSN suivi d'un avis de l'ASN (cf. Courrier CODEP-DRC-2015-004834 du 7 avril 2015 (32)).

3.2.1 La démarche et méthodologie

La démarche, en application de l'article 1.2.1 de l'annexe à la décision n° 2014-DC-0417 de l'ASN du 28 janvier 2014 (31), s'appuie sur le principe de défense en profondeur afin de proposer des dispositifs techniques et organisationnels suffisamment indépendants qui visent à :

- la prévention des départs de feu ;
- la détection et l'extinction rapide des départs de feu pour, d'une part, empêcher que ceux-ci ne conduisent à un incendie et, d'autre part, rétablir une situation de fonctionnement normal ou, à défaut, atteindre puis maintenir un état sûr de l'installation ;
- la limitation de l'aggravation et de la propagation d'un incendie qui n'aurait pas pu être maîtrisé afin de minimiser son impact sur la sûreté nucléaire et de permettre l'atteinte ou le maintien d'un état sûr de l'installation ;
- la gestion de situations d'accident résultant d'un incendie n'ayant pu être maîtrisé de façon à limiter les conséquences pour les personnes et l'environnement.

Les différents niveaux successifs de défense sont aussi indépendants que possible, la robustesse de la conception étant basée sur l'efficacité et la complémentarité de ces lignes de défense.

La démarche d'analyse de risques liés à l'incendie consiste à :

- identifier les sources de dangers et les cibles au regard des objectifs visés ;
- déterminer les dispositions de prévention et de protection adaptées aux enjeux ;
- établir les scénarios qui doivent permettre de justifier du caractère suffisant des dispositions de protection contre l'incendie (DPCI) retenues ;
- prendre en compte la défaillance interne la plus défavorable d'un EIP sollicité par l'incident ou l'accident, indépendante de l'événement déclencheur considéré.

Cette analyse s'appuie sur l'utilisation d'une courbe de feu pour chaque partie d'installation analysée selon les deux approches décrites au chapitre 3.2.9.1 du présent volume :

- une approche par feux conventionnels qui fournit la température dans le compartiment en fonction du temps. La courbe de feu conventionnel ISO 834-1/A1 de 2012 est utilisée (34) ;
- une approche par feux réels (à partir d'un recensement des matériaux combustibles). Quelle que soit la forme de la courbe de débit calorifique, elle représente thermiquement le terme source ce qui permet d'évaluer réellement le risque thermique sur le local ou sur une cible positionnée à côté du foyer.

La suite de cette partie dédiée à la maitrise du risque incendie présente les dispositions générales de maîtrise du risque incendie. Elle aborde les dispositions communes aux différents types de locaux ou galeries et référence les différents plans de sécurité incendie. Ces dispositions sont présentées tenant compte de la structuration par niveaux de défense en profondeur donnée dans la décision n° 2014-DC-0417 de l'ASN du 28 janvier 2014 (31).

3.2.2 L'origine du risque

La maîtrise du risque incendie repose sur l'identification des principales sources de danger d'incendie présentes au sein de l'installation et des principales cibles à protéger des effets d'un incendie qui se déroulerait dans l'installation. Elle nécessite le recensement des principaux équipements nécessaires à l'exploitation et une évaluation quantifiée de leur charge calorifique.

3.2.2.1 Les sources de danger d'incendie

Les sources de danger d'incendie présentes dans les différents locaux et zones des installations sont listées ci-dessous :

- installations de surface de la zone descenderie :
  - ✓ terminal ferroviaire : le locotracteur utilisé pour la manœuvre des convois ferroviaires ;
  - ✓ zone de déchargement des wagons : le locotracteur et ses wagons, les ponts, les tracteurs routiers et leurs remorques pour les Emballages de Transport à déchargement Horizontal (ET-H) et la livraison des conteneurs de stockage ;
  - ✓ zone de transfert et de configuration des Emballages de Transport (ET) : le chariot de transfert des ET et la cage de levage ;
  - ✓ cellule de déchargement des colis primaires des ET : pont ;
  - ✓ cellules de contrôle de conformité des colis aux spécifications d'acceptation (contrôle C5) : navette, robot de contrôle ;
  - ✓ cellule de préparation des colis de stockage : pont ;
  - ✓ couloirs procédés et zones tampon : transbordeur ;
  - ✓ zone de fermeture des colis de stockage :
    - HA : procédé de soudage des colis de stockage et équipements de manutention/transfert des colis ;
    - MA-VL : pont ;
  - ✓ salle de conduite centralisée (SCC) : équipements électriques et informatiques ;
  - ✓ zone de réouverture des colis de stockage HA et MA-VL : équipements de découpe, électriques et de manutention ;
  - ✓ autres locaux : les équipements et moyens de manutention nécessaires au process nucléaire de contrôles des emballages de transport, des colis primaires et des colis de stockage, de chargement des colis en hotte et de transfert des colis ; Zone Avant et Zone Arrière (ZAV/ZAR) des cellules et des ponts, cellules dédiées au contrôle des colis hors flux ;
  - ✓ locaux électriques ;
  - ✓ parc à hotte : machine à levage limité (MLL), table de réception et table tournante ;
  - ✓ couloir de transfert des hottes en surface : navette, table tournante.
- liaisons surface-fond :
  - ✓ descenderie colis :
    - le véhicule transfert incliné ;
    - les câbles électriques cheminant dans le radier ou dans la section utile en cheminement protégé et les coffrets électriques ;
  - ✓ descenderie de service :
    - les véhicules d'intervention et de secours ;
    - les engins de transfert dédiés aux fonctions de la descenderie de service ;
    - les câbles cheminant dans le radier ou dans la section utile en cheminement protégé et les coffrets électriques ;
  - ✓ recoupes entre descenderie colis et descenderie service/secours : les équipements des locaux techniques électriques ;
  - ✓ puits air frais (VFE) entre la surface et la Zone de soutien logistique exploitation (ZSLE) : les équipements combustibles des cabines ascenseurs, et les équipements combustibles divers pour la visite du puits (éclairage par exemple). Aucun cheminement électrique de puissance n'est prévu dans ce puits ;
  - ✓ puits air vicié (VVE) entre la ZSLE et l'usine de ventilation située en surface dans la zone des puits. Aucune charge calorifique ne sera présente en permanence. Seule la nacelle de contrôle et maintenance du puits sera présente lors de période de maintenance ;

- ouvrages souterrains :
  - ✓ galeries de liaison, d'accès :
    - les chariots de fond et navettes, les hottes HA en cours de transfert, les tables tournantes ;
    - les véhicules de service et maintenance, les véhicules d'intervention et de secours ;
    - les câbles cheminant dans le radier ou dans la section utile en cheminement protégé et les coffrets électriques ;
    - les équipements électriques des locaux techniques situés en galerie d'accès MA-VL ;
    - les équipements au niveau des façades d'accostage des hottes HA et MA-VL ;
  - ✓ recoupes entre galeries : les équipements des locaux techniques électriques et les câbles électriques ;
  - ✓ galeries de retour d'air : les véhicules de service et maintenance, les véhicules de secours ;
  - ✓ alvéoles MA-VL :
    - les équipements du procédé de la cellule de manutention : élévateur, ponts, chariots ;
    - le pont stockeur ou le chariot pour le stockage des colis MA-VL ;
  - ✓ local de filtration de l'alvéole MA-VL : les équipements et câbles électriques ;
  - ✓ alvéoles HA : le robot pousseur et robot de retrait ;
  - ✓ zone de soutien logistique exploitation :
    - les équipements dédiés aux fonctions des locaux (locaux électriques, locaux techniques, entreposage déchets…) ;
    - les câbles cheminant dans le radier ou dans la section utile en cheminement protégé et les coffrets électriques ;
    - les véhicules de service et maintenance, les véhicules d'intervention et de secours ;
  - ✓ zone de soutien logistique travaux : les engins nécessaires aux travaux.

3.2.2.2 L'identification des cibles

Les cibles à protéger sont l'ensemble des structures et équipements dont l'agression est susceptible de remettre en cause le confinement des substances radioactives et dangereuses, les fonctions de sûreté ou la capacité d'intervention pour la mise ou le maintien à l'état sûr des installations. Ces cibles ne sont pas spécifiquement liées à un local ou à une zone étudiée. Il s'agit en particulier des (ou du) :

- emballages de transport ;
- colis primaires ;
- colis de stockage HA et MA-VL ;
- paniers contenant les colis primaires MA-VL en stockage direct ;
- plateaux de transfert pour la manutention de colis MA-VL en stockage direct sans panier ;
- palettes pour la manutention de colis primaires ou colis de stockage au sein d'EP1 ;
- hottes HA et MA-VL ;
- moyens de manutention des colis : pont, chariots, élévateurs, etc. ;
- engins de transfert des colis : chariot ET et transbordeur de chariot ET, chariot palette et transbordeur de chariot palette, moyens de levage limité, navettes de surface, chariot de fond, navettes de fond HA et MA-VL, véhicule du funiculaire, etc. ;
- infrastructures : génie-civil, puits, ouvrants, façades d'accostage, etc. ;
- équipements/matériels :
  - ✓ protection radiologique en surface ou en fond : portes de radioprotection, bouchons alvéoles HA, etc. ;
  - ✓ électrique, chemins de câbles notamment le réseau secouru ;
- système de ventilation nucléaire de surface et fond : ventilateurs, filtres, gaines ;

- système de sécurité incendie ;
- système contrôle commande ;
- équipements participant à la surveillance des rejets à l'environnement ;
- réseau/collecte/drainage et capacités de stockage effluents douteux ;
- collecte entreposage et transfert des déchets induits ;
- équipements sous pression (cf. Chapitre 3.12 du présent volume) ;
- cheminements protégés.

Leur nécessité pour la mise et le maintien à l'état sûr de l'installation est analysée au cas par cas.

LES EIP A PROTEGER DES EFFETS D'UN INCENDIE

En application de l'article 4-4-22 de l'annexe à la décision n° 2015-DC-0532 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 17 novembre 2015 (18), et en lien avec la démonstration de la maitrise des risques liés à l'incendie (35) et ses conséquences, les EIP à protéger des effets d'un incendie sont:

- les colis primaires qui sont protégés des effets d'un incendie selon la zone concernée par :
  - ✓ l'emballage de transport dans sa configuration avec capot ;
  - ✓ le conteneur de stockage ;
- les colis de stockage qui sont transportés dans l'installation au sein d'une hotte de transfert qui assure leur protection ;
- les hottes de transfert vis-à-vis de la fonction de protection contre l'exposition externe et la fonction de confinement des substances radioactives ;
- les structures porteuses de l'INB EP1 ainsi que les parois, clapets et traversées des locaux identifiés secteur de feu ou secteur de confinement pour maintenir leur intégrité en situation d'incendie ;
- les équipements de manutention des emballages de transport, des colis et des hottes pour qu'ils soient stables en situation d'incendie ;
- les équipements de la ventilation nucléaire tels que les gaines de ventilation et caissons de filtration ;
- les équipements de surveillance en temps réel des rejets gazeux au niveau des exutoires ;
- les parois d'accostage et de fond de l'alvéole MA-VL identifiées secteurs de feu ainsi que les secteurs de confinement associés ;
- les bouchons de fermeture et des brides de l'alvéole HA dont l'intégrité est protégée par le capot de protection thermique ;
- les dispositifs d'alimentation et des lignes d'alimentation électrique dont la disponibilité doit être garantie ;
- certains équipements de détection et de mise à l'état sûr, leur alimentation, les systèmes permettant les actions de mise à l'état sûr ainsi que les chaines de remontée des alarmes vers le PCS et la SCC.

Les exigences définies assignées aux différents EIP listés précédemment sont présentées dans le document support (« Liste des EIP et exigences définies » (36)).

3.2.2.3 L'identification des risques

Il est postulé un départ de feu au niveau des sources de danger d'incendie présentes dans les différentes zones de l'installation. L'analyse du risque de développement en incendie de ce départ de feu postulé et de sa propagation permet d'identifier les mesures de maîtrise des risques à mettre en œuvre pour protéger les cibles identifiées de l'installation. Un incendie impliquant un colis de déchets peut entrainer la perte d'une des fonctions de sûreté présentées dans le volume 2 du présent rapport à la suite d'une dégradation d'équipements, du génie civil ou du colis lui-même par atteinte directe par les flammes ou par élévation de température.

Ces dégradations sont susceptibles d'entrainer potentiellement :

- une dissémination de substances radioactives en cas de défaillance du 1er système de confinement qu'est le colis ou d'une disposition portant une fonction de confinement ou de protection contre les effets de l'incendie (conteneur, hotte, local…) ;
- une exposition externe du personnel en cas de détérioration des protections radiologiques ;
- une déformation d'équipements ou de composants dont le mode de contrôle de la criticité est la géométrie ;
- une perte d'équipement assurant une fonction de sûreté.

Les principaux risques identifiés sont présentés ci-après.

3.2.2.3.1 Les risques associés aux engins de transfert et de déchargement des emballages de transport

L'arrivée des emballages de transport se fait soit par train soit par camion. Ces équipements peuvent générer des incendies d'intensité importante dont la cause peut être un départ de feu :

- sur le tracteur du camion en lien avec la présence d'une motorisation thermique, d'huiles et de pneumatiques (ETH et bâtiment nucléaire de surface EP2) ;
- sur le locotracteur au niveau de la motorisation.

Ces incendies sont susceptibles d'endommager les emballages et de soumettre les colis à une élévation de température.

3.2.2.3.2 Les risques associés aux engins de transfert des colis dans les installations

Les engins de transfert des colis sont des chariots ou navettes sur rail avec un frotteur d'alimentation ainsi que le transfert incliné (funiculaire) dont les équipements principaux sont situés dans la machinerie en surface, ce qui permet de limiter fortement le potentiel calorifique. L'incendie potentiel résiduel correspond à un départ de feu sur :

- une armoire électrique ;
- une armoire hydraulique ;
- les motoréducteurs (présence d'huile en petite quantité).

Il est susceptible d'endommager :

- directement le colis lors de son transfert pour contrôle, mise en conteneur ou en panier de stockage et entreposage en surface ;
- la hotte de transfert depuis le poste de chargement du colis en hotte jusqu'à son accostage en tête des alvéoles HA et MA-VL ;
- le génie civil.

3.2.2.3.3 Les risques associés aux équipements nécessaires à la préparation des colis primaires dans les conteneurs, paniers ou plateaux de transfert, à la mise en hotte et de déchargement des colis en alvéole

Le principal risque associé aux équipements de type ponts et élévateurs est un départ de feu sur un coffret électrique ou un moteur. Ces incendies, d'intensité limitée, peuvent être à l'origine d'une défaillance de l'équipement pouvant conduire à une chute de la charge manutentionnée ou l'effondrement de l'élévateur lors de la manipulation d'un colis. Ils ne peuvent entrainer la ruine de ces équipements. Ils sont susceptibles de solliciter :

- directement le colis lors de son déchargement des emballages de transport, de sa mise en conteneur ou panier de stockage ainsi que dans l'installation souterraine lors de son déchargement de la hotte et sa mise en alvéole de stockage ;
- le génie civil.

3.2.2.3.4 Les risques associés aux locaux électriques

Les locaux techniques nécessaires au procédé sont implantés dans les installations de surface et dans l'installation souterraine, notamment dans les recoupes entre les descenderies et les galeries. Il s'agit de locaux sectorisés accueillant TGBT, HTA, HTB, transformateurs, onduleurs et CFI. Ces locaux présentent des risques de départ de feu qui peuvent conduire à la perte d'équipements importants pour la protection.

3.2.2.3.5 Les risques associés aux engins de soutien à l'exploitation

Des engins de soutien à l'exploitation circulent dans la zone souterraine et peuvent générer des risques sur les cibles identifiées précédemment.

3.2.3 Les dispositions de prévention des départs de feu

Un des principes fondamentaux de la maitrise du risque incendie repose sur la limitation de la charge calorifique dans les installations, l'utilisation de matériaux, équipements et câbles en tenant compte de leur classe de réaction au feu, la limitation voire l'interdiction d'utiliser des produits à cinétique rapide, la ségrégation des charges calorifiques, la conception des moyens de manutention.

3.2.3.1 Les matériaux de construction et d'aménagement

Des dispositions sont retenues en ce qui concerne les matériaux de construction et d'aménagement, avec des classes de performances élevées en matière de réaction au feu. Dans l'installation souterraine, les éventuels revêtements de parois sont *a minima* de classe A ou B (37).

Parmi les dispositions prises en compte, sont retenus : le recours au matériau béton, l'absence de bois ou palette bois, l'absence de matériaux à cinétique rapide, etc.

3.2.3.2 La prévention des risques d'origine électrique ou électrique statique

Les conducteurs et câbles électriques d'alimentation de l'installation présentent des caractéristiques de réaction au feu équivalente à « C1 ne dégageant pas de composés halogénés ». La classe de réaction au feu des câbles utilisés dans les installations en exploitation correspond *a minima* à la correspondance du classement abrogé C1 sans halogène, soit *a minima* Cca, s2, d2, a2 en réaction au feu (38).

Les câbles sont déployés principalement en fourreau dans les radiers Les chemins de câbles non positionnés dans le radier et transitant dans un local, couloir ou galerie font l'objet en fonction des besoins de dispositions spécifiques de protection.

3.2.3.3 Le plan de prévention et permis de feu

Des dispositions spécifiques sont prises en phase d'exploitation : gestion et contrôle des charges calorifiques, permis de feu lors de travaux par point chaud, gestion des contrôles et opérations de maintenance, etc.

Les travaux susceptibles d'initialiser un départ de feu font l'objet d'un permis de feu, qui décrira les dispositions à mettre en œuvre (prévention, surveillance et limitation des conséquences). Ces dispositions seront définies au cas par cas sur la base d'une analyse de risque.

3.2.3.4 La gestion des matières combustibles

La gestion des matières combustibles s'appuie sur des dispositions de limitation de charge calorifique, de ségrégation et d'isolement de ces charges sur l'ensemble de l'INB. Les principaux points suivants sont pris en compte :

- par rapport à la limitation de la charge calorifique :
  - ✓ le véhicule funiculaire, de par sa conception, limite intrinsèquement la charge calorifique en descenderie. Sa charge calorifique embarquée est déportée vers la machinerie du transfert incliné en surface – elle-même réduite par emploi d'un moteur à entraînement direct sans réducteur à bain d'huile) ;
  - ✓ l'emploi de chariots automoteurs électriques sur rails limite intrinsèquement la charge calorifique dans l'installation de surface EP1, les galeries de liaison et d'accès. Les chariots et navettes présentent des dispositions de limitation et ségrégation des charges calorifiques, principalement avec le recours à des fluides difficilement inflammables, voire non combustibles, l'éloignement des coffrets et armoires électriques et le renforcement du système de fermeture de ces derniers permettent également la limitation de l'incendie ;
  - ✓ les hottes MA-VL ont une charge calorifique très faible. Les hottes HA et robots-pousseurs HA apportent une charge calorifique faible et maîtrisée ;
  - ✓ l'usine de ventilation est située en surface ; aucun ventilateur n'est présent dans les galeries souterraines en exploitation ;
  - ✓ la charge calorifique dans les puits est réduite.

  Une estimation des charges calorifiques des principaux équipements est présentée dans le tableau 3-1 ci-dessous.

Tableau 3-1 Ordre de grandeur de charge calorifique des principaux équipements du procédé de manutention des hottes HA et MA-VL

Équipements	Charge calorifique (MJ)
Mixte	
Hotte MA-VL	100
Hotte HA	5 500
Installations de surface	
Pont roulant nucléarisé 140 tonnes pour ET	63 000
Chariot ET	19 500
Pont roulant nucléarisé 20 tonnes déchargement des ET et mise des CP et CtS	12 700
Robot de contrôle de la cellule de contrôle des colis (contrôle C5)	1 500
Transbordeur de chariot palette	5 200
Chariot palette	8 400
Navette de surface	10 300
Machine à levage limité	26 000

Équipements	Charge calorifique (MJ)
Installation souterraine	
Véhicule funiculaire	15 000
Chariot de transfert fond HA et MA-VL	12 200
Navette MA-VL	6 200
Navette HA	11 400
Façade d'accostage MA-VL	1 000
Table d'accostage MA-VL	1 000
Table de réception MA-VL	1 450
Élévateur MA-VL	2 300
Pont stockeur MA-VL	3 700
Chariot stockeur MA-VL	3 150
Écran de radioprotection en alvéole MA-VL	2 450
Robot pousseur HA	13 500
Robot de retrait HA	11 500
Robot bride HA	8 900

- par rapport à l'isolement (pas de propagation d'une zone à une autre) des charges calorifiques :
  - ✓ dans l'installation de surface EP1, au niveau des halls de déchargement des emballages de transport, seul le wagon entre dans le hall de déchargement, le locotracteur reste à l'extérieur, un wagon séparateur intercalé entre le locotracteur et le wagon considéré accentue encore plus l'éloignement. Les tracteurs des véhicules de transport sont dételés et sortis de la zone (ETH) ;
  - ✓ les zones souterraines en exploitation sont isolées des installations de surface ;
  - ✓ les zones souterraines en exploitation sont isolées et indépendantes des zones souterraines en travaux ;
  - ✓ les locaux électriques sont isolés des locaux process de l'installation nucléaire de surface. Dans l'installation souterraine, les locaux électriques sont dans des recoupes ou dans des niches dédiées. Aucune armoire électrique n'est présente dans les galeries souterraines. Seuls des coffrets électriques nécessaires au câblage des récepteurs terminaux sont admis en section utile des galeries souterraines ;
  - ✓ dans les descenderies et galeries souterraines, les câbles électriques sont positionnés dans des fourreaux dans le radier. Lorsque des chemins de câbles sont présents en section utile des galeries et descenderies, ils sont isolés et protégés du feu ;
  - ✓ la machinerie traction du transfert incliné et les équipements pour sa maintenance sont situés en surface (tête de descenderie) et isolés de la gare haute (fermeture de cantonnement de fumées, tenant compte de la difficulté inhérente au passage du câble funiculaire) ;
  - ✓ les différents équipements de manutention des hottes et les robots pousseurs HA sont suffisamment éloignés les uns des autres en fonctionnement et en position de stationnement pour ne pas cumuler leurs charges calorifiques dans un même incendie ;
  - ✓ la cellule de manutention de l'alvéole MA-VL est isolée de la partie utile du stockage MA-VL par une porte de radioprotection qui est fermée, hormis pendant le laps de temps nécessaire au passage du pont ou du chariot stockeur. Bien que cette porte blindée ne soit pas étanche aux

fumées, elle constitue néanmoins un écran thermique entre la cellule de manutention et la partie utile du stockage ;

- ✓ les équipements de manutention des colis de stockage MA-VL en fond présentent des dispositions de limitation et d'éloignement des charges calorifiques par rapport aux colis. La charge calorifique du pont stockeur est située au-dessus des colis réduisant ainsi l'impact en cas de sinistre ;
- ✓ l'entreposage des matières combustibles transitoires est interdit dans l'ensemble des couloirs personnels-matériels et dans l'ensemble des installations. Ces matières sont entreposées dans les locaux prévus à cet effet.

3.2.4 Les dispositions de détection et d'intervention contre l'incendie

Conformément au principe de défense en profondeur et à la réglementation, une surveillance des installations est prévue afin de détecter au plus tôt un départ de feu, d'être en mesure de limiter son développement et d'intervenir rapidement pour l'éteindre.

3.2.4.1 La détection incendie et les dispositifs de sécurité associés

Tous les locaux des installations de surface et l'ensemble des liaisons surface-fond et galeries souterraine sont équipés d'un système de détection automatique d'incendie d'ambiance, à technologie adressable et à mémorisation des alarmes. L'ensemble est piloté par un système de sécurité incendie permettant la gestion de la détection jusqu'aux asservissements en fonction des situations.

La détection incendie repose sur :

- des systèmes de détection automatique d'incendie en ambiance des locaux ou galeries et implantés au plus près des sources potentielles d'incendie, par exemple les armoires électriques sensibles ;
- des systèmes de détection incendie positionnés dans les gaines de ventilation afin de prévenir l'agression des filtres THE ;
- des dispositifs complémentaires de détection incendie implantés si besoin dans les armoires électriques des équipements participant au process nucléaire pour la préparation des colis, le transfert et la mise en stockage des colis, y compris les équipements mobiles (chariots, navettes, pont stockeur) ;
- la vigilance du personnel d'exploitation qui sera formé ;
- un système de sécurité incendie apte à remonter les alarmes feu au poste central de sécurité et en salle de conduite ;
- des dispositifs de communication phonique avec le poste central de sécurité et la salle de conduite sont présents dans les zones nucléaires en exploitation (surface et fond) ;
- un système de vidéo-détection permet un contrôle visuel dans certaines zones en alarme feu, en amont du processus de levée de doute, engagé par les équipes d'intervention de secours et par du personnel d'exploitation formé à cette mission ; ce système est complémentaire à l'ensemble des dispositions de détection mise en œuvre et ne se substitue pas à ces dispositions ;
- un équipement d'alarme permet de diffuser un message d'évacuation ou de sécurité pour le personnel.

Au niveau des alvéoles MA-VL, la détection est assurée dans les équipements du pont stockeur ou du chariot stockeur, en amont de la filtration THE et dans l'ambiance de la cellule de manutention et dans certains équipements de la cellule de manutention.

Au niveau des alvéoles HA, la détection est assurée dans l'ambiance de la galerie d'accès et dans les principaux équipements nécessaires aux transferts, à l'accostage de la hotte et la mise en alvéole du colis.

3.2.4.2 Les moyens d'intervention et de lutte contre l'incendie

Pour limiter les conséquences, les moyens d'intervention et de lutte incendie sont :

- des moyens de secours portatifs mobiles (extincteurs…) appropriés aux risques ;
- des systèmes d'extinction fixes ou embarqués ;
- les forces de sécurité avec une organisation opérationnelle de la lutte contre l'incendie formés et entrainés ;
- des réseaux maillés d'alimentation en eaux d'incendie présents en surface et en souterrain ;
- des véhicules d'intervention incendie ;
- des systèmes de récupération des agents d'extinction.

3.2.4.2.1 Les systèmes d'extinction

Les systèmes d'extinction fixes ou embarqués prévus sont les suivants :

- dans l'installation nucléaire de surface :
  - ✓ les zones de stationnement des camions lors du déchargement des emballages de transport sont protégées par un moyen de secours adapté ;
  - ✓ du fait des dimensions du bâtiment, des colonnes sèches sont mises en place dans les escaliers des bâtiments EP1 et tête de la descenderie colis (TDC) pour permettre une mise en œuvre plus rapide des moyens d'extinction. Ces colonnes sèches sont alimentées depuis l'extérieur *via* des orifices de raccordement situés en façade à proximité des accès et des hydrants ;
  - ✓ en cellules process : présence de système fixe d'extinction ;
  - ✓ la salle de conduite, la salle informatique et les locaux participant au traitement de l'information sont protégés par un système d'extinction ;
  - ✓ un dispositif fixe d'extinction est mis en place dans les couloirs procédés et zones tampon ;
- dans les descenderies et galeries de liaison, galerie évacuation secours, d'accès et de retour d'air :
  - ✓ des prises d'incendie alimentées par un réseau en charge sont situées devant les portes d'accès aux recoupes et aux points stratégiques de l'installation (local filtration, la jonction retour d'air…) ;
  - ✓ des systèmes d'extinction fixe sont mis en place dans les locaux à risques (locaux borgnes, local déchets, local maintenance au droit des recoupes de la descenderie de service, les armoires et coffrets électriques ou hydrauliques embarqués sur les équipements de manutention et de transfert présentant une charge calorifique importante reçoivent un système d'extinction automatique autonome. Cette disposition concerne en particulier le véhicule funiculaire, les chariots et navettes de transfert des hottes ;
  - ✓ les armoires électriques sont situées dans des locaux techniques dédiés. Un système d'extinction automatique protège le volume du local électrique, y compris faux-plancher et faux-plafond ;
- dans les cellules de manutention des alvéoles MA-VL :
  - ✓ un système fixe d'extinction à mousse haut-foisonnement est prévu en cellule de manutention, avec une possibilité de réalimentation depuis la galerie d'accès ;
  - ✓ les armoires et coffrets des ponts et chariots stockeur reçoivent un système d'extinction autonome ;
  - ✓ dans le cas de stockage des colis de déchets bitumés en l'état, des dispositifs supplémentaires sont mis en place (cf. Volume 11 du présent rapport).

3.2.4.2.2 Les équipes d'intervention de secours et organisation opérationnelle de la lutte contre l'incendie

Les équipes d'intervention de secours et de lutte contre l'incendie disposent d'un centre opérationnel en zone descenderie et d'un bâtiment de lutte incendie et de secours aux victimes en zone puits (cf. Volumes 5 et 6 du présent rapport).

Des équipiers de première et seconde intervention sont mobilisés dès l'alerte.

Les équipes d'intervention interviennent sur l'ensemble du périmètre INB. Les effectifs permettent une garde 24 h/24 h.

Les échelons suivants des opérations de secours sont assurés par des renforts en interne site, puis par l'engagement des moyens extérieurs des services départementaux.

Lors de l'extension des quartiers de stockage, pour assurer une levée de doute en cas d'alarme feu, des équipiers de première et seconde intervention (personnel de l'exploitation principalement) seront formés à la levée de doute. Lorsque du personnel d'exploitation est présent au fond, la mobilisation de ces équipiers d'exploitation par le Poste Central de Sécurité en parallèle de l'équipe d'intervention de secours pourra dans certains cas permettre de réduire le délai de levée de doute ou de première intervention.

3.2.4.2.3 Les réseaux incendie

L'INB dispose de deux réseaux incendie maillés : un réseau en zone descenderie et un réseau en zone puits. Chaque réseau incendie site est constitué de trois réservoirs (*a minima* 600 m^3) et de trois surpresseurs à alimentation électrique normale et secourue.

Ces hydrants sont implantés à proximité des accès des équipes de secours et des moyens de secours au sein de l'installation (dans les escaliers et circulations). Ces dispositions permettent aux équipes d'intervention dans le bâtiment d'avoir accès à des moyens de secours.

Des colonnes sèches desservent l'intérieur de l'installation nucléaire de surface EP1 avec des prises d'incendie à l'intérieur de l'installation et des raccords d'alimentation à l'extérieur au niveau des voies engins.

Le réseau site descenderie, alimente la zone en exploitation nucléaire souterraine. Il s'agit d'un réseau maillé déployé à partir de chacune des descenderies colis et service. Le réseau incendie souterrain assure un débit simultané de 120 m^3/h pendant 2 heures.

3.2.4.2.4 Les véhicules incendie

Des véhicules incendie sont présents sur l'installation. Ils couvrent les besoins de l'ensemble de l'INB et intègrent les spécificités de l'intervention en milieu souterrain. Les fonctions associées sont le transport du personnel avec leur équipement et matériel d'intervention. Les véhicules sont stationnés en surface dans la zone descenderie et la zone puits et en souterrain dans des locaux dédiés de la ZSL exploitation.

3.2.4.2.5 La récupération des agents d'extinction

Dans EP1, un système de collecte et de rétention des agents d'extinction est prévu par local ou groupe de locaux.

Dans les descenderies, les eaux d'extinction sont collectées par gravité et stockées en pied de descenderies (caniveau de collecte pour la descenderie service et capacité tampon pour la descenderie colis).

Les galeries souterraines et la ZSL intègrent au niveau du radier un caniveau de collecte. Des avaloirs sont présents à intervalles réguliers pour collecter les agents d'extinction. Il est prévu un accès pour insérer une pompe de relevage en partie basse de chaque tronçon de caniveau.

En cellule de manutention de l'alvéole MA-VL, les agents d'extinction sont collectés et stockés par gravité puis relevés.

3.2.4.3 Les voies d'accès et de circulation

3.2.4.3.1 Les installations de surface

Pour l'ensemble des installations situées en surface, les aires de circulation et de manœuvre nécessaires à l'accès des services d'incendie et de secours et à la mise en œuvre des moyens d'intervention sont conçues et aménagées pour que les engins de ces services puissent évoluer sans difficulté.

a) Le bâtiment nucléaire de surface EP1

Le bâtiment EP1 étant semi enterré, il est accessible sur trois de ses quatre façades.

b) Le terminal ferroviaire

Le terminal ferroviaire est desservi par une voie d'accès véhicule.

c) La tête de descenderie de service

Un accès véhicule permet d'accéder à la tête de descenderie.

d) L'émergence des puits

Les bâtiments des puits VFE et VVE disposent d'accès véhicules.

Le puits VFE est équipé d'un ascenseur permettant l'accès des personnels dans l'installation souterraine ainsi que des équipes d'intervention (dispositif d'appel prioritaire).

3.2.4.3.2 L'installation souterraine

L'accès en véhicule à l'installation souterraine depuis la surface se fait *via* la tête de descenderie de service depuis la zone descenderie. L'accès des personnels d'intervention à l'installation souterraine se fait principalement *via* le puits VFE situé en zone puits.

Différentes dispositions spécifiques sont présentes dans l'installation souterraine :

- les principaux aménagements sont des recoupes entre tubes qui permettent au personnel de se mettre à l'abri des fumées et aux secours d'intervenir depuis une zone protégée, chaque galerie disposant d'un cheminement piéton ; en cas de monotube, ils sont équipés de cheminements protégés ;
- en termes d'intervention :
  - ✓ l'accès des véhicules se fait en circulant dans les différentes galeries et en utilisant lorsque nécessaire les recoupes franchissables par un véhicule incendie ;
  - ✓ l'intervention en zone d'exploitation souterraine est réalisée depuis la ZSL exploitation et ne nécessite pas de connexion avec la zone travaux (séparation physique).

a) Les descenderies

Les descenderies colis et de service sont recoupées par des recoupes à l'abri des fumées. La descenderie colis dispose d'un cheminement piéton. La descenderie de service dispose également d'un cheminement piéton et d'une voie de circulation pour les véhicules dont le véhicule incendie.

b) La ZSL Exploitation

Les ascenseurs des puits sont utilisables pour l'intervention (dispositif d'appel prioritaire) et pour l'évacuation du personnel. Une niche de secours permet le rassemblement et la mise à l'abri du personnel. Cette niche de secours est accessible depuis le puits VFE, les quartiers HA et MA-VL, la ZSL travaux et la descenderie de service *via* un sas.

c) Les galeries de liaison MA-VL

Ces galeries en bitube sont recoupées à inter distance par des recoupes à l'abri des fumées. Ces recoupes sont toutes franchissables par le véhicule incendie.

Ces galeries disposent d'un cheminement piéton permettant l'évacuation dans les deux sens, y compris lors de la présence d'une hotte. Des sas (avec fonction de refuge) sont présents au niveau des deux interfaces exploitation/travaux en bout de galerie de liaison.

L'accès du véhicule incendie depuis la ZSL exploitation jusqu'à la zone en alarme feu nécessite de libérer l'accès à la zone en feu en utilisant selon les cas une recoupe. Pour cela, des dispositions sont prises pour qu'un chariot puisse se déplacer après le déclenchement d'une alarme feu et libérer les accès.

d) La galerie d'accès MA-VL

Ces galeries de faible longueur permettent l'accès à la paroi d'accostage et à la cellule de manutention. Elles sont accessibles par les galeries de liaison. Elles disposent d'un refuge situé en bout de galerie au niveau de la paroi d'accostage.

e) La cellule de manutention et alvéole MA-VL

Les cellules de manutention et alvéoles MA-VL sont classées en zone interdite au titre de la radioprotection dès qu'un colis de stockage est présent. Dans les cellules de manutention, des opérations d'exploitation (reconfiguration de la cellule) et de maintenance courante sont nécessaires. En cas d'incendie, le refuge situé en galerie d'accès est accessible si l'évacuation n'est pas possible.

f) La galerie de retour d'air MA-VL

Les galeries de retour d'air sont des monotubes. Elles disposent d'un cheminement protégé intégré au monotube permettant un cheminement piéton à l'abri des fumées. Des portes donnant accès au cheminement protégé sont présentes à inter distance et sont placées à proximité des locaux de filtration et électricité.

Ces galeries permettent d'accéder aux locaux de filtration situés à l'extrémité des alvéoles MA-VL.

Des sas (avec fonction de refuge) sont présents au niveau des interfaces exploitation/travaux des galeries de retour d'air.

g) Les galeries de liaison du quartier pilote HA et du quartier de stockage HA

Les galeries de liaison de ces quartiers constituent trois tubes en parallèle. Les galeries de liaison exploitation disposent d'un cheminement piéton permettant d'évacuer dans les deux sens. Les galeries de liaison évacuation/secours et galeries de liaison sont recoupées à inter distance. La galerie de liaison évacuation/secours et les recoupes sont à l'abri des fumées par la mise en surpression par rapport aux galeries de liaison. Du fait de la présence d'une galerie de liaison évacuation/secours, les galeries de liaison de ces quartiers ne présentent pas de vulnérabilité particulière vis-à-vis de l'évacuation et de l'intervention.

Des sas (avec fonction de refuge) sont présents au niveau des interfaces exploitation/travaux des galeries de liaison.

h) Les galeries d'accès du quartier pilote HA et du quartier de stockage HA

Les galeries d'accès de ces quartiers en bitube sont recoupées à inter distance par des recoupes à l'abri des fumées. Ces recoupes sont toutes franchissables par le véhicule incendie.

Ces galeries disposent d'un cheminement piéton permettant l'évacuation dans les deux sens, y compris en présence d'une navette et de sa hotte.

L'accès du véhicule incendie depuis la galerie de liaison évacuation/secours jusqu'à la zone en alarme feu nécessite des contraintes d'exploitation telles qu'un éloignement suffisant entre les équipements présents en même temps dans chaque tube et la possibilité de commander le déplacement d'une navette dans le tube non sinistré. Ces exigences permettent ainsi au véhicule incendie d'emprunter les recoupes pour accéder à la zone en feu.

3.2.5 Les dispositions visant à éviter la propagation d'un incendie et à limiter ses conséquences

L'organisation du chapitre reprend celle du titre IV de l'annexe à la décision n° 2014-DC-0417 de l'ASN du 28 janvier 2014 (31).

3.2.5.1 La sectorisation feu

Les dispositions relatives à la sectorisation sont détaillées ci-après. Les exigences associées prennent en compte l'incendie conventionnel issu de la norme ISO 834-1/A1 de 2012 (34). Cet incendie est retenu pour le dimensionnement des équipements qui participent à la sectorisation incendie.

Des mesures de sectorisation sont retenues en première approche sur l'identification de locaux ou groupes de locaux contenant un potentiel calorifique mobilisable important et susceptible d'agresser des substances dangereuses et/ou des substances radioactives et/ou des éléments importants pour la protection (EIP).

Tous les secteurs de feu assurent *a minima* une durée de sectorisation EI 120.

Les secteurs de feu ou zone de feu dans lesquelles un sinistre est susceptible d'agresser des substances dangereuses et/ou des substances radioactives bénéficient d'un secteur de confinement englobant (cf. Chapitre 3.2.5.2 du présent volume).

3.2.5.1.1 Les installations de surface de la zone descenderie

Les locaux techniques conventionnels présentant des sources importantes de départ de feu et/ou contenant un potentiel calorifique mobilisable important (par exemple des locaux électriques, galeries techniques, local de maintenance des hottes et le local « machineries » du transfert incliné) sont sectorisés.

Les locaux contenant des substances dangereuses et/ou des matières radioactives mobilisables par un incendie et susceptibles de provoquer un rejet et contenant un potentiel calorifique mobilisable important sont classés secteurs de feu. En fonction des conséquences potentielles, un ou des secteurs de confinement pourront le cas échéant être mis en place au pourtour dudit local ou groupes de locaux.

Au regard des études et des scénarios incendie étudiés, les sectorisations au feu retenues figurent dans le tableau 3-2.

Tableau 3-2 Sectorisation au feu retenue dans les zones de l'installation nucléaire de surface

Local/Zone géographique	Sectorisation retenue
Locaux techniques électriques	Secteurs de feu
Zones de réception et de préparation des emballages de transport	Zone de feu
Zone de réception et préparation des colis de stockage	Secteur feu comprenant les quatre cellules blindées, chacune étant une zone de feu Zones avant traitée en zone de feu et zones arrière traitées en secteur de feu
Zones tampon des colis de stockage HA/MA-VL et leurs zones de transfert	Secteur de feu
Zones de mise en hotte HA et MA-VL	Secteur de feu
Zone de fermeture des CS MA-VL	Secteur de Feu englobant la zone avant Zone arrière secteur de feu distinct
Zone de fermeture des CS HA	Secteur de Feu englobant les zones avant Zones arrières secteurs de feu distinct
Zone de réouverture des colis de stockage MA-VL	Secteur de Feu englobant les zones avant
Zone de réouverture des colis de stockage HA	Secteur de feu englobant les zones avant
Zone de transfert des hottes et parc à hottes	Zone de feu

3.2.5.1.2 Les hottes HA et MA-VL

Les enveloppes des hottes sont protégées des effets d'un incendie par la présence de protections thermiques au niveau de l'enceinte et de la porte permettant d'atteindre la performance EI 120. Cette performance permet de garantir le maintien du confinement de la hotte MA-VL et de protéger le colis présent à l'intérieur pour ne pas altérer son confinement.

3.2.5.1.3 La gare haute

La gare haute est isolée de l'installation de surface par un sas (couloir procédé) dont la qualification au feu est *a minima* REI 120 (norme NF EN 13501 de 2018 (39)) et d'un jeu de portes pare-flammes E 60. La machinerie traction du transfert incliné et les locaux de service (maintenance, locaux électriques, etc.) sont également isolés de la descenderie colis en situation normale de fonctionnement par une porte E 60.

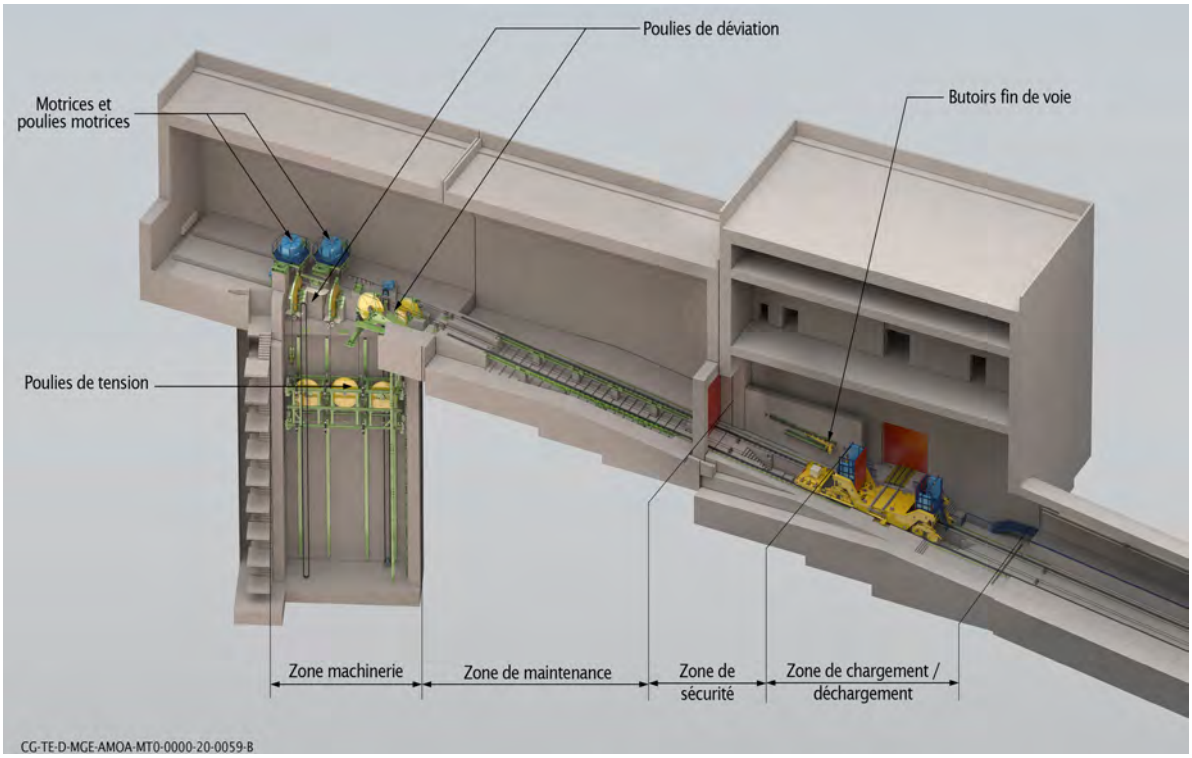


Figure 3-11 Illustration de l'aménagement de la gare haute du funiculaire

3.2.5.1.4 Les descenderies

Les recoupes, niches et locaux électriques dans les recoupes entre la descenderie colis et de service sont des secteurs de feu. La qualification au feu REI 120 (norme NF EN 13501 de 2018 (39)) porte sur l'étanchéité au feu, l'isolation thermique au feu, mais également l'étanchéité aux fumées.

3.2.5.1.5 La gare basse

La gare basse est isolée de l'installation souterraine (galeries de liaison HA et MA-VL) et des autres galeries de la ZSL par la mise en place des sas-écluse en limite du carrousel, dotés de portes pare-flammes E 60.

3.2.5.1.6 Les ouvrages de surface des puits

Les locaux techniques des bâtiments (chevalement des puits VFE, VVE et les bâtiments de ventilation) sont sectorisés.

L'encloisonnement des cages d'escaliers de ces bâtiments est coupe-feu EI 60 (portes E 30-C).

Des dispositions sont retenues pour isoler de l'incendie les machineries de l'ascenseur principal et de l'ascenseur de secours du puits VFE. La performance de cet isolement est REI 120.

3.2.5.1.7 La ZSL exploitation

Les locaux de la ZSL Exploitation sont des secteurs de feu (cf. Tableau 3-3).

Tableau 3-3 Sectorisation au feu retenue dans la ZSL exploitation

Locaux	Sectorisation feu *a minima* REI 120 sous incendie conventionnel
Local véhicules	Présence de charge calorifique importante liée aux véhicules Protection des locaux ayant des fonctions importantes pour l'évacuation des personnes et l'intervention des services de secours
Niche de secours	La niche de secours est considérée comme un refuge et à ce titre est caractérisée par une résistance au feu Protection du local ayant des fonctions importantes pour l'évacuation des personnes et l'intervention des services de secours
Locaux techniques en support au procédé (stockage matériel, entreposage hotte, déchets d'exploitation…)	L'ensemble de ces locaux sont sectorisés.

3.2.5.1.8 Les galeries des quartiers de stockage HA et MA-VL

Les recoupes, niches et locaux électriques sont des secteurs de feu.

Au titre de la limitation du risque de propagation des fumées dans l'installation souterraine, les galeries sont compartimentées sur une longueur maximale de 800 mètres. Ce compartimentage (RE 120 pour les structures et EI 60 pour les portes) est appliqué à l'ensemble des galeries, y compris les deux galeries de retour d'air MA-VL. La présence de ce compartimentage permet une évacuation des personnes dans de bonnes conditions au regard des feux plausibles en lien avec la nature et les charges calorifiques des véhicules présents dans ces zones.

3.2.5.1.9 Les alvéoles MA-VL

Les ensembles « cellule de manutention et partie utile de l'alvéole MA-VL » et le local de filtration sont traités en tant que secteur de feu, de performance à minima REI 120.

3.2.5.1.10 Les alvéoles HA

Un capot de protection thermique (cf. Figure 5-16 du « Dossier de justification de la conception de l'alvéole HA » (6)) destiné à maintenir l'intégrité de la bride et du bouchon d'alvéole en cas d'incendie est mis en place avec une performance au feu EI 120.

3.2.5.1.11 Les interfaces avec la zone travaux

La présence de séparations physiques entre la zone en exploitation et la zone en travaux permet d'avoir une indépendance physique de ces zones en situations normale et accidentelle de fonctionnement. Elles se situent au niveau des galeries de liaison et de retour d'air MA-VL, des galeries de liaison et d'accès HA et de la zone de soutien logistique. En cas d'incendie, ces séparations ont pour fonction qu'il ne se propage pas d'une zone vers l'autre (cf. Chapitre 6 sur la coactivité du présent volume). Les séparations physiques assurent *a minima* une sectorisation EI 120 sous courbe de feu de carburant majorée (HCM) côté travaux et EI 120 côté exploitation.

3.2.5.2 Les sectorisation de confinement

Les secteurs de feu ou zone de feu dans lesquelles un sinistre est susceptible d'agresser des substances dangereuses et/ou des substances radioactives bénéficient d'un secteur de confinement englobant[36].

3.2.5.2.1 L'installation de surface

Le tableau 3-4 ci-dessous présente les secteurs de confinement retenus dans l'installation nucléaire de surface. Bien que les conséquences des incendies sur le possible rejet de substances dangereuses et/ou radioactives soient faibles, la conception retient la mise en place d'un secteur de confinement autour des secteurs et zones de feu pour lesquels la présence de ces substances est identifiée.

Tableau 3-4 Sectorisation confinement retenue dans les zones de l'installation nucléaire de surface

Local/Zone géographique	Sectorisation retenue
Locaux techniques	Pas de secteur de confinement
Zones de réception et de préparation des emballages de transport	Pas de secteur de confinement
Zone de réception et préparation des colis de stockage	Zones avant et zones arrière des cellules blindées traitées en secteur de confinement Autres locaux adjacents traités en secteur de confinement
Zones tampon des colis de stockage HA/MA-VL et leurs zones de transfert	Locaux et cellules englobant les zones tampon traités en secteurs de confinement
Zones de mise en hotte HA et MA-VL	Pas de secteur de confinement
Zone de fermeture des CS MA-VL	Pas de secteur de confinement
Zone de fermeture des CS HA	Pas de secteur de confinement
Zone de réouverture des colis de stockage MA-VL	Sas et zones arrière englobant la cellule blindée traitées en secteur de confinement
Zone de réouverture des colis de stockage HA	Sas et zones arrière englobant la cellule blindée traitées en secteur de confinement
Zone de transfert des hottes et parc à hottes	Pas de secteur de confinement

3.2.5.2.2 L'installation souterraine

Dans l'installation souterraine, les secteurs de confinement se situent au niveau des alvéoles MA-VL. La cellule de manutention et la partie utile de l'alvéole constituent un secteur de feu. Ce secteur de feu présente en aval de l'alvéole un secteur de confinement qui se situe au niveau du local filtration et en amont un secteur de confinement confondu [37] avec le secteur de feu situé au niveau de la paroi d'accostage.

[36] Il est à noter que le process de l'INB Cigéo ne met pas en œuvre de substances dangereuses en quantité significative. Les secteurs de confinement identifiés concernent uniquement les substances radioactives.

[37] Le recours à cette solution résulte des contraintes liées au milieu souterrain (excavations nécessaires) qui rendent très difficiles la mise en place d'un local entre la cellule de manutention et la galerie d'accès, et d'une ventilation filtrée indépendante pour ce local, qui jouerait alors le rôle d'un secteur de confinement englobant le secteur de feu. Des dispositions d'étanchéité aéraulique à froid et à chaud sont retenues pour justifier le maintien de la performance de confinement du secteur de feu, y compris en situation d'incendie, pour les différentes phases de gestion de la ventilation (cf. « Note d'analyse des risques liés à l'incendie en zone nucléaire » (35)).

La performance en termes de débit de fuite au niveau du mur d'accostage associée au feu de référence dans la cellule de manutention ou l'alvéole et au bon comportement du colis de stockage au feu permet de s'affranchir de la mise en place d'un secteur de confinement dissocié du secteur de feu côté galerie d'accès.

3.2.5.3 La résistance au feu des structures

3.2.5.3.1 Les installations de surface de la zone descenderie

Les structures porteuses d'EP1, de la tête de descenderie colis et de la tête de descenderie de service sont en béton armé. Elles sont stables au feu sous incendie conventionnel (R 120) ; les dalles sont stables au feu et coupe-feu (REI 120). Le génie civil des locaux procédés comportant des emballages de transport, colis et hottes est stable au feu (R 120).

3.2.5.3.2 Les descenderies, recoupes et galeries souterraines

Le génie civil des descenderies, galeries en exploitation et recoupes sont stables au feu sous incendie conventionnel R 120. Les gaines de ventilation sous voûte (en béton armé) sont stables au feu R 120 sous incendie conventionnel). Cette disposition permet de limiter le risque de ruine du revêtement de paroi des galeries sur les hottes ou les équipes d'intervention de secours ; elle est appliquée dans l'ensemble de l'installation souterraine en exploitation, y compris les descenderies.

3.2.5.3.3 Les ouvrages de surface des puits

Le génie civil des chevalements des puits ainsi que des bâtiments adjacents aux puits de ventilation « air frais » et « air vicié » est stable au feu sous incendie conventionnel (R 120).

Le génie-civil des puits est R 120 sous incendie conventionnel.

3.2.5.3.4 Les alvéoles MA-VL

Le génie civil est stable au feu R 120 sous incendie conventionnel, y compris les ouvrages de comblement des vides (voûtes et pied-droit).

3.2.5.4 La stabilité au feu des hottes et équipements de manutention

3.2.5.4.1 Les hottes

Les pieds et le châssis des hottes HA et MA-VL sont R 120 sous incendie conventionnel afin d'éviter leur basculement qui pourrait altérer les performances de la hotte (dégradation de la protection apportée contre l'exposition aux rayonnements ionisants, du confinement de la hotte MA-VL et des colis).

Le châssis du véhicule du transfert incliné fait partie des éléments assurant la stabilité des hottes. Le châssis est affalé sur les rails de façon automatique en situation incidentelle (détection incendie ou autre défaut détecté). Par conception, il interfère peu sur la stabilité et le verrouillage de la hotte.

3.2.5.4.2 Les équipements de manutention

Une stabilité au feu des moyens de manutention pouvant chuter sur le colis ou pouvant faire chuter le colis est prise en compte.

Les équipements sont dimensionnés pour ne pas entrainer leur ruine en fonction de la situation d'incendie. En fonction de la durée d'exposition et de la température atteinte, des dispositions de protection thermique (peinture intumescences, capotage…) sont mises en place le cas échéant.

3.2.5.5 La ventilation – Le désenfumage

3.2.5.5.1 La gestion de la ventilation dans l'installation de surface (EP1)

Les dispositions relatives à la gestion de la ventilation en situation d'incendie respectent les pratiques des INB. Pour les secteurs de feu des cellules blindées, le pilotage de la ventilation en situation d'incendie suit les principes suivants :

- arrêt du soufflage par fermeture du clapet au soufflage dans le local en feu ;
- maintien de l'extraction de ce local aussi longtemps que possible avec surveillance de l'extraction, notamment au niveau de la filtration du local ;
- en cas de dépassement des critères de tenue de l'extraction du local (température en amont de la filtration, différence de pression aux bornes des filtres), arrêt de l'extraction du local et passage en confinement statique ;
- maintien de la ventilation des zones adjacentes au local en feu.

3.2.5.5.2 La gestion de la ventilation en situation d'incendie en descenderies

Les descenderies sont ventilées mécaniquement dans le sens ascendant en situation nominale.

Afin de faciliter les opérations d'évacuation et d'intervention, les options suivantes sont retenues :

- mise en œuvre d'une ventilation ascendante pour la gestion des fumées en cas d'incendie avec extraction réalisée au niveau de la tête descenderie ;
- maintien d'une vitesse d'air en pleine section égale à la vitesse critique de manière à s'assurer de l'absence de nappe de retour de fumée en amont du feu dans le sens de l'air ;
- régime de ventilation de chaque descenderie identique entre la situation nominale et la situation incendie.

3.2.5.5.3 La gestion de la ventilation en situation d'incendie en gare haute

La gare haute est ventilée mécaniquement à partir de la descenderie colis (les descenderies sont ventilées mécaniquement dans le sens ascendant en situation nominale).

Afin de faciliter les opérations d'évacuation et d'intervention, les options suivantes sont retenues :

- fermeture des portes le cas échéant (portes normalement fermées) entre le bâtiment EP1 et la gare haute empêchant ainsi le passage des fumées ;
- extraction des fumées réalisée au niveau de la tête descenderie.

3.2.5.5.4 La gestion de la ventilation en situation d'incendie en gare basse

La gare basse est ventilée mécaniquement à partir de la ventilation des galeries souterraines.

Afin de faciliter les opérations d'évacuation et d'intervention, les options suivantes sont retenues :

- fermeture des portes entre la ZSL exploitation, les galeries de liaison et la gare basse empêchant ainsi le passage des fumées ;
- extraction des fumées réalisée au niveau de la tête descenderie.

3.2.5.5.5 La gestion de la ventilation en situation d'incendie dans une galerie souterraine (quartiers HA et MA-VL et ZSL Exploitation)

Un incendie dans des galeries de l'installation souterraine est géré par la fermeture des portes réparties dans chaque zone pour créer un compartiment et par la mise en œuvre d'un système d'extraction des fumées associé à ce compartiment.

Cet incendie est compatible avec la classe de confinement des galeries souterraines classée C1 Famille I au sens de la norme NF ISO 17873 (2006) (7). Il ne nécessite pas d'inversion de sens de flux d'air. En situation d'incendie, la conduite de la ventilation relève d'actions de pilotage à opérer depuis le PCS en coordination avec la salle de conduite centralisée.

Des principes de conduite des systèmes de ventilation simples et robustes sont privilégiés. Les options retenues pour la ventilation des galeries souterraines sont :

- le maintien des cascades de dépression présentes dans les installations ;
- la limitation des actions et des modifications à mener sur le système de ventilation entre la situation normale et la situation incendie *via* :
  - ✓ l'absence de modification du point de fonctionnement des surpresseurs des recoupes entre la situation nominale et incidentelle ;
  - ✓ la mise en place de clapet de surpression au niveau des parois des recoupes afin de garantir de manière passive la régulation de la surpression des recoupes et des cheminements protégés dans le cas où les portes sont fermées ;
  - ✓ la mise en place d'un by-pass entre les puits d'amenée et de retour d'air permettant de ne pas modifier les points de fonctionnement des ventilateurs entre le régime nominal et incidentel ;
- la mise en surpression des recoupes adjacentes en cas de feu en galerie ;
- le cantonnement des fumées par la mise en place de dispositif de compartimentage d'une longueur maximale de 800 mètres dans les galeries de liaison et d'accès du quartier de stockage HA et les galeries de liaison MA-VL ;
- la mise en place d'un système de gestion des fumées à l'aide de trappes espacées en moyenne tous les 100 mètres le long du linéaire des différentes galeries de liaison et d'accès disposant de compartiments ;
- la réalisation d'un apport d'air frais longitudinal au sein du compartiment en feu à l'aide d'une baie de transfert implantée au niveau de chaque porte de compartimentage. L'efficacité de l'extraction des fumées nécessite une entrée d'air réalisée *via* cette baie. Celle-ci peut être refermée si les conditions opérationnelles le justifient ;
- la limitation des modifications sur le régime de fonctionnement de la ventilation pour passer en régime de fonctionnement incidentel/accidentel, afin d'augmenter la fiabilité et la robustesse du système de ventilation.

La gestion spécifique de la ventilation en situation d'incendie dans les différentes zones de l'installation souterraine est présentée dans les chapitres 3.2.5.5.6 à 3.2.5.5.15 qui suivent.

3.2.5.5.6 La gestion de la ventilation en situation d'incendie dans une galerie de liaison MA-VL

En cas de départ de feu en galerie de liaison MA-VL, les actions liées au pilotage de la ventilation sont les suivantes *via* le système de sécurité incendie :

- fermeture admission d'air de l'ensemble des alvéoles MA-VL par la fermeture des Clapets coupe-feu (CCF) situés au niveau de l'amenée d'air neuf des cellules de manutention ;
- vérification de l'état fermé de la façade d'accostage, et du sas d'accès en cellule de manutention ;
- ouverture du bypass entre le puits d'amenée d'air et le puits de retour d'air pour récupérer le débit lié à l'alimentation des alvéoles MA-VL pour lesquelles l'admission d'air est stoppée ;

- fermeture de l'extraction des alvéoles MA-VL *via* la commande de fermeture des CCF situés à l'extraction de chaque alvéole ;
- pour toutes les recoupes des galeries de liaison MA-VL : arrêt des surpresseurs aspirant l'air depuis la galerie sinistrée et mise en marche des surpresseurs situés du côté de la galerie saine exempte de fumée ;
- fermeture des portes de compartimentage du compartiment en feu ;
- ouverture des trappes de contrôle des fumées dans le compartiment en feu ;
- fermeture des trappes/registres situés à l'extrémité de la galerie de liaison ;
- ouverture de la baie de transfert située au niveau de la porte de compartimentage positionnée en amont du compartiment en feu.

3.2.5.5.7 La gestion de la ventilation en situation d'incendie dans une galerie d'accès MA-VL

Compte tenu de leur faible longueur par rapport aux galeries de liaison, les galeries d'accès MA-VL ne nécessitent pas de compartimentages ni d'un système de ventilation spécifique. La gestion d'un incendie dans cette galerie est similaire à celle retenue dans la galerie de liaison. Les trappes des galeries de liaison assurent l'extraction des fumées d'un incendie potentiel en galerie d'accès.

3.2.5.5.8 La gestion de la ventilation en situation d'incendie dans une cellule de manutention ou la partie utile de l'alvéole MA-VL

La gestion d'un incendie en cellule de manutention ou la partie utile de l'alvéole MA-VL est différente de la gestion d'un incendie dans une galerie du fait de la présence de colis non protégés dans une hotte. Pour ces locaux, sont privilégiés l'arrêt du soufflage et le maintien de l'extraction tant que l'intégrité des filtres THE en fond d'alvéole le permet.

À la suite d'une détection de départ de feu en cellule de manutention ou dans la partie utile de l'alvéole MA-VL, les actions de pilotage de la ventilation pour le passage en confinement statique de l'alvéole sont par ordre chronologique :

- fermeture de la porte de la façade d'accostage si celle-ci n'est pas déjà fermée ;
- fermeture de la porte radioprotection entre la cellule et la partie utile de l'alvéole si celle-ci n'est pas déjà fermée ;
- fermeture des clapets coupe-feu situé(s) à l'admission d'air de la cellule de manutention *via* une action automatique ou commandée ;
- surveillance des paramètres associés aux filtres THE de l'alvéole (colmatage filtre, température amont filtre, détection fumée aval filtre) ;
- fermeture du clapet coupe-feu à l'extraction sur :
  - ✓ atteinte température élevée en amont des filtres ;
  - ✓ atteinte seuil colmatage des filtres ;
  - ✓ détection de fumée en aval des filtres.

3.2.5.5.9 La gestion de la ventilation en situation d'incendie dans une galerie de jonction de retour d'air (JRA) MA-VL

Le local « jonction de retour d'air » (JRA) est un local borgne assurant la jonction entre le mur radiologique du fond de l'alvéole MA-VL (illustré à droite sur la Figure 3-12 ci-dessous) et la galerie de retour d'air (illustré à gauche sur la Figure 3-12 ci-dessous). Il intègre notamment les équipements associés à la ventilation de l'alvéole (filtres THE, registres, clapets coupe-feu) ainsi qu'une alimentation électrique, de la détection incendie, etc.

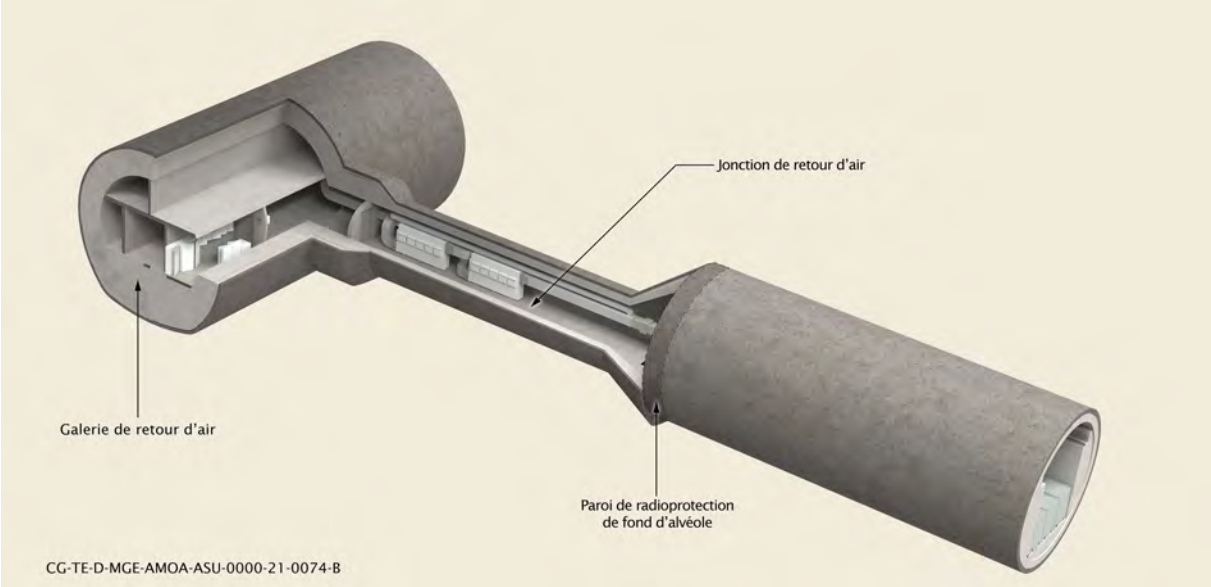


Figure 3-12 Illustration du local « jonction de retour d'air » (JRA) d'un alvéole de stockage MA-VL

La longueur du local JRA est susceptible de varier en fonction de la longueur utile de l'alvéole. Un mur de protection radiologique délimite le local JRA du fond de l'alvéole MA-VL.

Le local JRA comprend les principaux équipements suivants :

- les gaines de ventilation issues des différents points d'extraction en fond d'alvéole MA-VL (des vis radiologiques sont présentes à la traversée du mur en fond d'alvéole) ;
- l'ouvrage de jonction de ces gaines en une seule gaine rectiligne ;
- le clapet coupe-feu à l'extraction du secteur de feu (cellule de manutention + alvéole MA-VL) ;
- la gaine de retour d'air assurant la liaison jusqu'à la galerie de retour d'air en passant par les caissons de filtration.

Hormis ces équipements le local JRA est un ouvrage de type « vide de construction ». Aucun autre équipement n'est présent dans ce local.

La ventilation du local JRA est réalisée par transfert d'air depuis le local filtration et extraction par piquage sur la gaine de retour d'air MA-VL (piquage raccordé en aval du clapet coupe-feu). Sur détection incendie en galerie de retour d'air ou dans le local JRA ou dans le local filtration, le clapet coupe-feu à l'apport d'air dans le local filtration est fermé.

3.2.5.5.10 La gestion de la ventilation en situation d'incendie dans une galerie de retour d'air MA-VL

Les principes généraux de gestion de la ventilation en cas d'incendie sont identiques à ceux mentionnés en cas de feu au sein d'une galerie de liaison MA-VL.

Une gaine distincte du collecteur de retour MA-VL et dédiée à l'extraction des fumées est prévue en galerie de retour d'air.

Les spécificités des galeries de retour d'air concernent :

- la présence d'un cheminement protégé accessible depuis la galerie de retour d'air ;
- la présence de sas d'évacuation et d'intervention/secours en interface entre la zone travaux et la zone en exploitation.

3.2.5.5.11 La gestion de la ventilation en situation d'incendie dans le quartier pilote HA

Les principes généraux sont similaires à ceux présentés pour la gestion d'un incendie dans les galeries de liaison MA-VL.

Les spécificités dans les galeries de liaison HA sont :

- la galerie de liaison HA est compartimentée (un compartiment pour la galerie de liaison HA0 en tranche 1). En cas de détection incendie, les asservissements suivants sont prévus :
  - ✓ fermeture des portes de recoupement en limite de compartiment, afin de limiter la propagation des fumées dans les galeries souterraines ;
  - ✓ mise en service du désenfumage du compartiment *via* l'ouverture de trappes de désenfumage en gaine haute et par l'ouverture d'une baie de transfert dans la porte de compartimentage amont ;
- la galerie d'évacuation et de Secours du quartier pilote HA (GES-HA0) est équipée d'une trappe de désenfumage raccordée à l'aide d'un réseau de gaine au réseau d'extraction en voûte de la Galerie d'accès du quartier pilote HA (GAC-HA0) *via* la recoupe technique en extrémité de GAC-HA0. Cette trappe est télécommandable depuis le PCS pour permettre de procéder à l'extraction des fumées.

3.2.5.5.12 La gestion de la ventilation en situation d'incendie dans une galerie de liaison du quartier de stockage HA

Les principes généraux sont similaires à ceux présentés pour la gestion d'un incendie dans les galeries de liaison MA-VL.

Les spécificités dans les galeries de liaison HA sont :

- la présence d'une galerie évacuation secours en surpression par rapport à la galerie de liaison ;
- la présence de recoupe permettant le passage de la hotte des galeries d'accès HA ouest vers les galeries d'accès HA est.

En cas de départ de feu en galerie de liaison HA, les actions liées au pilotage de la ventilation sont les suivantes :

- fermeture des portes de compartimentage des galeries d'accès HA ;
- fermeture de l'extraction des galeries d'accès HA situées en amont du feu dans le sens de l'air *via* les volets d'extraction situés en fond de galerie ;
- pour les recoupes implantées entre la galerie d'évacuation secours et le compartiment sinistré, ouverture des registres d'isolements motorisés situés entre la recoupe et la galerie d'évacuation secours ;
- fermeture des portes de compartimentage du compartiment en feu ;
- ouverture des trappes de contrôle des fumées dans le compartiment en feu ;
- Fermeture de la trappe/registre d'extraction des galeries d'accès HA situées dans le sens de l'air en aval du compartiment sinistré ;
- ouverture baie de transfert au niveau de la porte de compartimentage située en amont du feu.

3.2.5.5.13 La gestion de la ventilation en situation d'incendie dans une galerie d'accès du quartier de stockage HA

Les principes généraux sont similaires à ceux présentés pour la gestion d'un incendie dans les galeries de liaison HA.

En cas de départ de feu en galerie d'accès HA, les actions liées au pilotage de la ventilation sont les suivantes :

- fermeture des portes de compartimentage du compartiment en feu ;
- pour les recoupes implantées au sein du compartiment sinistré, arrêt des surpresseurs aspirant l'air depuis la galerie sinistrée et mise en marche des surpresseurs situés du côté de la galerie saine exempte de fumée ;
- ouverture des trappes de contrôle des fumées situées dans le compartiment en feu ;
- fermeture de la trappe/registre d'extraction située à l'extrémité de la galerie d'accès saine puis sinistrée ;
- ouverture baie de transfert au niveau de la porte de compartimentage située en amont du feu dans le sens de l'air.

3.2.5.5.14 La gestion de la ventilation en situation d'incendie dans la ZSLE

Les galeries de la ZSL sont recoupées en compartiments désenfumés en situation d'incendie.

En situation d'incendie, les actions suivantes en galerie sont réalisées :

- fermeture des portes de compartimentage et/ou des sas écluses amont et aval ;
- mise en confinement statique des locaux sectorisés situés dans la zone sinistrée *via* la fermeture des CCF situés au niveau de l'admission d'air et de la sortie des locaux ;
- ouverture des trappes de désenfumage dans le compartiment sinistrée ;
- fermeture du volet d'extraction situé en extrémité de la galerie ;
- ouverture baie de transfert au niveau de la porte de compartimentage située en amont du feu.

Les différents locaux techniques sont sectorisés. En cas d'incendie en ZSL-E, les personnes évacuent la zone et rejoignent le refuge au niveau de la ZSL-E.

Dans le cas des locaux déchets exploitation de la ZSLE, de maintenance (E13) et électrique CFO (E10a), des refuges sont présents à l'intérieur de ces locaux pour permettre la mise en sécurité des personnes en cas d'incendie à l'extérieur du local ne permettant pas de rejoindre le refuge E6 de la ZSL-E.

3.2.5.5.15 La gestion de la ventilation en situation d'incendie dans une recoupe ou un local technique

Les actions liées au pilotage de la ventilation sont les suivantes :

- fermeture des CCF situés au soufflage et à l'extraction du local par l'intermédiaire du CMSI ou d'un fusible thermique ;
- fermeture des portes du local technique ou de la recoupe ;
- arrêt le cas échéant du ventilateur relais.

En cas d'incendie dans une galerie de liaison ou d'accès, la ventilation des recoupes et locaux techniques situées dans les recoupes est arrêtée et les clapets coupe-feu associés sont fermés.

3.2.5.6 Les dispositifs de manœuvre

Les dispositifs de manœuvre nécessaires à la gestion d'un incendie (clapets, portes de compartimentage…) sont commandés depuis le PCS avec une possibilité de manœuvre manuelle accessible au niveau des équipements.

Dans les galeries souterraines, les portes des sas, compartiments et recoupes sont motorisées pour permettre leur ouverture et leur fermeture, notamment pour le passage du véhicule incendie. Une manœuvre manuelle est également possible.

En lien avec le PCS et si nécessaire pour la gestion des dispositions de sécurité, les opérateurs en salle de conduite centralisée assurent le pilotage du déplacement d'une navette ou d'un chariot dans le tube non sinistré en amont de l'intervention.

3.2.6 Les dispositions pour la maîtrise des risques incendie induits par d'autres risques

Ce chapitre présente les dispositions générales valorisées pour la maitrise des situations d'incendie consécutives à l'occurrence d'autres risques tels que :

- la chute d'aéronef ;
- le séisme ;
- l'incendie en zone travaux.

3.2.6.1 L'incendie consécutif à une chute d'aéronef

En lien avec les dispositions de maitrise des risques présentées dans le chapitre 4.1 du présent volume, les principales exigences de dimensionnement prises en compte vis-à-vis du risque de développement d'un incendie sont les suivantes :

- pour les bâtiments nucléaires de surface (EP1) et la tête de descenderie colis, dimensionnés à la chute d'avion :
  - ✓ le principe retenu est l'interposition de dalles dont la première assure la fonction de résistance mécanique au choc et la seconde en dessous une barrière vis-à-vis de la propagation de l'incendie ;
  - ✓ ce principe vaut pour la protection des locaux avec présence de colis ;
  - ✓ pour les locaux ne disposant pas de deux dalles de protection, un liner métallique de protection en sous-face de la dalle haute est mis en place pour limiter les écoulements de carburant enflammé, malgré la fissuration possible du béton au-dessus ;
  - ✓ des dispositions sont prises pour limiter les infiltrations de carburant enflammé dans l'installation avec la présence :
    - de rétention au niveau des édicules de ventilation ;
    - de rétentions en partie basse des cages d'escaliers et d'ascenseur ainsi que des gaines techniques ;
    - des fosses de maintenance et de tension du funiculaire ;
- pour le bâtiment de surface de la descenderie de service, TDS (DS062) :
  - ✓ la chute d'avion engendre un incendie en partie supérieure sans impact sur les fonctions de sûreté (éloignement important de la descenderie colis) ;
  - ✓ les dispositions retenues au niveau du sas d'accès véhicule de la descenderie de service pour l'inondation externe limitent la quantité de kérosène susceptible de s'écouler dans la pente ;
  - ✓ chaque recoupe dispose de deux portes d'accès qui ont une performance EI 120 (la première recoupe avec la descenderie colis est située à 400 mètres de l'entrée) ;
  - ✓ l'intervention des forces de sécurité incendie permet d'engager une action de lutte contre le feu ;
- pour les bâtiments et ouvrage du puits de ventilation en air frais, VFE (PN064) :
  - ✓ la chute d'avion engendre un incendie soit au niveau du chevalement de puits, soit de l'usine de soufflage, soit dans le puits VFE *via* un écoulement de carburant enflammé ;
  - ✓ le PCS dispose de commandes « d'arrêt pompier » des différentes usines de ventilation (VFE, VVE, TDC, TDS) permettant l'arrêt simultané des différentes usines de ventilation ;

- ✓ des registres coupe-feu motorisés (clapets coupe-feu de grandes dimensions) sont présents au niveau des antennes de distribution d'air frais dans le plénum ventilation en partie basse du puits VFE et sont actionnés depuis le PCS pour la mise en sécurité de ces organes de ventilation ;
- ✓ le bougnou en pied de puits VFE constitue une rétention qui permet de stocker un volume fluide issu de l'écoulement de carburant depuis la surface ; les registres coupe-feu motorisés aux extrémités du plénum de ventilation permettent d'isoler le volume bougnou et puits et de protéger l'installation souterraine ;
- ✓ le PCS dispose de commandes des clapets coupe-feu permettant de mettre en confinement statique les alvéoles MA-VL si nécessaire ;
- ✓ l'intervention de la FdS-incendie-permet d'engager une action de lutte contre le feu ;

- pour les bâtiments et ouvrage du puits de ventilation d'air vicié (E-03), dimensionnés à la chute d'avion :
  - ✓ le principe d'une double coque est retenu pour le bâtiment de la tête de puits ;
  - ✓ un simple coque est présente pour le bâtiment de l'usine de ventilation ne permettant pas d'écarter la présence de fissurations et l'entrée possible de carburant enflammé :
    - un liner métallique est mis en place en protection de la dalle du bâtiment pour limiter l'entrée de carburant ;
    - des rétentions sont présentes au droit des différents ouvrants ;
  - ✓ l'émissaire de ventilation est dimensionné à ce scénario ;
  - ✓ l'intervention de la FdS-incendie-permet d'engager une action de lutte contre le feu ;

3.2.6.2 L'incendie consécutif à un séisme

En complément des éléments présentés dans le chapitre 4.3 du présent volume, ce chapitre synthétise les dispositions retenues pour la gestion d'un incendie consécutif à un séisme de dimensionnement :

- pour les réseaux incendie :
  - ✓ les ouvrages réserves d'eau et pomperies de la zone descenderie et de la zone puits sont dimensionnés pour être fonctionnels après séisme ;
  - ✓ les deux réseaux incendie maillés à partir des pomperies en zone descenderie et en zone puits ne sont pas dimensionnés au séisme sauf pour les orifices d'alimentation des moyens de secours qui desservent les zones à forts enjeux en termes de gestion d'un incendie après séisme telles que :
    - les bâtiments EP1 ;
    - la zone souterraine en exploitation au niveau de la tête de descenderie de service et de la tête de descenderie colis ;
  - ✓ les réseaux non-fonctionnels post-séisme peuvent être isolés au niveau du bâtiment pomperies ;
  - ✓ le réseau maillé de la zone souterraine en exploitation est fonctionnel post-séisme jusqu'aux prises d'eau en fond, cette exigence de fonctionnalité post-séisme concernant également l'alimentation en eau et les systèmes d'extinction à mousse haut-foisonnement des cellules de manutention MA-VL ;
  - ✓ l'alimentation en eau et les systèmes d'extinction du bâtiment EP1 (système à mousse haut-foisonnement et système déluge) sont également fonctionnels post-séisme ;
  - ✓ la localisation des bâtiments à enjeux de sûreté (EP1, TDC, bâtiment sûreté, sécurité, environnement, TDS, VFE et VVE) permet aux FdS de déployer des tuyaux souples à partir du local pomperies pour la lutte incendie au sein de ces bâtiments ;

- pour les bâtiments dédiés aux forces de sécurité incendie situés en zone descenderie et en zone puits, un dimensionnement au séisme est requis pour permettre la continuité de l'intervention par les forces de sécurité ;
- pour le réseau du système de sécurité incendie (SSI) de la zone en exploitation :
  - ✓ le réseau principal de l'ensemble fonctionnel SSI est un réseau maillé, qui bénéficie de caractéristiques de tenue sismique (stable et fonctionnel post-séisme) ;
  - ✓ l'exploitation du SSI (supervision et pilotage) se fait au niveau du PCS situé au sein du bâtiment SSE dimensionné au séisme ; les moyens de supervision et de pilotage du SSI au sein du PCS sont qualifiées pour rester fonctionnels post-séisme ;
  - ✓ les organes du SSI qualifiés post-séisme correspondent à ceux qui ont les fonctions suivantes :
    - la surveillance des locaux classés interdits d'accès au titre de la protection contre les rayonnements ionisants, la détection automatique d'incendie dans ces locaux étant nécessaire pour la surveillance du risque incendie post-séisme en l'absence de possibilité d'intervention humaine ;
    - les mises en sécurité des locaux identifiés secteurs ou zones de feu avec présence de substances radioactives ; elles concernent en particulier la fermeture des clapets de la ventilation nucléaire C2/C4 et la diffusion d'agent extincteur ; les locaux concernés sont les cellules blindées d'EP1, les couloirs procédés et zones tampon d'EP1, les cellules de manutention et alvéoles MA-VL ;
- pour les bâtiments et ouvrages de la zone descenderie (EP1-TDC, TDS), de la zone puits (VFE, VVE) et de la zone souterraine en exploitation, le génie civil est dimensionné au séisme de dimensionnement, cette disposition permettant de maintenir la capacité d'accès des équipes de secours et d'intervention dans l'ensemble des bâtiments et ouvrages ainsi que l'évacuation des personnels ;
- pour les principaux équipements du process nucléaire, les caractéristiques de dimensionnement au séisme couvrent également la tenue mécanique et la non-ruine des dispositions valorisées dans l'élaboration des scénarios d'incendie enveloppes :
  - ✓ les bacs de rétention présents sur les équipements du process nucléaire (sous les capacités d'huile combustible par exemple) possèdent les mêmes caractéristiques de dimensionnement (non-missilité, non-ruine) et un maintien de la fonctionnalité post-séisme ;
  - ✓ les coffrets et armoires embarqués sur les équipements du process nucléaire (chariots, transbordeurs, ponts, navettes, etc.) reçoivent les mêmes caractéristiques de dimensionnement (non-missilité, non-ruine) et le maintien de l'enveloppe fermée post-séisme.

La gestion d'un incendie post séisme conduit à maintenir fonctionnels en particulier :

- les sectorisations incendie dans les locaux avec présence de substances radioactives et la possibilité de mise en œuvre des sectorisations incendie par la fermeture des portes et des clapets coupe-feu ;
- certains réseaux de ventilation d'extraction (C2 Famille IIA et C4** Famille IIIB en particulier dans EP1 et le puits VVE) ;
- les systèmes de détection et les systèmes fixes d'extinction dans les locaux avec présence de substances radioactives ;
- les fonctions essentielles relatives à l'intervention et la lutte contre l'incendie (Bâtiments dédiés aux forces de sécurité incendie, locaux pomperies, réseaux incendie desservant les bâtiments avec présence de substances radioactives, cheminements d'accès des secours et d'évacuation des personnes, etc.).

3.2.6.3 L'incendie en zone travaux

Un incendie en zone souterraine travaux est analysé comme un incendie externe à la zone souterraine en exploitation.

Des sas sont présents aux interfaces entre la zone souterraine en exploitation et la zone souterraine travaux. Tous les réseaux des zones exploitation et travaux sont physiquement distincts ainsi que la ventilation. Les zones exploitation et travaux sont closes et indépendantes.

Les requis de résistance au feu au niveau des sas aux interfaces entre la zone en exploitation-et la zone en travaux sont les suivants :

- les parois, portes, traversants du sas donnant sur la galerie de la zone en exploitation sont EI 240 sous incendie conventionnel ;
- les parois, portes, traversants du sas donnant sur la galerie de la zone en travaux sont à la fois EI 240 sous incendie conventionnel, et EI 120 sous courbe de feu HCM[38].

L'application d'un requis en résistance au feu HCM 120 permet de couvrir les scénarios incendie potentiellement plus intenses côté travaux. Par ailleurs, les refuges personnels présents au niveau des sas sont étanches. Il n'y a donc pas de communication aéraulique ni propagation de fumées d'une zone à une autre.

3.2.7 L'identification des situations d'incendie

Sur la base de l'analyse des risques d'incendie et des dispositions de défense en profondeur mises en œuvre, les scénarios d'incendie relevant des différentes situations de fonctionnement sont identifiés dans l'étude de risque d'incendie (35) et présentés dans le chapitre 8 du présent volume.

Plusieurs situations d'incendie sont identifiées depuis la réception des emballages de transport jusqu'à la mise en alvéole de stockage des colis.

Dans certaines zones de l'installation de surface, le colis n'est pas protégé par la présence de l'emballage de transport, de conteneurs ou hotte de transfert. Il s'agit des opérations :

- de déchargement des emballages de transport ;
- de contrôles ;
- de mise en conteneur ou panier de stockage ;
- de transfert vers la zone d'entreposage tampon.

Pendant les opérations de transfert de la surface vers le fond, les colis sont protégés par la hotte de transfert. Il est vérifié que les situations d'incendie au niveau de la descenderie colis et lors du transfert dans les galeries souterraines ne mettent pas en cause la performance des dispositions de protection des colis présent.

Enfin, en cas de situations d'incendie lors des opérations de mise en alvéole de stockage des colis, celles-ci sollicitent directement les colis de déchets.

Les chapitres qui suivent présentent de manière succincte les principales situations d'incendie au regard de la vulnérabilité des colis de déchets reçus puis mis en stockage, sans classer ces situations en situations de fonctionnement (cf. Chapitre 8 du présent volume).

3.2.7.1 Les situations incidentelles

Les situations incidentelles concernent un départ de feu postulé qui est détecté (automatiquement ou humainement) et pour lequel une action (extinction automatique, intervention de niveau 1) permet son extinction et l'absence de propagation. Ces situations n'entrainent pas la défaillance des fonctions de sûreté.

[38] La courbe HCM est définie dans l'instruction technique relative aux dispositions de sécurité dans les nouveaux tunnels routiers (conception et exploitation), en annexe à la circulaire interministérielle n° 2000-63 du 25 août 2000 relative à la sécurité dans les tunnels du réseau routier national (40). Il est possible de qualifier à la fois un produit pour une performance EI sous incendie conventionnel et sous incendie HCM.

3.2.7.2 Les situations accidentelles

Les situations accidentelles d'incendie identifiées en zone descenderie sont :

- l'incendie du locotracteur ou du camion impliquant un emballage de transport (ET) dans la zone de déchargement des convois ;
- l'incendie impliquant l'ET dans le Hall de réception des emballages de transport à déchargement vertical ;
- l'incendie du chariot et/ou du transbordeur impliquant l'ET dans le Hall de préparation et d'accostage des ET ou dans le couloir transbordeur ;
- l'incendie du pont roulant ou du chariot soulevant ou transportant le colis primaire dans la cellule de déchargement des colis des emballages de transport ;
- l'incendie des équipements de contrôle du colis primaire (CP) dans la cellule de contrôle des CP ;
- l'incendie de l'équipement supportant le colis de stockage dans la cellule de mise en conteneur de stockage du CP ;
- l'incendie du chariot et des équipements d'un poste de fermeture des colis de stockage avec un colis de stockage non-confectionné dans la cellule de fermeture des colis de stockage MA-VL ou HA ;
- l'incendie du chariot et/ou du transbordeur avec le colis primaire ou le colis de stockage dans les couloirs de circulation « procédé » ;
- l'incendie de la navette, de la table tournante et de la machine à levage limité (MLL) impliquant la hotte dans la cellule de mise en hotte HA ou MA-VL ;
- l'incendie de la navette et du chariot de transfert incliné impliquant la hotte dans la gare haute du transfert incliné.

Les situations accidentelles d'incendie identifiées dans les liaisons surface-fond sont :

- l'incendie du chariot de transfert incliné impliquant la hotte dans la descenderie colis ;
- l'incendie des véhicules de maintenance ou des équipements de transfert dédiés dans la descenderie de service ;
- l'incendie dans un local technique situé dans une recoupe entre descenderies.

Les situations accidentelles d'incendie identifiées dans l'installation souterraine sont :

- l'incendie du chariot de fond et du chariot de transfert incliné impliquant la hotte dans la gare basse du funiculaire ;
- l'incendie du chariot de fond et de la table tournante impliquant la hotte dans les galeries de liaison ;
- l'incendie de la navette de fond impliquant la hotte dans les galeries d'accès ;
- l'incendie dans un local technique situé dans les recoupes entre galeries ;
- l'incendie d'un local technique, d'un véhicule de maintenance dans la ZSL exploitation ;
- l'incendie des équipements de la cellule (élévateur, pont stockeur…) impliquant un colis de stockage dans la cellule de manutention MA-VL ;
- l'incendie du pont stockeur lors du transfert d'un colis de stockage en alvéole MA-VL ;
- l'incendie du vérin pousseur lors du transfert du colis de stockage en alvéole HA.

3.2.8 La prise en compte des effets défavorables des actions d'intervention et de lutte contre l'incendie

En application de l'article 4-4-25 de l'annexe à la décision n° 2015-DC-0532 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 17 novembre 2015 (18), lorsque des scénarios sont retenus pour définir les dispositions de maîtrise des risques liés à l'incendie, l'exploitant présente dans le rapport de sûreté les éléments

permettant d'apprécier leur caractère enveloppe en prenant notamment en compte les éventuels effets défavorables des actions d'intervention et de lutte contre l'incendie prévues.

Les principaux effets défavorables liés à des actions d'intervention et de lutte contre l'incendie identifiées au travers de l'analyse des risques d'incendie concernent :

- le déversement de fluides d'extinction (mousse haut-foisonnement, eau etc.) qui présentent un risque :
  - ✓ d'épandage d'effluents potentiellement contaminés en dehors du local. Pour cette raison, des dispositions sont mises en place pour retenir ces effluents dans les locaux incriminés (cf. chapitre 3.2.4.2.5 du présent volume) ;
  - ✓ la perturbation du fonctionnement des principaux équipements de manutention du process. Cependant, toute opération dans le local incriminé est stoppée sur détection d'un départ de feu. Par ailleurs, les équipements de manutention sont à sécurité positive pour éviter tout lâcher de charge supérieur à la hauteur de qualification des colis ;
- la rupture d'un secteur feu ou d'un secteur de confinement du fait de l'intervention des secours :
  - ✓ Il n'y a pas d'intervention humaine directement au sein des locaux contenant des déchets qui ne sont pas protégés par une hotte ou un emballage de transport. L'extinction se fait via des dispositifs fixes qui sont réalimentés, au besoin, par les secours. Les accès pour réalimentation ne remettent donc pas en cause la sectorisation ni les secteurs de confinement ;
  - ✓ Il n'y a pas de rupture des secteurs de confinement à proximité des secteurs feu en cas d'intervention du fait de la présence de sas équipés de passage de tuyaux au besoin et des cascades de dépressions entre les locaux ;
- l'inversion des cascades de dépression entre locaux du fait :
  - ✓ du passage en confinement statique en cas d'atteinte des seuils hauts des capteurs des caissons de filtration THE ;
  - ✓ de la mise en œuvre des moyens d'extinction.

  Cet aspect est pris en compte par le dimensionnement des traversées et la mise en place de secteurs de confinement en périphérie des locaux concernés par un risque de dispersion des substances radioactives en situation accidentelle d'incendie.

Ces aspects ayant été retenus lors de l'analyse, les scénarios d'incendie enveloppes sont déterminés au regard de l'intensité, de la durée et de la cinétique des incendies pour chacune des cibles identifiées comme vulnérables (cf. chapitre 3.2.2.2 du présent volume).

3.2.9 L'analyse de la vulnérabilité des colis aux situations d'incendie

3.2.9.1 Les courbes de feu conventionnel et de feu « réel »

La démarche d'analyse de risques liée à l'incendie nécessite de disposer d'une courbe de feu pour chaque partie d'installation analysée, sur la base de laquelle les dispositions de maîtrise du risque sont proposées. Cette analyse s'appuie sur une des deux approches suivantes :

- une approche par feux conventionnels qui fournit la température dans le compartiment en fonction du temps. La courbe de feu conventionnel ISO 834-1/A1 de 2012 (13) est utilisée ;
- une approche par feux réels (à partir d'un recensement des charges calorifiques). Quelle que soit la forme de la courbe de débit calorifique (établie selon les hypothèses du départ de feu et sa propagation), elle représente thermiquement le terme source, ce qui permet d'évaluer réellement le risque thermique sur le local (ou la zone) ou sur une cible positionnée à côté du foyer.

3.2.9.1.1 L'approche par feux conventionnels

Le dimensionnement des structures et de certains équipements à l'incendie prend comme référence la courbe normalisée ISO 834-1/A1 de 2012 (34) pendant 1 à 2 heures selon les conclusions de l'analyse du risque incendie. Parmi ces composants, le génie civil de l'installation nucléaire de surface qui constitue des secteurs de feu ainsi que les portes et traversées, les murs d'accostage et de radioprotection des alvéoles MA-VL et les hottes de transfert des colis ont une performance REI 120. Il en est de même des têtes de descenderie, descenderies et galeries dans lesquelles circulent les hottes de transfert des colis.

3.2.9.1.2 L'approche par feux « réels »

Différentes situations d'incendie sont identifiées dans l'installation au travers de l'analyse des risques d'incendie. Parmi celles-ci, il a été recherché les situations enveloppes qui pourraient conduire à l'agression la plus importante sur les colis de déchets en distinguant les opérations réalisées dans l'installation de surface, pendant le transfert des colis dans l'installation souterraine et la mise en alvéole. Dans ces différents locaux ou zones, les équipements situés à proximité des colis présentent une charge calorifique intrinsèque qui est utilisée pour construire des courbes de feu « réel » qui vont permettre d'évaluer les effets de l'incendie sur les cibles.

3.2.9.2 La construction d'une courbe de feu « réel » et utilisation dans la démonstration

3.2.9.2.1 La méthodologie de construction d'une courbe de feu « réel »

L'élaboration des courbes de feu « réel » est établie à partir de la construction des courbes de débit calorifiques des équipements/engins présents dans l'installation. Une courbe de débit calorifique est supposée représenter l'incendie d'un combustible sous la forme d'une montée en $\alpha \cdot t^2$, d'un plateau à combustion établie et d'une décroissance jusqu'à extinction. Pour l'établissement des courbes, la décroissance est considérée à partir de la combustion de 70 % de la charge calorifique mobilisable.

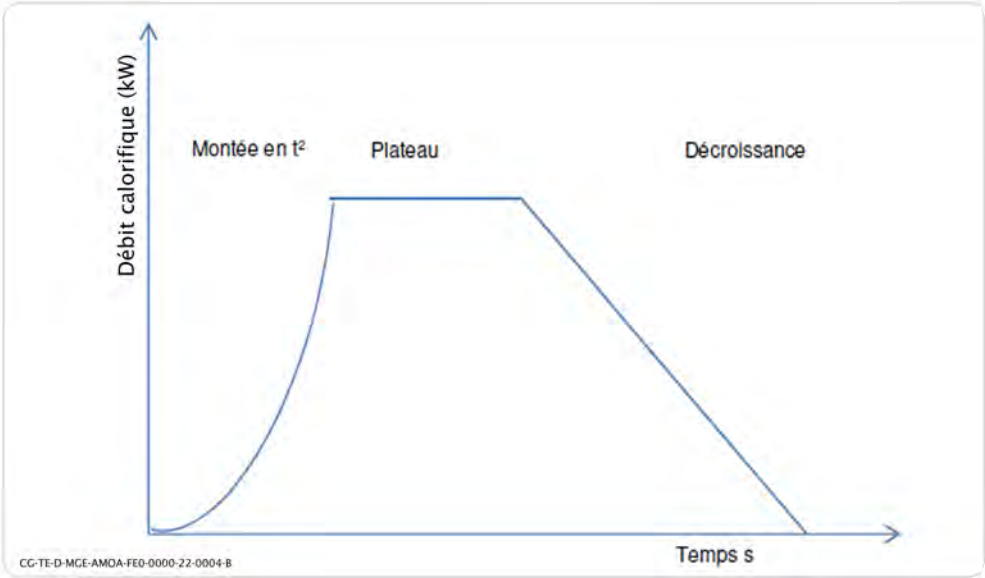


Figure 3-13 Illustration de la représentation type de débit calorifique en fonction du temps pour l'élaboration d'une courbe de feu « réel » associée à un incendie

Les courbes de débit calorifiques des équipements sont construites en assemblant les courbes des différents combustibles qui constituent l'équipement ou sont présents dans le local, suivant le déroulement d'un scénario de propagation de proche en proche d'un combustible à l'autre. L'aire de la

courbe de débit calorifique, dont l'allure est celle de la figure 3-13, représente la charge calorifique de l'incendie étudié.

Chaque courbe enveloppe d'un équipement ou d'un local est établie :

- sur la base des courbes de chaque combustible de l'équipement ou du local concerné ;
- en les sommant, et en intégrant un délai avant inflammation pour chaque combustible, pour obtenir une courbe de cumul. Le démarrage de la courbe suivante correspond au démarrage du plateau (ou assimilé en absence de plateau marqué) de la courbe précédente ;
- en lissant la courbe totale avec une courbe du type de celle de la figure 3-13 sur la base des principes suivants :
  - ✓ charge calorifique consommée supérieure ou égale à celle de la courbe totale ;
  - ✓ montée au plateau similaire à celle de la courbe totale.

La Figure 3-14 illustre la construction d'une courbe enveloppe d'un équipement.

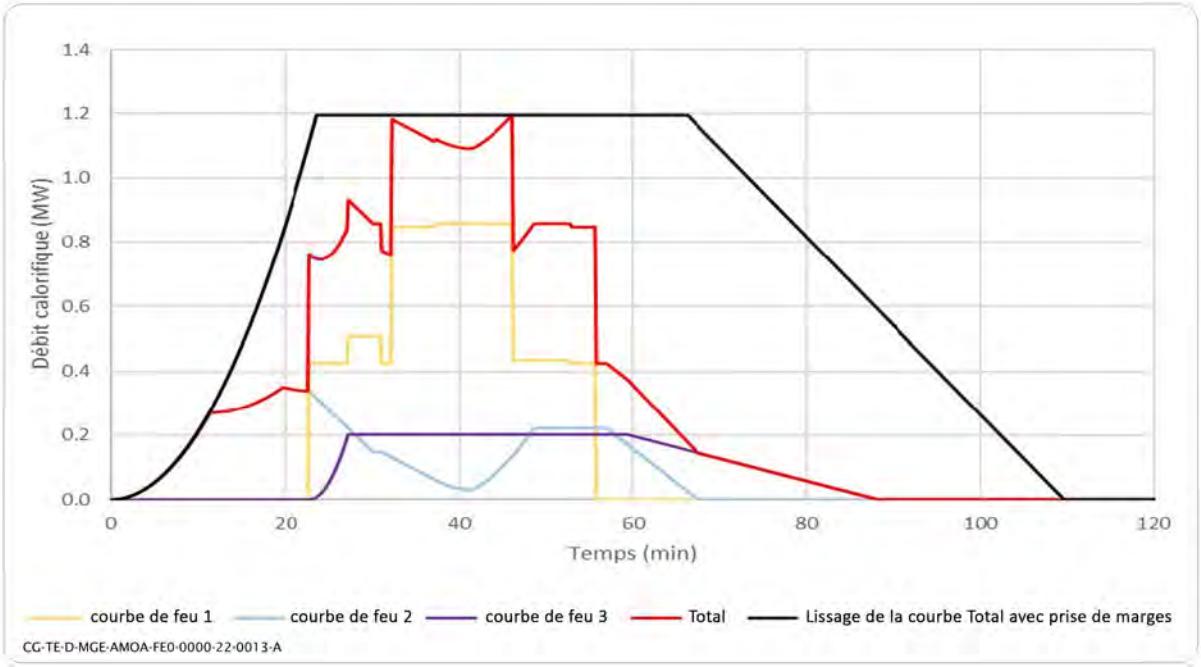


Figure 3-14 *Illustration d'un exemple de courbe enveloppe de débit calorifique associée à l'incendie d'un équipement pour l'étude de la vulnérabilité des cibles*

Différentes catégories de combustibles sont distinguées :

- les coffrets et armoires électriques ;
- les moteurs et motoréducteurs ;
- les câbles ;
- les combustibles liquides.

3.2.9.2.2 Les courbes de feu « réel », situations du domaine de dimensionnement et d'extension du dimensionnement

Les courbes de feu « réel » sont utilisées pour évaluer les conséquences des scénarios d'incendie sur les cibles de sûreté. Dans ce chapitre, seuls les effets sur les colis sont étudiés.

Pour les scénarios d'incendie étudiés au titre de situations de dimensionnement, il est retenu la courbe de feu « réel » de l'équipement le plus pénalisant en termes d'intensité et/ou de durée de l'événement, situé à proximité du colis.

Pour les scénarios d'incendie étudiés au titre de situations d'extension du dimensionnement, plusieurs courbes de feu sont envisageables en fonction des locaux. La durée ainsi que l'intensité de chacune des courbes dépendent des équipements impliqués dans l'incendie. Parmi ces scénarios, deux courbes de feu « réel » se distinguent :

- une courbe de feu associée à un scénario dit « long » dans lequel tous les équipements prennent feu successivement. Ce scénario en propagation suppose qu'un nouvel équipement prend feu dès lors que la puissance maximale de l'incendie de l'équipement précédent est atteinte ;
- une courbe de feu associée à un scénario dit « court » dans lequel tous les équipements prennent feu simultanément.

Lorsqu'un seul équipement est impliqué dans un scénario d'extension de dimensionnement, il est pris en compte la défaillance d'une disposition complémentaire pour la constitution de la courbe de feu « réel », comme la rupture d'une rétention, l'ouverture d'une porte d'une armoire électrique.

À titre d'illustration d'une courbe de feu « réel », l'exemple du pont stockeur présent dans l'alvéole MA-VL est présenté ci-après.

Sur la base du retour d'expérience de l'origine des incendies, il est considéré que le départ de feu est initié par une anomalie dans une des armoires ou par un échauffement des moteurs du pont stockeur. La propagation de l'incendie s'effectue, dans un premier temps, par les câbles électriques aux autres armoires. L'élévation de température provoque la fuite des réducteurs du pont stockeur ; l'huile se répand au sol et s'embrase. L'incendie se poursuit alors jusqu'à la combustion totale de la charge calorifique mobilisée.

Les ordres de grandeur des charges calorifiques du pont sont présentés dans le tableau 3-5 suivant.

Tableau 3-5 Charges calorifiques du pont stockeur d'un alvéole de stockage MA-VL (ordre de grandeur fourni à titre d'exemple)

Sous-ensemble			Charge calorifique					
Composant	**Identification**	**Caractéristiques**	**Valeur**	**Unité**	**Quantité**	**Unité**	**Charge calorifique (MJ)**	
Armoires	/	Enveloppe externe : matériaux de classe de réaction au feu A et B	800	MJ/m³	1,2	m³	960	1 920
	/		800	MJ/m³	1,2	m³	960	
Câbles	4G4	Câbles électriques B2, ca,s1,d0 selon EN 13501-6 de 2018 (41)	4,445	MJ/m	20	M	89	522
	4G2,5		3,665	MJ/m	40	M	147	
	3 x 1,5		2,865	MJ/m	100	M	287	
Huile	/	Mobile SHC 630 ou équivalente de type grade ISO GV 200 avec un point éclair à 249 °C	36	MJ/L	9.1	L	328	

Sous-ensemble			Charge calorifique				
Moteurs	/	Enveloppe externe : matériaux de classe de réaction au feu A et B	18	MJ	6	/	108
Peinture	/	/	4	MJ/m²	46	m²	184
Divers et non métré 20 %							**612**
Total							**3 674**

La courbe de feu « réel » associée au feu du pont stockeur est présentée dans la figure 3-15 suivante.

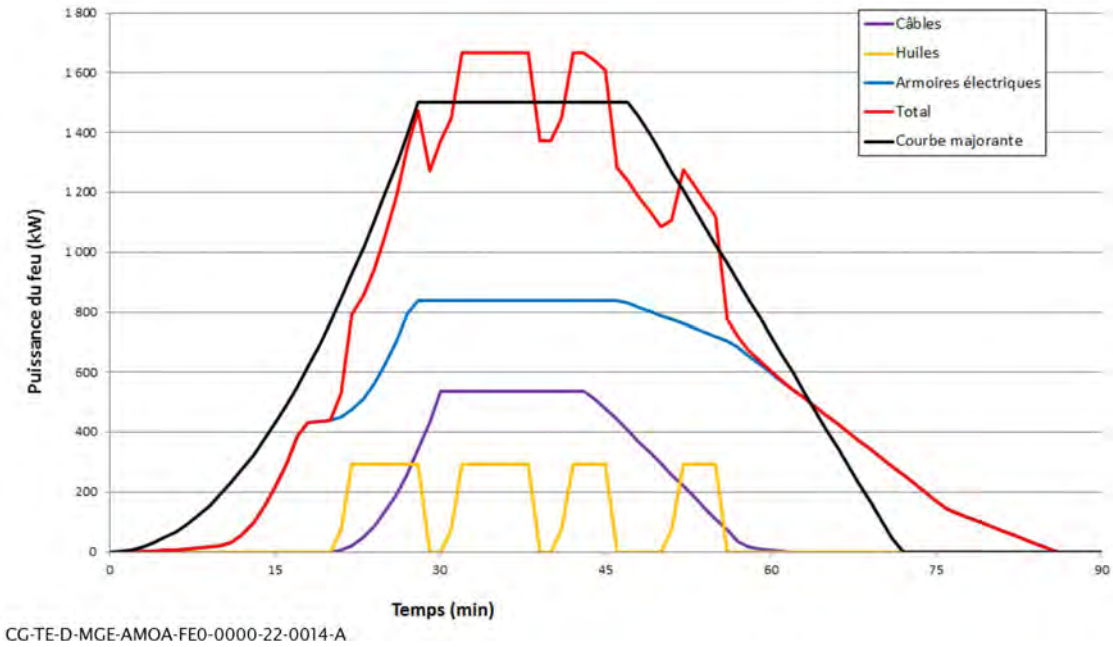


Figure 3-15 Illustration de la courbe de feu « réel » du pont stockeur d'un alvéole de stockage MA-VL

3.2.9.3 Le choix des situations d'incendie pour l'analyse de la vulnérabilité des colis

Dans l'installation de surface, les situations retenues sont associées à des opérations de déchargement des emballages de transport, de contrôles, de mise en conteneur ou panier de stockage et de transfert vers la zone d'entreposage tampon. En effet, dans ces zones de l'installation, le colis n'est pas protégé par la présence de l'emballage de transport, conteneur, panier ou de la hotte de transfert. Une analyse des conséquences des feux réels sur les colis a été réalisée et est présentée dans les chapitres qui suivent.

Pendant les opérations de transfert de la surface vers le fond, les colis sont protégés par la hotte de transfert qui a une fonction de protection des colis qu'elle contient à l'incendie. Il est vérifié, de par le dimensionnement REI 120 des hottes, que les situations d'incendie au niveau de la descenderie colis et lors du transfert dans les galeries souterraines ne permettent pas d'atteindre des températures au sein des colis susceptibles de mobiliser leur terme source radiologique.

Enfin, en cas de situations d'incendie lors des opérations de mise en stockage des colis, celles-ci sollicitent directement les colis de déchets. Une analyse des conséquences des feux réels est réalisée et présentée dans les chapitres qui suivent.

3.2.9.4 Les situations d'incendie de dimensionnement

3.2.9.4.1 Dans l'installation de surface

L'étude des risques d'incendie dans les locaux de l'installation nucléaire de surface conduit à retenir deux situations (cf. La « Note d'analyse des risques liés à l'incendie en zone nucléaire » (35)) pour évaluer la vulnérabilité des colis en situation d'incendie :

- l'incendie du bras robotisé dans la cellule de contrôle (C5) de la zone de réception et préparation des colis de stockage ;
- l'incendie du transbordeur avec chariot palette lors des transferts dans les couloirs process vers la zone d'entreposage tampon.

a) L'incendie du bras robotisé dans la cellule de contrôle des colis (contrôle C5)

Le scénario incendie de dimensionnement retenu considère comme première défaillance une fuite d'huile en extrémité du bras robotisé. Il est postulé de manière déterministe qu'au cours de l'incendie et par propagation de proche en proche, les autres inventaires d'huile du bras robotisé (quatre au total) sont mobilisés. Au cours de ce scénario, la ventilation de soufflage dans la cellule est arrêtée par fermeture des clapets coupe-feu situés sur les gaines d'admission d'air.

Au cours de ce scénario, la quantité d'oxygène disponible dans la cellule n'est pas suffisante et il est observé un phénomène d'oxyprivation qui conduit à réduire la durée du feu à six minutes au lieu des 16 minutes théoriques (voir figure 3-16).

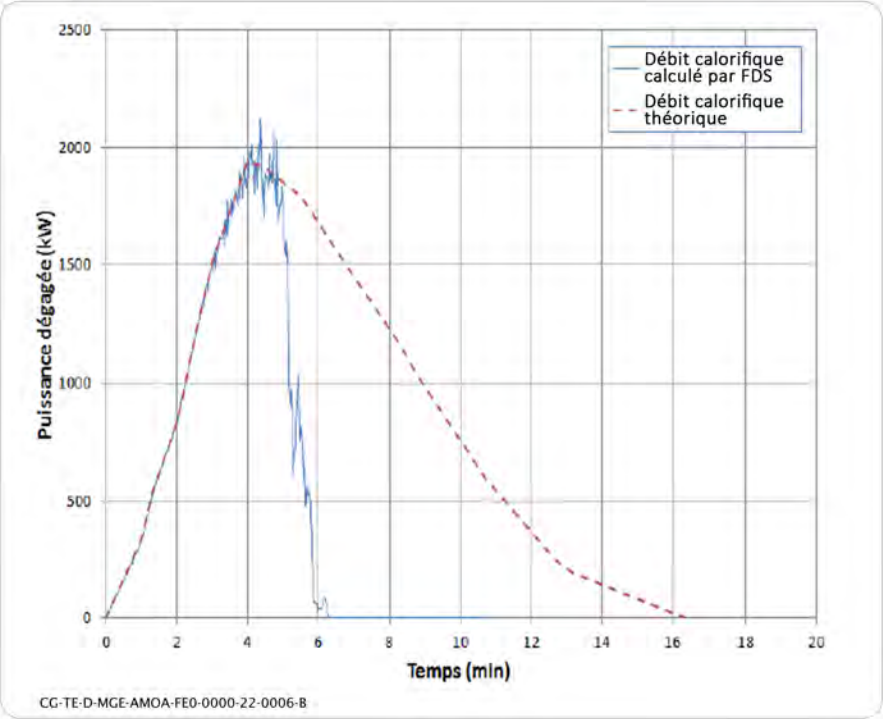


Figure 3-16 Illustration de la courbe de feu « réel » calculée pour le scénario d'incendie de dimensionnement du bras robotisé dans la cellule de contrôle des colis (contrôle C5)

Les résultats de l'étude de l'agression des différents types de colis dans le cas d'un incendie dans la cellule de contrôle (C5) de la zone de réception et préparation des colis de stockage montrent que les températures atteintes au niveau des déchets restent relativement faibles et ne conduisent pas à la dispersion des substances radioactives en dehors des colis.

b) L'incendie du transbordeur de chariot palette lors des transferts dans les couloirs process

Le scénario incendie de dimensionnement retenu considère un départ de feu en simultanée dans un coffret électrique, sur les câbles électriques, coffrets électriques et huiles des motoréducteurs et amortisseurs.

La figure 3-17 ci-après présente la courbe de feu « réel » du transbordeur.

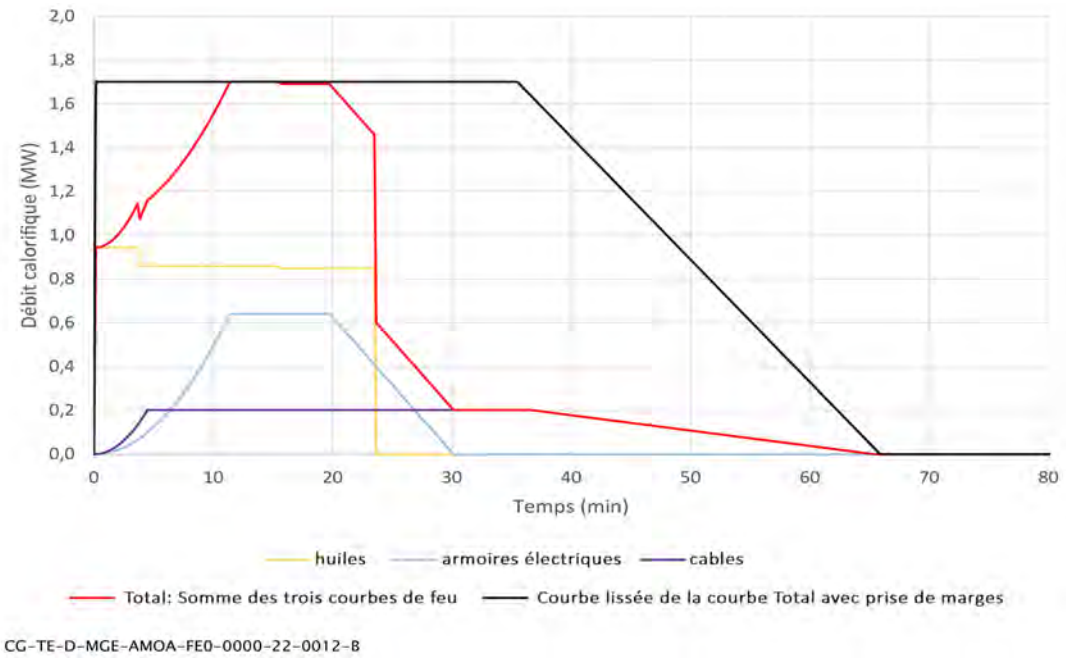


Figure 3-17 Illustration de la courbe de feu « réel » du transbordeur de chariot palette lors des transferts dans les couloirs process retenue pour le scénario d'incendie de dimensionnement (feu court)

Les résultats de l'étude de l'agression des différents types de colis dans le cas d'un incendie dans les couloirs process montrent que les températures atteintes restent relativement faibles et ne conduisent pas à la dispersion des substances radioactives en dehors des colis.

3.2.9.4.2 Dans les descenderies

Dans la descenderie colis, les opérations de transfert des colis depuis l'installation de surface vers les alvéoles de stockage sont réalisées en présence de la hotte de transfert qui a pour fonction de protéger le colis des effets d'un incendie. La hotte est dimensionnée à un feu conventionnel ISO 834-1/A1 de 2012 (34) deux heures. Les feux réels de dimensionnement associé aux scénarios d'incendie en gare haute (funiculaire) et en gare basse (funiculaire et carrousel) sont présentés dans l'étude de risques d'incendie (voir la « Note d'analyse des risques liés à l'incendie en zone nucléaire » (35)). Ces feux réels associés à la performance de la hotte ne conduisent pas à des températures importantes à l'intérieur de la hotte et des colis transportés. Ces scénarios d'incendie ne dégradent pas le confinement des colis.

Dans la descenderie de service, les opérations de transfert des fûts de déchets d'exploitation depuis le local d'entreposage situé dans la ZSL vers l'installation de surface sont réalisées au moyen d'un véhicule de transport. Un scénario d'incendie du véhicule de transport à la suite d'une collision dans la descenderie de service est envisagé. Il est considéré que ce scénario ne conduit pas à une remise en suspension de l'activité radiologique présente dans les fûts qui sont transportés dans un caisson coupe-feu.

3.2.9.4.3 Dans l'installation souterraine

Dans la continuité du transfert dans la descenderie de colis, les colis sont transférés dans les galeries (chariots de transfert et navettes) à l'intérieur d'une hotte. Les feux réels de dimensionnement sont présentés dans l'étude de risques d'incendie (35) pour les scénarios d'incendie en galeries de liaison et d'accès.

L'étude des risques d'incendie dans l'installation souterraine conduit à retenir deux scénarios (voir la « Note d'analyse des risques liés à l'incendie en zone nucléaire » (35)) pour la caractérisation de la vulnérabilité des colis MA-VL en situation d'incendie :

- incendie d'un équipement de la cellule de manutention de l'alvéole ;
- incendie du pont stockeur dans la partie utile de l'alvéole.

Concernant les colis HA, le scénario d'incendie impliquant le colis hors de la hotte concerne celui qui se déroule dans l'alvéole avec le feu du robot de mise en place des colis.

a) L'incendie d'un équipement de la cellule de manutention de l'alvéole MA-VL

Les trois principaux équipements qui transfèrent le colis de l'intérieur de la hotte de transfert accostée jusque dans la zone utile de l'alvéole sont :

- la table de réception ;
- l'élévateur ;
- le pont stockeur.

Le scénario d'incendie de dimensionnement considère un départ de feu sur l'un de ces équipements sans propagation à un autre équipement. Cette situation est couverte par le scénario d'incendie dans la cellule de manutention présenté au chapitre 3.2.9.5 du présent volume, qui considère l'incendie des trois équipements cités précédemment.

b) L'incendie du pont stockeur dans la partie utile de l'alvéole MA-VL

Le scénario incendie de dimensionnement retenu est présenté dans le chapitre 3.2.9.2 du présent volume. La courbe de feu « réel » du pont pour ce scénario de dimensionnement correspond à celle de la figure 3-15. Cette courbe de feu considère la défaillance du système d'extinction embarqué sur le pont stockeur et ne prend donc pas en compte l'extinction possible du départ de feu.

Les résultats de l'agression thermique de cet incendie sur les différents types de colis stockés en alvéole et quel que soit le mode de stockage montrent des températures atteintes au niveau des déchets qui ne conduisent pas à une dispersion des substances radioactives contenus dans les colis.

c) L'incendie du robot dans l'alvéole HA

Le scénario d'incendie du robot dans l'alvéole HA a été étudié. Les cibles analysées sont les conteneurs de stockage HA et le chemisage de l'alvéole. Le flux thermique généré (très inférieur à 10 kW/m^2) montre qu'aucun impact (*i.e.* Aucune déformation) n'est attendu au niveau de ces cibles. La température atteinte dans l'ambiance de l'alvéole et au niveau du déchet ne dégrade pas le colis.

3.2.9.5 Les situations d'incendie d'extension de dimensionnement

La robustesse de la démonstration est étudiée en considérant un feu au-delà du feu « réel » de dimensionnement : prise en compte d'une charge calorifique augmentée, propagation plus ou moins rapide du feu sur l'équipement ou entre équipements (feu court ou long), prise en compte d'une défaillance interne la plus défavorable.

3.2.9.5.1 Dans l'installation de surface

Les deux scénarios d'incendie d'extension de dimensionnement analysés pour estimer la vulnérabilité des colis en situation d'incendie sont similaires à ceux présentés dans le chapitre 3.2.9.4 du présent volume en modifiant la courbe de feu « réel » :

- l'incendie du bras robotisé dans la cellule de contrôle (C5) de la zone de réception et préparation des colis de stockage, sans fermeture des clapets coupe-feu ;
- l'incendie du transbordeur avec chariot palette lors des transferts dans les couloirs process vers la zone d'entreposage tampon en considérant sa propagation à l'ensemble des charges calorifiques présentes.

a) L'incendie du bras robotisé dans la cellule de contrôle des colis (contrôle C5)

Pour cette évaluation, le phénomène d'oxyprivation relevé dans le déroulement du scénario de dimensionnement est supprimé en considérant le maintien en fonctionnement de la ventilation. La durée de la courbe de feu « réel » du scénario d'extension de dimensionnement est donc de 16 minutes.

Les résultats de l'étude de l'agression des différents types de colis dans le cas d'un incendie dans la cellule de contrôle C5 sans la fermeture des clapets coupe-feu à l'admission d'air, montrent que les températures atteintes restent toujours faibles (inférieures à 100 °C), les substances radioactives restent confinées dans les colis.

b) L'incendie du transbordeur avec chariot palette lors des transferts dans les couloirs process

Le scénario incendie d'extension de dimensionnement retenu considère comme départ de feu la défaillance d'un coffret électrique. Il se propage de proche en proche aux câbles électriques, coffrets électriques et huiles des motoréducteurs et amortisseurs. Ce déroulement vaut pour le transbordeur du chariot palette et le chariot palette.

La figure 3-18 et la figure 3-19 montrent la chronologie de propagation de l'incendie respectivement sur le transbordeur du chariot palette et le chariot palette ; la figure 3-20 présente la courbe du feu « réel » utilisée pour évaluer le scénario incendie en extension de dimensionnement (départ de feu en simultané du transbordeur et du chariot).

Figure 3-18 Illustration de la chronologie (voir numéros 1 à 6 figure de gauche) d'une propagation possible du feu du transbordeur du chariot palette

[redacted]

Figure 3-19 Illustration de la chronologie (voir numéros 1 à 6) d'une propagation possible du feu du chariot palette (vue de dessus à gauche/vue de dessous à droite)

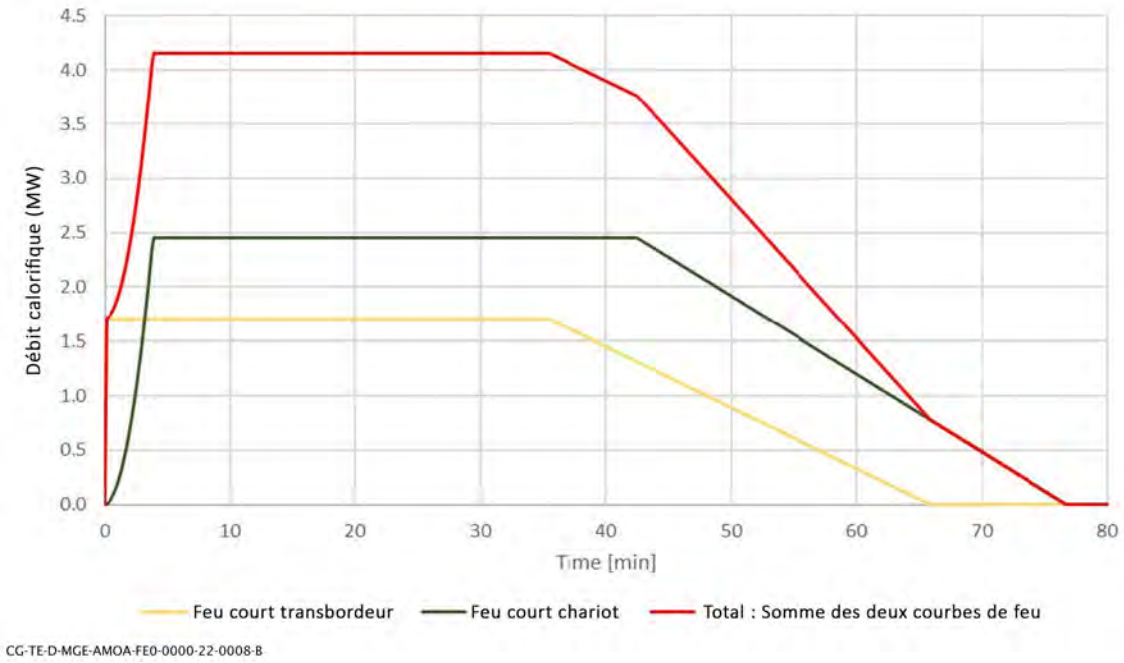


Figure 3-20 Illustration du profil du feu d'extension de dimensionnement du transbordeur avec son chariot palette

Les résultats de l'étude de l'agression des différents types de colis dans le cas d'un incendie dans les couloirs process montrent que les températures atteintes dans les colis ne conduisent pas à la remise en suspension de l'activité interne des colis de déchets.

3.2.9.5.2 Dans les descenderies

Dans la descenderie colis, comme pour les scénarios d'incendie de dimensionnement, les scénarios en extension du dimensionnement font intervenir un incendie qui se propage à l'ensemble des équipements présents en gare haute ou basse, tels que le chariot funiculaire, la navette ou le chariot de fond et la hotte (uniquement pour le transfert de colis HA). Ces éléments sont présentés dans l'étude de risques d'incendie (35)). Les feux réels qui résultent de ces scénarios ne conduisent pas à des températures

importantes à l'intérieur de la hotte et des colis transportés, grâce à la performance de la hotte conçue pour résister à un feu ISO 834-1/A1 de 2012 (34) (REI 120). Ces scénarios d'incendie ne dégradent pas le confinement des colis.

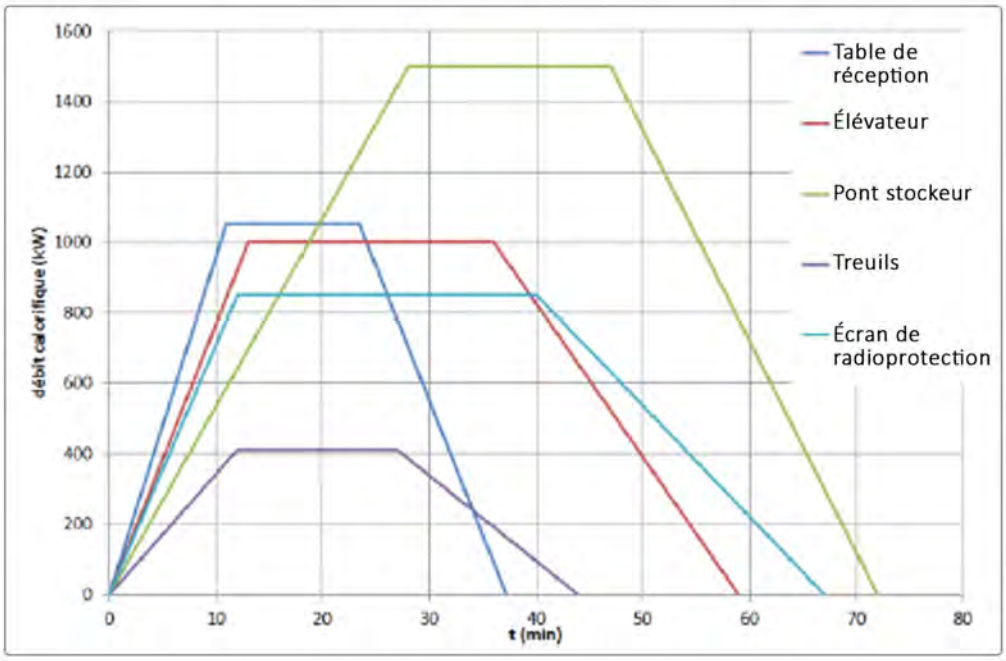
Dans la descenderie de service, les opérations de transfert des fûts de déchets d'exploitation depuis le local d'entreposage situé dans la ZSL vers l'installation de surface sont réalisées au moyen d'un véhicule de transport. Un scénario d'incendie du véhicule de transport à la suite d'une collision dans la descenderie de service est envisagé. En l'absence d'une conception suffisante de cet équipement, il n'a pas été établi une courbe de feu « réel » pour évaluer les conséquences de l'incendie sur les fûts d'exploitation. Il est considéré que ce scénario conduit à une remise en suspension de l'activité radiologique présente dans les fûts. L'évaluation des conséquences est présentée dans le chapitre 8 du présent volume.

3.2.9.5.3 Dans l'installation souterraine

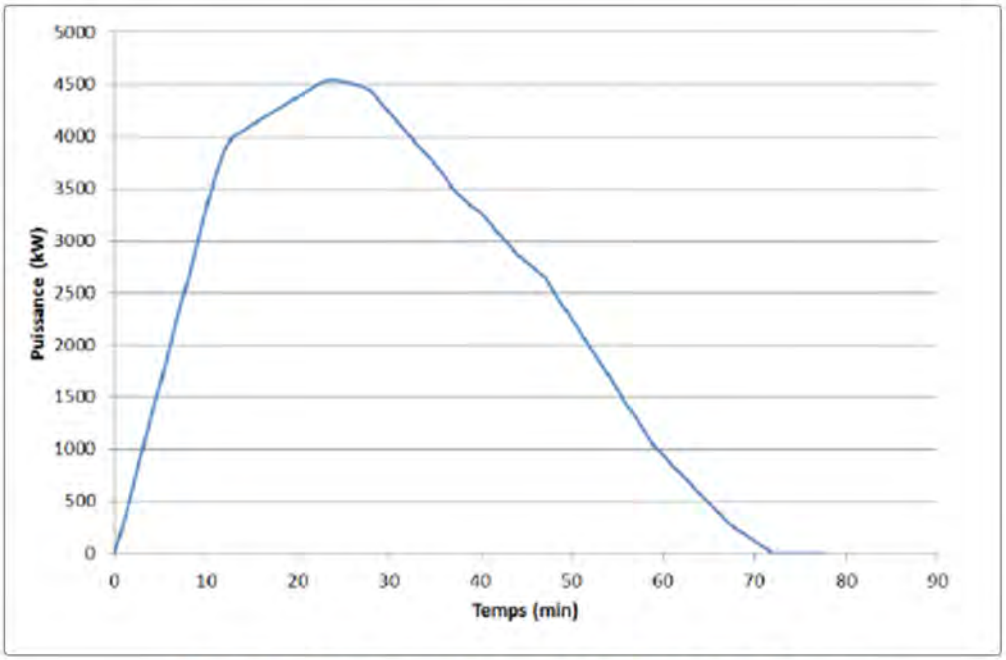
Les deux scénarios retenus sont présentés ci-après.

a) L'incendie des équipements de la cellule de manutention d'un alvéole de stockage MA-VL

Deux scénarios d'extension du dimensionnement sont considérés pour évaluer la robustesse de la conception, l'un associé à un feu court (cf. Figure 3-21) et l'autre à un feu long (cf. Figure 3-22), selon la méthodologie présentée au chapitre 3.2.9.2 du présent volume.



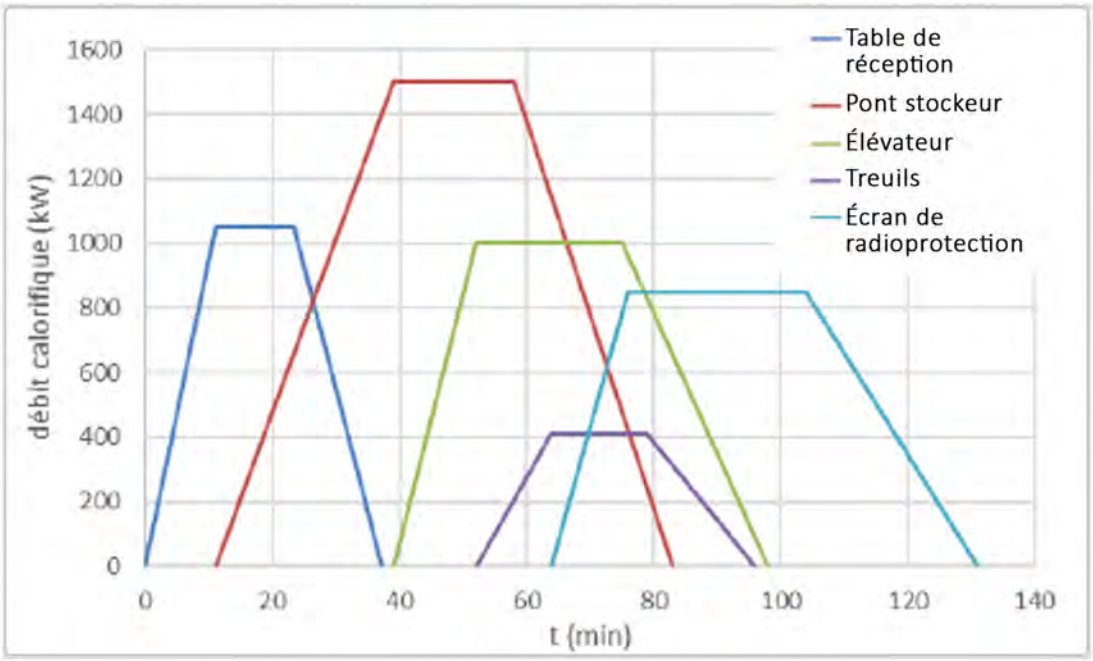
Incendie simultané des équipements



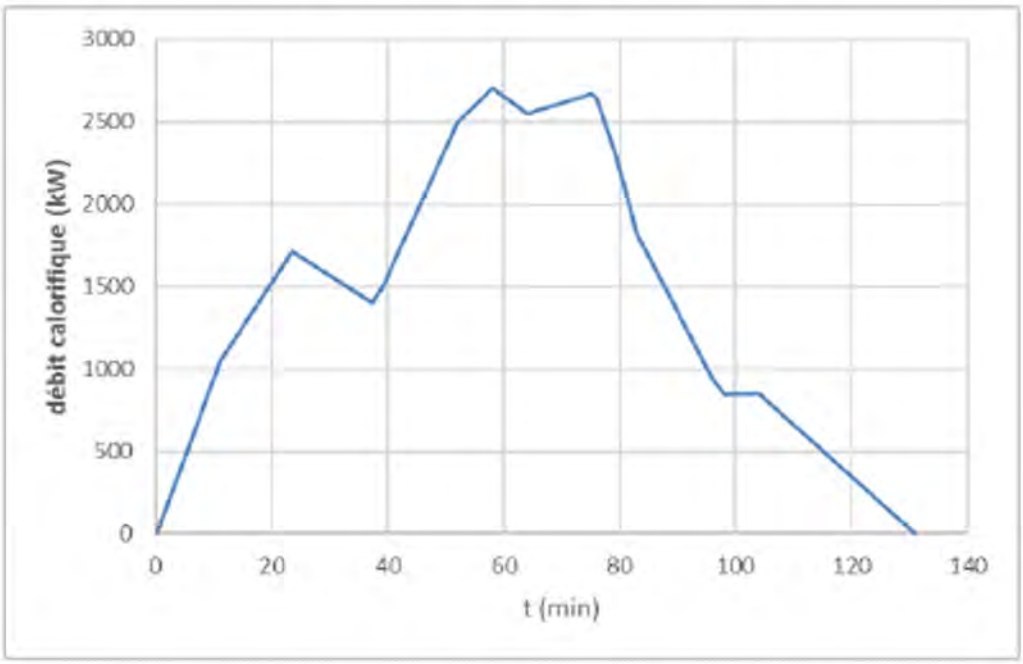
Courbe sommant la contribution de chaque équipement

CG-TE-D-MGE-AMOA-FE0-0000-22-0009-A

Figure 3-21 *Illustration de la courbe de feu « réel » dit courte associée à l'incendie simultané des équipements de la cellule de manutention d'un alvéole de stockage MA-VL dans le cas d'un scénario d'extension de dimensionnement*



Incendie successif des équipements



Courbe sommant la contribution de chaque équipement

CG-TE-D-MGE-AMOA-FE0-0000-22-0010-C

Figure 3-22 Illustration de la courbe de feu « réel » dit longue associée à l'incendie successif des équipements de la cellule de manutention d'un alvéole de stockage MA-VL dans le cas d'un scénario d'extension de dimensionnement

Les résultats de l'agression thermique de ces incendies sur les différents types de colis transitant par la cellule de manutention et quel que soit le mode de stockage, montrent des températures atteintes au niveau des déchets qui ne conduisent pas à la remise en suspension de l'activité interne des colis de déchets.

Ces températures ne dégradent pas les colis et ne conduisent pas à la remise en suspension de l'activité interne des colis de déchets.

b) L'incendie du pont stockeur dans la partie utile de l'alvéole MA-VL

Ce scénario ne peut concerner que l'incendie du pont stockeur en l'absence d'autres équipements dans la partie utile de l'alvéole de stockage. Par conséquent, la situation d'incendie de dimensionnement présentée au chapitre 3.2.9.4 du présent volume est enveloppe des situations pour évaluer les effets de l'incendie sur les colis de stockage.

3.2.10 La synthèse

Risques liés à l'incendie

L'occurrence d'un incendie nécessite la présence simultanée et en quantité suffisante, de matériaux combustibles, d'une source d'ignition et de comburant.

Un départ de feu peut se développer et se propager si aucune disposition n'est mise en œuvre et ainsi se transformer en un incendie.

Différentes situations d'incendie sont identifiées dans les installations de surface mais aussi dans l'installation souterraine.

L'incendie peut engendrer la dégradation voire la perte d'une fonction de sûreté. Celles potentiellement impactées sont principalement :

- le confinement des substances radioactives ;
- la protection des personnes contre l'exposition aux rayonnements ionisants.

Parmi l'ensemble des dispositions de maitrise des risques d'incendie présentées précédemment, les dispositions nécessaire(s) à l'accomplissement ou au maintien d'une fonction de sûreté sont les suivantes :

- parmi les dispositions de prévention des départs de feu :
  - ✓ la limitation de la charge calorifique à la conception des équipements et des installations ainsi que leur gestion en exploitation ;
- parmi les dispositions de détection et d'intervention :
  - ✓ les détecteurs incendie où sont présents des colis non protégés par un emballage de transport ou par une hotte, depuis la réception des emballages de transport jusqu'à la mise en hotte des colis ;
  - ✓ les détecteurs incendie de l'alvéole de stockage MA-VL ;
  - ✓ les chaines de remontée d'alarme associées aux détecteurs présentés ci-dessus ;
- parmi les dispositions pour éviter la propagation d'un incendie et limiter ses conséquences :
  - ✓ la sectorisation incendie où sont présents des colis non protégés par un emballage de transport ou par une hotte, depuis la réception des emballages de transport jusqu'à la mise en hotte des colis ;
  - ✓ la sectorisation incendie des alvéoles de stockage MA-VL ;
  - ✓ les équipements de mise en sécurité incendie concernés par les zones de détection incendie identifiées ci-dessus.

La maîtrise des risques d'incendie induits par d'autres évènements tels que la chute d'avion, le séisme ou, pour la zone d'exploitation nucléaire dans l'installation souterraine, un incendie en zone travaux, est assurée par respectivement, l'interposition de dalles ou la présence d'un liner métallique de protection et des rétentions pour limiter la propagation d'un incendie post chute d'avion, le dimensionnement fonctionnel post-séisme de certaines dispositions de maitrise du risque d'incendie (capacité de détection, d'intervention et d'extinction) et la présence et le dimensionnement de sas de séparation entre la zones en exploitation et la zone travaux.

La vulnérabilité des colis aux situations d'incendie est également maitrisée par la suffisance des dispositions prévues.

Ainsi, les situations d'incendie ne conduisent pas à la remise en suspension de l'activité interne des colis de déchets radioactifs.

3.3 Les risques liés à l'explosion

3.3.1 La présentation des risques

Les risques traités dans le présent chapitre font référence à la présence simultanée :

- d'un combustible en suspension dans l'air (sous forme de gaz, vapeurs, brouillards, poussières ou fibres, comme par exemple, l'hydrogène) ;
- d'un comburant (généralement l'oxygène de l'air) ;
- d'une source d'ignition dans des conditions rendant le mélange explosif.

L'évènement redouté correspond à la présence simultanée de ces trois conditions rendant le mélange explosif.

Il peut par exemple s'agir de la formation d'atmosphères explosives associées à des équipements et/ou des procédés mettant en œuvre des gaz explosifs (ex : équipements disposant de batteries pouvant être à l'origine d'un dégagement d'hydrogène pendant les phases de charge).

Les risques d'explosion ayant les origines suivantes sont exclus du présent chapitre car ils font l'objet d'analyses dédiées :

- les risques d'explosion liés aux gaz inflammables produits par radiolyse ou par corrosion (cf. Chapitre 2 du présent volume) ;
- les risques d'explosion liés à la mise en surpression d'une capacité (réglementation relative aux équipements sous pression, cf. Chapitre 3.12 du présent volume) ;
- les risques d'explosion liés à l'environnement industriel et aux voies de communication (cf. Chapitre 4 du présent volume).

Les risques d'explosion concernés par le présent chapitre sont ainsi liés à la présence, dans le bâtiment nucléaire de surface, les liaisons surface-fond et/ou l'installation souterraine :

- de batteries susceptibles de dégager de l'hydrogène (H_2) en phase de charge (batteries des alimentations sans interruption (ASI), batteries des moyens de manutention et des véhicules électriques ;
- de produits chimiques susceptibles de générer des vapeurs inflammables ;
- d'un générateur à rayons X à Haute Énergie (RX HE) susceptible de générer de l'ozone (O_3) lors de son fonctionnement ;
- de bouteilles de gaz inflammables utilisées pour le besoin de l'exploitation.

La prise en compte de ces risques est évaluée au regard de l'impact potentiel d'une explosion sur les cibles de sûreté présentes dans l'environnement immédiat des sources de dangers.

Au même titre que pour les autres agressions internes analysées dans la démonstration de sûreté, le principe de défense en profondeur, reposant sur des dispositions de prévention, de surveillance et de limitation des conséquences est mis en œuvre pour prendre en compte le risque d'apparition d'atmosphères explosives.

Par ailleurs, outre l'analyse de sûreté réalisée vis-à-vis des cibles de sûreté, il est à noter que dans le cadre de l'évaluation des risques professionnels (Document unique d'évaluation des risques professionnels), un Document relatif à protection contre les explosions (DRPE) doit être produit pour répondre aux exigences réglementaires fixées notamment par le Code du travail. Ce DRPE doit notamment comporter :

- une détermination des zones à risque d'explosion (zonage « Atex ») ;
- une présentation des dispositions mises en œuvre vis-à-vis de la protection des travailleurs (ex : signalement des zones à risque, etc.).

3.3.2 L'analyse des risques liés au dégagement d'hydrogène par les batteries électriques en phase de charge

3.3.2.1 La présentation des risques

La recharge de certaines batteries électriques s'accompagne d'un dégagement d'hydrogène.

Ce dégagement est susceptible de constituer, avec l'air ambiant, un mélange explosif dès lors que la teneur en hydrogène atteint 4 % en volume (concentration correspondant à la limite inférieure d'inflammabilité de l'H_2 dans l'air à pression et température atmosphériques).

Les caractéristiques d'inflammation de l'hydrogène dans l'air à pression et à température atmosphériques sont présentées dans le tableau 3-6. Ces propriétés font de l'hydrogène un gaz extrêmement inflammable. L'énergie d'inflammation de 20 µJ correspond en effet à des valeurs obtenues par des décharges électrostatiques d'origine humaine.

Tableau 3-6 Caractéristiques d'inflammation de l'hydrogène

Propriétés de l'hydrogène (H_2) à pression et température atmosphériques	
Domaine d'explosivité[39]	LIE – Limite Inférieure d'Explosivité : 4 % vol. LSE – Limite Supérieure d'Explosivité : 75 % vol.
Énergie minimale d'inflammation	20 µJ
Température d'auto-inflammation	585 °C
Énergie d'explosion	2,02 kg TNT/m³ gaz

Dans l'INB, le risque d'explosion lié à la charge des batteries électriques concerne :

- les locaux de charge des batteries des systèmes de transfert. En particulier, dans l'installation souterraine, la charge des batteries des engins de manutention associés aux alvéoles fait l'objet de locaux dédiés (locaux dits E1 et E13) ;

[39] Terme réglementaire, néanmoins il faut noter qu'à la concentration minimale de 4 %, il n'y a pas une explosion mais seulement une inflammation.

- les locaux de charge des batteries du réseau d'alimentation permanente (alimentation sans interruption (ASI). Chaque ASI possède une batterie.

La localisation détaillée des zones de recharge des batteries est présentée dans le tableau 3-7.

Tableau 3-7 Identification des zones de charge des batteries électriques

Désignation des équipements à risque d'explosion	Zone	Localisation
Batteries des systèmes de transfert	Locaux de charge des batteries de traction du bâtiment nucléaire	3 sas camions, niveau +12,00 m
		Sur-cellule du parc à hottes, niveau +12,00 m
	Zone de Soutien Logistique	Local E1 de charge des batteries des véhicules électriques de la ZSL exploitation
	Locaux de charge de l'installation souterraine	Local E13 de charge des batteries des locotracteurs de la ZSL exploitation
Batteries du réseau Alimentation Sans Interruption (ASI)	Bâtiment nucléaire	Locaux ASI du bâtiment EP1, niveaux +6,00 m et +12,00 m
	Installation souterraine	Locaux ASI des recoupes techniques CFO/CFI de la ZSL exploitation, des galeries de liaison MA-VL, HA0, HA1/HA2, des galeries d'accès HA0, HA1/HA2, de la galerie de retour d'air MA-VL

3.3.2.2 Les dispositions de prévention

Les dispositions de prévention visent en premier lieu à éviter que la concentration en hydrogène produit par les batteries n'atteigne le domaine d'explosivité :

- dispositions de prévention visant à prévenir l'atteinte du domaine d'explosivité de l'hydrogène :
  - ✓ le recours à des technologies de batteries étanches, à recombinaison de gaz, à faible dégagement d'H_2 (batteries à recombinaison d'hydrogène avec soupape de sécurité, le taux de recombinaison de l'hydrogène variant de 95 % à 99 %) ;
  - ✓ le recours à des chargeurs à recharge rapide (recharge estimée à 10 heures) ;
  - ✓ la ventilation des zones de charge des batteries en vue d'assurer une dilution adaptée de l'hydrogène (selon les cas, *via* la ventilation conventionnelle ou nucléaire) ;
  - ✓ la ventilation des sas camions est une ventilation conventionnelle avec un débit de renouvellement d'air de l'ordre de 1 300 à 1 700 $m^3.h^{-1}$;
  - ✓ la ventilation de la sur-cellule du parc à hotte est une ventilation nucléaire avec un taux de renouvellement de 1 volume par heure (débit de l'ordre de 5 000 $m^3.h^{-1}$) ;
  - ✓ en cas de perte de la ventilation, les délais d'atteinte de 3 % d'H_2 (75 % de la LIE) ont été estimés entre 20 heures (cas du sas camion 006-601) et 540 heures (cas de la sur-cellule du parc à hottes). Ces délais sont *a minima* équivalent au double du délai estimé de charge des batteries ;
  - ✓ l'asservissement de la charge des batteries au fonctionnement effectif de la ventilation ;
- dispositions de prévention visant à prévenir les sources d'ignition :
  - ✓ la mise en place d'un zonage Atex autour des zones de charge (*via* une signalisation) permettant de les isoler des sources d'ignition (la présence d'équipements électriques ou susceptibles de produire une décharge électrostatique étant interdite au sein de la zone Atex). Une zone Atex 1 est définie autour des postes de charge (zone d'exclusion de 1 mètre).

3.3.2.3 Les dispositions de détection et de surveillance

Les dispositions permettant de détecter et de maîtriser les écarts au fonctionnement normal dans les zones de charge des batteries sont les suivantes :

- la formation du personnel intervenant dans les zones à risque Atex ;
- la surveillance de la concentration en hydrogène au moyen de détecteurs. Sur détection d'hydrogène, la charge en cours de la batterie est automatiquement interrompue ;
- la surveillance du fonctionnement de la ventilation au travers de rondes périodiques. La charge des batteries étant asservie au bon fonctionnement de la ventilation, toute perte de la ventilation entraînerait l'interruption de la charge (un arrêt manuel de la charge des batteries étant également possible).

3.3.2.4 Les dispositions de limitation des conséquences en situation accidentelle

La charge des batteries est réalisée dans des locaux situés à distance du process nucléaire.

En particulier, les locaux E1 et E13 de l'installation souterraine sont implantés dans les galeries hors process, à l'écart des opérations d'exploitation (zone de soutien logistique). Ils n'accueillent que les véhicules électriques et les locotracteurs et ne participent pas au maintien de fonctions de sûreté.

Le local E1 est compartimenté en trois zones distinctes délimitées par des voiles résistants au feu (performance EI 120). Chaque compartiment est équipé de clapets coupe-feu à l'admission et à l'extraction d'air de manière à reconstituer la sectorisation EI 120 des voiles au niveau de chaque traversée.

Le local E13 est cloisonné (performance EI 120) et équipé de clapets coupe-feu à l'admission et à l'extraction d'air.

En ce qui concerne les équipements électriques implantés dans les locaux adjacents (TGBT, onduleurs, etc.), leur défaillance, en cas d'explosion se produisant à proximité, n'est pas susceptible d'entraîner une perte d'alimentation électrique puisque les batteries alimentant les récepteurs vitaux du process nucléaire sont redondées et implantées dans différents locaux, afin de garantir la disponibilité d'au moins une voie d'alimentation électrique à tout moment.

3.3.3 L'analyse des risques liés au dégagement de vapeurs inflammables

3.3.3.1 La présentation des risques

Les liquides inflammables présentent un risque d'explosion lorsqu'ils se trouvent sous forme vapeur à une température supérieure au point éclair.

Les liquides volatils susceptibles de produire des vapeurs inflammables sont des solvants organiques (ou autres produits chimiques contenant des solvants tels que des peintures, des dégraissants, des détergents) utilisés pour l'entretien et la maintenance de l'installation en phase de fonctionnement.

Ce risque concerne le bâtiment nucléaire de surface, tout entreposage de substances dangereuses étant limité au strict minimum dans l'installation souterraine.

Les produits sont stockés en faible quantité dans des armoires sécurisées dans les ateliers de maintenance et dans les laboratoires du bâtiment nucléaire de surface et du bâtiment sûreté/sécurité/environnement ainsi que dans les ateliers et magasins.

Il existe différents types de solvants organiques (hydrogénés ou oxygénés). L'acétone est retenue comme représentative des autres solvants car elle est couramment utilisée dans le cadre d'activités de maintenance et elle présente les propriétés explosives pénalisantes vis-à-vis d'autres substances d'utilisation courante (ex : méthanol, acétate d'éthyle…), tel que le point éclair le plus bas.

Tableau 3-8 Identification des locaux à risque d'explosion lié au dégagement de vapeurs inflammables

Désignation des substances à risque d'explosion	Zone	Localisation
Solvants	Bâtiment nucléaire de surface EP1	Local de traitement des déchets, niveau +12,00 m
		Local de maintenance des hottes, niveau +0,00 m
		Local d'entretien, niveau +12,00 m
		Laboratoire d'analyses, niveau +12,00 m
		Ateliers et magasins froids, niveau +12,00 m
		Ateliers chauds, niveaux +6,00 m et +12,00 m
		Atelier et magasin palettes niveau +12,00 m

3.3.3.2 Les dispositions de prévention

Les dispositions visant à prévenir les risques liés au dégagement de vapeurs inflammables au sein du bâtiment nucléaire reposent sur la sélection de solvants organiques présentant les propriétés les moins inflammables possibles ou, à défaut, la limitation au juste besoin des quantités en présence :

- l'entreposage dans des armoires sécurisées, sur rétention, dans des locaux dédiés et bidons fermés ;
- la limitation des volumes stockés au regard des volumes des locaux ;
- la mise en place d'une ventilation adaptée des zones d'entreposage ou, à défaut, d'armoires ventilées ;
- l'établissement de procédures de sécurité lors du transport et de la manipulation des produits (ex : procédures de type permis de feu pour éviter les sources d'ignition).

3.3.3.3 Les dispositions de détection et de surveillance

Les dispositions permettant de détecter et de maîtriser les écarts au fonctionnement normal dans les zones d'entreposage de solvants organiques reposent sur la détection d'une fuite au moyen de la surveillance visuelle des systèmes de rétention par les opérateurs, ces derniers étant formés aux risques présents à leur poste de travail, conformément au code du travail (risques chimiques et risque ATEX notamment).

3.3.3.4 Les dispositions de limitation des conséquences en situation accidentelle

Compte-tenu de l'entreposage des sources de dangers à l'écart des cibles de sûreté (armoires dédiées), l'explosion de vapeurs inflammables au sein du bâtiment nucléaire de surface n'est pas susceptible d'impacter les cibles de sûreté.

3.3.4 L'analyse des risques liés au dégagement d'ozone par le générateur à rayons X à haute énergie

3.3.4.1 La présentation des risques

Dans le cas où les colis de déchets radioactifs feraient l'objet d'un contrôle, ces derniers pourraient être analysés au moyen d'un générateur de radiographie à rayons X à haute énergie (RX HE). L'utilisation de cet équipement génère de l'ozone (O_3).

Même si l'ozone, très instable, se décompose rapidement en oxygène à température ambiante (durée de vie limitée à 50 minutes), il est susceptible de constituer, avec l'air, un mélange explosif, dès lors que sa teneur atteint 9 % en volume.

Ce risque concerne le local RX HE situé dans le bâtiment nucléaire, au niveau +0,0 mètre.

Une explosion consécutive au dégagement d'ozone pendant l'utilisation du générateur RX HE serait susceptible de conduire à l'endommagement d'un colis en cours d'analyse et à des conséquences radiologiques (par rupture de confinement).

3.3.4.2 Les dispositions de prévention

Les dispositions de prévention visent principalement à éviter l'atteinte d'une concentration en ozone comprise dans les limites d'explosivité :

- la mise en place d'une ventilation adaptée dans le local en vue d'assurer le brassage et la dilution de l'ozone produit (l'O_3 étant plus dense que l'air et le local RX HE disposant d'un volume d'environ 100 m^3) ;
- l'asservissement du fonctionnement du générateur RX HE au fonctionnement effectif de la ventilation (coupure des tirs radiographiques sur détection de l'arrêt de la ventilation) ;
- la mise en place d'une procédure d'attente entre deux tirs permettant la décomposition de l'O_3 généré ;
- l'absence de sources d'ignition.

3.3.4.3 Les dispositions de détection et de surveillance

Les dispositions permettant de détecter et de maîtriser les écarts au fonctionnement normal dans le local RX HE sont les suivantes :

- la surveillance du taux d'O_3 au moyen de capteurs. En cas de dépassement d'une concentration en O_3 de 2,5 % (≈25 % de la LIE), la porte-bouchon d'accès au générateur RX HE reste close et l'équipement cesse de fonctionner (verrouillage des tirs) ;
- la surveillance du fonctionnement de la ventilation nucléaire au travers :
  - ✓ de remontées d'alarmes en salle de conduite. Le fonctionnement du générateur RX HE étant asservi au bon fonctionnement de la ventilation, toute perte de la ventilation entraînerait l'interruption des tirs ;
  - ✓ d'essais périodiques permettant de vérifier que les débits de ventilation produits sont bien supérieurs aux débits requis.

3.3.4.4 Les dispositions de limitation des conséquences en situation accidentelle

Compte-tenu des dispositions de prévention et de surveillance mises en œuvre vis-à-vis des risques liés au dégagement d'ozone dans le local RX HE, robustes et diversifiées (mise en œuvre d'une ventilation, asservissement du fonctionnement du générateur RX HE au fonctionnement effectif de la ventilation, surveillance du taux d'ozone, etc.), l'occurrence d'une explosion dans ce local est exclue.

3.3.5 Le risque d'explosion de bouteilles de gaz inflammables

Différents gaz inflammables, conditionnés dans des bouteilles, sont utilisés au sein de l'INB pour les besoins de l'exploitation. Il peut s'agir en particulier de bouteilles d'acétylène nécessaires aux opérations de découpe ou de soudure par points chauds.

Les dispositions mises en œuvre pour se prémunir des risques sont les suivantes :

- en surface, les bouteilles de gaz sont stockées verticalement dans un local dédié situé à l'extérieur (ventilation naturelle), grillagé, couvert et maintenu fermé ;
- en souterrain, les bouteilles sont transportées par un chariot ou un cadre prévu pour le transport de bouteilles de gaz avec arrimage afin de prévenir leur chute ;
- les locaux dans lesquels sont utilisées les bouteilles de gaz sont ventilés. Leur utilisation n'est pas prévue en coactivité avec le process nucléaire et est suivie par un coordinateur chantier ;
- en cas d'arrêt prolongé ou accidentel de la ventilation, l'utilisation des bouteilles de gaz est proscrite ;
- les bouteilles sont équipées d'éléments de sécurité tels que des limiteurs de débit, joint auto-serreur, joint d'étanchéité, détecteur de fuite et autres dispositifs de sécurité.

3.4 Les risques liés à la perte de l'alimentation électrique

3.4.1 La présentation des risques

L'analyse de risques de perte de l'alimentation électrique s'appuie sur les éléments descriptifs du volume 5 du présent rapport.

En rappel, l'alimentation électrique de l'INB est assurée par un raccordement sur la ligne existante Houdreville/Mery.

Pour la distribution haute tension, celle-ci se compose de deux postes, permettant chacun la livraison du 90 kV reçu de l'externe et la transformation 90/20 kV ; ces deux postes sont implantés, l'un sur la zone descenderie et l'autre sur la zone puits.

La distribution basse tension est assurée par des sous-stations. Ces sous stations sont situées, à chaque niveau du bâtiment nucléaire, dans deux zones distinctes et dans les différents locaux techniques de l'installation souterraine et de ses émergences de surface.

Les risques de perte de l'alimentation électrique ont pour origine :

- la perte de l'alimentation électrique RTE (dont font partie les postes de transformations 400/90 kV) ;
- l'agression ou la défaillance d'un équipement constitutif du réseau électrique interne à l'INB.

Les agressions potentielles sont présentées au chapitre 1 du présent volume.

La perte de l'alimentation électrique peut conduire à l'indisponibilité des équipements alimentés par le réseau électrique et ayant pour fonction :

- d'assurer la maîtrise des fonctions de sûreté ;
- d'assurer la surveillance de l'installation ;
- de protéger les équipements participant à l'accomplissement ou à la surveillance des fonctions de sûreté contre les différents risques liés à l'installation ;
- d'assurer la mitigation ou la sauvegarde lors de situations accidentelles ;
- de permettre la limitation dans le temps et dans l'espace des conséquences d'accidents d'extension du dimensionnement.

3.4.2 Les dispositions générales de maîtrise des risques

3.4.2.1 Les dispositions de prévention des risques

Ces dispositions sont :

- les équipements et réseaux sont conformes aux normes en vigueur ;
- la protection électriques des lignes d'alimentation et des équipements ;
- la maintenance préventive des équipements électriques ;
- les essais périodiques des différents constituants du réseau.

La prévention du risque de perte de l'alimentation électrique repose également sur une architecture robuste de distribution composée :

- d'une alimentation normale haute tension 20 kV assurée par les deux postes de transformation/distribution 90/20 kV respectivement de la zone puits et de la zone descenderie ; pour chaque zone, la distribution se fait par deux voies d'alimentation indépendantes et redondées (Voie A et Voie B) ;
- d'une alimentation normale basse tension (690 V et 400 V selon les récepteurs électriques associés) depuis les tableaux généraux haute tension (TGBT) placés dans les différentes sous-stations et permettant l'abaissement de la tension de 20 kV à 690 V ou 400 V selon les cas. La distribution de l'alimentation basse tension se fait par deux voies d'alimentation indépendantes pour l'alimentation des récepteurs électriques basse tension le nécessitant ;
- d'une alimentation secourue assurée par un ensemble de groupes électrogènes ;
- de dispositifs d'alimentation sans interruption (ASI) permettant de maintenir en permanence l'alimentation de certains récepteurs.

De plus, différentes catégories de récepteurs sont définis en fonction de la sensibilité de la perte d'alimentation électrique des récepteurs, en particulier vis-à-vis de la sûreté :

- **récepteurs non-prioritaires (NP) :** en cas de perte du réseau basse tension, haute tension ou du réseau RTE, ces récepteurs sont délestés et ne sont plus alimentés électriquement ;
- **récepteurs secourus :** en cas de perte du réseau basse tension, haute tension de l'INB ou du réseau RTE, l'alimentation de ces récepteurs électriques est assurée. Il existe trois familles de récepteurs secourus selon la sensibilité du récepteur et les conséquences engendrées par la perte de leur alimentation électrique :
  - ✓ **récepteurs vitaux (V)** : récepteurs sensibles à la mise hors-tension ou pour lesquels la continuité de fonctionnement doit être assurée instantanément d'un point de vue sûreté lors d'une perte de l'alimentation. Ces récepteurs ne connaissent pas de mise hors-tension en cas de coupure de courant ;

- ✓ **récepteurs essentiels (E)** : récepteurs non tolérant à une coupure de longue durée ou dont l'alimentation électrique est nécessaire rapidement afin d'assurer la sûreté de l'installation ou afin de ne pas dégrader un équipement ;
- ✓ **récepteurs prioritaires (P)**[40] **:** récepteurs peu sensibles à une mise hors-tension de courte durée ou dont l'alimentation électrique est nécessaire à moyen terme afin d'assurer la sûreté de l'installation ou afin de ne pas dégrader un équipement.

Afin d'alimenter ces différents types de récepteurs, l'architecture électrique intègre trois réseaux :

- le réseau non prioritaire alimentant les récepteurs non prioritaires ;
- le réseau secours alimentant les récepteurs prioritaires et essentiels ;
- le réseau permanent pour les récepteurs vitaux.

3.4.2.2 Les dispositions de surveillance de l'alimentation électrique

La surveillance du réseau électrique est réalisée à travers le système de gestion technique électrique (GTE). Ce réseau assure la surveillance des défauts sur les réseaux électriques ainsi que l'état des composants constituant le réseau électrique.

Cette surveillance par le réseau de gestion technique électrique est réalisée à travers le contrôle de l'état électrique du réseau par la surveillance des équipements du réseau :

- des jeux de barres de l'alimentation haute tension B (HTB) et haute tension A (HTA) ;
- des tableaux généraux basse tension (TGBT) implantés dans les sous stations ;
- des tableaux divisionnaires (TD) ;
- des équipements actifs (ASI, inverseurs de sources…).

3.4.2.3 Les dispositions de limitation des conséquences

Le réseau de gestion technique électrique permet également la réalisation d'actions sur le réseau électrique. À titre d'exemple, en cas de défaut ou de changement d'état détecté sur une voie d'alimentation, le système de gestion technique électrique reconfigure le réseau en basculant l'alimentation des récepteurs électriques secourus sur la seconde voie.

En cas de perte du réseau RTE ou de l'intégralité de l'alimentation haute tension normale (HTA), le système de gestion technique électrique permet :

- l'isolement des sources d'alimentation perdues ;
- le délestage des récepteurs appropriés ;
- la mise en service des groupes électrogènes de secours ;
- la reconfiguration appropriée du réseau haute tension ;
- le relestage temporisé et priorisé des récepteurs appropriés.

3.4.2.3.1 Cas de la perte d'une voie d'alimentation électrique

En cas de perte d'un équipement électrique entrainant l'indisponibilité d'une voie d'alimentation normale sur le réseau haute ou basse tension, l'alimentation des récepteurs secourus est basculée sur la seconde voie d'alimentation normale. L'alimentation par deux voies des récepteurs secourus permet de continuer à les alimenter. Ces deux voies d'alimentation sont séparées géographiquement.

[40] Tout comme les récepteurs essentiels, les récepteurs prioritaires sont réalimentés par le réseau secouru dans un délai maximal de 30 minutes.

3.4.2.3.2 Cas de la perte de la fourniture en alimentation électrique haute tension

En cas de perte du réseau RTE ou de l'intégralité du poste de transformation et de distribution 90/20 kV, la mise en place d'une architecture électrique associant des groupes électrogènes de secours et des alimentations sans interruption (ASI) permet de maintenir l'alimentation électrique des différents récepteurs secourus de l'installation. Les ASI permettent d'alimenter sans coupure les récepteurs vitaux le temps du démarrage des groupes électrogènes et du relestage priorisé des différents récepteurs sur le réseau dans un délai de 30 minutes. Ces ASI sont redondées.

La centrale de secours alimente tous les récepteurs secourus lors d'une défaillance totale du poste de transformation et de distribution 90/20 kV ou d'une coupure longue de l'alimentation externe (lié au fournisseur d'énergie RTE). L'alimention en secouru permet de mettre en état sûr les installations/ouvrages à risques (cibles de sûreté) et de maintenir les équipements de sécurité et de sûreté opérationnels.

3.4.3 Les dispositions spécifiques de maîtrise du risque

3.4.3.1 Les équipements de ventilation

Les fonctions portées par la ventilation sont présentées dans le chapitre 3.6 du présent volume.

La perte de la ventilation nucléaire du bâtiment nucléaire de surface n'a pas d'impact sur l'évacuation des gaz de radiolyse et sur l'évacuation de la puissance thermique des colis (cf. Chapitre 2.4 et 2.5 du présent volume).

S'agissant de l'installation souterraine, la ventilation nucléaire participe à la maîtrise :

- de l'évacuation des gaz de radiolyse des alvéoles MA-VL ;
- du confinement des substances radioactives dans les alvéoles MA-VL ;
- de la surveillance de l'installation *via* la surveillance aux émissaires ;
- de la maîtrise du risque d'incendie.

Le système d'extraction de la ventilation nucléaire de l'installation souterraine permet le maintien des trois premières fonctions.

La ventilation conventionnelle du bâtiment nucléaire de surface et celles des émergences de surface (têtes de descenderie colis et service, tête de puits air frais et air vicié) participent à la maîtrise du conditionnement de l'air de leurs locaux électriques.

La perte de l'alimentation électrique peut entrainer l'indisponibilité des équipements de la ventilation nucléaire et conventionnelle et donc la perte de ses fonctions.

Afin de limiter les conséquences, le réseau d'alimentation électrique de secours alimente les équipements suivants :

- pour le bâtiment nucléaire de surface :
  - ✓ le réseau de ventilation conventionnel ;
  - ✓ le réseau d'extraction C2/C4** ;
- pour l'installation souterraine :
  - ✓ le réseau de soufflage de la ventilation nucléaire ;
  - ✓ le réseau d'extraction de la ventilation nucléaire ;
- pour les émergences de surface :
  - ✓ le réseau de ventilation conventionnel.

3.4.3.2 Les équipements de climatisation et de conditionnement

Les équipements électriques présents dans les locaux techniques électriques qui assurent ou participent à l'accomplissement de fonctions de sûreté sont sensibles à la chaleur et conduisent à une forte dissipation thermique en fonctionnement.

Un conditionnement de l'air des locaux techniques électriques est mis en place afin de ne pas agresser thermiquement ces équipements et entrainer leur indisponibilité (cf. Chapitre 3.5.1 du présent volume et 3.6 du présent volume).

Le conditionnement de l'air des locaux techniques électriques de l'INB est assuré par :

- la ventilation conventionnelle du bâtiment nucléaire de surface et des émergences de surface ;
- le réseau d'eau glacée pour les bâtiments nucléaires de surface ;
- le réseau d'eau glacée des locaux techniques des puits ventilation air vicié exploitation ;
- le réseau d'eau glacé des locaux techniques des puits ventilation air frais exploitation ;
- le réseau d'eau glacée de l'usine de ventilation implantée dans le puits de ventilation air frais exploitation ;
- le réseau d'eau glacée en fond ;
- le réseau de refroidissement par détente directe de l'installation souterraine.

La perte de l'alimentation électrique de ces équipements entraine la perte du conditionnement de l'air des locaux techniques électriques pouvant conduire à l'atteinte de températures en dehors du domaine fonctionnement des équipements assurant une fonction de protection.

Ces conséquences ont conduit à alimenter par le réseau d'alimentation électrique de secours les équipements suivants :

- le réseau d'eau glacée en fond et le réseau de refroidissement par détente directe de l'installation souterraine afin de conserver les équipements électriques assurant la mise en sécurité de l'installation en cas d'incendie ainsi que la surveillance de l'installation souterraine ;
- le réseau d'eau glacée locaux techniques puits ventilation air vicié exploitation afin de conserver la ventilation d'extraction de l'installation souterraine ;
- la ventilation conventionnelle du bâtiment nucléaire de surface et des émergences de surface afin de conserver les équipements électriques assurant la mise à l'état sûr de l'installation ainsi que la surveillance du bâtiment nucléaire de surface.

Pour les réseaux d'eau glacée non alimentés par le réseau de secours, l'analyse de leur perte est présentée dans le chapitre 3.5.1 du présent volume et ne nécessite pas leur alimentation par le réseau de secours.

3.4.3.3 Les équipements de manutention

La perte de l'alimentation électrique des équipements de manutention peut engendrer de potentiels risques de collision et de lâcher des charges manutentionnées.

Les équipements manutentionnant les colis de déchets radioactifs aux hauteurs plus importantes que celles pour lesquelles ils sont qualifiés, sont susceptibles de remettre en cause le confinement des substances radioactives en cas de chute de charge (cf. Chapitre 3.1 du présent volume).

La majorité des opérations de manutention se fait à une hauteur en dessous de la hauteur de qualification des colis. Les engins de manutention, manutentionnant à plus de 1,2 mètre de hauteur des charges contenant des substances radioactives (hauteur de qualification des colis), sont alimentés par le réseau secouru afin de pouvoir les affaler rapidement de mettre l'installation à l'état sûr.

Les équipements de transfert et de levage sont munis de freins à sécurité positive (cf. Chapitre 3.1 du présent volume) permettant de stopper tout mouvement de transfert et de sécuriser les charges manutentionnées en cas de perte d'énergie.

3.4.3.4 Les équipements de contrôle commande

Au sein des installations, des équipements du contrôle commande ont pour fonctions (cf. Chapitre 3.8 du présent volume) :

- le contrôle et la surveillance du process nucléaire ;
- la surveillance radiologique et des fonctions de sûreté vis-à-vis de l'exposition ;
- la maitrise du risque de criticité ;
- le confinement des locaux à risques de dissémination de substances radioactives ;
- l'évacuation des gaz de radiolyse et de corrosion ;
- la maîtrise du risque d'incendie.

La perte de l'alimentation électrique des équipements de contrôle commande entraine la potentielle remise en cause de la maîtrise de ces fonctions.

Afin de fiabiliser l'alimentation électrique des récepteurs du contrôle commande les exigences, liés à la sûreté, d'alimentation des récepteurs électriques du contrôle commande sont présentés dans le tableau 3-9, ci-dessous.

Tableau 3-9 Besoin sûreté de l'alimentation des différents récepteurs CC

Réseaux	Réseau secours	Réseau permanent
Radioprotection (RP)	/	Les équipements permettant la surveillance de l'exposition externe et la contamination dans les locaux et zones à risques Les équipements permettant la surveillance des rejets gazeux
Contrôle commande process nucléaire (CC)	Les équipements permettant l'affalage des charges par les ponts de manutention levant des charges à plus de 1,2 mètres	/
Gestion de la ventilation nucléaire (GVN)	Les équipements permettant la surveillance et le pilotage de la ventilation nucléaire Les équipements permettant la manœuvre des clapets coupe-feu	
Système sécurité incendie (SSI)	Les équipements permettant la détection ainsi que la mise en sécurité vis à vis du risque incendie[41]	/
Gestion Technique Électrique (GTE)	/	Les équipements permettant le délestage, la reconfiguration et la surveillance du réseau électrique

[41] Équipements alimentés par une alimentation électrique de sécurité (AES) d'une autonomie de 12 heures (source de secours).

3.4.3.5 Le Poste Central de Sécurité (PCS) et le Poste de Commandement et Coordination (PCC)

Les fonctions du PCS et du PCC dans la gestion d'une situation de crise sont détaillées dans le chapitre 11 du présent volume.

La perte de l'alimentation électrique peut engendrer la perte de ces fonctions et impacter la gestion de crise.

Afin de fiabiliser l'alimentation électrique du PCS et du PCC, le bâtiment Santé/Sécurité/Environnement les abritant dispose d'un moyen de production de secours local (ilotage) dédié assurant la production d'électricité en cas de perte de la fourniture d'électricité (Groupe Électrogène Fixe ou GEF).

3.4.3.6 Le système d'air comprimé

Les dispositions de maitrise du risque lié à la perte de l'air comprimé et présentées dans le chapitre lié à la perte des fluides (cf. Chapitre 3.5.3 du présent volume) sont suffisantes et ne nécessitent pas de l'alimentation des systèmes d'air comprimé par le réseau secouru.

3.4.4 La synthèse

La perte de l'alimentation électrique peut engendrer l'arrêt d'équipements nécessaires à la maitrise de fonctions de sûreté suivantes :

- le confinement des substances radioactives des colis de déchets MA-VL ;
- l'évacuation des gaz formés par radiolyse des colis de déchets MA-VL
- la maitrise du risque de criticité.

La perte de l'alimentation électrique peut impacter la maitrise :

- de la surveillance des installations ;
- du risque d'incendie ;
- du conditionnement de l'air des locaux techniques électriques.

Afin de fiabiliser l'alimentation électrique des récepteurs ayant un rôle dans la maitrise des fonctions précitées, les dispositions de conception et de gestion de l'alimentation électrique sont :

- une architecture électrique robuste et conforme aux normes en vigueur ;
- la surveillance du réseau électrique et son maintien opérationnel par le réseau de contrôle commande de gestion technique électrique avec la surveillance des défauts électriques du réseau ;
- les dispositions de limitation des conséquences reposent sur :
  - ✓ une alimentation normale redondée pour les récepteurs électriques importants pour la sûreté ;
  - ✓ une alimentation secourue par des groupes électrogènes et des alimentations sans interruption pour les récepteurs électriques importants pour la sûreté ;
  - ✓ la gestion du réseau électrique et sa reconfiguration par le système de gestion électrique afin de fournir une disponibilité maximum aux récepteurs secourus dans les situations accidentelles.

3.5 Les risques liés à la perte des fluides

3.5.1 Les risques liés à la perte des fluides de refroidissement

3.5.1.1 La présentation des risques

Les réseaux de refroidissement ont pour but principal de conditionner l'air circulant dans les installations de l'INB afin de réguler la température à l'intérieur des bâtiments ou des équipements décentralisés.

Les réseaux sont les suivants :

- le réseau d'eau glacée du bâtiment nucléaire de surface ;
- le réseau d'eau glacée de surface de l'usine de ventilation implantée dans le puits de ventilation air frais exploitation (eau glacée de surface) ;
- le réseau d'eau glacé des locaux électriques puits ventilation air frais exploitation ;
- le réseau d'eau glacée des locaux techniques puits ventilation air vicié exploitation ;
- le réseau d'eau glacée en fond de l'installation souterraine fonctionnant en circuit fermé ;
- le réseau de refroidissement par détente directe de l'installation souterraine fonctionnant en circuit fermé.

Les fonctions assurées par les réseaux de refroidissement sont présentées dans le tableau 3-10.

Tableau 3-10 Fonctions assurées par les réseaux de refroidissement

Réseau	Fonctions assurées
Réseau d'eau glacée du bâtiment nucléaire de surface	Refroidissement des locaux électriques (en particulier les locaux contenant des cibles de sûreté)
Réseau d'eau glacée de surface	Refroidissement des galeries de l'installation souterraine
Réseau d'eau glacée locaux techniques puits ventilation air frais exploitation	Refroidissement des locaux électriques de l'usine de soufflage de l'installation souterraine
Réseau d'eau glacée locaux techniques puits ventilation air vicié exploitation	Refroidissement des locaux électriques de l'usine d'extraction de l'installation souterraine
Réseau d'eau glacée en fond **Réseau de refroidissement par détente directe**	Refroidissement des locaux électriques de l'installation souterraine (en particulier les locaux contenant des cibles de sûreté)

La perte ou la défaillance d'un équipement actif ou passif des réseaux de refroidissement est susceptible de conduire à une dégradation des performances voire la perte des capacités de refroidissement de l'INB et donc des fonctions présentées dans le tableau 3-10.

3.5.1.2 L'analyse de la perte du réseau d'eau glacée du bâtiment nucléaire de surface

3.5.1.2.1 L'analyse de la perte du réseau d'eau glacée sur les fonctions assurées

Les conséquences potentielles de la perte du réseau d'eau glacée concernent le refroidissement en particulier des locaux électriques.

Cette perte de refroidissement peut induire une augmentation de la température des équipements assurant l'alimentation électrique des différents récepteurs nécessaires à la maitrise de la sûreté. La température d'ambiance doit permettre de garantir le bon fonctionnement des équipements électriques[42]. Dans le cas contraire, les conséquences peuvent être, à terme, une perte d'alimentation électrique ou la remise en cause des récepteurs.

3.5.1.2.2 Les dispositions de maîtrise des risques de perte du réseau d'eau glacée du bâtiment nucléaire de surface

a) Les dispositions de prévention

Les risques de perte de refroidissement liés à la défaillance d'équipements du réseau d'eau glacée du bâtiment nucléaire de surface sont prévenus par une conception suivant les normes et réglementations en vigueur.

b) Les dispositions de surveillance

Les principaux paramètres surveillés sont les suivants :

- température des locaux ;
- pression et débits dans les réseaux ;
- état de fonctionnement des équipements actifs du réseau.

c) Les dispositions de limitation des conséquences

La perte totale du réseau d'eau glacée entraine la mise à l'état sûr qui consiste à stopper les opérations en cours et à affaler les colis dans une zone appropriée sur détection d'une dérive d'un des paramètres surveillés présentés ci-avant.

L'éventualité d'une perte totale du réseau d'eau glacée du bâtiment nucléaire de surface est envisageable en cas de perte des alimentations électriques, en cas de perte du réseau d'eau glacée produite en zone utilités ou en cas de défaillance d'un équipement.

La perte totale du réseau d'eau glacée conduirait à une dégradation des capacités de refroidissement des locaux contenant des équipements électriques sensibles aux hautes températures. Dans cette situation, les récepteurs électriques n'ayant pas de fonction de sûreté sont délestés sur détection de dérive de la température des locaux afin de limiter la montée en température dans les locaux électriques ayant perdu leur refroidissement.

Compte tenu d'un maintien de la ventilation conventionnelle, le niveau de température reste acceptable pour conserver le fonctionnement des équipements électriques nécessaires à la mise ou au maintien à l'état sûr dans la majorité des locaux. Pour les autres locaux, des groupes froids autonomes mobiles sont mis en place pour disposer d'une température d'ambiance garantissant le bon fonctionnement des équipements électriques. Ces dispositions sont mises en place sur détection de la perte de refroidissement.

[42] Des températures d'ambiance dans les locaux allant jusqu'à 50 °C ne remettraient pas en cause le fonctionnement des matériels électriques/électroniques assurant une fonction de sûreté.

Concernant les équipements électriques implantés dans les locaux où sont présents les colis de déchets, la perte de refroidissement peut conduire à une augmentation de températures (cf. Chapitre 2.4 du présent volume). Néanmoins, l'atteinte de cette température sera suffisamment lente pour permettre le rétablissement de la fonction de refroidissement dans ces locaux. Par ailleurs, Il est envisageable de couper l'admission d'air au soufflage pour limiter l'apport de chaleur par l'extérieur de l'installation, en fonction des conditions météorologiques extérieures.

En cas de défaillance intrinsèque d'un équipement du réseau d'eau glacée, une maintenance corrective est mise en place dès la détection de la défaillance afin de remettre en état le réseau.

3.5.1.3 L'analyse de la perte du réseau d'eau glacée de surface

3.5.1.3.1 L'analyse de la perte du réseau d'eau glacée de surface sur les fonctions assurées

La perte du réseau d'eau glacée de surface pourrait conduire, en période estivale, à souffler de l'air dans l'installation souterraine à une température trop élevée induisant, à terme, la perte des équipements électriques (équipements de surveillance radiologique, détection incendie) implantés directement en galeries.

3.5.1.3.2 Les dispositions de maîtrise des risques liées à la perte du réseau d'eau glacée de surface

a) Les dispositions de prévention

Les dispositions de prévention mises en place vis-à-vis de la perte de refroidissement liée à la défaillance du réseau d'eau glacée de surface sont les suivantes :

- conception des réseaux suivant les normes et réglementations en vigueur ;
- architecture du réseau d'eau glacée composée de deux boucles alimentant les batteries froides. Chaque boucle alimente deux des quatre batteries froides présentes par centrale de traitement d'air (CTA).

b) Les dispositions de surveillance

Les principaux paramètres surveillés sont les suivants :

- température des locaux ;
- pression et débits dans les réseaux ;
- état de fonctionnement des équipements actifs du réseau.

c) Les dispositions de limitation des conséquences

La perte totale du réseau d'eau glacée de surface entraine la mise à l'état sûr de l'installation souterraine sur détection d'une dérive d'un des paramètres surveillés présentés ci-avant. Cet état sûr consiste à stopper les opérations en cours et à affaler les colis dans une zone appropriée.

L'éventualité d'une perte totale du réseau d'eau glacée de surface, et donc l'insufflation d'air au fond à des températures trop élevées en période estivale dans les galeries, est envisageable en cas de perte des alimentations électriques extérieures, en cas de chute d'avion sur le puits de ventilation air frais exploitation, en cas de séisme ou en cas de perte du réseau d'eau glacée produite par la zone utilités.

Malgré la perte de refroidissement, les températures d'ambiance dans les galeries de l'installation souterraine restent suffisamment faibles pour conserver le fonctionnement des équipements électriques présentés au chapitre 3.5.1.3.1 du présent volume.

Dans le cas spécifique d'une chute d'avion sur l'usine de ventilation du puits de ventilation air frais exploitation, cette dernière devenant inopérante, conformément aux dispositions retenues au chapitre 4.1 du présent volume, l'apport d'air dans l'installation souterraine est réalisé de manière passive *via* la descenderie service. En période estivale, bien que l'apport d'air neuf ne soit pas refroidi, les températures ambiantes dans les galeries ne sont pas susceptibles de remettre en cause le fonctionnement des équipements électriques présents.

En cas de défaillance intrinsèque d'un équipement du réseau d'eau glacée de surface, une maintenance corrective est mise en place dès la détection de la défaillance afin de remettre en état le réseau dans les plus brefs délais.

3.5.1.4 L'analyse de la perte du réseau d'eau glacée des locaux techniques puits ventilation air frais exploitation

3.5.1.4.1 L'analyse de la perte du réseau d'eau glacée des locaux techniques puits ventilation air frais exploitation sur les fonctions assurées

La perte de refroidissement dans les locaux électriques de l'usine de ventilation de l'installation souterraine implantée dans le puits de ventilation air frais exploitation (zone puits) a pour conséquence l'augmentation de la température des équipements assurant l'alimentation électrique des ventilateurs[43]. Les conséquences sont, à terme, une perte d'alimentation électrique des récepteurs assurant la ventilation de soufflage de l'installation souterraine.

Une perte de soufflage est susceptible de dégrader les performances de la ventilation de l'installation souterraine. La perte de la ventilation de soufflage de l'installation souterraine est analysée au chapitre 3.6.3.2 du présent volume.

3.5.1.4.2 Les dispositions de maîtrise des risques liées la perte du réseau d'eau glacée des locaux techniques puits ventilation air frais exploitation

a) Les dispositions de prévention

Le réseau d'eau glacée des locaux techniques puits ventilation air frais exploitation est conçu suivant les normes et réglementations en vigueur.

Par ailleurs, le refroidissement des locaux électriques de l'usine de soufflage du puits de ventilation air frais exploitation est assuré par deux boucles de refroidissement indépendantes alimentant chacune une centrale de traitement d'air.

Chaque centrale de traitement d'air assure le refroidissement des équipements électriques associés à une voie d'alimentation électrique des ventilateurs de soufflage de l'installation souterraine.

Ainsi, la perte du réseau d'eau glacée des locaux techniques puits ventilation air frais exploitation est prévenue en cas de défaillance intrinsèque d'une boucle de refroidissement.

b) Les dispositions de surveillance

Les principaux paramètres surveillés sont les suivants :

- température des locaux ;
- pression et débits dans les réseaux ;
- état de fonctionnement des équipements actifs du réseau.

[43] Des températures d'ambiance dans les locaux allant jusqu'à 50 °C ne remettraient pas en cause le fonctionnement des matériels électriques/électroniques assurant une fonction de sûreté.

c) Les dispositions de limitation des conséquences

La perte totale du réseau d'eau glacée des locaux techniques puits ventilation air frais exploitation entraine la perte de la ventilation de soufflage de l'installation souterraine. Dans ces conditions l'installation est mise à l'état sûr sur détection d'une dérive d'un paramètre surveillé présenté ci-avant. Cet état sûr consiste à stopper les opérations en cours et à affaler les colis dans une zone appropriée.

L'éventualité d'une perte totale du réseau d'eau glacée des locaux techniques puits ventilation air frais exploitation est envisageable en cas de perte des alimentations électriques extérieures, en cas de séisme de dimensionnement ou en cas de perte du réseau d'eau glacée produite en zone utilités.

La perte du réseau est maîtrisée par la mise en place d'un groupe d'eau glacée mobile.

Cette disposition permet d'assurer une remise en fonctionnement de la ventilation dans un délai court.

NOTE IMPORTANTE

la perte du réseau d'eau glacée locaux techniques puits ventilation air frais exploitation peut également être due à une chute d'avion sur le puits de ventilation air frais exploitation. Dans ces conditions, la ventilation de soufflage est également perdue. De fait, le refroidissement des locaux techniques n'a plus d'utilité. Les risques de chute d'avion sur le puits de ventilation air frais exploitation sont traités au chapitre 4.1 du présent volume.

En cas de défaillance intrinsèque d'un équipement du réseau d'eau glacée locaux techniques puits ventilation air frais exploitation, une maintenance corrective est mise en place dès la détection de la défaillance afin de remettre en état le réseau incriminé dans les plus brefs délais.

3.5.1.5 L'analyse de la perte du réseau d'eau glacée des locaux techniques puits ventilation air vicié exploitation

3.5.1.5.1 L'analyse de la perte du réseau d'eau glacée des locaux techniques puits ventilation air vicié exploitation sur les fonctions assurées

La perte de refroidissement dans les locaux électriques de l'usine de ventilation de l'installation souterraine implantée dans le puits de ventilation air vicié exploitation (zone puits) a pour conséquence l'augmentation de la température des équipements assurant l'alimentation électrique des ventilateurs d'extraction de l'installation souterraine[44].

Les conséquences sont, à terme, une perte d'alimentation électrique des récepteurs assurant la ventilation d'extraction de l'installation souterraine.

Une perte de la ventilation d'extraction de l'installation souterraine conduirait à une perte de la maîtrise des gaz inflammables formés par radiolyse et la perte du système de confinement dynamique des alvéoles de stockage MA-VL.

3.5.1.5.2 Les dispositions de maîtrise des risques liés à la perte du réseau d'eau glacée des locaux techniques puits ventilation air vicié exploitation

a) Les dispositions de prévention

Le refroidissement des locaux électriques puits de ventilation air vicié exploitation est assuré par deux groupes froids indépendants alimentant chacun une centrale de traitement d'air. Chaque centrale de traitement d'air assure le refroidissement des équipements électriques associés à une voie d'alimentation électrique de l'usine de ventilation d'extraction de l'installation souterraine.

[44] Des températures d'ambiance dans les locaux allant jusqu'à 50 °C ne remettraient pas en cause le fonctionnement des matériels électriques/électroniques assurant une fonction de sûreté.

Cette architecture redondante permet de maintenir le refroidissement des locaux en cas de perte d'une voie de refroidissement. Ainsi, la perte du réseau d'eau glacée locaux techniques puits ventilation air vicié exploitation est prévenue en cas de défaillance d'un groupe froid ou de rupture d'une boucle de refroidissement.

Les équipements sont conçus et contrôlés suivant les normes et réglementations en vigueur.

b) Les dispositions de surveillance

Les principaux paramètres surveillés sont les suivants :

- température des locaux ;
- pression et débits dans les réseaux ;
- état de fonctionnement des équipements actifs du réseau.

c) Les dispositions de limitation des conséquences

La perte totale du réseau d'eau glacée des locaux techniques puits ventilation air vicié exploitation entraine la perte de la ventilation de d'extraction de l'installation souterraine. Dans ces conditions l'installation est mise à l'état sûr. Cet état sûr consiste à stopper les opérations en cours, à affaler les colis dans une zone appropriée et à mettre en confinement statique les alvéoles MA-VL sur détection d'une dérive d'un paramètre surveillé présenté au chapitre 3.6.3.2 du présent volume (par exemple, les débits d'air ou les cascades de dépression).

L'éventualité d'une perte totale du réseau d'eau glacée des locaux techniques puits ventilation air vicié exploitation est envisageable en cas de perte des alimentations électriques extérieures. Cette perte serait limitée dans le temps par la réalimentation des équipements *via* l'alimentation secourue assurée par les groupes électrogènes de secours.

Ainsi, le refroidissement des locaux électriques serait rétabli au même titre que l'alimentation des locaux électriques.

Ce rétablissement du refroidissement des locaux électriques permet donc d'assurer une reprise de la ventilation d'extraction et donc d'assurer la continuité du maintien à l'état sûr de l'installation souterraine.

En cas de défaillance intrinsèque d'un équipement du réseau d'eau glacée des locaux techniques puits de ventilation air vicié exploitation, une maintenance corrective est mise en place dès la détection de la défaillance afin de remettre en état le réseau incriminé dans les plus brefs délais.

3.5.1.6 L'analyse de la perte des réseaux d'eau glacée en fond et de refroidissement par détente directe

3.5.1.6.1 L'analyse de la perte des réseaux d'eau glacée en fond et de refroidissement par détente directe sur les fonctions assurées

La perte de refroidissement dans les locaux électriques implantés dans l'installation souterraine et les descenderies a pour conséquence l'augmentation de la température des équipements assurant l'alimentation électrique des différents récepteurs de l'installation souterraine implantés en recoupe. L'augmentation de la température dans ces locaux peut, à terme, conduire à une perte du fonctionnement de ces équipements présents[45]. Les conséquences sont une perte d'alimentation électrique des récepteurs de l'installation souterraine. Ces conséquences sont présentées au chapitre 3.4 du présent volume.

[45] Les températures d'ambiance dans les locaux allant jusqu'à 50 °C ne remettraient pas en cause le fonctionnement des matériels électriques/électroniques assurant une fonction de sûreté.

3.5.1.6.2 Les dispositions de maîtrise des risques liés à la perte des réseaux d'eau glacée en fond et de refroidissement par détente directe

a) Les dispositions de prévention

Les dispositions de prévention de la perte du réseau d'eau glacée en fond mises en place sont les suivantes :

- vis-à-vis de la défaillance d'équipements actifs du réseau :
  - ✓ conception des équipements suivant les normes et réglementations en vigueur ;
  - ✓ dimensionnement des équipements restant fonctionnels afin de permettre le respect des températures acceptables de fonctionnement des équipements électriques ;
- vis-à-vis de la défaillance d'une boucle primaire ou d'une boucle secondaire d'alimentation en eau glacée :
  - ✓ conception des équipements suivant les normes et réglementations en vigueur ;
  - ✓ dimensionnement des boucles restant fonctionnelles afin de permettre le respect des températures acceptables de fonctionnement des équipements électriques.

Les dispositions de prévention de la perte du réseau de refroidissement par détente directe mises en place sont les suivantes :

- vis-à-vis de la défaillance des équipements actifs du réseau (condenseur, armoire de climatisation) :
  - ✓ conception des équipements suivant les normes et réglementations en vigueur ;
  - ✓ dimensionnement des équipements restant fonctionnels afin de permettre le respect des températures acceptables de fonctionnement des équipements électriques ;
- vis-à-vis de la défaillance des équipements passifs du réseau :
  - ✓ conception des équipements suivant les normes et réglementations en vigueur ;
  - ✓ dimensionnement des boucles restant fonctionnelles afin de permettre le respect des températures acceptables de fonctionnement des équipements électriques.

b) Les dispositions de surveillance

Les principaux paramètres surveillés sont les suivants :

- température des locaux ;
- pression et débits dans les réseaux ;
- état de fonctionnement des équipements actifs du réseau.

c) Les dispositions de limitation des conséquences

La perte totale du réseau d'eau glacée en fond ou de refroidissement par détente directe entraine la mise à l'état sûr de l'installation souterraine. Cet état sûr consiste à stopper les opérations en cours et à affaler les colis dans une zone appropriée sur détection d'une dérive d'un paramètre surveillé présenté ci-avant.

Certains récepteurs électriques n'ayant pas de fonction de sûreté sont délestés afin de limiter la montée en température dans les locaux électriques ayant perdu leur refroidissement.

L'éventualité d'une perte totale du réseau d'eau glacée en fond ou de refroidissement par détente directe est envisageable en cas de perte des alimentations électriques extérieures. Cette perte de refroidissement serait limitée dans le temps par la réalimentation des équipements *via* l'alimentation secourue assurée par les groupes électrogènes de secours.

En cas de défaillance intrinsèque d'un équipement du réseau d'eau glacée en fond ou de refroidissement par détente directe, une maintenance corrective est mise en place dès la détection de la défaillance afin de remettre en état le réseau.

3.5.1.7 La synthèse

La perte des fluides de refroidissement a pour conséquence la dégradation des conditions thermiques dans les locaux contenant des équipements électriques à forte dissipation thermique et dans les locaux où des colis de déchets sont présents.

Une perte totale des fluides de refroidissement est maîtrisée par la mise à l'état sûr de l'installation ainsi que par la mise en place de dispositions spécifiques telles que l'installation d'équipements de refroidissement autonomes ou le délestage d'équipements afin de maintenir cet état sûr le temps de réaliser une maintenance corrective.

3.5.2 Les risques liés à la perte des fluides de chauffage

3.5.2.1 La présentation des risques

Les réseaux de chauffage ont pour but de chauffer l'air circulant dans l'INB afin de réguler la température à l'intérieur des bâtiments.

Les différents réseaux présents sur l'installation sont les suivants :

- le réseau d'eau chaude de chauffage du bâtiment nucléaire de surface ;
- le réseau d'eau chaude de chauffage de surface pour les batteries chaudes de l'usine de ventilation du puit de ventilation air frais exploitation.

Les fonctions assurées par les réseaux de chauffage sont présentées dans le tableau 3-11.

Tableau 3-11 Fonctions impactées par la perte des réseaux de chauffage

Réseau	Fonctions assurées
Eau chaude de chauffage du bâtiment nucléaire de surface	Chauffage des locaux
Eau chaud de surface	Chauffage des galeries de l'installation souterraine

3.5.2.2 L'analyse de la perte du réseau d'eau chaude de chauffage du bâtiment nucléaire de surface

3.5.2.2.1 L'analyse de la perte du réseau d'eau chaude de chauffage du bâtiment nucléaire de surface sur les fonctions assurées

L'éventualité d'une perte de chauffage est susceptible de conduire à une perte du chauffage des locaux du bâtiment nucléaire.

Les conséquences principales sont, à terme, en période hivernale un risque de gel des réseaux humides implantés dans les locaux qui ne sont plus chauffés ainsi qu'une dégradation des équipements nécessaires à la mise ou au maintien à l'état sûr du bâtiment nucléaire.

3.5.2.2.2 Les dispositions de maîtrise des risques liés à la perte du réseau d'eau chaude de chauffage du bâtiment nucléaire de surface

a) Les dispositions de prévention

Les risques de perte d'eau chaude de chauffage du bâtiment nucléaire de surface sont prévenus par une conception suivant les normes et réglementations en vigueur.

b) Les dispositions de surveillance

Les principaux paramètres surveillés sont les suivants :

- température des locaux ;
- pression et débits dans les réseaux ;
- état de fonctionnement des équipements actifs du réseau.

c) Les dispositions de limitation des conséquences

En situation hivernale, l'INB est mise à l'état sûr sur détection d'une dérive d'un paramètre surveillé lié au réseau d'eau chaude présenté ci-avant. Cet état sûr consiste à stopper les opérations en cours et à affaler les colis dans une zone appropriée.

La perte de la fonction de chauffage est susceptible de conduire à la dégradation des équipements sensibles aux températures basses et au gel de réseaux conduites de fluides. Dans ces conditions, la ventilation nucléaire de soufflage est arrêtée afin limiter la baisse de la température dans le bâtiment nucléaire.

Vis-à-vis des risques de gel des réseaux humides, des dispositions spécifiques d'exploitation (consignes grand froid), incluant notamment des rondes périodiques, sont mises en place. Ces dispositions permettent de vérifier l'état des réseaux et d'intervenir en cas de gel.

3.5.2.3 L'analyse de la perte du réseau d'eau chaude de chauffage de surface assurant le chauffage des galeries de l'installation souterraine

3.5.2.3.1 L'analyse de la perte du réseau d'eau chaude de chauffage de surface sur les fonctions assurées

L'éventualité d'une perte du réseau d'eau chaude de chauffage de surface est susceptible de conduire à une perte du chauffage des galeries de l'installation souterraine par l'insufflation d'air trop froid par la ventilation. En situation hivernal, la perte de chauffage pourrait impliquer une remise en cause de la surveillance de fonctions de sûreté ainsi qu'une dégradation de la maîtrise du risque d'incendie.

En situation de température basse les équipements de détection d'incendie implantés en pleine section des galeries de l'installation souterraine peuvent ne plus fonctionner. Les températures basses sont également susceptibles de conduire à un gel des réseaux d'eau incendie. La perte des réseaux d'incendie est susceptible de dégrader la maîtrise d'un éventuel incendie.

Des températures trop basses sont également susceptibles de dégrader la performance des balises surveillance radiologique implantées en pleine section des galeries.

3.5.2.3.2 Les dispositions de maîtrise des risques liés à la perte du réseau d'eau chaude de chauffage de surface

a) Les dispositions de prévention

Les risques de perte d'eau chaude de chauffage de surface sont prévenus par une conception du réseau suivant les normes et réglementations en vigueur.

b) Les dispositions de surveillance

Les principaux paramètres surveillés sont les suivants :

- température des locaux ;
- pression et débits dans les réseaux ;
- état de fonctionnement des équipements actifs du réseau.

c) Les dispositions de limitation des conséquences

Dans le cadre de la perte totale du réseau d'eau chaude de chauffage de surface, le chauffage de l'air des galeries de l'installation souterraine est dégradé.

En situation hivernale, l'INB est mise à l'état sûr sur détection d'une dérive d'un paramètre surveillé présenté ci-avant. Cet état sûr consiste à stopper les opérations en cours et à affaler les colis dans une zone appropriée.

Cette perte est envisageable en cas de défaillance intrinsèque d'un équipement du réseau d'eau chaude de chauffage de surface, de perte des alimentations électriques extérieures, de séisme de dimensionnement, de chute d'avion sur l'usine de ventilation de soufflage air frais exploitation ou de perte du réseau d'eau chaude de chauffage produite en zone utilités.

Par ailleurs, compte tenu de l'absence de remise en cause des protections radiologiques, la perte des balises de surveillance radiologique n'a pas d'impact sur la sûreté des installations.

Concernant les risques d'incendie, ceux-ci sont limités par la mise à l'état sûr de l'installation souterraine. Afin d'éviter la perte des réseaux d'extinction incendie, des dispositions spécifiques d'exploitation (consignes grand froid), incluant notamment des rondes périodiques, sont mises en place. Ces dispositions permettent de vérifier l'état des réseaux et d'intervenir en cas de gel.

3.5.2.4 La synthèse

La perte des fluides de chauffage a pour conséquence la dégradation des conditions thermiques dans les locaux du bâtiment nucléaire de surface et de l'installation souterraine. Les conséquences potentielles d'une telle perte sont, en période hivernale, la remise en cause des équipements de détection présents ainsi que le gel des réseaux fluides.

Une perte totale des fluides de chauffage est maîtrisée par la mise à l'état sûr de l'installation.

3.5.3 Les risques liés à la perte de l'air comprimé

3.5.3.1 La présentation des risques

Le réseau d'air comprimé permet l'alimentation pour :

- le fonctionnement de certains actionneurs d'équipements process tels que les moteurs pneumatiques ;
- l'alimentation en air des joints gonflables de certains systèmes de fermeture des cellules process ou des façades d'accostage présentes dans le bâtiment nucléaire de surface et l'installation souterraine ;
- l'utilisation du robot pousseur ou robot de retrait, notamment le gonflage des joints élastomères.

Les principaux risques associés à la perte des réseaux de conditionnement sont présentés dans le tableau 3-12.

Tableau 3-12 Fonctions assurées par l'air comprimé

Implantation du réseau	Principaux rôles assurés par l'air comprimé	Fonctions de sûreté associées
Bâtiment nucléaire de surface	• alimentation en air comprimé des joints des portes process et façades d'accostage MA-VL • alimentation en air des actionneurs pneumatiques des hottes de transfert HA et MA-VL	• confinement porté par les joints gonflables • maîtrise des gaz inflammables formés par radiolyse ou par corrosion en hotte fermée
Galeries d'accès MA-VL	• alimentation en air comprimé des joints des façades d'accostage • alimentation en air des actionneurs pneumatique des hottes de transfert MA-VL	• confinement porté par les joints gonflables • maîtrise des gaz inflammables formés par radiolyse ou par corrosion en hotte fermée
Galeries HA	• alimentation en air comprimé des actionneurs pneumatiques des hottes de transfert HA • alimentation en air comprimé des robots pousseur et de retrait	SO – blocage du procédé sans remise en cause de la sûreté

La perte ou la défaillance d'un équipement actif ou passif des réseaux d'air comprimé est susceptible de conduire à une dégradation des performances voire la perte de la capacité à assurer les fonctions présentées ci-avant.

3.5.3.2 L'analyse de la perte de l'air comprimé sur les fonctions assurées

Les conséquences potentielles liées à la perte de l'air comprimé sont détaillées ci-après.

3.5.3.2.1 Le confinement des substances radioactives

L'air comprimé participe au confinement statique du second système de confinement par l'intermédiaire des joints gonflables présents au niveau des portes du process dans le bâtiment nucléaire de surface et des façades d'accostage MA-VL. Ces joints gonflables permettent d'assurer le confinement statique entre deux locaux de classe de confinement différentes et la continuité du confinement statique des déchets MA-VL lors de la mise ou l'extraction des colis de déchets MA-VL des hottes de transfert (cf. Chapitre 2.1.5 du présent volume).

La perte de l'air comprimé a donc pour conséquence de dégrader le confinement statique du second système de confinement. Le premier système de confinement assuré par le colis de déchets reste néanmoins maintenu.

Pour rappel, un confinement dynamique est également mis en place afin de palier une défaillance du confinement statique de ce second système confinement statique.

3.5.3.2.2 La maîtrise des gaz inflammables formés par radiolyse ou par corrosion

L'air comprimé est nécessaire pour la réalisation des opérations d'ouverture de porte des hottes de transfert MA-VL. En cas de perte de l'air comprimé l'ouverture des portes ne peut être réalisée. Le colis de stockage restant dans l'enceinte de confinement, les niveaux de concentration en gaz de radiolyse vont donc progressivement augmenter (cf. Chapitre 2.5 du présent volume).

3.5.3.3 Les dispositions de maîtrise des risques

Compte tenu des conséquences potentielles en cas de perte de l'air comprimé, des dispositions vis-à-vis des risques de perte de l'air comprimé sont mises en place.

3.5.3.3.1 Les dispositions de maîtrise des risques liés à la perte de l'air comprimé alimentant les joints des portes process

a) Les dispositions de prévention

Les dispositions de prévention retenues vis-à-vis de la perte de l'air comprimé nécessaire au gonflage des joints des portes process dans le bâtiment nucléaire sont les suivantes :

- conception des réseaux suivant les normes et réglementations en vigueur ;
- mise en place de réserves d'air comprimé permettant le maintien en pression des joints en cas de défaillance du réseau.

Les réserves tampon permettent d'assurer le maintien en pression des joints pour une durée de six heures.

b) Les dispositions de surveillance

La surveillance du réseau d'air comprimé est assurée par la surveillance du niveau de pression du réseau permettant de détecter tout défaut de pression (perte de pression) ou surpression (dysfonctionnement du groupe compresseur).

c) Les dispositions de limitation des conséquences

En cas de perte de l'air comprimé l'installation est mise à l'état sûr. Les opérations à risque de déconfinement sont arrêtées et les charges sont affalées dans une zone appropriée. Ces opérations sont réalisées dès la détection d'une défaillance du réseau.

Les capacités tampon, dimensionnées pour assurer un maintien en pression des joints pour une durée de six heures, permettent cette mise à l'état sûr de l'installation dans de bonnes conditions de sûreté. Par ailleurs, les joints sont équipés de valves anti-retours permettant de limiter le risque de perte du confinement assuré par les joints.

Une maintenance corrective est ensuite réalisée.

3.5.3.3.2 Les dispositions de maîtrise des risques liés à la perte de l'air comprimé associé aux façades d'accostage et hotte de transfert MA-VL

a) Les dispositions de prévention

La perte du réseau d'air comprimé au niveau des façades d'accostage MA-VL est prévenue par la mise en place des dispositions suivantes :

- conception des réseaux suivant les normes et réglementations en vigueur ;
- mise en place de réserves d'air comprimé permettant le maintien en pression des joints en cas de défaillance du réseau.

Les réserves permettent de maintenir en pression les joints gonflables nécessaires au maintien de l'étanchéité des façades d'accostage ainsi que de réaliser l'ouverture et la fermeture des portes de la hotte de transfert MA-VL.

b) Les dispositions de surveillance

La surveillance du réseau d'air comprimé est assurée par la surveillance du niveau de pression du réseau permettant de détecter tout défaut de pression ou surpression.

c) Les dispositions de limitation des conséquences

En cas de perte de l'alimentation en air comprimé, les dispositions de limitation des conséquences sont les suivantes :

- mise en place d'un système portatif pour réalimenter, au besoin, les joints gonflables en air comprimé ;
- intervention sur la porte de la hotte de transfert lorsque celle-ci est accostée à la façade d'accostage, porte fermée.

La mise en place du système de réalimentation portatif est réalisée dès la détection de la défaillance. La capacité tampon est dimensionné pour assurer un maintien en pression des joints pour une durée de six heures. Ce délai est suffisant pour assurer la réalimentation des joints gonflables.

Dans le cas d'une perte d'air comprimé due à une défaillance de la réserve tampon, des valves anti-retours sont prévues sur les joints gonflables afin de garantir un maintien en pression.

Vis-à-vis des actionneurs de la porte de la hotte de transfert MA-VL, une intervention manuelle peut être réalisée pour déverrouiller la hotte et permettre son ouverture. Le moteur pneumatique d'ouverture de la porte est accessible depuis la zone d'accostage afin d'être actionné manuellement. Ainsi, l'ouverture de la porte de la hotte de transfert MA-VL peut être faite dans un délai court.

Compte tenu de ces dispositions, la sûreté reste assurée. Une maintenance corrective est ensuite réalisée.

3.5.3.4 La synthèse

La perte en air comprimé a pour conséquences de dégrader de certains systèmes de confinement statiques des déchets HA et MA-VL ainsi que, du fait du blocage du procédé, d'engendrer des risques liés à l'évacuation des gaz de radiolyse.

Afin de maîtriser ces risques, des dispositions telles que la mise en place de réserves de secours ou la possibilité de réalimentation des réseaux sont retenues.

3.5.4 Les risques liés à la perte des réseaux d'eau incendie

3.5.4.1 La présentation des risques

Les réseaux d'extinction incendie sont des réseaux utilisés comme dispositions de limitation des conséquences vis-à-vis d'un incendie mais ne participent pas directement à la réalisation et au maintien d'une fonction de protection.

Les réseaux d'extinction incendie à eau mis en place dans l'INB sont :

- pour le bâtiment nucléaire de surface :
  - ✓ des réseaux d'extinction par mousse Haut Foisonnement ;
  - ✓ des réseaux d'extinction par sprinklage (déluge) ;
- pour l'installation souterraine :
  - ✓ un réseau humide en charge dimensionné afin :
    - d'alimenter deux lances simultanément sur la même ligne (lance basse pression conventionnelle ou lance cobra) ;
    - de remplir la citerne d'un véhicule de secours ;
    - d'alimenter les systèmes d'extinction à mousse des cellules de manutention associées aux alvéoles de stockage MA-VL.

La perte ou la défaillance d'un équipement actif ou passif des réseaux d'extinction incendie est susceptible de conduire à une dégradation des performances voire la perte de la capacité d'extinction incendie.

3.5.4.2 Les dispositions de maîtrise des risques

3.5.4.2.1 Les dispositions de prévention

Les composants du réseau sont conçus et assemblés selon des normes ou législation en vigueur afin de garantir leur robustesse en particulier pour les équipements passifs comme les tuyauteries.

Au niveau des locaux pomperie, une redondance des réservoirs, des pompes et des voies d'alimentation en eau ségrégés permet d'alimenter les autres bâtiments en cas de défaillance ou agression d'un équipement du réseau.

À l'exception du bâtiment nucléaire et d'une portion dans la galerie d'accès MA-VL, la distribution est réalisée *via* une boucle maillée permettant la continuité de la distribution en cas de défaillance sur une ligne du réseau.

3.5.4.2.2 Les dispositions de surveillance

Les moyens de surveillance liés au risque de perte de l'alimentation en eau du réseau d'extinction incendie sont les suivants :

- surveillance du réseau fluide extinction incendie (compteurs d'eau sur conduite, capteurs de pression, détection de fuite) ;
- contrôles et essais périodiques des différents équipements du réseau (test des prises incendie, des vannes motorisées, contrôle des tuyauteries, etc.).

Afin de surveiller la disponibilité du réseau d'eau extinction incendie, des mesures de pression sont installées sur les réseaux en charge.

En situation d'incendie, la surveillance des dysfonctionnements des pompes et vannes motorisées est assurée par le système de sécurité incendie.

3.5.4.2.3 Les dispositions de limitation des conséquences

En cas de perte de l'alimentation en eau incendie, les opérations à risques de déconfinement ou de départ de feu sont interrompues et l'installation est positionnée en état sûr jusqu'au rétablissement de la fonction perdue.

3.5.5 Les risques liés à la perte des réseaux d'extinction incendie à gaz

3.5.5.1 La présentation des réseaux d'extinction

Les réseaux d'extinction incendie par gaz sont des réseaux utilisés comme dispositions de limitation des conséquences vis-à-vis du risque incendie de certains locaux à risque mais ne participe pas directement à la réalisation et au maintien d'une fonction de protection. Ces réseaux sont utilisés dans le bâtiment nucléaire de surface ainsi que dans l'installation souterraine.

3.5.5.1.1 Les réseaux d'extinction à gaz du bâtiment nucléaire de surface

L'extinction à gaz est utilisée dans les locaux classés secteur feu conventionnel du bâtiment nucléaire de surface. Ces locaux sont notamment les locaux techniques électriques, les locaux contenant des batteries et les locaux contenant des serveurs informatiques.

Chaque secteur feu possède son propre réseau d'extinction incendie à gaz.

Les réseaux d'extinction incendie se composent de bouteilles de gaz raccordées ensemble par des flexibles à un collecteur assurant la diffusion du gaz dans le secteur associé. L'extinction est réalisée automatiquement sur détection et confirmation d'un départ de feu par l'ouverture des bouteilles au moyen d'une vanne.

3.5.5.1.2 Les réseaux d'extinction à gaz de l'installation souterraine

L'extinction à gaz est utilisée dans les locaux électriques CFO/CFI classés secteurs de feu présents dans les descenderies, en ZSL-Exploitation et dans les quartiers de stockage HA et MA-VL.

Les réseaux de gaz d'extinction incendie sont propres à chaque zone protégée. En cas de détection incendie dans le local concerné, l'information est remontée au poste central de sécurité et en salle de conduite centralisée et l'ouverture des bouteilles contenant le gaz d'extinction est déclenché automatiquement sur double détection incendie pour être diffusé dans le local.

Chaque réseau de gaz d'extinction comprend un ensemble de plusieurs bouteilles d'azote équipées de détendeurs. Un collecteur est raccordé à chaque détendeur afin l'alimenter une rampe équipée de buses de diffusion.

Ces ensembles de bouteilles d'azote ne sont pas implantés dans les locaux concernés par le besoin en gaz d'extinction.

3.5.5.2 La présentation des risques

La perte ou la défaillance d'un équipement actif ou passif des réseaux d'extinction incendie à gaz est susceptible de conduire à une dégradation des performances voire la perte de la capacité d'extinction.

3.5.5.3 Les dispositions de maîtrise des risques

3.5.5.3.1 Les dispositions de prévention

Les composants du réseau sont conçus et assemblés selon des normes ou législations en vigueur afin de garantir leur robustesse en particulier pour les équipements passifs comme les capacités sous pression ou les tuyauteries.

La perte de la capacité d'extinction est prévenue par la redondance du système d'extinction à gaz. Ainsi, la défaillance d'un équipement du réseau est compensée par le système de secours d'une capacité d'extinction identique. Ces deux systèmes sont implantés dans des locaux séparés.

3.5.5.3.2 Les dispositions de surveillance

La surveillance du réseau d'extinction à gaz est assurée par le système de sécurité incendie par l'intermédiaire de sondes de masse ou de pression permettant de détecter un défaut lors du déclenchement de l'extinction incendie.

3.5.5.3.3 Les dispositions de limitation des conséquences

En cas de perte totale de l'alimentation en gaz d'extinction, les opérations à risque de déconfinement ou de départ de feu sont interrompues et l'installation est mise à l'état sûr jusqu'au rétablissement de la fonction perdue.

3.5.6 Les risques liés à la perte du réseau d'inertage à l'azote des alvéoles de stockage HA

3.5.6.1 La présentation des risques

Le réseau d'inertage à l'azote des alvéoles de stockage HA est un réseau ouvert produisant de l'azote et l'injectant dans les différents alvéoles de stockage.

La production d'azote s'effectue au moyen d'une centrale de production et de distribution située dans une niche dédiée en galerie de liaison. L'azote est ensuite distribué à chaque alvéole de stockage HA via un réseau de tubes cheminant en galerie[46].

La perte ou la défaillance de la centrale de production et de distribution d'azote serait susceptible de remettre en cause la capacité à inerter l'alvéole HA et donc de conduire à l'apparition d'une atmosphère explosive en alvéole (en raison de la présence concomitante d'oxygène et d'hydrogène, cf. chapitre 2.5 du présent volume). Une purge est également placée en tête de chaque alvéole afin de limiter la surpression entre la pression interne de l'alvéole de stockage HA et la pression dans la galerie. En cas de perte ou de défaillance du réseau de balayage à l'azote des alvéoles HA, une accumulation d'oxygène en présence d'hydrogène est susceptible d'engendrer une atmosphère explosive dans les alvéoles (cf. Chapitre 2.5 du présent volume).

3.5.6.2 Les dispositions de maîtrise des risques

En cas de perte ou de défaillance du réseau de production et de distribution d'azote, l'inertage des alvéoles HA pourrait, dans un délai court, être temporairement être réalisé au moyen de bouteilles de gaz mobiles à raccorder sur le tube de prélèvement et d'inertage situé à l'intrados de l'alvéole HA, via la bride métallique (cf. chapitre 2.5 du présent volume).

3.6 Les risques liés à la perte de la ventilation

3.6.1 La présentation des systèmes de ventilation d'exploitation

Les systèmes de ventilation d'exploitation sont distincts et indépendants entre le bâtiment nucléaire de surface et l'installation souterraine de l'INB.

Ces systèmes de ventilation assurent différentes fonctions. Ils se composent de réseaux de ventilation pour les locaux conventionnels et de réseaux de ventilation pour les locaux nucléaires.

Les principales fonctions assurées de la ventilation nucléaire dans l'INB sont présentées dans le tableau 3-13.

[46] D'autres solutions techniques pourraient être envisagées au regard, notamment du retour d'expérience qui sera acquis sur le quartier pilote HA. En effet, en raison de la différence de temporalité entre la construction et l'exploitation du quartier pilote HA, la construction du quartier de stockage HA disposera d'un retour d'expérience conséquent du quartier pilote HA de plusieurs décennies permettant une adaptation de la solution technique retenue in fine pour le quartier de stockage HA.

Tableau 3-13 Fonctions assurées par la ventilation nucléaire de l'INB

Fonction assurée		Bâtiment nucléaire de surface	Bâtiment air de soufflage	Bâtiment air d'extraction	Bâtiments DS062/DC065
Fonctions liées aux risques radiologiques	Confinement (cf. Chapitre 2.1 du présent volume)	Oui	Oui	Oui	Oui
	Évacuation des gaz de radiolyse (cf. Chapitre 2.5)	Non	Oui	Oui	Non
	Évacuation de la puissance thermique des Colis (cf. Chapitre 2.4)	Non	Oui	Oui	Non
Fonctions liées aux risques non radiologiques	Conditionnement des locaux (cf. Chapitre 3.5.1 du présent volume)	Oui	Oui	Non	Non
	Maîtrise d'un incendie (cf. Chapitre 3.2 du présent volume)	Oui	Oui	Oui	Oui
	Évacuation de l'hydrogène issu des batteries et équipements[47] (cf. Chapitre 3.3 du présent volume)	Non	Non	Non	Non
	Surveillance (cf. Chapitre 3.7 du présent volume)	Oui	Oui	Oui	Oui

La principale fonction concernée en cas de perte de la ventilation conventionnelle est le conditionnement de l'air des locaux.

La conception de la ventilation nucléaire repose sur la norme NF ISO 17873 de 2006 (7) (dépression, taux de renouvellement, nombre de filtres…), basée sur une classification des locaux en classes de confinement.

La description des réseaux de ventilation est présentée au chapitre 11 du volume 5 du présent rapport.

3.6.2 La présentation des risques

La perte ou la défaillance d'un équipements actif ou passif d'un réseau de ventilation est susceptible de conduire à une dégradation des performances de la ventilation voire à la perte de la ventilation et donc de remettre en cause les fonctions qu'elle doit assurer.

En effet, des éléments tels que les ventilateurs de soufflage ou d'extraction, les clapets coupe-feu (CCF), les registres motorisés de réglage et d'isolement peuvent, par leur défaillance, conduire à une dégradation ou une perte des fonctions assurées par la ventilation entrainant une éventuelle remise en cause de la sûreté de l'INB.

[47] La ventilation des locaux, où la charge des batteries est réalisée, est assurée par des équipements de ventilation spécifiques (surpresseurs, ventilation mécanique).

Les systèmes de ventilation nécessitent, pour leur fonctionnement, des fonctions support telles que les alimentations électriques ou les fluides de refroidissement. La perte de ces fonctions supports sont traitées aux chapitres 3.4 et 3.5.1 du présent volume.

3.6.3 L'analyse des risques

3.6.3.1 L'analyse de la perte de la ventilation nucléaire du bâtiment nucléaire de surface

3.6.3.1.1 L'analyse de la perte des fonctions assurées par la ventilation nucléaire du bâtiment nucléaire de surface

a) Le confinement des substances radioactives

Le confinement dynamique est assuré par le réseau de soufflage et d'extraction des cellules et locaux. L'éventuelle perte des réseaux de ventilation est susceptible de remettre en cause cette fonction. La perte de confinement dynamique a pour conséquence principale la perte des cascades de dépression entre les locaux de classe de confinement différentes.

Néanmoins, la perte du confinement dynamique n'a pas d'incidence directe sur les risques de dispersion de substances radioactive. En effet, au moins une barrière de confinement statique des déchets est maintenue dans ces conditions. La perte de confinement dynamique implique néanmoins une mise à l'état sûr de l'installation par l'intermédiaire d'un arrêt de l'exploitation, de l'affalage des colis en cours de manutention ainsi que la mise en confinement statique des locaux concernés par la perte de la ventilation.

b) La maîtrise de l'incendie

En situation d'incendie, les réseaux de soufflage et d'extraction permettent d'assurer une gestion des fumées et/ou un cantonnement de l'incendie en fonction des locaux concernés (cf. Chapitre 3.2 du présent volume).

En cas de perte de la ventilation, cette fonction ne peut être assurée.

c) Le conditionnement de l'air des locaux

La ventilation nucléaire de soufflage contribue au conditionnement de l'air des locaux *via* les centrales de traitement d'air. En cas de perte de la ventilation nucléaire de soufflage, les locaux ne sont plus conditionnés.

La perte de la fonction de conditionnement de l'air des locaux est traitée aux chapitres 3.5.1 et 3.5.2 du présent volume.

d) La surveillance

Les réseaux de ventilation contribuent à la surveillance de paramètres nécessaires pour la maîtrise de la sûreté dans les installations de l'INB en canalisant et en orientant l'air vers les points de prélèvement et de mesure.

L'éventualité d'une perte de ventilation est susceptible de dégrader la performance d'équipements de surveillance tels que les balises de contamination, de détection de l'hydrogène ou des équipements nécessaires à la surveillance des rejets atmosphériques.

3.6.3.1.2 Les dispositions de maîtrise des risques de perte de la ventilation nucléaire du bâtiment nucléaire de surface

a) Les dispositions de prévention

Afin de prévenir la perte de la ventilation nucléaire dans le bâtiment nucléaire de surface, les dispositions de prévention suivantes sont mises en place :

- conception et montage des organes de ventilation suivant les normes en vigueur et l'état de l'art ;
- réalisation d'essais réglementaires sur les équipements et d'essais de fonctionnement global ;
- réalisation de maintenance préventives et contrôles périodiques ;
- présence d'un ventilateur de réserve au soufflage et à l'extraction pour maintenir les performances nominales de fonctionnement en cas de dysfonctionnement.

En cas de perte d'un ventilateur d'extraction ou de soufflage, le ventilateur de réserve associé est alors démarré. Ce mode de gestion de la ventilation est identique en cas de perte d'un ventilateur de soufflage. Ces opérations sont réalisées de manière automatique *via* la gestion de la ventilation nucléaire.

b) Les dispositions de surveillance

Les principaux moyens de surveillance liés aux risques de perte de la ventilation sont les suivants :

- surveillance de la prise d'air ;
- surveillance de la température et de l'hygrométrie au soufflage ;
- surveillance de l'état des ventilateurs de soufflage et d'extraction ;
- surveillance des cascades de dépression (pression relative des locaux) ;
- surveillance de l'encrassement des filtres (par mesure de perte de charge) ;
- surveillance du débit d'air dans différents endroits de l'installation.

La surveillance de la position des clapets coupe-feu et registres d'isolement permet de détecter toute fermeture intempestive.

Des inspections visuelles régulières sont effectuées afin de surveiller les équipements de la ventilation.

c) Les dispositions de limitation des conséquences

Les dispositions de limitation des conséquences de la perte de la ventilation de soufflage ou d'extraction consistent principalement à mettre l'installation à l'état sûr en attente de remise en fonctionnement de la ventilation.

Cette mise à l'état sûr consiste à mettre le ou les locaux concernés par la perte ou la dégradation des performances de la ventilation en confinement statique *via* la fermeture des clapets coupe-feu et des registres d'isolement. Les opérations à risque de déconfinement sont également stoppées et les colis en cours de manutention sont affalés dans une zone appropriée.

Cet état sûr atteint, une maintenance corrective est ensuite réalisée.

La surveillance de la contamination atmosphérique des locaux à risques reste assurée par les moyens de surveillance implantés directement dans ces locaux.

Les conséquences d'une perte de la surveillance des rejets atmosphériques consécutive à une perte de la ventilation sont limitées par la mise en confinement statique des locaux.

Dans le cas spécifique d'une perte du réseau de soufflage de la ventilation nucléaire (en cas de défaillance électrique ou de séisme notamment), il est à noter que la ventilation d'extraction permet à elle seule de maintenir la fonction de confinement dynamique et de surveillance. Les débits d'extraction sont adaptés pour maintenir les cascades de dépression entre les locaux de classe de confinement différentes.

3.6.3.2 L'analyse de la perte de la ventilation nucléaire de l'installation souterraine

3.6.3.2.1 L'analyse de la perte des fonctions assurées par la ventilation nucléaire de l'installation souterraine

a) Le confinement des substances radioactives

Le confinement dynamique est assuré par le réseau de soufflage et d'extraction implanté dans les émergences des liaisons surface-fond. L'éventuelle perte des réseaux de ventilation est susceptible de remettre en cause cette fonction. La perte de confinement dynamique a pour conséquence principale la perte des cascades de dépression entre les locaux de classe de confinement différentes.

Néanmoins, la perte du confinement dynamique n'a pas d'incidence directe sur les risques de dispersion de substances radioactives. En effet, au moins une barrière de confinement statique des déchets est maintenue dans ces conditions. La perte de confinement dynamique implique néanmoins une mise à l'état sûr de l'installation par l'intermédiaire d'un arrêt de l'exploitation, de l'affalage des colis en cours de manutention ainsi que la mise en confinement statique des locaux concernés par la perte de la ventilation.

b) L'évacuation des gaz de radiolyse

Les réseaux de soufflage et d'extraction participent à la fonction d'évacuation des gaz de radiolyse. L'éventualité d'une perte de la ventilation est susceptible de remettre en cause cette fonction entrainant une augmentation de la concentration de ces gaz susceptibles de conduire à des conditions explosives dans les locaux concernés.

Les délais disponibles vis-à-vis des risques des liés aux gaz de radiolyse sont de quatre-vingt-dix jours de jours (cf. Chapitre 2.5 du présent volume). Compte tenu de ces délais des dispositions spécifiques sont retenues en vue de rétablir la ventilation.

c) L'évacuation de la puissance thermique des déchets

Les réseaux de soufflage et d'extraction participent à l'évacuation de la puissance thermique des colis MA-VL des familles CSD-C et C1PG^{SP} stockés en alvéoles de stockage MA-VL (cf. Chapitre 2.4.5 du présent volume). L'éventualité d'une perte de la ventilation est susceptible de remettre en cause cette fonction et entrainer un dépassement des critères de température acceptables dans les alvéoles MA-VL concernées.

Néanmoins, les délais estimés menant au dépassement des critères de températures sont de l'ordre de l'année dans le cas d'une perte totale de la ventilation. Ces délais sont suffisants pour maîtriser les risques liés aux dégagements thermiques compte tenu des dispositions retenues pour rétablir la ventilation dans le cadre de la maîtrise des gaz de radiolyse.

d) Le conditionnement de l'air des galeries

La ventilation nucléaire de soufflage contribue au conditionnement des galeries *via* les centrales de traitement d'air. En cas de perte de la ventilation nucléaire de soufflage, les locaux ne sont plus conditionnés.

En période estivale, la perte de la ventilation nucléaire de soufflage entrainerait la perte des équipements électriques implantés directement en galeries de l'installation souterraine. Les équipements électriques concernés sont principalement les équipements de surveillance radiologique ainsi que les moyens de détection incendie.

En période hivernale, les conséquences d'une perte de la ventilation nucléaire de soufflage sont les suivantes :

- perte des équipements implantés en pleine section des galeries assurant la surveillance des fonctions de protection ;
- gel des réseaux d'incendie en charge.

La perte de la fonction de conditionnement des locaux est traitée aux chapitres 3.5.1 et 3.5.2 du présent volume.

e) La maîtrise de l'incendie

En situation d'incendie, les réseaux de soufflage et d'extraction permettent d'assurer une gestion des fumées et/ou un cantonnement de l'incendie en fonction des zones concernées (cf. Chapitre 3.2 du présent volume).

En cas de perte de la ventilation, cette fonction ne peut être assurée (perte du désenfumage des galeries notamment).

f) La surveillance

Les réseaux de ventilation contribuent à la surveillance de paramètres nécessaires pour la maîtrise de la sûreté dans les installations de l'INB en canalisant et en orientant l'air vers les points de prélèvement et de mesure.

L'éventualité d'une perte de ventilation est susceptible de dégrader la performance d'équipements de surveillance tels que les balises de contamination, de détection de l'hydrogène ou des équipements nécessaires à la surveillance des rejets atmosphériques.

3.6.3.2.2 Les dispositions de maîtrise des risques de perte de la ventilation nucléaire de l'installation souterraine

a) Les dispositions de prévention

Concernant la ventilation de l'installation souterraine, les dispositions de prévention sont les suivantes :

- conception et montage des organes de ventilation suivant les normes en vigueur et l'état de l'art ;
- réalisation d'essais réglementaires sur les équipements et d'essais de fonctionnement global ;
- réalisation de maintenance préventives et de contrôles périodiques ;
- présence d'un ventilateur de réserve au soufflage et à l'extraction pour maintenir les performances nominales nécessaires à l'exploitation en cas de dysfonctionnement d'un ventilateur ;
- présence d'une voie supplémentaire de filtration à l'extraction des alvéoles de stockage MA-VL afin de maintenir l'exploitation des alvéoles en cas d'indisponibilité d'un caisson ou du colmatage d'un filtre.

En cas de perte d'un ventilateur de soufflage ou d'extraction, les registres d'isolement associés à ce ventilateur défaillant sont fermés, les registres d'isolement du ventilateur de réserve sont ouverts et le ventilateur de réserve est démarré. Ces opérations sont réalisées automatiquement *via* la gestion de la ventilation nucléaire.

Les ventilateurs d'extraction et de soufflage sont dimensionnés pour assurer l'intégralité des performances requises pour assurer les besoins de ventilation associés à l'exploitation de l'installation en cas de perte de deux ventilateurs.

b) Les dispositions de surveillance

Les principaux moyens de surveillance liés aux risques de perte de la ventilation sont les suivants :

- surveillance de la prise d'air ;
- surveillance de la température et de l'hygrométrie au soufflage ;
- surveillance de l'état des ventilateurs de soufflage et d'extraction ;
- surveillance des cascades de dépression (pression relative des locaux) ;
- surveillance de l'encrassement des filtres (par mesure de perte de charge) ;
- surveillance du débit d'air dans différents endroits de l'installation ;
- surveillance de la position des registres motorisés.

La surveillance de la position des clapets coupe-feu et registres d'isolement permet de détecter toute fermeture intempestive.

Des inspections visuelles régulières sont effectuées afin de surveiller les équipements accessibles de la ventilation.

c) Les dispositions de limitation des conséquences

Sur détection d'une dérive des paramètres cités ci-avant, l'installation est mise à l'état sûr. Ainsi, l'exploitation est suspendue, les colis en cours de manutention sont affalés dans une zone appropriée et les alvéoles de stockage MA-VL sont mis en confinement statique.

Afin de maintenir l'état sûr de l'INB, une ventilation des alvéoles MA-VL fonctionnelle est nécessaire afin, en premier lieu, de maîtriser les gaz inflammables formés par radiolyse dans les alvéoles de stockage MA-VL. Les dispositions de limitation des conséquences ci-dessous sont mises en place afin d'assurer le maintien à l'état sûr de l'installation souterraine. Ces dispositions sont mises en place pour l'ensemble des scénarios identifiés de perte de la ventilation ne pouvant être exclus :

- cas des usines de ventilation et des réseaux passifs de ventilation.

  L'éventualité d'une perte de la ventilation est envisageable en cas de perte des alimentations électriques extérieures. Cette perte de ventilation serait limitée dans le temps par la réalimentation des équipements *via* l'alimentation secourue assurée par les groupes électrogènes de secours. Les usines de ventilation pourront être réalimentées dans un délai court (trente minutes), inférieur au délai acceptable de remise en service de la ventilation (retenu à quatre-vingt-dix jours, cf. Chapitre 2.5 du présent volume).

  La perte de la ventilation peut également être envisageable en cas d'agression telle qu'un incendie d'un ventilateur. Néanmoins, les dispositions retenues dans le cas de la maîtrise du risque d'incendie permettent de prévenir la propagation de l'incendie. Ainsi une perte de ventilation pourrait être observée mais le délai d'indisponibilité serait limité le temps de la maîtrise de l'incendie. Par ailleurs, compte tenu de la présence du ventilateur de réserve, la capacité de ventilation à assurer les besoins de l'exploitation ne serait pas affectée.

  Une perte totale de la ventilation de soufflage assurée par l'usine de ventilation implantée dans les émergences du puits de ventilation air frais exploitation serait envisageable en situation de :

  - ✓ perte du réseau d'eau glacé des locaux électriques de l'usine de ventilation de soufflage (cf. Chapitre 3.5.1.4 du présent volume) ;
  - ✓ chute d'avion sur l'usine de ventilation ou le chevalement (cf. Chapitre 4.1 du présent volume).

  En cas de perte du réseau d'eau glacé, un groupe froid mobile est mis en place afin d'assurer le refroidissement des locaux électriques dans un délai court.

  En cas de chute d'avion, la ventilation de soufflage de l'installation souterraine pourrait être perdue de manière prolongée. Dans ces conditions, la ventilation d'extraction permet à elle seule d'assurer les fonctions liées aux risques radiologiques (évacuation des gaz de radiolyse et maintien des cascades de dépression dans les alvéoles de stockage MA-VL) moyennant un apport d'air neuf de manière passive. Cet apport d'air neuf dans l'installation souterraine est possible depuis la tête de

descenderie service ou la prise d'air secondaire implantée dans le chevalement selon la disponibilité. L'air frais est donc redirigé dans l'installation afin de ventiler le quartier de stockage MA-VL.

Les délais des opérations associées au rétablissement de la ventilation dans le quartier de stockage MA-VL sont inférieurs au délai acceptable de remise en service de la ventilation (retenu à quatre-vingt-dix jours, cf. Chapitre 2.5 du présent volume).

Ainsi, le maintien à l'état sûr de l'installation souterraine est assuré.

- cas des alvéoles de stockage MA-VL

La défaillance d'un organe de ventilation associé directement à un alvéole de stockage MA-VL est susceptible de conduire à une perte de la ventilation de cet alvéole de stockage MA-VL. Des dispositions spécifiques de limitation des conséquences sont donc mises en place afin d'assurer le maintien à l'état sûr de l'installation souterraine.

Ainsi, la mise en place de deux voies d'arrivée d'air équipées chacune d'un clapet coupe-feu permet, en cas de fermeture intempestive d'un clapet coupe-feu au soufflage d'un alvéole de stockage MA-VL, de maintenir la ventilation.

En cas de fermeture intempestive du clapet coupe-feu à l'extraction d'un alvéole de stockage MA-VL, l'alvéole concernée est automatiquement mise en confinement statique par fermeture des clapets coupe-feu situés aux arrivées d'air.

Compte tenu de la capacité de détection de la position des clapets coupe-feu ainsi que des différentes mesures effectuées au niveau de l'extraction de chaque alvéole, une intervention peut être réalisée (après levée de doutes) sur le clapet défaillant. Les clapets coupe-feu peuvent être pilotés à distance *via* le poste central de sécurité ou directement en local. Ces dispositions permettent de rétablir la ventilation dans des délais bien inférieurs au délai acceptable de remise en service de la ventilation (retenu à quatre-vingt-dix jours, cf. Chapitre 2.5 du présent volume).

Dans le cadre du déploiement progressif de l'installation souterraine, le basculement de nouveaux quartiers en zone d'exploitation est réalisé. Ce basculement implique des phases transitoires de raccordement de la ventilation d'exploitation dont des essais de qualification et de mise en service. Ces opérations peuvent induire des perturbations aérauliques. Dans ces conditions les alvéoles en exploitation sont mises en confinement statique. La ventilation des alvéoles en cours d'exploitation est par la suite remise en place. Compte tenu du délai de mise en confinement statique estimé, la sûreté reste assurée lors de ces phases transitoires.

En cas de perte de la ventilation, la surveillance des différents paramètres tels que la surveillance de la contamination atmosphérique dans les alvéoles de stockage MA-VL peut être remise en cause. Dans cette situation, des moyens mobiles sont mis en place directement en alvéole.

Les conséquences d'une perte de la surveillance des rejets atmosphériques à l'émissaire consécutives à une perte de la ventilation sont limitées par la mise en confinement statique des alvéoles de stockage MA-VL.

3.6.3.3 L'analyse de la perte de la ventilation nucléaire de la descenderie colis et de la descenderie service

3.6.3.3.1 L'analyse de la perte des fonctions assurées par la ventilation nucléaire de la descenderie colis et de la descenderie service

a) Le confinement des substances radioactives

La ventilation des descenderies est classée C1 Famille I au sens de la norme NF ISO 17873 de 2006 (7).

La perte de la ventilation des descenderies n'a pas d'incidence directe sur les risques de dissémination de substances radioactive. En effet, le confinement des substances radioactives est assuré par des barrières statiques de confinement. La perte de la ventilation impliquera néanmoins une mise à l'état sûr de l'installation par l'intermédiaire d'un arrêt de l'exploitation et de l'affalage des colis en cours de manutention dans la descenderie colis.

b) La maîtrise de l'incendie

En situation d'incendie, les réseaux d'extraction permettent d'assurer une gestion des fumées (cf. Chapitre 3.2 du présent volume).

En cas de perte de la ventilation cette fonction ne peut être assurée.

c) La surveillance

Les réseaux de ventilation contribuent à la surveillance de paramètres nécessaires pour la maîtrise de la sûreté dans les installations de l'INB en canalisant et en orientant l'air vers les points de prélèvement et de mesure.

L'éventualité d'une perte de ventilation est susceptible de dégrader la performance d'équipements de surveillance tels que les équipements nécessaires à la surveillance des rejets atmosphériques.

3.6.3.3.2 Les dispositions de maîtrise des risques de perte de la ventilation nucléaire de la descenderie colis et de la descenderie service

a) Les dispositions de prévention

Les dispositions de préventions vis-à-vis des risques de perte de la ventilation des descenderies (descenderie service ou descenderie colis) sont les suivantes :

- conception et montage des organes de ventilation suivant les normes en vigueur et l'état de l'art ;
- réalisation d'essais réglementaires sur les équipements et d'essais de fonctionnement global ;
- réalisation de maintenance préventives et de contrôles périodiques ;
- présence d'un ventilateur de réserve pour maintenir les performances nominales de fonctionnement en cas de défaillance du ventilateur.

En cas de perte d'un ventilateur d'extraction, les registres d'isolement associés à ce ventilateur défaillant sont fermés, les registres d'isolement du ventilateur de réserve sont ouverts et le ventilateur de réserve est démarré. Ces opérations sont réalisées automatiquement *via* la gestion de la ventilation nucléaire.

b) Les dispositions de surveillance

Les moyens de surveillance liés aux risques de perte de la ventilation sont les suivants :

- surveillance de l'état des ventilateurs d'extraction ;
- surveillance des cascades de dépression ;
- surveillance du débit d'air dans différents endroits de l'installation ;
- surveillance de la position des registres motorisés.

Des inspections visuelles régulières sont effectuées afin de surveiller les équipements accessibles de la ventilation.

c) Les dispositions de limitation des conséquences

En cas de perte totale de ventilation d'une des descenderies, l'installation est mise à l'état sûr. Ainsi, l'exploitation est suspendue et les colis en cours de manutention sont affalés dans une zone appropriée.

Une maintenance corrective est ensuite réalisée.

3.6.3.4 L'analyse de la perte de la ventilation conventionnelle du bâtiment nucléaire de surface et des émergences des liaisons surface-fond

3.6.3.4.1 L'analyse de la perte des fonctions assurées par la ventilation conventionnelle du bâtiment nucléaire et des émergences des liaisons surface-fond

La ventilation conventionnelle assure le conditionnement des locaux électriques CFI/CFO. Les équipements implantés dans ces locaux ont une forte dissipation thermique en fonctionnement.

Une éventuelle perte de la ventilation conduirait à une augmentation de température dans ces locaux entrainant une indisponibilité des équipements électriques présents. La perte de ces équipements électriques a pour conséquence la perte de l'alimentation électrique des récepteurs ayant une fonction de protection.

NOTE IMPORTANTE

Le conditionnement des locaux techniques implantés dans l'installation souterraine est assuré par des réseaux de refroidissement spécifiques. La perte du conditionnement de ces locaux est traitée au chapitre 3.5.1 du présent volume.

3.6.3.4.2 Les dispositions de maîtrise des risques de perte de la ventilation conventionnelle

a) Les dispositions de prévention

Les dispositions de préventions vis-à-vis des risques de perte de la ventilation conventionnelle du bâtiment nucléaire sont les suivantes :

- conception et montage des organes de ventilation suivant les normes en vigueur et l'état de l'art ;
- réalisation d'essais réglementaires sur les équipements et d'essais de fonctionnement global ;
- réalisation de maintenances préventives et de contrôles périodiques.

b) Les dispositions de surveillance

Les moyens de surveillance liés aux risques de perte de la ventilation sont les suivants :

- surveillance de la prise d'air ;
- surveillance du bon fonctionnement de la centrale de traitement de l'air ;
- surveillance de l'état des ventilateurs de soufflage et d'extraction ;
- surveillance de la position des registres motorisés et clapets coupe-feu.

La surveillance de la position des clapets coupe-feu et registres motorisés permet de détecter toute fermeture intempestive.

Des inspections visuelles régulières sont effectuées afin de surveiller les équipements de la ventilation.

c) Les dispositions de limitation des conséquences

La perte de la ventilation conventionnelle conduit principalement à la perte du refroidissement des locaux électriques CFO/CFI qui assurent notamment l'alimentation des équipements ayant une fonction de protection. Une température ambiante trop élevée au sein des locaux électriques est susceptible de conduire à la perte de l'alimentation de ces équipements.

Dans le cas d'EP1, les voies d'alimentation électriques sont implantées dans deux bâtiments distincts. Chaque bâtiment possédant un réseau ventilation conventionnelle indépendant, une des voies d'alimentation électrique reste maintenue en cas de défaillance d'un des réseaux.

Seule une perte d'alimentation électrique extérieure serait susceptible de conduire à une perte totale de la ventilation conventionnelle. Dans ces conditions l'installation est mise à l'état sûr. L'alimentation électrique de la ventilation conventionnelle est néanmoins secourue. En cas de perte de l'alimentation électrique extérieure, la réalimentation est réalisée *via* les groupes électrogènes de secours dans un délai de trente minutes.

3.7 Les risques liés à la perte de la surveillance

3.7.1 La perte de la surveillance radiologique

La surveillance radiologique des locaux est assurée par des équipements installés sur l'ensemble de l'installation permettant la mesure et le contrôle de la contamination atmosphérique et des niveaux d'irradiation dans les locaux. Ces équipements sont reliés au contrôle commande dédié à la radioprotection (RP), afin d'assurer une surveillance en temps réel de l'état radiologique. Elle est complétée par des appareils mobiles de prélèvements atmosphériques installés en fonction des besoins.

La surveillance de la contamination atmosphérique et des niveaux d'irradiation dans les locaux est détaillée plus avant dans les chapitres 2.1.7 et 2.2.9 du présent volume.

3.7.1.1 La présentation des risques

La perte ou la défaillance de la surveillance radiologique peut être consécutive à :

- la perte ou la défaillance d'un équipement de contrôle ou de mesure ;
- ou la perte de la remontée. Ce point est traité dans le chapitre 3.8 du présent volume lié à la perte du contrôle commande du présent volume.

La perte de la surveillance de la contamination atmosphérique et des niveaux d'irradiation engendre une dégradation de la maitrise des fonctions de sûreté de :

- confinement des substances radioactives ;
- protection des personnes contre l'exposition aux rayonnements ionisants.

La défaillance de la surveillance radiologique n'engendre pas en elle-même de rejet radiologique ou d'exposition du personnel additionnels.

3.7.1.2 Les dispositions de maîtrise des risques

Les dispositions de prévention sont les suivantes :

- la conception des équipements répondent aux normes et réglementations en vigueur ;
- la mise en place d'un plan de maintenance préventive sur les équipements de contrôle et de mesure avec, notamment, leur nettoyage et leur étalonnage effectués périodiquement ;
- la mise en place d'essais périodiques.

En local, les équipements de mesures et de contrôle sont équipés de dispositifs indiquant leur état de fonctionnement. Ainsi, en cas de perte d'une balise, une alarme (sonore et/ou visuelle) permet d'alerter les opérateurs de l'absence de surveillance radiologique afin qu'ils évacuent les postes de travail.

En cas de dysfonctionnement d'un capteur de la surveillance de l'atmosphère radiologique au sein des locaux ainsi que des sondes de mesure de l'irradiation associés à la manœuvre des accès en zones contrôlées rouges, l'information de ce défaut de fonctionnement est remontée.

Les opérations du process nucléaire et de maintenance préventive de la zone concernée sont alors arrêtées temporairement.

Une inspection de la zone est déclenchée et l'autorisation de la maintenance corrective ou du remplacement de l'équipement défectueux est donnée par la fonction radioprotection (cf. Volume 6 du présent rapport).

3.7.2 La perte de la surveillance des rejets gazeux

La surveillance des rejets gazeux aux émissaires est décrite dans le volume 5 du présent rapport. Cette surveillance est réalisée à travers le contrôle commande dédié à la radioprotection (RP).

3.7.2.1 La présentation des risques

La perte de la surveillance des rejets gazeux peut être consécutive à :

- la perte d'un équipement de contrôle ou de mesure ;
- la perte de la remontée. Ce point est traité dans le chapitre 3.8 du présent volume lié à la perte du contrôle commande du présent volume.

La perte ou la défaillance d'un équipement de mesure et de contrôle est susceptible de conduire à une dégradation des performances voire à une perte localisée des capacités de surveillance des rejets gazeux.

Cela engendre une dégradation de la maîtrise des fonctions de sûreté de :

- dispersion des substances radioactives ;
- protection des personnes contre l'exposition aux rayonnements ionisants.

La défaillance des rejets gazeux n'engendre pas en elle-même de rejet radiologique ou d'exposition du personnel additionnel.

3.7.2.2 Les dispositions de maitrise des risques

Les dispositions de prévention sont :

- la conception des équipements répond aux normes et réglementations en vigueur ;
- les équipements, voies de mesures et de traitement de la surveillance atmosphérique aux émissaires des réseaux C2 et C2/C4** sont redondés ;
- la mise en place d'un plan de maintenance préventive sur les équipements de contrôle et de mesure avec, notamment, leur nettoyage et leur étalonnage effectués périodiquement ;
- la mise en place d'essais périodiques.

En cas de perte de la surveillance des rejets gazeux, l'information d'un défaut de fonctionnement d'un capteur ou de la surveillance est remontée.

Suite à la détection de la perte de surveillance, une maintenance corrective ou le remplacement de l'équipement défectueux est effectuée.

En cas de perte d'un équipement de surveillance, la redondance des équipements, voies de mesures et de traitement de la surveillance atmosphérique aux émissaires des réseaux C2 et C2/C4**permet de continuer à assurer la surveillance des rejets gazeux. Aucun arrêt des opérations, ni mise à l'état sûr de l'installation n'est réalisée.

En cas de perte totale de la surveillance des rejets gazeux, toute opération à risque (procédé et maintenance) est suspendue et l'installation est mise à l'état sûr.

3.7.3 La perte de la surveillance des effluents liquides

Les effluents liquides générés par l'INB nécessitent d'être récupérés et d'être contrôlés spécifiquement afin de vérifier l'absence de radioactivité artificielle ajoutée.

Les effluents faisant l'objet de contrôles radiologiques sont les suivants (cf. Volume 5 du présent rapport) :

- les eaux d'exhaures des descenderies colis/service et des puits d'exploitation ;
- les effluents éventuels des cellules de dégazage ;
- les eaux de condensats ;
- les effluents éventuels de décontamination et de nettoyage ;
- les effluents de rinçage de l'installation de fabrication du liant de clavage ;
- les eaux d'exhaures des alvéoles HA ;
- les eaux d'extinction incendie.

Ces contrôles se font principalement par prise d'échantillon et une analyse différée en laboratoire. Seuls les contrôles radiologiques sur les eaux d'exhaures des descenderies colis et service et des puits d'exploitation, réalisés au niveau des différents bassins de la recoupe albraque, s'effectuent par un dispositif de mesure continu et une analyse en temps réel (sonde de spectrométrie gamma). Cette surveillance est réalisée à travers le contrôle commande dédié à la radioprotection (RP).

3.7.3.1 La présentation des risques

La perte de la surveillance des effluents liquides peut être consécutive à :

- la perte d'un équipement de contrôle ou de mesure ;
- la perte de la remontée. Ce point est traité dans le chapitre 3.8 du présent volume lié à la perte du contrôle commande du présent volume.

Hormis les contrôles par spectrométrie gamma sur les effluents des bassins de la recoupe albraque, tous les autres contrôles sont effectués par prise d'échantillons et par analyse en différé dans un laboratoire et ne peuvent donc faire l'objet d'une défaillance.

Concernant la surveillance radiologique des effluents présents dans les bassins de la recoupe albraque, la perte ou la défaillance de l'équipement de mesure en continu est susceptible de conduire à une dégradation des performances voire à une perte des capacités de surveillance. La perte de la surveillance des effluents liquides engendre une dégradation de la maitrise des fonctions de sûreté de :

- confinement des substances des substances radioactives ;
- protection des personnes contre l'exposition aux rayonnements ionisants.

La défaillance de la surveillance des rejets liquides n'engendre pas en elle-même de rejet radiologique ou d'exposition du personnel additionnels.

3.7.3.2 Les dispositions de maîtrise des risques

Les dispositions de prévention mises en place vis-à-vis de la perte de surveillance des rejets liquides sont les suivantes :

- la conception des équipements de type spectrométrie gamma répond aux normes et réglementations en vigueur ;
- un plan de maintenance préventive sur les équipements de type spectromètre gamma est mis en place ;
- la mise en place d'essais périodiques.

La récupération des effluents liquides dans la recoupe albraque s'effectue à travers la présence de trois bassins communicants, chacun possédant son propre système de surveillance.

En cas de perte de la surveillance radiologique des effluents d'un bassin, le contenu de celui-ci peut être transféré dans un des deux autres pour analyse.

En cas de perte de la surveillance radiologique dans chacun des trois bassins, la validation d'absence de contamination des effluents est assurée par un échantillonnage et analyse radiochimique en laboratoire préalable au transfert des effluents.

Suite à la détection de la perte de surveillance, une maintenance corrective ou le remplacement de l'équipement défectueux est effectuée.

3.7.4 La perte de la surveillance des gaz inflammables produits par radiolyse

Dans le bâtiment nucléaire de surface, des capteurs d'hydrogène sont implantés :

- dans les cellules de déchargement des emballages de transport ;
- dans les zones d'entreposage tampon ;
- dans les gaines de ventilation.

Au niveau de l'installation souterraine, des capteurs d'hydrogène sont implantés dans les gaines de ventilation en sortie de chaque alvéole MA-VL. Ce système permet de détecter une augmentation anormale de l'émission de gaz de radiolyse.

Aucune surveillance spécifique du taux d'hydrogène n'est effectuée au sein de la hotte lors du transfert des colis de stockage MA-VL.

3.7.4.1 La présentation des risques

La perte de la surveillance des gaz inflammables produits par radiolyse peut être consécutive à :

- la perte d'un équipement de contrôle ou de mesure ;
- la perte de la remontée d'information.

La perte de la surveillance des gaz de radiolyse n'engendre pas en elle-même de rejet radiologique ou d'exposition additionnels du personnel aux rayonnements ionisants. Elle ne remet pas non plus en cause l'évolution de leur concentration dans lesdits locaux et zones.

En cas de perte de la surveillance, seule la capacité à détecter une sortie du domaine de fonctionnement normal est temporairement dégradée.

3.7.4.2 Les dispositions de maîtrise des risques

Les dispositions de prévention mises en place vis-à-vis de la perte de la surveillance des gaz inflammables produits par radiolyse sont les suivantes :

- la conception et l'installation des équipements de contrôle et de mesure suivant les normes et réglementations en vigueur ;
- la mise en place d'un plan de maintenance préventive sur les équipements de contrôle et de mesure ;
- la mise en place d'essais périodiques.

En outre, la maîtrise des risques liés aux gaz inflammables produits par radiolyse est intrinsèquement liée au fonctionnement de la ventilation nucléaire. La surveillance du bon fonctionnement de la ventilation permet ainsi de s'assurer de l'évacuation des gaz de radiolyse dans l'attente d'une maintenance corrective sur les équipements de surveillance défectueux.

En cas de perte de la surveillance, les opérations du procédé de la zone ne sont pas interrompues en attendant la maintenance de l'équipement défectueux.

3.7.5 La perte de la détection incendie

La perte de la détection incendie est consécutive à :

- la perte d'un équipement de contrôle ou de mesure ;
- la perte de la remontée. Ce point est traité dans le chapitre 3.8 du présent volume lié à la perte du contrôle commande du présent volume.

3.7.5.1 La présentation des risques

La surveillance du risque incendie surveillance est effectuée par :

- des dispositifs de détection automatique incendie (DAI) dans l'ensemble des locaux et zones des installations ;
- des systèmes de détection embarqués sur les moyens de manutention des colis de déchets et de transfert des hottes ;
- des systèmes de détection embarqués sur tous les véhicules de soutien à l'exploitation au sein de l'installation souterraine.

La perte ou la défaillance d'un dispositif de détection, de mesure et de contrôle est susceptible de conduire à une dégradation des performances voire à une perte localisée des capacités de la détection incendie.

Cette perte engendre une dégradation de la maitrise de la fonction liée à la maitrise de l'incendie.

La perte de la surveillance incendie nucléaire n'engendre pas en elle-même de rejet radiologique, d'exposition additionnels du personnel aux rayonnements ionisants ni d'augmentation du risque de déclenchement d'un incendie.

3.7.5.2 Les dispositions de maitrise des risques

Les dispositions de prévention mises en place vis-à-vis de la perte de surveillance sont les suivantes :

- la conception des équipements de contrôle et de mesure suivant les normes et réglementations en vigueur ;
- la mise en place d'un plan de maintenance préventive sur les équipements de contrôle et de mesure ;
- la mise en place d'essais périodiques.

En cas de perte de la surveillance incendie et des réseaux incendie, l'information d'un défaut de fonctionnement d'un capteur est remontée.

En cas de perte localisée de la détection incendie, le procédé n'est pas interrompu mais des mesures compensatoires (vigilance humaine et technique de la zone plus marquée) sont prises dans l'attente d'une maintenance corrective sur les équipements défectueux.

De plus, en cas de perte d'un système de détection embarqué, la présence de dispositifs de détection fixes dans les locaux et zones des installations dans lesquelles circule le mobile permet d'en limiter les conséquences.

Similairement, l'implantation géographique multiple des systèmes de détection fixe d'incendie permet de limiter les conséquences de la perte d'un équipement de détection fixe.

En cas de perte totale du système de surveillance incendie, les opérations à risque d'incendie sont interrompues et l'installation mise à l'état sûr.

3.7.6 La synthèse

La perte de la surveillance peut engendrer la perte de la maitrise de fonctions de sûreté.

- Les fonctions de sûreté potentiellement impactées sont :
  - ✓ le confinement des substances radioactives ;
  - ✓ la protection des personnes contre l'exposition aux rayonnements ionisants ;
  - ✓ l'évacuation des gaz de radiolyse et de corrosion.
- La perte de la surveillance peut également engendrer la perte de la maîtrise de l'incendie ;
- Les dispositions de maîtrise de la perte de la surveillance sont :
  - ✓ une conception des équipements de contrôle et de mesure conforme aux normes en vigueur ;
  - ✓ l'information de défaut d'un équipement de mesure et de contrôle important pour la surveillance de l'installation est remontée ;
  - ✓ enfin, la perte de la surveillance, quel que soit sa nature, n'engendre pas de rejets ou d'exposition des personnes supérieures au fonctionnement nominal.

De plus, les voies de mesures et de traitement de la surveillance atmosphérique aux émissaires des réseaux C2 et C2/C4** sont redondés.

3.8 Les risques liés à la perte du contrôle commande

Le SII (Système d'information industriel) est basé sur le concept CIM (*computer-integrated manufacturing* ou fabrication intégrée par ordinateur). Ce concept, bâti d'une manière pyramidale et hiérarchique, comporte cinq niveaux correspondant à des niveaux de contrôle et de décision différents.

Seuls les trois premiers niveaux sont impliqués dans la maitrise de la sûreté :

- niveau 2 : supervision et pilotage opérateurs des process ;
- niveau 1 : contrôle des automatismes ;
- niveau 0 : les capteurs et les actionneurs.

Le système d'information industriel est organisé en 15 ensembles fonctionnels (EF) qui correspondent aux différents systèmes de contrôle commande mis en œuvre.

Les ensembles fonctionnels dont la perte ou la défaillance ont des impacts sur la sûreté sont les suivants :

- CC : contrôle-commande du process nucléaire ;
- GTE : gestion technique électrique ;
- RP : radio protection ;
- SSI : système de sécurité incendie ;
- VN : ventilation nucléaire.

La description des différents systèmes de contrôle commande ainsi que leur fonctionnement sont présentés dans le volume 5 du présent rapport.

3.8.1 Les risques liés à la perte du système de contrôle commande du process nucléaire

Pour rappel, le contrôle commande du process nucléaire est constitué de deux systèmes :

- un système « conduite », constitué d'API (Automate Programmable Industriel) ainsi que de capteurs et d'actionneurs qui lui sont propres ; ce système est dédié à la conduite de l'installation et à l'exécution du process ;
- un système « sécurité », constitué d'APS (Automate Programmable de Sécurité) ainsi que de capteurs et d'actionneurs qui lui sont propres ; ce système s'assure que les différents paramètres surveillés restent dans la plage de fonctionnement autorisé de l'installation et permet, en cas de dérive, la mise en place d'actions permettant de ne pas remettre en cause la maitrise des fonctions de sûreté ; cela passe par des pré-alarmes, des alarmes afin de mettre, le cas échéant, l'installation à l'état sûr.

Les deux systèmes du contrôle commande process nucléaire sont indépendants. Ils disposent de leurs propres équipements (automates, capteurs, actionneurs…). La partie « sécurité » agit de façon prioritaire par rapport à la partie « conduite ».

Concernant la perte ou la défaillance d'un équipement actif ou passif du système du contrôle commande du process nucléaire, celle-ci est susceptible de conduire à une dégradation des performances voire à la perte des capacités de pilotage et de supervision sur les équipements du process.

3.8.1.1 L'analyse de la perte du contrôle commande process sur les fonctions assurées

Les risques de perte du contrôle commande process ont pour origine la perte ou la défaillance d'un équipement constitutif du système de contrôle commande ou l'agression de ces équipements. Les agressions susceptibles de remettre en cause leur bon fonctionnement sont présentées au chapitre 1 du présent volume.

Seule la perte du contrôle commande de sécurité est étudiée compte tenu de son incidence sur la protection des intérêts,

En termes de nature de défaillances liés au contrôle commande, il s'agit de :

- défaillances dites aléatoires ; Ces défaillances sont la conséquence de dégradations des composants du matériel ou de l'équipement concerné : par leur nature, elles sont aléatoires ;
- défaillances dites systématiques ; Ces défaillances sont liées au processus de conception et de programmation des différents équipements du contrôle commande ; elles sont par nature déterministes et résultent en la réponse déviante du système de traitement à une donnée d'entrée (remontées d'informations de capteurs, ordres du niveau supérieur…) ;elles sont dites systématiques car la réception de la même donnée d'entrée dans des conditions identiques mènera invariablement au même comportement déviant du système de traitement.

Les risques liés à la perte ou à la défaillance du système de sécurité du contrôle commande process sont :

- le dysfonctionnement du système de sécurité lors de sa sollicitation. Ce dysfonctionnement induit une persistance de la dérive du process nucléaire et des équipements de manutention pouvant engendrer :
  - ✓ un risque de blocage de l'équipement ;
  - ✓ un risque de collision ;
  - ✓ un risque de chute de charge.

  Pour les équipements de manutention des colis de déchets, ces risques peuvent entrainer un risque de dissémination des substances radioactives.

De plus, la perte ou le dysfonctionnement du contrôle commande sur des équipements du process assurant une fonction de protection radiologique, peut entrainer la remise en cause de la fonction de protection des personnes contre l'exposition aux rayonnements ionisants ;

- le maintien du fonctionnement du process lors d'une défaillance du système sécurité. Bien que le système de conduite dispose de ses propres dispositions de maîtrise du risque, celles-ci ne disposent pas de la même robustesse que celles du système de sécurité. Il est donc important que lors de la détection d'une défaillance du système de sécurité du contrôle commande process, les actions menées par le système de conduite du contrôle-commande soit arrêté et le process mis à l'état sûr. Les risques engendrés sont les mêmes que ceux développés plus haut.

3.8.1.2 Les dispositions de prévention

La conception et le dimensionnement du système de sécurité du contrôle commande process prennent en compte :

- la conformité aux normes et réglementations en vigueur vis-à-vis de la conception des réseaux et équipements (cf. Volume 5 du présent rapport) ;
- le respect de ces normes et réglementations permettant de maitriser le cycle de développement et de conception des différents équipements de contrôle commande et ainsi de diminuer l'occurrence des défaillances systématiques ;
- le respect de la directive 2006/42/CE du Parlement européen et du Conseil du 17 mai 2006 relative aux machines (42) ;
- l'intégration de programmes d'essais initiaux et périodiques des équipements liés aux systèmes de contrôle-commande ainsi que la qualification des équipements lorsque celle-ci est nécessaire ;
- la maintenance préventive des équipements constitutifs du système de sécurité du contrôle commande process.

Les actions allouées au système de sécurité ont notamment pour fonction le déclenchement d'actions instrumentées permettant de conserver l'installation dans son domaine de fonctionnement autorisé ou de la mettre dans un état sûr.

En fonction de l'importance allouée aux actions instrumentées, différentes architectures sont mises en place :

- la première est basée sur une architecture à un capteur, un automate programmable de sécurité (APS), et un pré-actionneur ;
- la seconde est basée sur une architecture à un capteur redondé, un APS, et un pré-actionneur redondé.

La mise en place de ce type d'architecture et de cette hiérarchisation permettent une fiabilisation forte des équipements du système de sécurité du contrôle commande du process nucléaire et permettent de s'assurer de leur fonctionnement en cas de sollicitation.

3.8.1.3 Les dispositions de détection et de limitation des conséquences

La détection de la défaillance d'un élément du système de sécurité est réalisée *via* le contrôle de l'état des composants du système. En cas de défaillance d'un équipement du système de sécurité, des alarmes sonores ou visuelles se déclenchent.

À cela s'ajoute le fait que le système sécurité du contrôle commande process est de type « *Fail-safe* ». C'est-à-dire que, en cas de perte d'un élément du système de sécurité, l'arrêt du process est automatiquement effectué. Par conception, l'arrêt du process conserve l'installation dans son domaine de fonctionnement normal et n'engendre pas de risque pour la sûreté de l'installation.

Une maintenance corrective est ensuite réalisée afin de rétablir le contrôle de l'installation et, en particulier, tous les dispositifs de sécurité.

3.8.1.4 La synthèse

La perte du contrôle commande process peut engendrer la perte d'équipements nécessaires à la maitrise de fonctions de sûreté et donc à une remise en cause de leur maîtrise.

Les fonctions de sûreté potentiellement impactées sont :

- le confinement des substances radioactives ;
- la protection des personnes contre l'exposition aux rayonnements ionisants.

Les dispositions de maîtrise de la perte du contrôle-commande du process nucléaire sont :

- une conception éprouvée et conforme aux normes en vigueur des réseaux et des équipements ;
- la présence d'un système de sécurité venant en complément du système de conduite permettant l'arrêt des équipements du process de manière sûre en cas de défaillance du système de conduite ;
- une conception « *fail-safe* » du système sécurité du contrôle commande induisant l'arrêt et la mise à l'état sûr automatique des équipements du process en cas de défaillance du système de sécurité.

3.8.2 Les risques liés à la perte des autres systèmes du contrôle commande

Contrairement au système de contrôle commande du process nucléaire dont l'architecture comprend un système « conduite » et un système « sécurité » indépendant l'un de l'autre, les architectures des autres systèmes du contrôle commande ne sont constituées que d'un seul système.

Ce système prend en charge l'entièreté des actions dédiées au contrôle commande en question de chaque système (supervision, pilotage, fonctionnement, actions de sécurité et de sûreté…). Celui-ci est constitué de contrôleurs de différents types selon le système de contrôle commande (Automate Programmable Industriel, Unité de Traitement Locale, …) ainsi que de capteurs et d'actionneurs.

La perte ou la défaillance d'un équipement actif ou passif de ces systèmes du contrôle commande est susceptible de conduire à une dégradation des performances voire la perte des capacités de pilotage et de supervision assurées par ces différents systèmes.

En effet, en cas de perte d'un équipement du contrôle commande, les conséquences potentielles sont :

- la perte du pilotage à distance et de la surveillance lors de la perte ou du dysfonctionnement d'un équipement de niveau 2 (postes de pilotage, serveurs, réseaux principal et secondaires de communication). La transmission d'information des postes de pilotage vers les contrôleurs (niveau 1) et inversement n'est plus disponible. Les composants de niveau 0 et 1 associés permettent aux équipements des différents systèmes pilotés de rester fonctionnels. Cette défaillance ne remet pas en cause les fonctions de sûreté de l'installation ;
- la dérive des équipements pilotés en cas de perte ou de dysfonctionnement d'un équipement de niveau 1 ou 0 (API, UTL, actionneurs, capteurs…). La perte ou le mauvais fonctionnement de ceux-ci peut engendrer une potentielle remise en cause de la maitrise des fonctions de sûreté.

Les risques de perte du contrôle commande ont pour origine la perte ou la défaillance d'un équipement constitutif du système de contrôle commande ou l'agression de ces équipements. Les agressions susceptibles de remettre en cause leur bon fonctionnement sont identiques à celles présentées dans le chapitre 3.8.1 du présent volume.

De la même manière que décrit dans le chapitre 3.8.1 du présent volume, il y a deux types de défaillances liées au contrôle commande.

Les principaux impacts sur les fonctions associés à la perte des systèmes du contrôle commande autres que le contrôle commande du process nucléaire sont présentés dans le tableau 3-14.

Tableau 3-14 Fonction impactée en cas de perte d'un système de contrôle commande

Système	Fonctions impactées en cas de perte
Radioprotection (RP)	Surveillance radiologique de l'installation
Ventilation nucléaire (VN)	Pilotage et surveillance de la ventilation nucléaire
Gestion technique électrique (GTE)	Pilotage et surveillance du réseau d'alimentation électrique
Système de sécurité incendie (SSI)	Détection et mise en sécurité incendie

3.8.2.1 L'analyse de la perte du contrôle commande sur les fonctions assurées

3.8.2.1.1 La fonction surveillance radiologique de l'installation

Le système radioprotection assure la surveillance radiologique de l'installation, y compris la surveillance de ses rejets gazeux et liquides.

L'impact de la perte du contrôle commande dédié à la radioprotection se décompose en deux parties :

- la perte de la remontée des informations de surveillance au niveau de la supervision radioprotection de l'installation ;
- la perte d'un équipement de contrôle et de mesure.

Seule la perte du réseau de communication et de la supervision du système est traitée dans le présent chapitre. La perte d'un équipement de mesure est traitée dans le chapitre 3.7 du présent volume.

La perte du système Radioprotection engendre la potentielle perte de la maitrise de la garantie de disposer du confinement des substances radioactives ainsi que du risque d'exposition interne et externe liés aux rayonnements ionisants.

3.8.2.1.2 La fonction pilotage et surveillance de la ventilation nucléaire

La perte du système de contrôle commande dédié à la ventilation nucléaire peut engendrer le dysfonctionnement voire la perte potentielle du pilotage de la ventilation nucléaire.

Pour le bâtiment nucléaire de surface, le système de contrôle-commande de la ventilation nucléaire participe à la maitrise :

- du confinement des substances radioactives et de surveillance des installations ;
- de la surveillance des installations ;
- du risque d'incendie ;
- du maintien des conditions d'ambiance des zones et locaux.

S'agissant de l'installation souterraine, la ventilation nucléaire participe à la maîtrise :

- de l'évacuation des gaz de radiolyse ;
- du confinement des substances radioactives ;
- à l'évacuation de la puissance thermique des colis MA-VL des familles CSD-C et C1PG^{SP} stockés en alvéoles de stockage MA-VL ;
- de la surveillance des installations ;
- du risque d'incendie ;
- du maintien des conditions d'ambiance des zones et locaux.

Le système ventilation nucléaire participe également à la surveillance du fonctionnement de la ventilation nucléaire, sa perte peut induire une perte de cette surveillance. La perte de la surveillance de la ventilation nucléaire est analysée dans le chapitre 3.7 du présent volume.

3.8.2.1.3 La fonction pilotage et surveillance de l'alimentation électrique

La défaillance d'un équipement du système de contrôle dédié à la Gestion Technique Électrique est susceptible de conduire à une perte de la supervision et du pilotage des réseaux de distribution.

De plus, la perte du système de contrôle commande dédié à la Gestion Technique Électrique peut engendrer une perte potentielle de l'alimentation électrique des récepteurs peuvent être requis au titre de la sûreté afin :

- d'assurer la maîtrise des fonctions de sûreté ;
- d'assurer la surveillance de l'installation ;
- de protéger les équipements participant à l'accomplissement ou à la surveillance des fonctions de sûreté contre les différents risques liés à l'installation.

3.8.2.1.4 La maîtrise de l'incendie

Le contrôle commande dédié au Système de sécurité incendie assure :

- la détection incendie ;
- le déclenchement automatique ou ordre de déclenchement manuel opérateur selon les cas du système d'extinction incendie ;
- la mise en sécurité incendie par l'envoi des ordres de commande de fermeture aux clapets coupe-feu et aux portes de compartimentage assurant une sectorisation incendie.

La perte du système de sécurité incendie impacte le fonctionnement des équipements assurant ou participant à la réalisation et au maintien d'une fonction de protection. Le système de sécurité incendie est également en interface avec le système ventilation nucléaire (envoi d'informations), permettant au système ventilation nucléaire le déclenchement d'actions manuelles ou automatiques. La perte du système de sécurité incendie dégrade ainsi le niveau de maîtrise du risque incendie présent sur l'installation.

3.8.2.2 Les dispositions de prévention

Les dispositions de prévention sont :

- la conformité aux normes et réglementations en vigueur, notamment les normes liées à la conception des réseaux et des équipements. Le respect de ces normes et réglementations permet de maitriser le cycle de développement et de conception des différents équipements de contrôle commande et ainsi de diminuer l'occurrence des défaillances systématiques ;
- la maintenance préventive voire prévisionnelle des équipements constitutifs des systèmes de contrôle commande ;
- l'intégration de programmes d'essais initiaux et périodiques des équipements liés aux systèmes de contrôle-commande ainsi que la qualification des équipements lorsque celle-ci est nécessaire.

La prévention du risque de perte du contrôle commande repose également sur une architecture de contrôle commande permettant de fiabiliser le pilotage ou la surveillance des différents équipements du contrôle commande.

Certains équipements ont pour fonction le déclenchement d'actions instrumentées permettant de conserver l'installation dans son domaine de fonctionnement autorisé ou de la mettre dans un état sûr.

En fonction de l'importance allouée à ces actions instrumentées, différents niveaux de fiabilisation sont mis en place :

- le premier est basé sur une architecture à un capteur, un contrôleur (Automate Programmable Industriel (API), Unité de Traitement Locale (UTL)…) et un actionneur ;
- le second est basé sur une architecture à un capteur redondé, un contrôleur (API, UTL…) et un actionneur ou pré-actionneur redondé ;
- le troisième est basé sur une architecture à un capteur redondé, un contrôleur (API, UTL…) redondé et un actionneur ou pré-actionneur redondé.

Chaque système de contrôle commande dispose de son architecture propre, les architectures allouées aux différents niveaux de fiabilisation présentées ci-avant sont des architectures *a minima*.

3.8.2.3 Les dispositions de surveillance et de limitation des conséquences

La défaillance d'un équipement des différents systèmes de contrôle commande décrit préalablement dans le tableau 3-14 entraîne une remontée d'information du défaut de l'équipement par des déclenchements d'alarmes sonores ou visuelles.

La perte totale du niveau 2 induit la perte de la surveillance et du pilotage à distance. Les fonctions de surveillance sont toujours assurées par les équipements avec visualisation des informations en local. S'agissant de la perte du pilotage à distance, les automates ou UTL, en l'absence d'information du niveau supérieur, enclenchent des opérations de repli de la fonction en cours (mise à l'état sûr) ou de maintien de la fonction selon les cas.

De plus, un pilotage manuel en local des équipements est disponible.

En cas de perte d'un équipement du niveau 0 ou 1, la fonction assurée par ce dernier est perdue. Selon la fonction assurée, soit le fonctionnement du système concerné reste assuré soit des opérations de mise à l'état sûr sont initiées automatiquement.

3.8.2.3.1 Les dispositions spécifiques au système radioprotection

À l'exception de la défaillance d'un équipement de mesure et de contrôle dont la perte est analysée dans le chapitre 3.7 du présent volume, la perte du système Radioprotection n'impacte pas la fonction surveillance radiologique de l'installation. En effet, celle-ci est réalisée par les équipements de mesure et de contrôle qui continuent à fonctionner localement, permettant ainsi la visualisation des informations radiologiques au niveau local.

À la suite de la détection de la perte partielle ou globale du système, une maintenance corrective est engagée afin de rétablir le fonctionnement normal du système.

3.8.2.3.2 Les dispositions spécifiques au système ventilation nucléaire

En cas de défaillance du système ventilation nucléaire, les équipements pilotés conservent leur valeur de consigne, n'entrainant ainsi pas de risque de perte de la ventilation.

De plus, un pilotage manuel des différents équipements constituant la ventilation nucléaire est disponible à leur proximité permettant la continuité du pilotage de la ventilation nucléaire.

À la suite de la détection de la perte partielle ou totale du système, une maintenance corrective est engagée afin de rétablir le fonctionnement normal du système.

3.8.2.3.3 Les dispositions spécifiques au système gestion technique électrique

En cas de défaillance d'un équipement du système gestion technique électrique, les équipements pilotés conservent leur valeur de consigne, n'entraînant ainsi pas de risque de perte de l'alimentation électrique des équipements.

De plus, en cas de dysfonctionnement, un pilotage manuel des différents équipements le constituant est disponible en local permettant d'agir sur l'architecture du réseau électrique et permettre, par exemple, sa reconfiguration si besoin.

En cas de défaillance multiples d'équipements du système Gestion technique électrique, une perte de l'alimentation électrique est possible. L'alimentation des équipements vitaux pour la sûreté reste assurée par les ASI (alimentation sans interruption) pendant 30 minutes. Suite à la détection de la perte de l'alimentation normale, le démarrage des groupes électrogène de secours (GES) reprenant l'alimentation des récepteurs secourus (comprenant les récepteurs vitaux, essentiels et prioritaires) de l'installation dans un délai inférieur à 30 minutes, est déclenché.

À la suite de la détection de la perte partielle ou global du système gestion technique électrique, une maintenance corrective est engagée afin de rétablir le fonctionnement normal du système. Des dispositions compensatoires sont mises en place jusqu'au retour à l'état initial.

3.8.2.3.4 Les dispositions spécifiques au système de sécurité incendie

En cas de perte du réseau de communication du système de sécurité incendie, les informations de détection sont disponibles en local, *via* des interfaces IHM (interface homme-machine) en face avant des baies incendie dans les locaux techniques dédiés. De plus, des commandes locales des équipements de mise en sécurité et d'extinction sont accessibles en cas de besoin.

À la suite de la détection de la perte partielle ou globale du système de sécurité incendie, une maintenance corrective est engagée afin de rétablir le fonctionnement normal du système. Des dispositions organisationnelles compensatoires allant jusqu'à l'arrêt de l'exploitation sont mises en place jusqu'au retour à l'état normal.

3.8.2.4 La synthèse

La perte du contrôle commande de ces systèmes peut engendrer la perte d'équipements nécessaires à la maitrise de fonctions de sûreté et donc à une remise en cause de leur maîtrise.

Les fonctions de sûreté potentiellement impactées sont :

- le confinement des substances radioactives ;
- la protection des personnes contre les rayonnements ionisants ;
- l'évacuation des gaz formés par radiolyse et corrosion.

La perte du contrôle commande peut remettre également en cause la maitrise des fonctions suivantes :

- la surveillance des installations ;
- la maîtrise de l'incendie ;
- le maintien des conditions d'ambiance des zones et des locaux techniques électriques.

Les dispositions de maîtrise de la perte du contrôle commande sont :

- une conception des réseaux et des équipements conforme aux normes en vigueur et éprouvée ;
- les dispositions de limitation des conséquences se basent soit sur le maintien des fonction des équipements soit sur la mise à l'état sûr de l'installation.

3.9 Les risques liés à l'inondation interne

3.9.1 La présentation des risques liés à l'inondation interne

3.9.1.1 La présentation des risques

Le risque d'inondation d'origine interne trouve son origine dans la présence, au sein des ouvrages nucléaires de l'INB, de réseaux d'alimentation en eaux, de réseaux de collecte d'effluents liquides ou d'effluents d'extinction incendie.

Une défaillance ou une agression de ces réseaux pourrait conduire à l'occurrence d'une fuite, d'un débordement ou d'une rupture de ces circuits pouvant induire une inondation interne. Cette dernière peut soit rester localisée, en cas de fuite ou d'épandage intervenant sur un réseau fermé (capacité limitée), soit être de plus grande ampleur si elle intervient sur un réseau ouvert (capacité non limitée) ou si elle fait suite à une agression généralisée pouvant impliquer simultanément plusieurs réseaux distincts.

Les évènements redoutés sont essentiellement l'immersion ou la projection d'effluents liquides sur une cible de sûreté (emballage, hotte, colis primaires ou colis de stockage) ou sur un équipement assurant ou participant au maintien d'une fonction de sûreté. Les conséquences pourraient être l'entraînement de substances radioactives par les effluents, le dysfonctionnement ou la perte de tout ou partie des équipements affectés à une fonction de sûreté, ou encore l'induction d'autres risques (par exemple un départ de feu en cas d'aspersion d'équipements électriques conduisant à des courts-circuits).

3.9.1.1.1 Les sources d'inondation interne

a) Les réseaux fluides de l'installation nucléaire de surface en zone descenderie

<u>Localisation des sources d'inondation</u>

L'installation nucléaire de surface en zone descenderie est constituée du bâtiment EP1 et de la tête de descenderie colis. Ces ouvrages intègrent les réseaux fluides suivants :

- réseaux d'alimentation :
  - ✓ en eau chaude de chauffage (ECC) ;
  - ✓ en eau glacée de refroidissement (EGL) ;
  - ✓ en eau d'extinction incendie (ESI) ;
  - ✓ en eaux sanitaires : eau potable (EPO), eau froide sanitaire (EFS), eau chaude sanitaire (ECS) et eau recyclée (ERC) ;
  - ✓ en eau déminéralisée (EDM) ;
  - ✓ en eau glycolée de récupération (ERN) ;
- réseaux de collecte :
  - ✓ des eaux usées et eaux vannes (EUV) ;
  - ✓ des effluents d'extinction incendie (EID) ;
  - ✓ des effluents potentiellement contaminés (EFC).

Ces réseaux fluides sont présents respectivement aux niveaux des différents ouvrages (cf. Tableau 3-15).

Tableau 3-15 Localisation des réseaux fluides au sein d'EP1 et de la TDC

Niveau (m)		ESI (et EID)	EUV	Cuves EFC	Réseaux EFC	EPO, EFS, ECS, ERC	EDM	ERN	ECC, EGL
EP1	-11.10	X						Faible quantité	X
	+0.00	X	X	X	X	X	X		X
	+06.20	X	X		X	X			X
	+12.20	X	X	X	X	X	X		X
TDC	+0.00	X							X
	+06.20	X				X			X
	+12.20	X				X			X

Quantification du risque

L'inondation interne se traduit par une accumulation d'effluents liquides dont la délimitation au sol des locaux, niveaux ou ouvrages dépend des quantités répandues et des principes de gestion de ces effluents liquides. Les volumes d'effluents liquides mobilisables tiennent compte de la totalité du volume des fluides présents physiquement dans le réseau affecté (fluides contenus dans l'ensemble des tuyauteries d'un réseau à un instant t). Les volumes retenus sont ceux conduisant aux plus gros volumes déversés (cf. Tableau 3-16).

Tableau 3-16 Ordre de grandeur des volumes d'effluents liquides mobilisables au sein d'EP1 et de la TDC

Dénomination du réseau fluide	Ordre de grandeur des volumes enveloppes issus de la défaillance par rupture des tuyauteries du réseau
Réseau d'eau d'extinction incendie (ESI)	60 m³
Réseau des eaux usées et eaux vannes (EUV)	12 m³
Réseau d'effluents potentiellement contaminés (EFC)	2 m³
Cuves tampons des effluents potentiellement contaminés (EFC)	10 m³
Réseau des eaux sanitaires : Eau potable (EPO), eau chaude/froide (ECS/EFS) et eau recyclée (ERC)	11 m³
Réseau d'eau déminéralisée (EDM)	Faible volume
Réseau d'eau glycolée (ERN)	Faible volume
Réseaux d'eau de chauffage et de refroidissement (ECC/EGL)	110 m³

b) Les réseaux fluides des ouvrages souterrains, liaisons surface-fond et des émergences en zone puits

Localisation des sources d'inondation

Les réseaux fluides pouvant conduire à un risque d'inondation interne au sein de l'installation souterraine et de ses émergences en zone puits sont les suivants :

- réseaux d'alimentation :
  - ✓ en eau d'extinction incendie (ESIF) ;
  - ✓ en eau glacée de refroidissement (EGLF) ;
  - ✓ en eau de refroidissement à détente directe (RDDF) ;
- réseaux de collecte et de relevage des eaux d'exhaure (EEXF) issues des descenderies et du puits de soufflage, collectées dans les bassins de la recoupe albraque et relevées vers le bassin de décantation en surface ;
- réseau de collecte des eaux d'exhaure HA ;
- effluents liquides générés dans l'installation souterraine (EIDF) constitués des effluents d'extinction incendie et des eaux issues des tests des prises d'eau incendie ;
- réseaux d'alimentation des émergences des puits de ventilation d'air frais exploitation (VFE) et de ventilation d'air vicié exploitation (VVE) :
  - ✓ en eau glacée de refroidissement raccordé aux CTA (EGLS) ;
  - ✓ en eau surchauffée de chauffage raccordé aux CTA (ECCS) ;
  - ✓ en eau glycolée de récupération d'énergie (RENS).

Ces réseaux fluides sont présents respectivement dans les ouvrages suivants (cf. Tableau 3-17 et tableau 3-18).

Tableau 3-17 Localisation des réseaux fluides au sein de la zone d'exploitation des ouvrages souterrains et des liaisons surface-fond

Zone de l'installation souterraine et des LSF		ESIF (et EIDF)	Refroidissement		EEXF
			EGLF	RDDF	
Quartier de stockage MA-VL	Galeries de liaison	X	X		
	Galeries d'accès	X		X	
	Galeries de retour d'air	X		X	
	Recoupes techniques entre GL	X	X		
	Recoupes techniques borgnes GRA			X	
Quartier de stockage HA recoupes techniques		X	X		
Quartier pilote HA, recoupes techniques		X		X	
ZSL exploitation		X		X	
Descenderies service et colis, recoupes		X		X	X
Puits Ventilation d'air Frais Exploitation (VFE)					X

Tableau 3-18 Localisation des réseaux fluides au sein des émergences de surface de l'installation souterraine

Zone des installations de surface	ECCS	EGLS	RENS
Tête de puits extraction PN071			X
Tête de puits soufflage PN064	X	X	X

Quantification du risque

Les volumes d'effluents liquides mobilisables tiennent compte, soit de la totalité du volume des fluides présents physiquement dans le réseau affecté, soit d'une partie du volume lorsque des vannes de rupture sont présentes sur ce réseau et qu'elles assurent une obturation rapide du réseau fuyard.

Les volumes retenus sont ceux conduisant aux plus gros volumes déversés (cf. Tableau 3-19).

Tableau 3-19 Ordres de grandeur des volumes d'effluents liquides mobilisables au sein de la zone d'exploitation de l'installation souterraine et de ses émergences

Dénomination du réseau fluide	Ordre de grandeur des volumes enveloppes issus de la défaillance par rupture des tuyauteries du réseau
Réseau d'eau d'extinction incendie (ESIF)	20 m³
Réseau d'eau glacée de refroidissement (EGLF)	20 m³
Réseau d'eau de refroidissement à détente directe (RDDF)	1 m³
Réseau de collecte des eaux d'exhaure HA	7 m³
Réseaux de collecte des eaux d'exhaure du puits VFE et des descenderies	110 m³
Réseau de relevage des eaux d'exhaure conventionnelles	20 m³
Réseau d'eau glacée/surchauffée (ECCS/EGLS)	10 m³
Réseau d'eau glycolée de récupération d'énergie RENS (PN064/PN071)	35 m³

Par ailleurs, les volumes des eaux d'extinction recueillies post-incendie sont évalués à respectivement 15 m³ pour les effluents provenant du dépotage des effluents issus d'une cellule de manutention et 20 m³ pour les effluents provenant de la gestion des caniveaux incendie.

Fluides hydrauliques contenus dans les équipements

Les équipements de manutention contiennent des fluides hydrauliques. Les capacités maximales sont de 50 L pour les ponts roulants de surface, 120 L pour les centrales hydrauliques des navettes et chariots de transfert, 70 L pour le funiculaire et 100 L pour les équipements en alvéole de stockage MA-VL (élévateur et pont stockeur). Des rétentions sont présentes sous les motorisations contenant les fluides.

Au-delà des fluides contenus dans ces équipements, d'autres fluides sont stockés en surface dans le local de maintenance et en fond dans le quartier ZSL : huile pour les motoréducteurs, graisse pour les graissages des équipements, produits dégraissants, peintures, produits chimiques liquides. Chaque produit est conditionné en petite quantité, sur bac de rétention, et leur volume total ne dépasse pas 1 m^3.

Compte tenu des volumes mis en jeu et de la présence de rétentions, la fuite de la capacité d'un équipement ou d'un bidon stocké ne conduira pas à un risque d'inondation.

3.9.1.1.2 Les agresseurs

L'agression d'un réseau fluides peut conduire à une rupture localisée ou généralisée de tout ou partie du réseau. Les ruptures peuvent être fragiles (causées par une agression mécanique : séisme, chute d'avion, manutention), ductiles (causées par une agression thermique : incendie) ou induites par une défaillance intrinsèque du réseau, du fait du vieillissement notamment.

La défaillance intrinsèque comprend toute dégradation d'un point du réseau fluide par corrosion, ou fatigue du réseau, menant à une perte de l'étanchéité. La fuite intervient le plus souvent au niveau des organes de liaison (brides, vannes, pompes...) qui sont des points de vulnérabilité des tuyauteries sujets à un vieillissement plus rapide du fait des manipulations par les opérateurs. La fuite reste cependant localisée dans la zone concernée et n'impacte pas le reste de l'installation.

L'agression accidentelle d'une tuyauterie, avec un équipement de manutention par exemple, peut conduire au poinçonnement de la tuyauterie voire à sa rupture (choc d'un véhicule). L'évènement reste également localisé et les dispositions déployées pour circonscrire la fuite sont mises en œuvre très rapidement.

À l'inverse, l'occurrence d'un séisme peut potentiellement générer une rupture généralisée de réseaux conduisant à un déversement des volumes d'eau contenus dans les réseaux fluides affectés. Il ne peut pas être exclu que les réseaux ouverts subissent une rupture franche à l'intérieur des installations tout en restant alimenté par le site, inondant alors les ouvrages concernés.

Un séisme ou une chute d'avion peut également être la source d'un départ de feu dans les installations. Cet incendie entraîne alors le déploiement d'une extinction pompier pouvant ainsi accroître les volumes d'eau consécutifs à une inondation d'origine interne.

3.9.1.2 Les vulnérabilités des cibles

3.9.1.2.1 Les atteintes des fonctions de sûreté

Les fonctions de sûreté à maintenir vis-à-vis des risques d'inondation interne sont les suivantes :

- le maintien du confinement des substances radioactives ;
- la maîtrise du risque d'exposition externe ;
- la maîtrise du risque de radiolyse ;
- la maîtrise du risque de dégagements thermiques ;
- la maîtrise du risque de criticité.

3.9.1.2.2 Les risques de dissémination de substances radioactives

La fuite d'une tuyauterie peut conduire à l'inondation de locaux intervenant dans le process nucléaire et entrainer la dispersion des substances radioactives présentes notamment sous forme de contamination labile déposée sur les colis ou les équipements les manutentionnant.

Les cibles participant directement à la fonction de confinement statique des substances radioactives et dont l'aspersion pourrait entraîner un risque de dispersion de contamination sont les suivantes :

- les emballages de transport (ET) ;
- les colis primaires et les colis de stockage HA et MA-VL ;
- les substances radioactives issues de l'exploitation (filtres THE, déchets d'exploitation, effluents radioactifs).

Les équipements assurant le confinement dynamique des substances radioactives peuvent également être la cible d'aspersion en cas d'inondation interne.

3.9.1.2.3 Le risque d'exposition externe aux rayonnements ionisants

Une inondation interne n'a pas de conséquences sur la maîtrise de ce risque qui est ainsi exclu.

3.9.1.2.4 Les risque de criticité

L'eau est susceptible de jouer le rôle de modérateur. Cependant, il n'a pas été retenu un mode de contrôle par la modération et les études de criticité ont été menée à l'optimum de modération. Le risque de criticité du fait d'une inondation interne peut donc être exclu.

3.9.1.2.5 Les risques liés à la production de gaz de radiolyse et de corrosion

Une inondation interne pourrait porter atteinte aux ventilateurs de soufflage ou d'extraction des alvéoles de stockage MA-VL. L'immersion ou l'aspersion des ventilateurs de soufflage et d'extraction peut conduire à leur dysfonctionnement et entraîner une perte de la maîtrise de ce risque.

3.9.1.2.6 Les risques liés aux dégagements thermiques des colis

Une inondation interne pourrait porter atteinte aux ventilateurs de soufflage ou d'extraction des alvéoles de stockage MA-VL. L'immersion ou l'aspersion des ventilateurs de soufflage et d'extraction peut conduire à leur dysfonctionnement et entraîner une perte de la maîtrise de ce risque pour les alvéoles de stockage contenant des déchets MA VL plus exothermiques.

3.9.1.2.7 Les atteintes des fonctions support

Les fonctions support à maintenir vis-à-vis des risques d'inondation interne sont l'alimentation en énergie, la ventilation nucléaire et conventionnelle, la surveillance des installations et la disponibilité des systèmes de lutte contre l'incendie. Les équipements intervenant dans le maintien de ces fonctions support doivent ainsi être protégés du risque d'immersion et d'aspersion par un fluide. Par défaut, les protections mises en place s'appliquent sans distinction à l'ensemble des locaux électriques.

Les équipements susceptibles d'être la cible d'une immersion ou d'aspersion sont les armoires électriques situées dans les locaux techniques des installations de surface et souterraine, les cheminements CFO/CFI, les composants électriques et les motorisations des équipements intervenant dans la maîtrise des fonctions de sûreté. Notamment, les composants électriques et motorisations des équipements de manutention et de transfert des cibles susmentionnées (emballages, colis, hottes) sont susceptibles de provoquer un choc, une collision ou un blocage du process, en cas de dysfonctionnement. Par ailleurs, l'immersion ou l'aspersion des motorisations de la ventilation pourrait entraînée la perte de la ventilation.

Concernant la surveillance des installations, les équipements actifs des systèmes de surveillance (surveillance radiologique, hydrogène/oxygène, détection incendie, surveillance des moyens de manutention et de transfert…) peuvent aussi être la cible d'une immersion ou d'une aspersion et engendrer la perte de la surveillance associée.

La disponibilité des systèmes de lutte contre l'incendie pourrait également ne plus être garantie en cas d'immersion ou d'aspersion des systèmes actifs des équipements de production mousse incendie, des

équipements d'extinction incendie (mobiles et fixes) et des équipements électriques associés aux pompes et aux vannes dans les locaux pomperies (DS076 et PS077).

3.9.2 La maîtrise des risques vis-à-vis des fonctions de sûreté

3.9.2.1 L'installation nucléaire de surface

3.9.2.1.1 Les dispositions de prévention

a) Les dispositions constructives

Un dimensionnement des réseaux et des cuves tenant compte des caractéristiques des fluides et des conditions d'utilisation (température, acidité, pression, etc.), complété par un programme de contrôle et d'essai périodique est réalisé. Les propriétés des matériaux (acier galvanisé et acier inoxydable) garantissent leur résistance à la corrosion. La conception robuste des réseaux suivant les normes et réglementations en vigueur et le suivi d'un programme de maintenance périodique des équipements assurent leur résistance aux défaillances intrinsèques et leur tenue aux agressions identifiées.

Les réseaux fluides EPO, ECS, ERC, EDM, ERN et EUV mobilisent une quantité d'eau faible n'ayant pas de conséquences sur l'installation en cas de déversement.

L'agression la plus pénalisante et majorant les autres ruptures de réseaux fluides, impliquerait une rupture de réseau ECC/EGL à la suite d'un séisme dans la mesure où ces réseaux mobilisent une grande quantité d'eau.

Ainsi, à l'intérieur des locaux sensibles, les sections de tuyauteries des réseaux d'eau chaude chauffage et d'eau glacée sont dimensionnés afin d'être maintenues étanches post séisme. De même, les réseaux ESI, mobilisant une grande quantité d'eau, sont dimensionnés afin d'être maintenues étanches post-séisme ou post chute d'avion.

Les réseaux EFC, contenant des effluents potentiellement contaminés, engagent des volumes d'eau plus faibles. Cependant, au titre de la prévention d'un risque de dispersion de substances radioactives, ce dernier fait l'objet d'un dimensionnement au séisme.

Par ailleurs, les tronçons des réseaux fluides ECC/EGL depuis l'extérieur de l'installation nucléaire de surface jusqu'aux locaux vannes, ainsi que les vannes de sectionnement de ces réseaux, sont étanches et fonctionnelles post séisme.

b) Les dispositions particulières de conception

La présence de réseaux fluide non requis pour l'exploitation d'un local contenant des colis primaires ou colis de stockage est proscrite.

3.9.2.1.2 Les dispositions de surveillance

Les dispositions de surveillance reposent sur la mise en place de câbles de détection fluides au niveau des réseaux ouverts ou au niveau des raccordements des tuyauteries, la présence de détecteurs au niveau des rétentions implantées sous les cuves, l'organisation de rondes spécifiques et la présence de vidéosurveillance.

3.9.2.1.3 Les dispositions de limitation des conséquences

Des dispositions de protections supplémentaires sont mises en place afin d'exclure l'immersion des cibles de sûreté ou leur aspersion par des fluides en cas de fuite ou de rupture d'un réseau fluide.

En premier lieu, la circonscription rapide de la fuite est permise par l'intervention de l'équipe de maintenance par la fermeture des vannes de sectionnement manuelles spécifiques au local concerné sur

les réseaux fermés et par la fermeture automatique sur détection d'inondation, des vannes de sectionnement sur les réseaux ouverts.

a) La surélévation des cibles

Dans l'hypothèse où une inondation interne engendrerait une présence d'eau dans un local contenant une cible de sûreté, leur surélévation constitue une disposition de limitation des conséquences.

b) Vis-à-vis des risques de dispersion de substances radioactives

L'absence de réseau en charge dans les locaux contenant des colis est une disposition de conception permettant d'empêcher toute présence d'eau dans les locaux. Cependant, en cas d'incendie dans les locaux contenant des cibles de sûreté, la surélévation des colis permet de prévenir leur immersion ou leur aspersion par des effluents incendie.

Les équipements sensibles (motorisations, etc.) des équipements de manutention et de transfert sont implantés suffisamment hauts pour exclure tout risque d'immersion.

Les colis primaires et colis de stockage sur palettes sont situés à une hauteur supérieure à 1,5 mètre dans l'ensemble des locaux du process nucléaire. Les emballages de transport sur transbordeur ou sur chariot sont à une hauteur supérieure à 2,5 mètres. Les filtres THE situés dans des caissons sont implantés à une hauteur supérieure à 0,5 mètre. Les cuves d'effluents contaminés sont étanches et également surélevées à une hauteur supérieure à 0,5 mètre.

Au regard des éléments présentés, le risque de dispersion de substances radioactives est maîtrisé.

c) La gestion de la migration des eaux d'inondation interne

L'ensemble des systèmes de rétention mis en place pour la récupération des effluents d'extinction incendie en premier lieu est utilisé pour la récupération de tout autre fluide lors d'une situation d'inondation interne. Les différents systèmes permettant la rétention de ceux-ci en vue de leur collecte sont les puisards, les décaissés, les fosses en pieds d'escaliers et d'ascenseurs, les caniveaux à grilles, les portes étanches et les rampes au niveau des ouvrants. Des rétentions sont également positionnées sous les cuves d'effluents potentiellement contaminés.

3.9.2.2 Les ouvrages souterrains, les liaisons surface-fond et les émergences

3.9.2.2.1 Les dispositions de prévention

a) Les dispositions constructives

L'ensemble des cuves et des tuyauteries est dimensionné selon les normes en vigueur, en tenant compte des caractéristiques physico-chimiques de leur contenant et des conditions d'utilisation (température, pression, acidité fluide) afin de limiter les risques de corrosion ou de fatigue pouvant mener à une rupture partielle ou totale. Par ailleurs, afin de pallier le risque de vieillissement prématuré des équipements, en plus de la conception des équipements, des jouvences et maintenances périodiques sont prévues.

<u>Liaisons surface-fond et ouvrages souterrains</u>

L'occurrence d'un séisme est susceptible d'entraîner une rupture généralisée des réseaux fluides. Dans le cas des réseaux les plus importants, il en résulterait des quantités d'eau répandues inacceptables et dépassant les capacités de gestion des installations. C'est pourquoi les réseaux d'eau extinction incendie (ESIF), les réseaux d'eaux d'exhaure (EEXF) et les réseaux de refroidissement du fond (EGLF) sont dimensionnés au séisme afin que leur étanchéité soit maintenue post-séisme.

Par ailleurs, les zones travaux sont séparées physiquement des zones en exploitation (sas) afin d'éviter les risques d'inondation en provenance de la première vers la seconde.

Émergences des puits exploitation

Le dimensionnement au séisme du réseau de récupération d'énergie RENS couvre également le risque d'inondation interne. Concernant les réseaux d'eau chaude de chauffage et d'eau glacée de refroidissement des centrales de traitement d'air du puits exploitation air frais, leur déversement n'est pas de nature à engendrer l'immersion ou l'aspersion de cibles de sûreté au vu des volumes engagés.

b) Les dispositions particulières de conception

Dans l'installation souterraine, le choc d'un véhicule sur un réseau peut entrainer sa rupture. Le risque principal provient d'un véhicule d'intervention qui pourrait venir heurter et endommager un réseau circulant en pleine section. Le principal moyen de prévention de ce risque est de privilégier le cheminement des réseaux hors d'atteinte des véhicules par une implantation dans le radier du réseau fluide ou par une implantation en partie haute de la galerie, à une hauteur supérieure à celle du gabarit du véhicule. Les bornes incendies sont implantées au niveau du sol (descente ponctuelle du réseau) et sont protégées par des glissières en béton adhérent. Dans les galeries HA, le réseau de collecte des eaux d'exhaure et le réseau d'extinction incendie circulent à hauteur d'homme, ainsi leur protection repose sur le respect des règles de circulation.

3.9.2.2.2 Les dispositions de surveillance

Les ruptures de canalisation sont détectées par les débitmètres installés sur les réseaux ouverts de l'installation souterraine (ESIF et EXXF), ainsi que par le personnel présent en cas de rupture à la suite d'une collision avec un véhicule. Concernant la surveillance du réseau d'extinction incendie en fond (ESIF), un compteur d'eau implanté sur chaque ligne du réseau au niveau des têtes de descenderie permet de détecter toute fuite. Une ronde peut être effectuée en même temps que les tâches du personnel en fond (lorsque le personnel est présent pour le dépotage, ou la prise d'échantillon).

Dans les réseaux fermés, une fuite est détectée *via* la variation du niveau dans les vases d'expansion. Les réseaux concernés sont le réseau de refroidissement à eau glacée du fond (EGLF), les boucles de refroidissement à détente directe (RDDF), le réseau d'eau glacée des CTA du PN064 (EGLS), le réseau d'eau chaude des CTA du PN064 (ECCS) et le réseau de récupération d'énergie entre les PN064 et PN071 (RENS).

3.9.2.2.3 Les dispositions de limitations de conséquences

Dans le cas des réseaux dont une fuite pourrait entraîner des volumes importants de fluides déversés, la présence de vannes de rupture permet une obturation rapide des réseaux en cas de fuite. En effet, la fermeture des vannes de rupture sur les réseaux ESIF, EGLF et EXXF permet de limiter le déversement du fluide au volume de sectionnement maximal, soit 20 m^3 par zone de rupture. Les volumes déversés sont récupérés par les caniveaux implantés dans le radier (cf. Chapitre 3.9.2.2.3b) du présent volume). Des vannes de rupture associées à des clapets anti-retour sont également installées sur le réseau de récupération d'énergie RENS au niveau des points d'entrée et de sortie des usines de ventilation pour limiter le volume répandu dans le bâtiment.

a) La surélévation des cibles

Dans l'hypothèse où une inondation interne engendrerait une présence d'eau dans un local contenant une cible, la surélévation des cibles constituent une barrière de limitation des conséquences.

Vis-à-vis du risque de dissémination des substances radioactives

Les équipements permettant le transfert des colis (funiculaire, chariots et navettes) et leur manutention dans l'installation souterraine en vue du stockage des colis sont également surélevés : il n'y a de risque d'atteinte des colis et donc pas de conséquences en cas d'inondation interne.

Dans les alvéoles de stockage, les colis de stockage MA-VL sont stockés à même le sol dans la partie utile de l'alvéole. Cependant, aucun réseau en charge n'est présent dans la partie utile.

Dans la cellule de manutention, les quantités en jeu sont limitées au système d'extinction et ne sont pas compatibles avec la notion d'immersion. Les éventuels effluents qui résultent de la lutte contre un incendie sont collectés dans la cellule de manutention, puis transférés dans une cuve mobile située en galerie d'accès, celle-ci étant remontée en surface par la descenderie de service. Les colis de stockage HA sont positionnés à une hauteur supérieure à 1,8 m du point bas. Il n'y a donc pas de risque d'immersion de ces derniers.

<u>Vis-à-vis du risque de production de gaz de radiolyse</u>

La motorisation des ventilateurs d'extraction et de soufflage de l'installation souterraine est positionnée sur des socles d'une hauteur de 30 cm, soit une marge suffisante pour rester hors d'atteinte de l'eau en cas d'inondation interne. De la même façon, les groupes froids électriques positionnés dans le local de récupération d'énergie sont positionnés sur des socles d'une hauteur de 30 cm. Il n'y a donc pas de risque d'atteinte des groupes froids en cas d'inondation interne induite par la rupture du réseau de récupération d'énergie dans le PN071. Concernant les risques de projection d'eau sur les équipements, une paroi séparative de protection coupe-feu fait office d'écran vis-à-vis d'une projection d'eau. Le fonctionnement de la ventilation nécessaire à la maîtrise du risque de production de gaz de radiolyse est ainsi acquis en cas d'inondation interne.

b) La gestion de la migration des effluents et des eaux d'inondation interne

Dans le cas d'un incendie (présence d'effluents d'extinction incendie) ou d'une fuite, les effluents et les eaux issus d'une inondation interne sont collectés par les caniveaux implantés dans les galeries et recoupes techniques. Ces caniveaux sont sectionnés par des batardeaux positionnés aux limites de secteurs de feu, qui créent des rétentions d'un volume au moins égal au volume d'eau nécessaire à l'extinction d'un incendie dans la zone considérée, avec un minimum de 20 m³. Des batardeaux supplémentaires ont pour fonction d'empêcher l'épanchement d'un liquide enflammé d'un secteur de feu à un autre. Concernant la cellule de manutention MA-VL, une fosse de rétention permet la collecte des effluents issus de la lutte incendie (15 m³) et une trémie fluide au niveau du voile d'accostage permet leur récupération dans une cuve mobile.

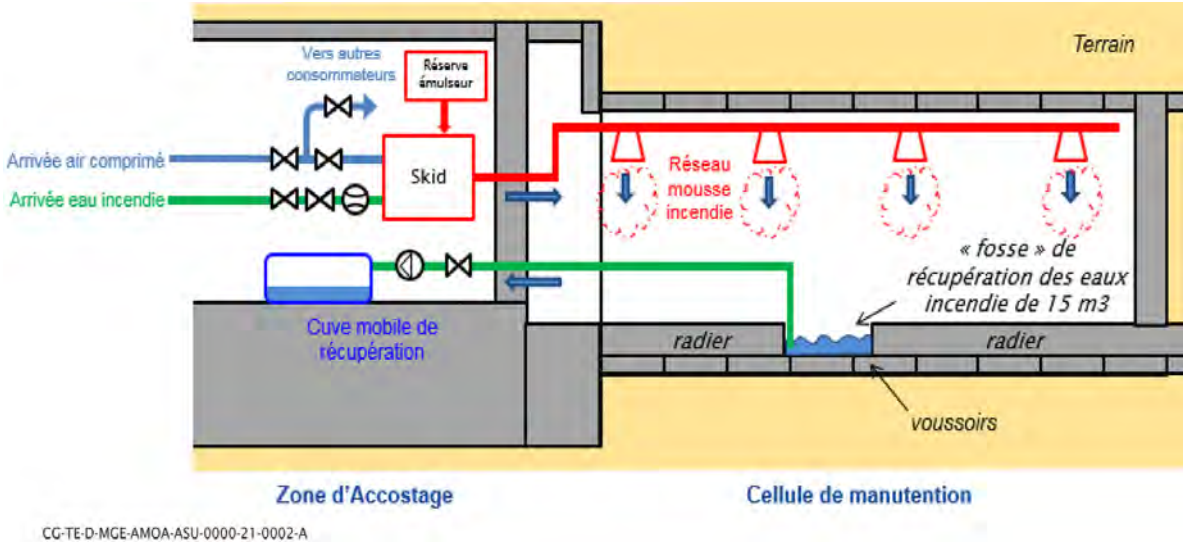


Figure 3-23 Schéma de principe des eaux de récupération incendie

Concernant les eaux d'exhaure, les capacités des trois bassins de la recoupe albraque (300 m³ par bassin) et le volume en fond de puits (bouniou) de 1 000 m³ permettent une rétention conséquente en cas de rupture du réseau de collecte des eaux d'exhaure dans les descenderies ou dans les puits. De même, les cuves de récupération des eaux d'exhaure dans les alvéoles HA disposent de rétention dont la capacité est *a minima* égale à celle des cuves de récupération.

3.9.3 La maîtrise des risques vis-à-vis des fonctions supports

3.9.3.1 Les dispositions de prévention

Une inondation interne est susceptible d'atteindre les locaux abritant les équipements électriques. En plus des dispositions générales vis-à-vis des défaillances intrinsèques des réseaux, sont retenues des dispositions de conception reposant sur l'interdiction de passage de réseaux fluides dans les locaux CFO/CFI. Dans chaque local où passent des tuyauteries fluides, le cheminement des réseaux fluides est le plus éloigné physiquement et géométriquement possible des EIP/équipements électriques. Pour les équipements électriques qui ne respectent pas la prescription précédente, leur classement est IP05 (protection contre les jets d'eau à la lance dans toutes les directions) ou une paroi est interposée entre la source et la cible.

L'éloignement des cibles vis-à-vis des risques de fuite d'un réseau permet également de prévenir tout risque d'aspersion ou d'immersion des systèmes actifs de surveillance des installations et de lutte contre l'incendie. Les servomoteurs des systèmes de production mousse incendie sont éloignés des vannes d'actionnement et une barrière physique est interposée entre ces deux éléments. En effet, à la suite du dysfonctionnement de la vanne d'actionnement du système de production mousse incendie ou de la fuite d'un réseau fluide, de l'eau peut se retrouver au contact du servomoteur de ce même système et le mettre hors service, mettant ainsi en défaut le système d'extinction incendie.

3.9.3.2 Les dispositions de surveillance

En plus des dispositions de surveillance appliquées en vue du maintien des fonctions sûreté (cf. Chapitre 3.9.2.2.2 du présent volume), les dispositions de surveillance reposent également sur la mise en place de câbles de détection de fluide en amont des locaux CFO/CFI.

3.9.3.3 Les dispositions de limitation des conséquences

3.9.3.3.1 L'alimentation en énergie

Les dispositions de limitation des conséquences reposent sur la mise en place de rampes au niveau des ouvrants des locaux dans les installations nucléaires de surface et sur la surélévation des équipements électriques présents dans les locaux électriques des installations (locaux CFO/CFI, locaux batteries, locaux TGBT, locaux HT/BT). Les armoires d'alimentation électrique ou de contrôle commande, les cheminements CFO/CFI et les EIP/équipements électriques sont ainsi surélevés *a minima* de 10 cm par rapport au niveau du plancher, de sorte que l'inondation intervenant dans le local les contenant ne puisse pas leur porter atteinte.

3.9.3.3.2 La ventilation nucléaire et conventionnelle

La surélévation de la motorisation des ventilateurs (ventilation nucléaire et conventionnelle) à une hauteur de 15 cm par rapport au niveau du plancher permet de prévenir tout risque de perte de la ventilation à la suite d'une inondation interne.

3.9.3.3.3 La surveillance des installations

Les dispositions de limitation des conséquences reposent sur la surélévation des équipements de surveillance des installations et sur la redondance des détecteurs. Les moyens de surveillance sont implantés en hauteur : la détection incendie est implantée au plafond et les balises de radioprotection en temps réel sont toutes implantées *a minima* à 1,5 mètre du niveau du plancher. Les systèmes de surveillance ne peuvent par conséquent pas être immergés. Ils peuvent cependant être la cible de projections de liquides et faire l'objet d'une défaillance.

En cas de perte d'un détecteur incendie par aspersion, les capteurs étant redondés dans les locaux et placés à intervalles réguliers, ceux situés à proximité permettront de détecter un départ de feu en attente de la réparation. Les balises de radioprotection perdues à la suite d'une aspersion sont remplacées et des moyens mobiles de surveillance peuvent être mis en place jusqu'à leur remplacement.

3.9.3.3.4 Les systèmes de lutte contre l'incendie

Les dispositions de limitation des conséquences reposent sur la surélévation des équipements de lutte contre l'incendie. Les systèmes actifs de production mousse incendie sont implantés à une hauteur minimum de 1 mètre par rapport au niveau du plancher. Les systèmes actifs d'extinction fixe incendie sont implantés à une hauteur de l'ordre de 5 mètres. Les armoires de puissance embarquées dans lesquelles sont implantés les systèmes mobiles d'extinction incendie sont au même niveau que le moyen de manutention concerné, soit à une hauteur supérieure à 1 mètre par rapport au niveau du plancher. Le risque de perte des systèmes de lutte contre l'incendie est donc maîtrisé en cas d'inondation interne.

Dans les locaux pomperies incendie, l'indépendance des locaux techniques, la redondance des pompes électriques, les moyens de relevage fixes ou mobiles présents à proximité des locaux pomperies sont des dispositions de limitation des conséquences robustes permettant de garantir la disponibilité de l'eau d'extinction incendie en cas d'inondation interne dans les locaux pomperies.

De plus, les dispositifs d'alarmes et de neutralisation (organes de coupure générale et secondaires, vannes d'arrêt…) mis en place sur les circuits permettent d'isoler rapidement le réseau défaillant. L'étanchéité des matériels (vannes, pompes, équipements électriques, de sécurité et de contrôle-commande) des locaux pomperie permet d'exclure les conséquences liées à des projections d'eau.

3.10 Les risques liés aux substances dangereuses non radioactives

3.10.1 La présentation des risques

Les potentiels de danger liés aux substances dangereuses non radioactives retenus au titre de la présente analyse de risques sont les sources de dangers dont les effets peuvent indirectement, *via* l'agression de cibles de sûreté présentes sur l'INB, porter atteinte aux intérêts protégés situés en dehors de l'INB, à savoir le public et l'environnement.

L'analyse des risques liés aux substances présentant directement[48] des dangers pour l'environnement fait l'objet du chapitre 5 du présent volume.

Conformément à l'article R. 4411-6 du code du travail, sont considérés comme dangereux les substances et mélanges qui répondent aux critères de classification relatifs aux dangers physiques, aux dangers pour la santé ou aux dangers pour l'environnement définis à l'annexe I du règlement (CE) n° 1272/2008 du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 (43), à savoir :

- les substances présentant des dangers physiques : par exemple, les substances classées inflammables ou corrosives ;
- les substances présentant des dangers pour la santé : par exemple, les substances classées toxiques ou cancérogènes mutagènes, reprotoxiques (CMR) ;
- les substances présentant des dangers pour l'environnement : par exemple, les substances dangereuses pour le milieu aquatique ou pour la couche d'ozone.

[48] C'est-à-dire sans agresser préalablement un constituant de l'INB (installation, équipement…) qui lui-même pourrait induire une incidence sur l'environnement.

Aucune substance dangereuse n'est présente dans l'environnement immédiat des colis de déchets (les opérations où sont mises en jeu ces produits étant réalisées en l'absence de tout colis de déchet) ; elles ne sont donc pas susceptibles de porter atteinte à cette cible.

Néanmoins, une émission de substances dangereuses au sein de l'INB serait susceptible de conduire à un endommagement d'équipements participant à la sûreté (par des phénomènes de corrosion par exemple).

En ce qui concerne les substances présentant des dangers physiques, certaines font l'objet d'analyses distinctes :

- les substances susceptibles de conduire à un risque d'explosion (vapeurs, gaz, poussières inflammables) sont traitées au chapitre 3.3 du présent volume ;
- les substances présentant un caractère inflammable sont traitées au chapitre 3.2 du présent volume (analyse des risques liés à l'incendie) ;
- les gaz de radiolyse et de corrosion sont traités au chapitre 2.5 du présent volume ;
- les fluides sous pression sont traités au chapitre 3.12 du présent volume.

Ainsi, la présente analyse porte sur les substances dangereuses classées corrosives. Ces substances peuvent en effet attaquer chimiquement et donc endommager des équipements accomplissant directement une fonction de sûreté ou contrôlant que ces fonctions sont assurées.

Au regard des cibles de sûreté identifiées dans le tableau 3-22, les substances dangereuses non radioactives susceptibles de présenter un risque sont :

- l'acétone utilisé pour les opérations de maintenance ;
- le liant de clavage utilisé pour le conditionnement de certains colis de stockage MA-VL.

Tableau 3-20 Identification des substances dangereuses corrosives mises en œuvre dans l'INB

Désignation des substances dangereuses	Localisation	Précisions sur l'emploi des substances dangereuses	Cible(s) de sûreté présente(s) dans l'environnement immédiat
Acétone (< 5 L)	Hall de préparation des CS	Dégraissage des CS HA avant soudure par faisceau d'électrons en cellule de fermeture HA	Sans objet (les métaux ne sont pas vulnérables à l'acétone)
	Parc à hottes	Utilisé pour la maintenance des équipements présents dans les cellules (ex : Machine à Levage Limité dans le parc à hottes)	Joints de confinement des 3 façades d'accostage du parc à hottes (façades en interface avec les cellules de mise en hotte)
	Zone d'accostage aux alvéoles de stockage MA-VL		Joints de confinement de la façade d'accostage en interface avec la cellule de manutention MA-VL
Électrolytes des batteries	Postes de charge des systèmes de transport à énergie électrique	Postes de charge des ateliers de maintenance et magasin	Sans objet (absence de cible de sûreté à proximité des postes de charge des batteries)
		Équipements de traction du bâtiment nucléaire de surface (chariot, transpalettes, gerbeur)	

Désignation des substances dangereuses	Localisation	Précisions sur l'emploi des substances dangereuses	Cible(s) de sûreté présente(s) dans l'environnement immédiat
		Véhicule de traction de la descenderie colis	
		Locotracteurs de la ZSL exploitation	
		Véhicules électriques de la ZSL exploitation	
	Locaux ASI	Bâtiment nucléaire de surface Émergences Têtes de descenderie Descenderies Recoupes techniques CFO/CFI	Sans objet (absence de cible de sûreté dans les locaux ASI)
Adjuvant pur Masterglenium ACE444 (liant de clavage en fût de 200 L)	Poste de réception des matières premières Cellule de préparation du liant de clavage	Utilisé pour la fabrication du liant de clavage	CP ou CS MA-VL situé dans la cellule de confection des colis MA-VL au niveau + 0 m
Soude et produits de scintillation	Local technique de dégazage	-	Sans objet (absence de cible de sûreté)
Réactifs de laboratoire divers (ex : soude)	Laboratoire d'analyse	Local au niveau +12 m	Sans objet (absence de cible de sûreté)
Produits de décontamination divers (ex : détergent décontaminant alcalin)	Local de traitement des déchets d'exploitation Local de traitement des ET non conformes	-	Sans objet (absence de cible de sûreté)

3.10.2 L'analyse des risques liés à l'acétone utilisé pour les activités de maintenance

3.10.2.1 La présentation des risques

Les activités de maintenance nécessitent la mise en œuvre d'acétone, substance corrosive pour les matières plastiques.

Les façades d'accostage sont munies d'un joint gonflable permettant de restituer, en dehors des phases d'accostage de la hotte, un confinement statique. Lorsque les façades d'accostage sont en interface avec des locaux dans lesquels de l'acétone est mis en œuvre, le risque d'endommagement des joints gonflables consécutif à une projection est à prendre en compte. Cela concerne :

- le parc à hottes, dans lequel trois façades d'accostage sont en interface avec les cellules de mise en hotte HA et MA-VL ;
- la zone d'accostage MA-VL, dans laquelle la façade d'accostage constitue une interface avec la cellule de manutention des alvéoles MA-VL.

3.10.2.2 Les dispositions de prévention

La principale disposition pour prévenir l'endommagement des joints gonflables repose sur la formation des opérateurs à la manipulation de l'acétone (connaissance du caractère corrosif pour les matières plastiques et de la vulnérabilité des joints gonflables, mise en œuvre de volumes limités, précautions lors de la manipulation, etc.).

De plus, les opérations de maintenance sont réalisées en dehors des opérations relevant du process nucléaire : aucun CP ou CS n'est présent en cellule de mise en hotte ou en cellule de manutention MA-VL lors de ces opérations.

3.10.2.3 Les dispositions de détection, de surveillance et de retour à l'état sûr

Les joints gonflables participent au confinement statique des matières nucléaires mises en œuvre. Le maintien de l'état sûr repose donc sur le maintien de la fonction attribuée aux joints gonflables.

Lors de la mise en œuvre de l'acétone, les opérateurs sont chargés de surveiller visuellement l'état des joints gonflables et, en cas de projection accidentelle, de les nettoyer pour éviter toute attaque chimique.

De plus, l'intégrité des joints gonflables est surveillée en continu par une mesure de la pression des joints.

En cas de détection d'une baisse de pression, traduisant une dégradation du confinement statique, l'exploitation est mise en sécurité (évacuation des CP ou CS en cours de manutention) et interrompue.

Une maintenance curative est réalisée pour rétablir la fonction de confinement portée par la façade d'accostage (ex : installation d'une tape permettant de reconstituer le confinement statique durant les opérations de changement du joint).

3.10.3 L'analyse des risques liés à l'adjuvant utilisé pour la préparation du liant de clavage

3.10.3.1 La présentation des risques

À la sortie de la cellule de mise en CP ou en CS ou de la zone tampon des CS non confectionnés, les CS MA-VL sont transférés dans la cellule de fermeture MA-VL (cf. Figure 3-24).

Alors que la majorité des couvercles des CS sont vissés au corps du conteneur par la machine de vissage, pour certains CS, le couvercle est clavé.

L'adjuvant utilisé pour la fabrication du liant de clavage est classé corrosif.

La cellule de préparation du liant de clavage dispose d'un monte-charge permettant d'acheminer le liant dans la cellule de fermeture MA-VL au niveau +0 mètre.

Le risque d'endommagement des CP ou CS en béton présents dans la cellule de fermeture MA-VL consécutif à un épandage d'adjuvant est à prendre en compte.

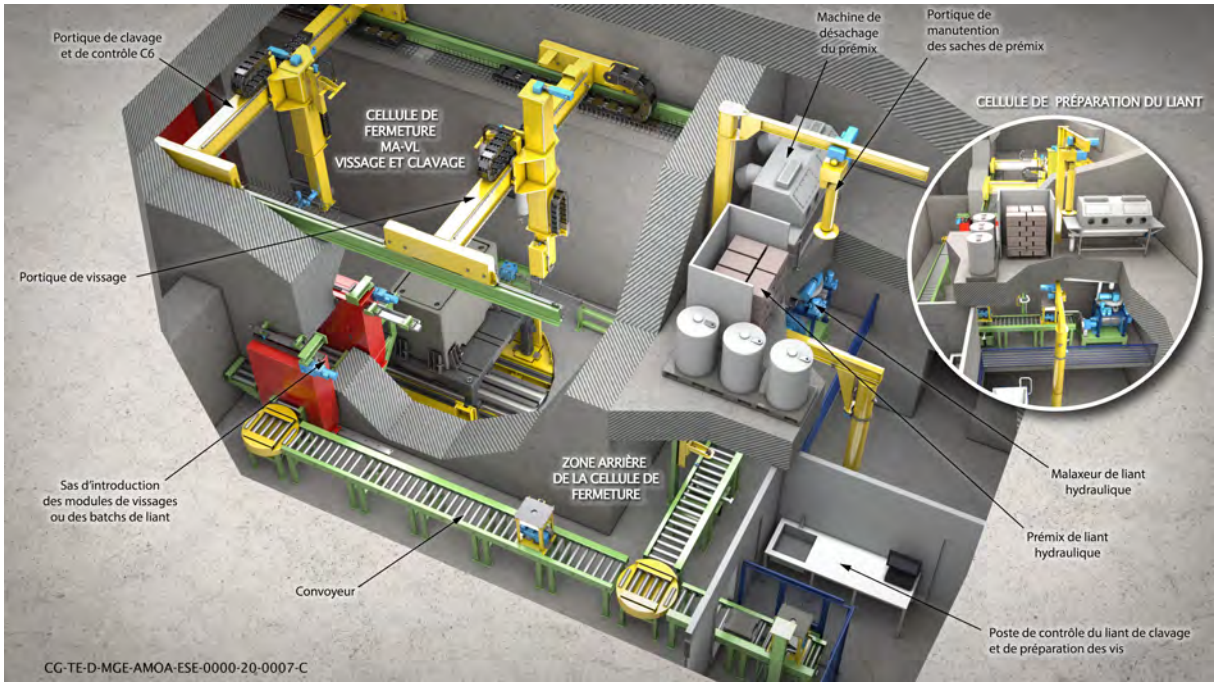


Figure 3-24 *Illustration des niveaux de la cellule de fermeture des colis de stockage MA-VL avec conteneur béton et couvercle clavé*

3.10.3.2 Les dispositions de prévention

Les principales dispositions pour prévenir le risque d'épandage d'adjuvant reposent sur :

- la vérification initiale visuelle de l'état des fûts contenant l'adjuvant lors de leur réception ;
- la mise en place de l'adjuvant dans des fûts à double peau permettant de prévenir le risque de fuite en cas de rupture de la première barrière de confinement ;
- le stockage des fûts contenant l'adjuvant sur des rétentions adaptées aux volumes mis en œuvre et constituées de matériaux résistants à la corrosion (de type inox ou polyéthylène haute densité) ;
- la formation des opérateurs à la manipulation des produits dangereux.

3.10.3.3 Les dispositions de détection, de surveillance et de retour à l'état sûr

Les opérateurs sont chargés de surveiller visuellement l'état des fûts et des rétentions pour détecter toute rupture de confinement et évacuer le fût d'adjuvant défaillant, le cas échéant.

En cas de dispersion accidentelle, la sûreté de l'installation n'est pas remise en cause car :

- des kits d'intervention constitués de matériaux absorbants sont mis en place à proximité des postes de travail et permettent de maîtriser l'épandage ;
- la conception étanche et résistante aux agressions chimiques des parois de la cellule de préparation du liant de clavage, dans laquelle est utilisé l'adjuvant, permet de prévenir tout risque d'infiltration vers la cellule de fermeture MA-VL située en-dessous, au niveau + 0 mètre.

3.11 Les risques liés à l'émission de projectiles

3.11.1 La présentation des risques

Les risques liés à l'émission de projectiles concernent des pièces mises en mouvement susceptibles d'agresser, en cas de défaillance, une cible de sûreté ou un équipement participant à l'accomplissement d'une fonction de sûreté. Cela concerne les pales des ventilateurs de soufflage et d'extraction situés (cf. Description détaillée dans le volume 5 du présent rapport) :

- dans les locaux de l'installation nucléaire de surface EP1 ;
- dans les usines de soufflage et d'extraction air vicié ;
- dans les recoupes techniques de l'installation souterraine.

Tableau 3-21 Localisation des ventilateurs dans l'INB Cigéo

Désignation des équipements à risque	Zone	Localisation	Précisions sur les équipements à risque
Ventilateurs (soufflage et extraction)	Bâtiment nucléaire de surface (EP1)	Locaux de soufflage et d'extraction de la ventilation nucléaire d'EP1, niveau +6 m	Pales des ventilateurs
		Locaux de soufflage et d'extraction de la ventilation nucléaire d'EP1, niveau +12 m	
		Émergence du puits usine de soufflage	
		Émergence du puits usine extraction air vicié	
	Installation souterraine	Locaux ventilation des recoupes techniques	

L'évènement redouté correspond à la projection d'une pale de ventilateur susceptible d'endommager le système de ventilation nucléaire et de compromettre son fonctionnement. Les dispositions visant à maîtriser ce risque sont présentées ci-après suivant les différents niveaux de défense en profondeur.

3.11.2 Les dispositions de prévention

Les dispositions de prévention visent en premier lieu à éviter que les ventilateurs ne soient une source de projectiles. Elles reposent sur leur conception et leur maintenance périodique :

- la sélection, à la conception, de ventilateurs répondant aux normes en vigueur (NF EN 17873 de 2006 (7), etc.). Un point de vigilance est en particulier accordé sur les soudures des roues et des moyeux des ventilateurs et sur l'équilibrage des rotors ;
- la présence de dispositifs permettant de limiter la vitesse de rotation des éléments tournants afin de réduire l'énergie cinétique générée par la masse mise en mouvement, associés à des seuils de mise en garde de vitesse haute ;
- la présence de grilles de protection autour des pales, afin d'écarter tout risque de projection en cas de rupture ;
- la réalisation d'opérations de maintenance préventive pour vérifier l'état des ventilateurs.

3.11.3 Les dispositions de détection, de surveillance et de retour à l'état sûr

La défaillance des ventilateurs est remontée en salle de conduite *via* des dispositifs de surveillance.

En cas de défaillance (de type mise en garde de vitesse haute, par exemple), le ventilateur est mis à l'arrêt et des actions de maintenance correctives sont mises en place.

3.11.4 Les dispositions de limitation des conséquences

En cas d'émission de projectile en provenance d'un ventilateur, l'évènement redouté correspond à la perte de la fonction de ventilation associée.

Néanmoins, la défaillance d'un ventilateur conduisant à l'émission de projectiles et à l'endommagement d'un autre équipement du système de ventilation nucléaire est sans conséquence sur le système de ventilation nucléaire et sur la fonction de sûreté associée, compte-tenu :

- de la ségrégation physique des réseaux de ventilation nucléaire par bâtiment ;
- de la ségrégation physique, au sein d'un même bâtiment, des réseaux de ventilation selon les fonctions de sûreté à assurer ;
- de la ségrégation physique des ventilateurs, au sein d'un même local, de telle sorte qu'un ventilateur défaillant ne puisse porter atteinte à une autre cible que le ventilateur lui-même ;
- de la redondance des équipements sensibles du système de ventilation ;
- de la mise en place de réseaux de ventilation spécifiques pour assurer des besoins ponctuels et locaux (ex : dispositif mobile).

Ainsi, tout risque de perte de la ventilation nucléaire consécutive à l'émission de projectiles en provenance des ventilateurs est exclue.

3.12 Les risques liés aux équipements sous pression

3.12.1 La présentation des risques

Les risques liés aux équipements sous pression (ESP) font référence aux capacités, fixes ou mobiles, et aux tuyauteries associées, destinées à contenir un fluide sous pression et dont la pression maximale admissible est supérieure à 0,5 bar effectif (Ps, pression maximale pour laquelle l'équipement est conçu, spécifiée par le fabricant de l'ESP).

Après analyse, seules les capacités[49] présentées ci-après répondent aux critères d'identification des ESP (PS.V, nature du fluide, etc.). Ces capacités ne mettent pas en œuvre de substances radioactives, elles ne répondent pas aux critères relatifs aux équipements sous pression nucléaires (ESPN) :

- les capacités tampon de la centrale de production et de distribution d'air comprimé du bâtiment nucléaire de surface EP1 aux niveaux +6 mètres et +12 mètres. Le réseau d'air comprimé est nécessaire pour les besoins du procédé ou de la maintenance (par exemple, pour actionner les moteurs pneumatiques, pour tester l'efficacité des filtres, pour gonfler les joints gonflables des

[49] Les tuyauteries sous pression présentes dans l'INB Cigéo ne sont pas concernées par le caractère ESP (fonction du diamètre des tuyauteries et de la nature des fluides véhiculés).

façades d'accostage des hottes et des portes assurant la fonction de confinement, pour le poste de soudage HA, etc.) ;

- le réservoir d'air comprimé de l'unité de production d'air comprimé situé dans la zone d'accostage des cellules de manutention des alvéoles MA-VL ;
- les équipements de la centrale de production et de distribution d'azote situés dans la « niche azote » du quartier pilote HA.

Conformément à la directive 2014/68/UE (44), les équipements sous pression sont classés en fonction :

- de leur pression maximale admissible, PS, exprimée en bars ;
- de leur volume, V, exprimé en litres ;
- du groupe de fluide auquel ils sont destinés. Les fluides dangereux sont dits de groupe I et les fluides non dangereux de groupe II.

Dans le cas de l'INB Cigéo, les équipements sous pression sont des récipients mettant en œuvre des fluides gazeux de groupe II.

Leur catégorie de risque est déterminée en se référant au tableau 2 de l'Annexe II de la directive 2014/68/UE (44) (récipients mettant en œuvre des gaz de groupe II, lorsque le volume est supérieur à 1 litre et le produit PS x V est supérieur à 50 bars litres).

Les caractéristiques des équipements sous pression sont présentées dans le tableau 3-22.

Tableau 3-22 Caractéristiques des équipements sous pression

Désignation des équipements à risque	Fluide et groupe de fluide	Pression maximale admissible PS (bars)	Volume du compartiment sous pression (L)	Catégorie ESP
Équipements de la centrale de production et de distribution d'air comprimé du bâtiment nucléaire de surface EP1 aux niveaux + 6 m et +12 m				
Capacité tampon du bâtiment principal	Air Groupe 2	10	20 000	IV
Capacité tampon du contrôle hors flux	Air Groupe 2	10	10 000	IV
Unité de production d'air comprimé dans la zone d'accostage des cellules de manutention des alvéoles MA-VL				
Réservoir d'air comprimé	Air Groupe 2	16	1 000	IV
Unité de production et de distribution d'azote du réseau d'inertage du quartier pilote HA				
Générateurs d'azote (x2 en parallèle)	Azote Groupe 2	15	2 000	IV
Ballon tampon d'azote	Azote Groupe 2	15	2 000	IV
Ballon tampon d'air comprimé	Air Groupe 2	15	2 000	IV

L'évènement redouté correspond à la rupture d'une capacité sous pression susceptible d'entraîner la perte de l'utilité associée (air comprimé ou azote) ou l'endommagement de cibles de sûreté situées dans l'environnement proche des capacités.

Les dispositions concrètes visant à maîtriser ce risque sont présentées ci-après suivant les différents niveaux de défense en profondeur.

3.12.2 Les dispositions de prévention

Les dispositions de prévention visent en premier lieu à éviter la rupture des capacités sous pression. Elles reposent sur le respect de la réglementation relative à la mise en service des ESP :

- la conception selon les normes de fabrication en vigueur et selon des technologies éprouvées ;
- le marquage de l'ESP (conformité UE) ;
- la déclaration et l'essai de mise en service effectués par un organisme agréé ;
- l'utilisation selon les normes en vigueur et associée à une maintenance périodique ;
- l'inspection périodique réalisée par un organisme agréé et la requalification de l'équipement tous les 10 ans ;
- la protection contre les surpressions par des accessoires de sécurité de type soupapes de sécurité, intégrés à la conception, pour limiter la montée en pression en-deçà de la pression maximale admissible (PS) ;
- la mise en place de systèmes anticorrosion (protection cathodique) permet de prévenir le risque de fragilisation de l'enveloppe des capacités sous pression ;
- la protection des capacités sous pressions par la mise en place de protections antichocs.

3.12.3 Les dispositions de détection, de surveillance et de retour à l'état sûr

La surveillance des capacités sous pression repose sur la surveillance de la pression (par exemple, *via* des mises en garde de pression basse ou de pression haute installés sur les équipements).

En cas de détection de défaut de pression dans le réseau concerné, l'équipement est mis à l'arrêt pour procéder aux opérations de maintenance corrective. Les surpressions sont par ailleurs prévenues grâce à la présence des soupapes sur les équipements.

3.12.4 Les dispositions de limitation des conséquences

Le risque de perte des utilités associées aux équipements sous pression (air comprimé, azote) fait l'objet du chapitre 3.5 du présent volume.

En outre, en ce qui concerne les équipements sous pression associés aux réseaux de production et de distribution d'air comprimé et d'azote, leur rupture est sans conséquence sur les cibles de sûreté situées dans l'environnement proche compte tenu de leur localisation dans des locaux dédiés.

3.13 Les risques liés au vieillissement

3.13.1 La présentation des risques

Le vieillissement est la transformation ou la modification que subit un ouvrage ou un équipement par le simple effet du temps ou par l'effet des conditions auxquelles il est soumis. C'est un phénomène normal et inéluctable, qui peut se traduire notamment par des dysfonctionnements ou défaillances de plus en plus fréquentes d'un matériel, voire une panne empêchant son fonctionnement.

Les moyens mis en œuvre pour maîtriser le vieillissement sont une combinaison de solutions technique et organisationnelle :

- dispositifs/équipements ou matériaux adaptés à l'usure ou à l'environnement ;
- opérations de maintenance/jouvence.

De façon générique, les modalités (organisation et principales dispositions) de maitrise des opérations de maintenance et des travaux réalisés en coactivité (incluant la jouvence) sont mentionnées dans le volume 6 du présent rapport.

L'avis technique du CSIN (45) propose une gestion du vieillissement des installations du cycle du combustible. Les principes de gestion des phénomènes liés au vieillissement ainsi que les bonnes pratiques indiquées dans cet avis technique sont appliqués à l'INB Cigéo tels que présentés dans le « Dossier d'options de sûreté » (1, 2) et rappelés dans la section suivante.

3.13.2 Les principes de gestion du vieillissement

Trois phases de vie sont distinguées.

3.13.2.1 Lors de la conception

La stratégie mise en place lors de la conception d'une nouvelle installation consiste à mettre en place un programme de gestion du vieillissement au moment où l'on identifie les structures, systèmes et composants (SSC) importants pour la sûreté ainsi que leurs rôles et performances exigés.

Dès la conception, l'altération des SSC due, en particulier, aux mécanismes de vieillissement physique doit être anticipée et leurs conséquences réduites, en distinguant notamment les spécificités associées aux installations de surface, aux ouvrages souterrains et aux zones accessibles ou non. Pour cela, les étapes suivantes sont mises en œuvre :

- appliquer une méthode rigoureuse et structurée afin de traiter les problèmes de vieillissement en tenant compte de toutes les informations disponibles ; à ce stade, le retour d'expérience pertinent d'installations et les données issues de programmes de recherche sont largement utilisés dans l'élaboration des concepts et la proposition des dispositions mises en œuvre ;
- identifier, évaluer et prendre en compte tous les mécanismes potentiels de vieillissement des équipements, actifs ou passifs ;
- veiller à utiliser des matériaux présentant une meilleure résistance aux effets physiques prévisibles du vieillissement (matériaux ayant une forte résistance à la fragilisation sous rayonnements, matériaux les moins sensibles à l'eau, à la température…) ;
- prévoir des marges de sûreté suffisantes dans la conception de façon à tenir compte des effets du vieillissement ;
- s'assurer que la conception et la disposition des équipements facilitent les opérations de décontamination, les essais périodiques, les inspections, la maintenance ou les remplacements afin que le principe ALARA puisse être respecté pendant les interventions du personnel et la production de déchets réduite au minimum ;

- réduire au strict minimum le nombre d'équipements qu'il n'est pas possible de soumettre à des contrôles et des essais périodiques ou d'entretenir ;
- s'assurer que la conception de l'installation respecte le principe de la défense en profondeur en définissant des barrières de sûreté capables d'atténuer les conséquences des événements prévus ;
- s'assurer que l'organisation de l'exploitant permettra de documenter le programme de gestion du vieillissement.

3.13.2.2 Lors de la fabrication, la construction et la mise en service

Au cours de cette phase, la stratégie, en lien avec le processus de qualification des SSC, comprend :

- la fourniture aux fabricants des équipements d'informations pertinentes sur les facteurs liés à la gestion du vieillissement et notamment les limites de fonctionnement et les conditions de service et d'environnement ;
- des inspections destinées à vérifier que les équipements fabriqués sont conformes aux caractéristiques et exigences de sûreté définies pendant la conception en fonction du vieillissement ;
- la mise en place d'une gestion de la documentation technique comprenant des enregistrements ayant trait à l'assurance de la qualité et des justifications de la sûreté ;
- les paramètres susceptibles d'influer sur la dégradation due au vieillissement doivent être identifiés au moment où l'installation est mise en service (par exemple, l'intensité des rayonnements ionisants) avec les critères d'acceptation correspondants, puis suivis sur toute la durée de vie de l'installation.

3.13.2.3 Pendant la phase de fonctionnement

La stratégie à suivre pendant cette phase repose sur la mise en œuvre d'un programme de gestion du vieillissement.

Cette stratégie de gestion du vieillissement se divise en trois catégories :

- une maintenance préventive (ce qui permet d'éviter la défaillance de matériels) et une procédure périodique de détection précoce des défaillances sont mises en œuvre pour traiter le problème du vieillissement des équipements pouvant être remplacés facilement ;
- la mise en œuvre d'un programme de gestion du vieillissement (avec identification des caractéristiques limitant la durée de vie) pour les équipements non conçus pour être remplacés (exemple : le génie civil, caniveaux, équipements en alvéole). La prise en compte du suivi du retour d'expériences des effets du vieillissement observé sur les installations et sur les ouvrages témoins est intégrée à ce programme ;
- la mise en place de mesures organisationnelles pour s'assurer la disponibilité des pièces de rechange pour les équipements se périmant rapidement (exemple : le contrôle commande, le petit matériel électrique et électronique).

Un programme d'essais périodiques et de maintenance des équipements sera établi et mis en œuvre (limites et conditions de fonctionnement présentées dans le rapport de sûreté, les règles générales d'exploitation…). Il conviendra d'adopter une démarche proactive de façon à privilégier la maintenance préventive plutôt que la maintenance corrective des équipements.

La gestion du vieillissement inclut aussi l'obsolescence des équipements, considérée comme un « vieillissement technologique » sur le plan commercial, technique ou réglementaire. Les équipements ayant une obsolescence à caractère technologique intrinsèque sont les contrôles-commandes (matériels et logiciels), les automates programmables, les relais et les câbles.

Quelques exemples de bonnes pratiques sont :

- identifier systématiquement la durée de vie utile et l'obsolescence prévue ;
- préparer un projet de modification pour le remplacement des équipements périmés par des équipements équivalents en termes de qualification ;
- se procurer des pièces de rechange pour la durée de vie de l'exploitation prévue ou trouver de nouveaux fournisseurs ;
- établir une documentation complète et précise en prévision de l'entretien et du remplacement des équipements ;
- veiller à la conformité avec les normes et règles ;
- envisager le cas échéant de modifier les équipements importants pour la protection.

La gestion du vieillissement des installations recouvre aussi des aspects non techniques comme :

- les facteurs organisationnels et humains (transfert des connaissances et renouvellement du personnel) ;
- la collecte des données et l'archivage (gestion documentaire) ;
- l'évaluation des moyens de management du vieillissement ainsi que les moyens nécessaires (ressources humaines, moyens financiers, outils et équipements et ressources externes).

Ainsi, gérer le vieillissement d'une installation consiste à s'assurer que le niveau de sûreté de l'installation est maitrisé pendant toute sa durée de vie, via notamment des réexamens périodiques de la sûreté de l'INB (cf. Volume 6 du présent rapport). Cela exige de préserver les fonctions de sûreté en maîtrisant le vieillissement technique et de gérer les aspects organisationnels et humains.

3.13.3 Le retour d'expériences

3.13.3.1 L'accidentologie

Le retour d'expérience montre qu'une cinquantaine d'accidents liés à un vieillissement non anticipé se sont produits depuis 1990 dans différents domaines industriels d'après le Bureau d'analyse des risques et pollutions industriels (BARPI).

Le témoin d'usure le plus fréquent est la dégradation des matériaux et la conséquence la plus fréquente est une perforation d'un équipement susceptible d'occasionner des fuites vers l'environnement ou au contraire l'introduction accidentelle de substances perturbatrices dans un procédé.

Dans le domaine du nucléaire, deux accidents ont été recensés et sont associés à une corrosion de tuyauteries. Pour l'un d'eux, la fuite est due au vieillissement des canalisations enterrées, dont la rupture est liée au manque de surveillance et d'entretien du fait de leur faible accessibilité.

La dégradation des matériaux peut également entraîner de manière générale :

- la fragilisation d'éléments structurels critiques, tels que les ancrages ou les supportages ;
- la chute de pièces et éléments de structure ;
- l'effondrement de grands équipements.

Le retour d'expérience relève aussi la nécessité de porter une attention particulière à l'augmentation de la fréquence de dysfonctionnement d'équipements, cela concerne en particulier les installations électriques, l'électronique, les équipements de procédé.

3.13.3.2 Le vieillissement des bétons

Les principales pathologies observées sur les ouvrages en béton sont la réaction sulfatique interne, la réaction sulfatique externe (RSE), la carbonatation du béton, la pénétration des chlorures, les réactions de gonflement interne – réaction alcali-granulat (RAG)… Les conditions d'ambiance auxquelles sont

soumis les ouvrages en béton doivent être maitrisées autant que possible lors de leur construction et durant leur exploitation afin de ne pas favoriser ces réactions.

Actuellement, une durée de vie de 65 ans est spécifiée pour plusieurs projets de nouvelles installations nucléaires. C'est le cas par exemple des réacteurs EPR du site de Flamanville en France, mais aussi en Finlande, en Chine ou au Royaume-Uni. Le dimensionnement du génie civil de l'EPR est basé sur le code ETC-C qui a reçu l'agrément des Autorités de Sûreté Françaises.

Aux États-Unis, 75 % des réacteurs actuellement en service ont vu leur licence d'exploitation prolongée de 40 ans jusqu'à 60 ans. Il a donc été démontré aux autorités compétentes que les structures participant au confinement continuaient de satisfaire leurs exigences de dimensionnement sur cette période. Dans plusieurs cas en Europe, les réacteurs les plus anciens ont vu leur autorisation d'exploitation être prolongée au-delà de la durée de conception. Dans le cas particulier de la France, EDF et l'ASN envisagent également de faire fonctionner des réacteurs nucléaires au-delà de 40 ans. Concernant le génie civil, le suivi et l'analyse du comportement des structures dites « Importantes pour la Sûreté » des centrales civiles existantes, initialement conçues pour une durée de vie de 40 ans, permettent aujourd'hui à EDF de disposer d'éléments de démonstration de l'aptitude au service pour au moins 10 années supplémentaires. Ce retour d'expérience Français est par ailleurs intégré dans le code ETC-C à travers la formulation adaptée des déformations différées du béton, ce qui constitue également un élément de justification de l'EPR pour une durée de vie de 65 ans.

3.13.3.3 Le vieillissement des aciers

3.13.3.3.1 L'irradiation et la température

Les aciers sont des matériaux stables qui n'évoluent pas dans le temps lorsqu'ils font l'objet d'un entretien régulier (peinture). Le vieillissement des aciers notamment sous flux neutronique ou face à des températures élevées fait l'objet de nombreuses études et dispose d'un retour d'expérience important notamment dans le cadre du vieillissement des cuves de réacteurs des CNPE. Ces phénomènes ne sont pas de même ampleur dans l'INB de Cigéo, où les flux neutroniques générés par les colis de déchets ne sont pas du même ordre de grandeur que dans les réacteurs, ni les niveaux de température.

3.13.3.3.2 La corrosion

Le retour d'expérience en matière de corrosion des tuyauteries et équipements est important en France qui compte en effet quelques 50 000 km de canalisations de transport ayant 40 ans en moyenne.

La corrosion constitue la cause première de défaillance d'équipements. L'analyse des causes profondes par le BARPI a fait apparaître des problèmes organisationnels et humains dans plus de la moitié des cas, parmi lesquels figurent souvent l'insuffisance d'analyse des risques qui conduit à :

- l'absence de contrôle des dispositifs de protection (revêtements protecteurs type peintures, protection cathodique) ;
- le manque de compatibilité des matériaux entre eux (corrosion galvanique) ;
- le choix de contrôles non destructifs qui s'avèrent inadaptés aux défauts recherchés.

L'accidentologie liés aux équipements corrodés montre que les zones à contrôler devant faire l'objet d'une attention particulière sont :

- les coudes des tuyauteries ;
- les piquages : raccords de soupapes, de capteurs, cannes de prélèvements ;
- les zones d'anciennes réparations, les cordons de soudures, les zones de soudage des semelles sur les canalisations ;
- les défauts des revêtements protecteurs internes ou externes ;
- les zones de dépôts de condensats ou de stagnation d'eaux pluviales ;
- les points bas des réservoirs et les interfaces entre la robe et le fond.

3.13.3.4 La jouvence des matériels électriques et électroniques

Compte-tenu de leurs spécificités, il ressort pour les matériels d'automatisme et d'électricité que le vieillissement est difficile à apprécier, dans la mesure où il se traduit rarement par des phénomènes observables directement. De plus, l'obsolescence pour ces matériels, en particulier lorsqu'ils permettent de garantir des fonctions de protection des intérêts, est d'autant plus problématique que :

- les matériels implantés sont souvent identiques ou de même génération (automates, régulateurs, variateurs…) et un problème d'obsolescence sur un matériel peut donc avoir des répercussions sur différentes fonctions de sûreté ;
- le remplacement par un matériel de nouvelle génération nécessite souvent des adaptations plus complexes que pour du matériel mécanique (programmations éventuelles et vérifications/tests adéquats afin de garantir que les actions automatiques attendues seront conformes).

Le REX du métier sûreté de fonctionnement (SDF) conduit à tenir compte, dans la définition des rythmes de jouvence des familles d'équipements, de la jouvence technologique : il s'agit d'une jouvence due à l'obsolescence des équipements c'est-à-dire lorsqu'il n'est plus possible de maintenir l'installation et/ou de remplacer des équipements (vieillissement technologique).

Il résulte de l'analyse que certaines jouvences sont conditionnées par l'obsolescence et la disponibilité des pièces détachées. Il s'agit des types d'équipements suivants :

- automate programmable, onduleur (équipements électriques et électroniques évolués) avec un rythme de jouvence préconisé de 20 ans ;
- ascenseur monte-charge (équipement électromécanique motorisé) avec un rythme de jouvence préconisé de 40 ans.

3.13.3.5 Le laboratoire souterrain

La construction et l'exploitation du laboratoire souterrain a permis d'acquérir du retour d'expérience pour la conception de l'architecture d'un stockage souterrain notamment sur la construction des puits, des galeries et alvéoles ainsi que des systèmes de drainage et d'étanchéité.

Le Laboratoire souterrain a permis l'observation et la mesure *in situ* des propriétés de l'argile du Callovo-Oxfordien. Il permet aussi d'évaluer, sur les 20 premières années d'exploitation, le comportement et l'évolution de ses composants en lien avec les conditions d'environnement, leur utilisation et leur vieillissement.

L'intégration progressive dans les études du retour d'expérience des phases de creusement, d'exploitation et de surveillance continuera au fur et à mesure pour les différentes phases du futur stockage.

3.13.3.6 Les géomembranes

Le retour d'expérience international le plus long disponible est une géomembrane en Butyle de 1,5 mm d'épaisseur construite en 1974, soit il y a plus de quarante ans. Il s'agissait de réaliser la première double étanchéité d'un réservoir d'eau, la surface étanchée étant de 10 000 m^2. Après la mise en service, une seule fuite a été constatée ; elle a eu lieu au bout de 30 ans.

Actuellement les géomembranes sont couramment annoncées par les constructeurs pour une durée de vie d'au moins 50 ans. Par ailleurs, à la suite des différentes études de vieillissement artificiel développées en laboratoire, il apparaît que les matériaux en PEHD et en polypropylène ont respectivement des durées de vie estimées de 100 ans et 200 ans. Ces matériaux sont particulièrement stables chimiquement aux diverses sollicitations telles que les rayons ultraviolets, la chaleur et les produits chimiques.

3.13.4 Les dispositions de prévention du vieillissement

Les exigences retenues à la conception doivent prévenir le risque de vieillissement des structures du génie civil notamment des bâtiments de l'installations nucléaires de surface, des liaisons surfaces-fond et des ouvrages souterrains. Elles constituent la principale barrière pour prévenir les risques liés au vieillissement. Il s'agit de :

- préserver l'intégrité des ouvrages et des installations de transfert, notamment pour permettre le retrait des colis de stockage dans le cadre de la réversibilité ;
- limiter la déformation et la détérioration des interfaces nécessaires à la remise en exploitation des ouvrages de stockage ;
- préserver les jeux fonctionnels entre les ouvrages de stockage et les colis de stockage en vue des opérations de retrait.

Afin de prévenir le vieillissement prématuré de l'installation et de ses composants, les matériaux et leur protection sont spécifiquement choisis lors de la conception en fonction notamment des conditions d'ambiance. Des matériaux résistants à la corrosion, des systèmes électriques robustes (pour éviter les défauts d'isolement et les courts circuits), des revêtements particuliers (peinture…) sont privilégiés.

En complément, un programme de maintenance et de surveillance adapté aux équipements conçus sera défini sur la base des données capitalisées lors de la conception et consolidé pendant l'exploitation : taux de défaillance, durée de vie moyenne, mécanismes de dégradation prévisibles jusqu'à la défaillance, enjeux.

3.13.4.1 L'installation nucléaire de surface

Compte-tenu de la durée d'exploitation des installations nucléaires de surface, deux installations successives sont prévues d'être construites en lien notamment avec la gestion du vieillissement : une installation dénommée EP1 (de durée de fonctionnement de l'ordre de 60/70 ans) et une autre EP2 (environ la même durée de fonctionnement). Sur cette base, il n'est pas prévu de jouvence sur le génie civil de ces bâtiments.

L'analyse du besoin en travaux de jouvence est réalisée à l'occasion des réexamens décennaux de sûreté. Ces travaux de jouvences, fonction de la durée de vie des principaux équipements, sont considérés à ce stade :

- pour la jouvence du contrôle-commande et les équipements électriques et électroniques évolués ;
- pour les équipements particulièrement sollicités mécaniquement ou thermiquement (poste de colisage HA, etc.) ;
- pour les gros équipements comme les chariots, les ventilateurs, etc.

Le second œuvre susceptible de donner lieu à des travaux de jouvence concerne la peinture et les faux plafonds, les menuiseries, serrurerie, étanchéité, revêtement de sol et signalétique.

3.13.4.2 Les ouvrages souterrains et équipements accessibles

Pour l'installation nucléaire souterraine, la périodicité des jouvences est similaire à celle présentée ci avant pour les installations de surface.

Les descenderies et galeries de l'installation souterraine sont ventilées en permanence ce qui permet de conserver des conditions relativement homogène (entre 40 % et 70 % d'hygrométrie relative) qui ne dégradent pas le béton des ouvrages. Des opérations de maintenance préventive et de remplacement sont notamment prévues sur les équipements suivants : équipements mécaniques, portes, tuyauteries, matériels électriques et d'automatisme.

3.13.4.3 Les ouvrages et équipements non accessibles

Le maintien de conditions d'ambiance favorables et avec des variations limitées permet de réduire le risque de vieillissement anticipé des ouvrages, équipements et composants. Pour la phase de fonctionnement, la vérification du non-dépassement du critère de 65 °C dans les bétons des alvéoles est validée par simulation numérique. Ces conditions sont maintenues sur la durée par le fonctionnement de la ventilation nucléaire. La température ambiante des locaux et zones en exploitation est comprise entre 18 °C et 25 °C, exceptionnellement 35 °C.

Les ouvrages et équipements non accessibles concernent les zones dans lesquelles une présence permanente et définitive de déchets radioactifs est prévue : essentiellement les alvéoles de stockage et les conteneurs de stockage, les locaux de l'installation de surface pouvant être libérés des colis pour des opérations de jouvence. Ces ouvrages et équipements non accessibles font l'objet d'une conception avec des marges de dimensionnement (cf. Volume 5 du présent rapport) permettant d'atteindre un haut de degré de confiance quant à leur durabilité et fiabilité sur la période d'exploitation envisagée.

Le vieillissement des rails de roulement et de leurs supports dans les alvéoles de stockage MA-VL est maîtrisé par le dimensionnement initial (choix du matériau, traitement anti-corrosion, surépaisseur en lien avec l'usure…) et le maintien de conditions d'ambiance favorables en alvéole (cf. Volume 5 du présent rapport).

La maîtrise du vieillissement des colis est assurée par le respect des spécifications d'acceptation et le maintien de conditions d'ambiance favorables en alvéole telles que la température et l'hygrométrie notamment.

3.13.4.4 Les équipements du process nucléaire de transfert et de mise en stockage des colis

En complément de la sélection de matériaux et de composants performants lors de la conception, les équipements du process nucléaire de manutention et de transfert des colis font l'objet de maintenance préventive. De plus, dès la conception, les équipements sensibles à l'influence des rayonnements ionisants sont protégés (éloignement, écran…) afin de limiter leurs effets sur ces équipements et réduire le risque de vieillissement prématuré.

À titre d'exemple et sans exhaustivité dans ce chapitre, des fréquences et des opérations de remplacement des équipements susceptibles d'être sujet à des effets du vieillissement sont présentées ci-dessous :

- la porte blindée des alvéoles MA-VL fait l'objet d'un contrôle une fois par an (poulies, câble, galets…) avec un remplacement des pièces selon l'usure ;
- les organes des façades d'accostages bénéficient d'un contrôle tous les ans et d'opérations de maintenance préventives selon l'usure ; les joints de la porte de la cellule sont changés tous les ans ;
- la maintenance préventive des tables tournantes, des voies de roulement et du transfert incliné varie selon les organes :
  - ✓ contrôle annuel de l'état général des rails et de l'ensemble du système de transfert incliné, de la structure des tables tournantes, de l'écartement des rails, de l'état des rails électriques, des câbles rayonnants et des platelages ;
  - ✓ contrôle annuel des couples de serrage des crapauds, de l'absence de fuite au niveau des moyens d'extinction, des motoréducteurs et des capacités hydrauliques ;
  - ✓ contrôle du profil des rails et des soudures tous les deux ans ;
  - ✓ contrôle de l'état visuel et des soudures des longrines et relevé topographique des rails tous les cinq ans.

3.13.5 Les dispositions de surveillance

En complément des jouvences planifiées et des contrôles réalisés dans le cadre de la maintenance préventive (voir section précédente), des dispositions de surveillance sont mises en place pour détecter tout vieillissement précoce des matériaux et équipements nécessaires au bon fonctionnement des installations.

De plus, dès le début de l'exploitation, des fiches d'analyse du suivi du vieillissement des équipements sont établies en se basant sur la durée de vie de l'équipement fournie par le fabricant. L'observation de la croissance du taux de défaillance est un indicateur de vieillissement qui va alimenter ces fiches d'analyse et permettre d'optimiser la maintenance préventive. Un relevé systématique de l'usure doit également être réalisé sur les composants et organes essentiels à la sûreté et à la fiabilité.

Dans la suite de cette section sont présentés les contrôles spécifiques complémentaires prévus dans les installations et sur les équipements accessibles et non accessibles. Par ailleurs, les équipements assurant ou participant à des fonctions de protection des intérêts font l'objet d'un suivi particulier au travers de la gestion des EIP et de dispositifs de surveillance.

Des éléments plus détaillés concernant les dispositions de surveillance sont présentés dans les dossiers de justifications de la conception de l'alvéole HA et de l'alvéole MA-VL (6, 21).

3.13.5.1 L'installation nucléaire de surface, ouvrages souterrains et équipements accessibles

La dégradation du béton des différents ouvrages (notamment des galeries souterraines) est détectée visuellement au cours des visites décennales.

L'instrumentation du génie civil mise en place notamment dans les ouvrages souterrains permet de les suivre au cours du temps et de détecter toute anomalie au plus tôt. Les zones surveillées concernent les puits et descenderies, les galeries et plus spécifiquement les carrefours.

Le câble du transfert incliné est suivi de manière périodique à l'aide de contrôles magnétoscopiques sur toute sa longueur.

3.13.5.2 Les ouvrages et équipements non accessibles

La dégradation du béton des zones non accessibles des alvéoles de stockage MA-VL est détectée visuellement au cours des visites décennales, notamment à l'aide d'un équipement vidéo robotisé permettant le contrôle de l'intégrité du génie civil (réalisation d'une auscultation afin de surveiller le vieillissement des alvéoles).

Concernant les équipements tels que les rails du pont stockeur et leurs supports situés dans l'alvéole MA-VL, ils sont contrôlés visuellement à l'aide d'un équipement vidéo robotisé au cours des visites décennales. Cette fréquence pourrait être réduite en fonction du résultat des contrôles annuels réalisés sur les équipements similaires situés dans la cellule de manutention.

Concernant les alvéoles HA non accessibles en présence d'un colis de stockage, la surveillance est déportée dans des ouvrages témoins pour lesquels on veille à reproduire des conditions d'environnement représentatives (température, etc.). L'évolution de la géométrie interne du chemisage (déformation du chemisage) peut être surveillée *via* des dispositifs intrusifs (moyens mobilisables ou cannes de convergence) avant mise en place des colis, puis périodiquement dans les alvéoles témoins inactifs.

En complément, le programme de surveillance mis en place au niveau de certains alvéoles des quartiers de stockage HA et MA-VL (notamment par l'instrumentation du génie civil) permet de détecter toute évolution telle que des déformations, de la corrosion… ; ces indicateurs capitalisant toutes les évolutions attendues ou non sont le reflet du vieillissement des composants.

La surveillance de l'évolution des colis de stockage pourra être réalisée :

- pour MA-VL, soit visuellement à l'aide de moyens robotisés introduits dans les alvéoles de stockage ou après leur retrait de l'alvéole, soit au moyen de piquages dans le système de ventilation situés en aval de l'alvéole MA-VL, soit visuellement après retrait des colis factices placés dans l'alvéole témoin ;
- pour HA, au niveau du filtre THE qui collecte l'atmosphère extrait de l'alvéole HA au niveau de la gaine de ventilation de la galerie d'accès.

Les gaines de ventilation cheminant en partie haute des galeries retour d'air, des galeries d'accès et de liaisons font l'objet d'une surveillance périodique, y compris par des moyens vidéos déportés lorsque non-accessibles.

3.13.5.3 La détection des défaillances du confinement et des protections radiologiques

Le phénomène de vieillissement peut se traduire par une dégradation du confinement entre deux classes de confinement différentes.

En ce qui concerne les façades d'accostage des hottes (en surface et au fond), il s'agirait d'une dégradation du confinement entre une zone C2 Famille IIA et une zone C1 Famille I. Les zones les plus sensibles concernent celles en interface avec la cellule de déchargement des colis des emballages de transport qui dispose d'une classe de confinement plus élevée.

Ce risque est surveillé par la chaîne de surveillance radiologique mise en place, et notamment vis-à-vis de la dissémination, par la présence de balises aérosols.

Ce phénomène peut aussi conduire à une dégradation des protections radiologiques au niveau des façades d'accostage, des traversées des cellules et des hottes. Ce risque est surveillé par la chaîne de surveillance radiologique mise en place, et notamment pour la surveillance de l'exposition externe, par la présence de balises gamma.

3.13.6 Les dispositions de limitation des conséquences

Afin de limiter les effets du vieillissement, en complément des programmes de surveillance, de maintenance préventive et de jouvence, une organisation performante (personnel formé, procédures, pièces de rechange…) sera mise en place pendant l'exploitation afin d'assurer une intervention de qualité et dans les meilleurs délais pour réaliser les opérations de maintenance corrective à la suite d'une panne d'équipement, d'un défaut ou d'une anomalie.

Pour les équipements, locaux et ouvrages accessibles, la maintenance curative permet de limiter les conséquences du vieillissement par la réparation ou le remplacement des équipements en panne.

Pour les ouvrages et équipements non accessibles, un diagnostic de la situation rencontrée est nécessaire pour identifier la marche à suivre : soit une intervention est possible à distance ou après retrait des colis, soit elle n'est pas réalisable et la fermeture de l'alvéole est à réaliser.

La redondance dans le procédé (par exemple les chaînes cinématiques de levage, les deux voies d'alimentation électrique et le réseau secouru…), notamment pour les éléments importants pour la protection, est également un moyen efficace de se prémunir des conséquences de défaillances aléatoires du matériel dues au vieillissement.

4

Les risques liés aux agressions externes

4.1 Les risques liés aux chutes d'aéronefs 274
4.2 Les risques liés à l'environnement industriel et aux voies de communication 286
4.3 Les risques liés au séisme 296
4.4 Les risques liés à l'inondation externe 325
4.5 Les risques liés aux conditions météorologiques ou climatiques extrêmes 354
4.6 Les risques liés à la foudre et aux interférences électromagnétiques 372
4.7 Les risques liés à l'incendie externe 381

4.1 Les risques liés aux chutes d'aéronefs

Les risques liés aux chutes d'aéronefs font référence aux deux sources de dangers suivantes :

- les avions ;
- les hélicoptères.

Les risques liés aux chutes d'avions sont analysés aux chapitres 4.1.1 à 4.1.4 du présent volume. Les risques liés aux chutes d'hélicoptères sont analysés au chapitre 4.1.5 du présent volume.

4.1.1 La présentation des risques liés aux chutes d'avions et méthodologie d'évaluation des risques

L'analyse des risques liés aux chutes d'avions est menée conformément à la RFS I.1.a du 7 octobre 1992 (46).

Elle considère l'aviation générale, commerciale ou militaire.

Les conséquences d'une chute d'avion sur les installations sont la destruction plus ou moins localisée du génie civil de bâtiments ou d'équipements pouvant entraîner une perte potentielle des fonctions de sûreté de l'INB appelés dans la suite de ce chapitre les « cibles de sûreté ».

Les cibles de sûreté identifiées sont les éléments dont l'agression est susceptible de remettre en cause le confinement des substances radioactives en présence, les fonctions de sûreté ou la capacité d'intervention pour la mise ou le maintien à l'état sûr des installations de l'INB.

L'application de la RFS I.1.a du 7 octobre 1992 conduit à réaliser une évaluation de la probabilité de chute d'avion sur chacune des cibles identifiées pour chacune des familles d'aviation et de comparer les résultats aux objectifs définis dans la RFS I.1.a du 7 octobre 1992 à savoir :

« *L'objectif retenu est que la probabilité globale qu'un atelier puisse être à l'origine de rejets inacceptables ne dépasse pas* 10^{-6} *par an.*

Il convient de considérer qu'une famille de sources d'agressions provenant d'une des trois familles d'avions (…) doit être prise en compte dans le dimensionnement de l'atelier si la probabilité qu'elle puisse conduire à des rejets inacceptables est supérieure à 10^{-7} *par an.* ».

Les ateliers définis au titre de la RFS I.1.a du 7 octobre 1992 correspondent aux différents bâtiments de l'INB.

La méthodologie d'évaluation des risques liés aux chutes d'avions et présentée en annexe 1 du présent volume.

4.1.2 Les cibles vis-à-vis des risques liés aux chutes d'avions

Dans le cadre de la présente analyse, les cibles de sûreté potentielles vis-à-vis des risques liés aux chutes d'avions sont les bâtiments contenant des substances radioactives ainsi que des bâtiments abritant des équipements assurant des fonctions de sûreté ou nécessaires à la mise ou au maintien à l'état sûr des installations.

Les ouvrages souterrains ne sont pas directement impactés par la chute d'aéronefs compte tenu de leur profondeur d'implantation. Seules les émergences des puits et descenderies qui abritent des équipements associés à des fonctions de sûreté ou nécessaires à la mise et au maintien à l'état sûr de la partie souterraine de l'installation sont identifiées comme cibles.

4.1.3 L'environnement aérien

Concernant l'aviation générale, les aérodromes implantés actuellement dans un rayon de 30 km autour des installations de surface de l'INB sont (cf. Chapitre 6 du volume 4 du présent rapport) :

- Joinville-Mussey, situé à environ 15 km au sud-ouest ;
- Saint-Dizier, situé à environ 20 km à l'ouest ;
- Bar-le -Duc, situé à environ 25 km au nord ;
- Neufchâteau, situé à environ 30 km à l'est.

Concernant l'aviation commerciale, les aérodromes les plus proches sont ceux d'Épinal (situé à 50 km à l'est) et de Nancy-Essey (situé à 55 km à l'est).

Concernant l'aviation militaire, les bases aériennes les plus proches sont la base 113 de Saint Dizier (située à 35 km à l'ouest) et la base 133 de Nancy - Ochey (située à 47 km à l'est).

Les zones puits et descenderies sont situées :

- hors zone base militaire (distance supérieure à 30 km de la base militaire le plus proche) ;
- hors zone aérodrome d'aviation générale (distance supérieure à 5 km de l'aérodrome le plus proche) et à moins de 20 km de l'aérodrome de Joinville (vols locaux) pour les installations de la zone descenderie ;
- hors zone aérodrome d'aviation générale (distance supérieure à 5 km de l'aérodrome le plus proche) et à plus de 20 km de l'aérodrome de Joinville (vols de voyages) pour les installations de la zone puits ;
- hors zone aérodrome d'aviation commerciale (distance supérieure à 20 km de l'aérodrome le plus proche) et sous couloir aérien.

[50] Compte tenu de l'implantation des cuves de fioul à distance de la centrale de secours, ces cuves sont analysées indépendamment de la centrale de secours vis-à-vis des risques liés aux chutes d'avions.

Au regard de l'environnement aérien autour de l'INB, les probabilités de chutes d'avions (pour l'aviation générale, l'aviation commerciale et l'aviation militaire) calculées en application de la RFS I.1.a du 7 octobre 1992 (46) sont présentées dans le tableau 4-1.

La méthodologie utilisée par l'Andra pour l'évaluation des probabilités de chutes d'avions repose sur celle retenue par le CEA. Le calcul de ces probabilités est effectué à partir de données de trafic aérien pour ce qui concerne l'aviation générale et commerciale (Union des aéroports français - Résultats d'activités des aéroports français 2007 (47)) et des données statistiques d'accidents.

Concernant l'aviation militaire, les données sont également celles issues de la méthodologie du CEA.

Tableau 4-1 Probabilités de chute d'avion sur les zones descenderie et puits de l'INB Cigéo ($an^{-1}.m^{-2}$)

	Aviation générale	Aviation commerciale	Aviation Militaire
Zone descenderie	Vols locaux : 7×10^{-11} $an^{-1}.m^{-2}$	$9,5 \times 10^{-13}$ $an^{-1}.m^{-2}$	$1,8 \times 10^{-11}$ $an^{-1}.m^{-2}$
	Vols voyages : $4,6 \times 10^{-11}$ $an^{-1}.m^{-2}$		
Zone puits	Vols voyages : $4,6 \times 10^{-11}$ $an^{-1}.m^{-2}$	$9,5 \times 10^{-13}$ $an^{-1}.m^{-2}$	$1,8 \times 10^{-11}$ $an^{-1}.m^{-2}$

Dans les mouvements non commerciaux, une distinction est faite entre les mouvements « locaux » et les mouvements « voyages ». Ces derniers sont effectués par les avions qui se rendent d'un aéroport à un autre, les premiers sont le fait d'avions qui, dans un vol, décollent et atterrissent sur le même terrain.

4.1.4 L'analyse des risques d'agression des cibles de sûreté

4.1.4.1 Le cas du bâtiment nucléaire de surface

4.1.4.1.1 L'analyse des conséquences potentielles de l'agression des bâtiments

Les fonctions de sûreté susceptibles d'être affectées par une chute d'avion en l'absence de dispositions de protection sont les suivantes :

- le confinement des substances radioactives : l'agression du bâtiment nucléaire de surface EP1 est susceptible de conduire à la perte des systèmes de confinement statiques (colis de déchets, génie civil des locaux et cellules classées C2 Famille IIA ou C4** Famille IIIB). Cette agression conduirait à des rejets d'activité radiologique dans le bâtiment et dans l'environnement. L'agression conduirait également à une remise en cause de la fonctionnalité du système de confinement dynamique complétant la barrière de confinement statique du second système de confinement ;
- la protection des travailleurs contre les rayonnements ionisants : l'agression du bâtiment nucléaire de surface EP1 est susceptible de conduire à la dégradation des protections radiologiques, et donc conduire à des risques d'exposition externe des travailleurs ;
- la maîtrise des réactions nucléaires en chaîne : l'agression du bâtiment est susceptible de remettre en cause les dispositions de sûreté nécessaires à la maîtrise du risque de criticité.

[redacted]

4.1.4.1.3 Les dispositions de maîtrise des risques liés à la chute d'avion

Compte tenu des probabilités d'agression, des dispositions de maîtrise des risques liés aux chutes d'avions sont mises en place.

[redacted]

Les conséquences indirectes d'une chute d'avion (vibrations) sont également maîtrisées par la mise en place de dispositions visant à garantir le maintien des fonctions de sûreté et à maîtriser les risques d'incendie induits par une chute d'avion (cf. ci-après).

a) Les dispositions de sûreté pour maintenir la fonction de confinement en cas de chute d'avion

Les dispositions de sûreté mises en place vis-à-vis des conséquences indirectes d'une chute d'avion visent à maintenir, dans ce cas de figure, les systèmes de confinement identifiés au chapitre 2.1 du présent volume.

Il s'agit notamment d'exclure, lors et à la suite de la chute d'avion, l'agression ou la chute des colis de déchets par le dimensionnement des équipements implantés à proximité des colis de déchets et des équipements permettant de manutentionner les colis de déchets.

Par ailleurs, des dispositions sont aussi mises en place vis-à-vis des conséquences indirectes d'une chute d'avion afin de conserver le second système de confinement statique assuré par les locaux ainsi que de maintenir opérationnel post-chute d'avion le confinement dynamique.

b) Les dispositions de sûreté pour la fonction de sûreté des personnes contre les rayonnements ionisants

Les dispositions de sûreté d'une chute d'avion concernent le dimensionnement des protections radiologiques aux vibrations consécutives à une chute d'avion. Par ailleurs les équipements susceptibles d'agresser ces protections radiologiques sont dimensionnés afin de rester stables à ces vibrations.

c) Les dispositions de sûreté pour la fonction de maîtrise des réactions nucléaires en chaîne

Le risque de criticité est maîtrisé par le maintien en géométrie des colis (emballages de transport, colis primaire et colis de stockage). Les dispositions constructives des équipements vis-à-vis du risque de criticité sont couvertes par les exigences vis-à-vis des risques de dispersion de substances radioactives portées par les infrastructures et les équipements.

d) Les dispositions de sûreté vis-à-vis d'un incendie induit par une chute d'avion

Bien que les dalles et voiles extérieurs soient dimensionnés à l'impact direct d'une chute d'avion, des fissures traversantes sont susceptibles de se former. Ces fissures constituent potentiellement un point d'introduction de kérosène après l'impact et peuvent générer un départ de feu dans un local sous-jacent.

Compte tenu de l'implantation des locaux, au moins deux dalles sont présentes au-dessus des locaux contenant des colis de déchets (hormis le hall de déchargement des emballages de transport où seules les dalles extérieures sont interposées entre l'extérieur et les emballages de transport en cours de réception).

Afin de maîtriser les risques induits par un incendie de kérosène dans le bâtiment, les dalles situées au-dessus des locaux contenant des colis de déchets sont dimensionnées pour être résistantes à l'incendie de kérosène qui s'infiltrerait dans le bâtiment par les éventuelles fissures de la première dalle.

Par ailleurs, des coques avions sont disposées au-dessus des cibles de sûreté devant rester fonctionnelles post chute d'avion implantées dans les niveaux supérieurs du bâtiment. Une coque avion est constituée d'une première dalle de béton armée et d'un espace de confinement créé par une seconde dalle ou un liner métallique.

4.1.4.2 Le cas des émergences du puits ventilation air vicié exploitation

4.1.4.2.1 L'analyse des conséquences potentielles de l'agression des émergences du puits ventilation air vicié exploitation

Les fonctions de sûreté susceptibles d'être affectées par une chute d'avion sont les suivantes :

- le confinement des substances radioactives ;
- l'évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives et des réactions nucléaires ;
- la maîtrise des gaz inflammables produits par radiolyse ou par corrosion.

En cas de perte de l'extraction de l'air vicié les fonctions de sûreté citées ne sont plus maintenues. Vis-à-vis de la fonction confinement des substances radioactives, l'extraction assure le rôle de système de confinement dynamique mis en place pour compléter la barrière de confinement statique du second système de confinement.

En cas de perte de l'extraction consécutive à une chute d'avion sur les émergences du puits ventilation air vicié, les alvéoles de stockage MA-VL sont mis en confinement statique. Les opérations de mise en stockage sont arrêtées. La fonction de confinement des substances radioactives n'est donc pas remise en cause en cas de chute d'avion sur le puits air vicié.

Les réseaux d'extraction participent à l'évacuation de la puissance thermique des déchets MA-VL pour les colis de déchets stockés présentant une puissance thermique importante (cf. Chapitre 2.4.5 du présent volume). L'éventualité d'une perte de la ventilation est susceptible de remettre en cause cette fonction et entrainer un dépassement des critères de température acceptables dans les alvéoles MA-VL concernées.

Vis-à-vis des risques liés à la radiolyse, une perte de longue durée de l'extraction est susceptible de conduire à une augmentation des niveaux de concentration en hydrogène pouvant entrainer des risques d'explosion en alvéoles de stockage MA-VL.

4.1.4.2.3 Les dispositions de maîtrise des risques

Les dispositions vis-à-vis des risques liés aux chutes d'avions relevant sur les émergences du puits ventilation air vicié exploitation concernent le génie civil ainsi que les équipements permettant l'extraction de l'air vicié de l'installation souterraine.

Ces dispositions permettent de protéger les équipements du réseau d'extraction de l'air vicié des conséquences directes de la chute d'un avion ainsi que de maintenir les chemins aérauliques d'extraction. Les dispositions mises en place vis-à-vis des conséquences indirectes d'une chute d'avion (vibrations) sont les suivantes :

- dimensionnement aux vibrations des équipements actifs du réseau de ventilation et des fonctions support associées afin de rester fonctionnels post chute d'avion ;
- dimensionnement des équipements situés à proximité des équipements de ventilation et des fonctions support associées (potentiels agresseurs) afin de maintenir leur stabilité.

En lien avec le maintien de la ventilation, les mesures de rejets restent assurées.

4.1.4.3 Le cas des émergences du puits ventilation air frais exploitation

4.1.4.3.1 L'analyse des conséquences potentielles de l'agression des émergences du puits ventilation air frais exploitation

Les conséquences potentielles d'une agression du puits ventilation air frais exploitation sont une perte de soufflage d'air neuf dans l'installation souterraine.

Les fonctions de sûreté restent assurées en cas de perte de la fonction de soufflage. En effet les fonctions de sûreté associées à la ventilation sont portées par le réseau d'extraction de l'air vicié qui est dimensionné à la chute d'avion (cf. Chapitre 4.1.4.2 du présent volume). Ces fonctions, portées par l'extraction, restent assurée à la condition du maintien d'un apport d'air neuf. Ainsi la perte de l'apport d'air telle qu'un bouchage du puits) est susceptible de conduire à une perte de la ventilation souterraine. Les conséquences d'une perte totale de la ventilation souterraines sont présentées au chapitre 4.1.4.2.1 du présent volume.

[redacted]

4.1.4.3.3 Les dispositions de maîtrise des risques

En cas de perte du puits ventilation air frais exploitation l'apport d'air neuf est remis en cause. Cet apport d'air neuf peut être cependant assuré par la descenderie service *via* l'ouverture des portes de la tête de descenderie service. Cette mesure compensatoire permet ainsi de maintenir les fonctions de sûreté même si le puits ventilation air frais est perdu.

Cette possibilité d'apporter de l'air neuf *via* la descenderie de service permet de considérer que la chute d'avion sur le puits ventilation air frais exploitation ne remet pas en cause la sûreté de l'installation souterraine.

Ainsi, les émergences du puits ventilation air frais d'exploitation ne fait pas l'objet d'un dimensionnement à la chute d'avion.

4.1.4.4 Le cas de la tête de descenderie service

4.1.4.4.1 L'analyse des conséquences potentielles de l'agression de la tête de la descenderie de service

Les conséquences d'une chute d'avion sur la tête descenderie service sont la perte de l'accès par cette zone à l'installation souterraine et la perte de la capacité de désenfumage de la descenderie service. Or l'accès aux installations souterraines reste maintenu *via* le puits ventilation air frais exploitation situé en zone puits.

En revanche, un incendie induit par une chute d'avion pourrait éventuellement conduire à des conditions inacceptables en descenderie service.

4.1.4.4.2 Les probabilités d'agression de la tête de la descenderie de service

Les probabilités d'agression du bâtiment tête de descenderie service sont présentées au tableau 4-5.

[redacted]

4.1.4.4.3 Les dispositions de maîtrise des risques

Les conséquences d'une chute d'avion sur la tête de descenderie concernent un éventuel déclenchement d'incendie dans des proportions inacceptables dans la descenderie service.

Le scénario d'incendie en descenderie service concomitant à une chute d'avion est toutefois exclu en raison des volumes de kérosène en jeu [redacted], de la cinétique d'inflammation rapide de celui-ci, et de l'inclinaison du sas de la descenderie service vers l'extérieur (pente à 1 %).

Ainsi, en l'absence de risques d'incendie en descenderie service consécutif à une chute d'avion, la tête de descenderie service ne fait pas l'objet d'un dimensionnement à la chute d'avion.

4.1.4.5 Le cas des centrales secours de la zone descenderie et de la zone puits

4.1.4.5.1 L'analyse des conséquences potentielles de l'agression des centrales de secours

Pour rappel une centrale de secours est prévue pour chaque poste de livraison et de transformation électrique (un poste pour la zone descenderie et un poste pour la zone puits) afin d'assurer l'alimentation électrique en cas de perte du réseau RTE. L'ouvrage « centrale de secours » étudié dans ce chapitre intègre aussi la distribution normale/secours (voie A/B) de l'électricité provenant du réseau RTE.

Chaque ouvrage « centrale de secours » est composée de trois bâtiments distincts (cf. Chapitre 8 du volume 5 du présent rapport) :

- le poste de production/distribution électrique 20 kV fournissant l'électricité en secours ;
- le poste de distribution normal/secours 20 kV, Voie A ;
- le poste de distribution normal/secours 20 kV, Voie B.

L'agression du poste de production/distribution électrique 20 kV conduirait à la perte de la capacité d'alimentation électrique de secours des installations concernées. Cette perte de capacité n'aurait pas de conséquence directe sur la sûreté de l'installation nucléaire. En effet le cumul d'une chute d'avion et d'une perte RTE n'est pas considéré comme plausible.

L'agression d'un poste de distribution normal/secours 20 kV, voie A ou B, ne conduirait pas à une remise en cause de la sûreté de l'INB, l'autre voie d'alimentation restant fonctionnelle. Néanmoins, compte tenu de l'implantation de ces postes de distribution, l'agression concomitante de ces deux postes conduirait à une perte totale de l'alimentation électrique.

Dans ces conditions l'agression de l'ouvrage « centrale de secours », et spécifiquement des postes de distribution normal/secours Voie A/Voie B, est susceptible de remettre en cause la sûreté de l'INB par la perte des alimentations électriques et le maintien des équipements actifs ayant des fonctions de sûreté notamment.

4.1.4.5.2 Les probabilités d'agression des centrales de secours

Les probabilités d'agression d'une centrale de secours (zone puits ou zone descenderie) sont présentées au tableau 4-6.

4.1.4.5.3 Les dispositions de maîtrise des risques

Afin de maîtriser les risques de chutes d'avions, les dispositions suivantes sont mises en place pour les postes de distribution normal/secours 20 kV, Voies A et B :

- disposition d'écartement à des distances suffisantes des postes de distribution normal/secours vis-à-vis du poste de production/distribution 20 kV afin de prévenir l'agression commune des postes de distribution et du poste de production/distribution ;
- disposition d'écartement à des distances suffisantes de chaque poste de distribution 20 kV afin de prévenir l'agression concomitante de ces deux postes.

Ces dispositions sont suffisantes pour garantir une alimentation électrique des équipements actifs ayant des fonctions de sûreté.

4.1.4.6 Le cas des cuves des centrales de secours

Les cuves des centrales de secours permettent d'alimenter les groupes électrogènes de secours nécessaires en cas de perte RTE.

L'agression de ces cuves conduirait à la perte des réserves de carburant permettant l'alimentation électrique de secours des installations concernées. Cette perte n'aurait pas de conséquence directe sur la sûreté de l'installation nucléaire. En effet le cumul d'une chute d'avion et d'une perte RTE n'est pas considéré comme plausible. Ainsi la perte des cuves n'a pas d'incidence sur la sûreté de l'INB.

4.1.4.7 Le cas des pomperies et réservoirs incendie de la zone descenderie et de la zone puits

4.1.4.7.1 L'analyse des conséquences potentielles de l'agression des pomperies incendie et réservoirs incendie de la zone descenderie et la zone puits

Deux pomperies sont présentes :

- la pomperie incendie pour l'alimentation en eaux incendie de la zone descenderie ;
- la pomperie incendie pour l'alimentation en eaux incendie de la zone puits.

Chaque pomperie est reliée à trois réservoirs indépendants enterrés tout autant nécessaires pour la maitrise d'un éventuel incendie sur l'INB.

L'éventualité d'une perte de la capacité d'extinction (pomperies et réservoirs) est susceptible de détériorer la maîtrise d'un incendie.

4.1.4.7.2 Les probabilités d'agression des pomperies et réservoirs incendie associés

Les probabilités d'agression des pomperies et réservoirs associés (zone puits ou zone descenderie) sont présentées au tableau 4-7.

4.1.4.7.3 Les dispositions de maîtrise des risques

Afin de maîtriser les risques de chutes d'avions concernant l'alimentation en eau incendie, des dispositions d'écartement entre les réservoirs sont prévues. Ainsi, les réservoirs sont écartés d'une distance suffisante pour exclure la perte de plusieurs réservoirs simultanément. Les réservoirs sont dimensionnés pour assurer unitairement les besoins en eau incendie. La perte de l'alimentation en eau pour gérer un éventuel incendie est donc exclue.

Seuls les pomperies sont donc retenues pour l'estimation de la probabilité de chute d'avion. Les dimensions de ce bâtiment sont suffisamment réduites pour considérer que la chute d'un avion est exclue du dimensionnement pour les pomperies en zone descenderie et zone puits.

4.1.4.8 Le cas du terminal ferroviaire nucléaire (TFN)

4.1.4.8.1 L'analyse des conséquences potentielles de l'agression sur le terminal ferroviaire nucléaire

Le terminal ferroviaire nucléaire implanté en zone descenderie reçoit les emballages de transport contenant les colis de déchets HA et MA-VL pour leur prise en charge pour leur mise en stockage.

L'agression du terminal ferroviaire nucléaire conduirait à dégrader les barrières statiques de confinement assurées par les emballages de transport et les colis de déchets qu'ils contiennent par l'impact direct de l'avion. Cette dégradation entrainerait des rejets de l'activité radiologique contenue dans les colis de déchets.

4.1.4.8.2 Les probabilités d'agression du terminal ferroviaires nucléaire

Il est considéré une présence en permanence de deux convois contenants chacun dix emballages côte-à-côte sur le terminal ferroviaire nucléaire.

Les probabilités d'agression du terminal ferroviaire nucléaire sont présentées dans le tableau 4-8.

4.1.4.8.3 Les dispositions de maîtrise des risques

La maîtrise des risques de chutes d'avions est assurée par la mise en place d'une exigence d'exploitation visant à écarter les convois afin de mettre une distance suffisante pour exclure l'agression concomitante de deux convois d'emballages de transport.

Les dimensions du convoi et les dispositions d'écartement permettent d'exclure du dimensionnement la chute d'avion de type générale.

4.1.5 L'analyse de risques liés aux chutes d'hélicoptère

L'évaluation des risques liés aux chutes d'hélicoptère est réalisée en tenant compte des cibles identifiées au chapitre 4.1.2 du présent volume avec les hypothèses enveloppes suivantes :

- probabilité de chute de l'hélicoptère : $3{,}27 \times 10^{-5}$ h^{-1} ;
- temps de survol de la cible par trajet : 10 secondes ;
- un trajet aller-retour par mois ;
- un coefficient de sécurité de 0,1 du fait de la réactivité du pilote à diriger l'hélicoptère accidenté dans une zone ne présentant pas de risque.

La probabilité d'atteinte des installations est environ de $2{,}2 \times 10^{-7}$ par an. Au vu des objectifs probabilistes de la RFS I.1.a du 7 octobre 1992 (46) (même si celle-ci ne s'applique pas spécifiquement aux hélicoptères), les risques liés à une chute d'hélicoptère sont à prendre en compte.

Les aéronefs de types hélicoptères, ULM, drones... ne sont pas explicitement mentionnés dans la mesure où leurs caractéristiques (masse, vitesse...) permettent de considérer que les conséquences de leur chute accidentelle sont couvertes par celles des aéronefs considérés.

Les dispositions de maîtrise des risques retenues dans le cadre de l'analyse de chute d'avion ci-dessus sont suffisantes pour assurer la maîtrise des risques liés aux chutes d'hélicoptère.

Dans le cas spécifique des bâtiments pomperies et du bâtiment de lutte incendie, les dimensions réduites de ces bâtiments permettent d'exclure de l'analyse la possibilité de chute d'un hélicoptère. En effet la dimension pénalisante pour ces bâtiments est d'environ 40 mètres. Or compte tenu de la vitesse d'un hélicoptère, la durée de survol sera bien moins élevée que l'hypothèse enveloppe retenue. À ce titre les risques liés aux chutes d'hélicoptères sur les locaux pomperie ne sont pas retenus dans le dimensionnement.

Concernant les centrales de secours, les mesures d'écartement des bâtiments contenant les postes de distribution normal/secours 20 kV retenues vis-à-vis de la chute d'avion sont suffisantes pour maîtriser aussi les risques de perte électriques en cas de chute d'un hélicoptère.

Les risques liés aux chutes d'hélicoptères sur le terminal ferroviaire sont maîtrisés par la mise en place d'interdiction de survol de la zone. Cette interdiction de survol est justifiée par l'implantation de l'Hélisurface au nord-est de la zone descenderie à distance élevée du terminal ferroviaire situé au sud-ouest de la zone.

4.1.6 La synthèse

L'analyse menée conformément à la RFS I.1.a du 7 octobre 1992 (46) montre que les risques liés aux chutes d'aéronefs ne peuvent pas être écartés pour tous les bâtiments/locaux cibles présents en surface (zone descenderie et zone puits) de l'INB.

Des dispositions constructives sont mises en place afin de prévenir la remise en cause des fonctions de sûreté des bâtiments et des équipements à l'impact direct ou indirect d'une chute d'avion ou d'hélicoptère. Des dispositions constructives d'écartement des cibles sont également retenues afin d'éviter tout mode commun en cas de chute d'aéronef.

Le tableau 4-9 présente les différents bâtiments étudiés et leur éventuel dimensionnement à l'impact d'une chute d'avion (type d'aviation générale, militaire ou commerciale) enveloppe du cas des hélicoptères.

Des dispositions d'exploitation sont également retenues afin de soit maîtriser les risques d'impact de cibles, soit de maîtriser les conséquences d'une chute d'avion sur un bâtiment cible n'ayant pas fait l'objet de dispositions constructives. Ainsi, des dispositions tels que l'écartement entre convois d'emballages de transport sur le terminal ferroviaire ou l'ouverture de la descenderie service pour le maintien d'apport d'air dans l'installation souterraine sont mises en place.

Les risques liés aux chutes d'hélicoptères sont également analysés. La chute d'avion est représentative des conséquences d'un impact d'hélicoptère sur un bâtiment/ouvrage.

Les risques liés aux chutes d'hélicoptères sont donc maîtrisés pour les bâtiments faisant l'objet de dispositions constructives vis-à-vis de la chute d'avion. Des dispositions complémentaires d'interdiction de survol sont retenues pour maîtriser les risques de chutes sur certains bâtiments/ouvrages ne faisant pas l'objet de dispositions constructives.

4.2 Les risques liés à l'environnement industriel et aux voies de communication

Au titre de l'article 1er.3 de l'arrêté du 7 février 2012 relatif aux INB (3), une agression externe est définie comme « *tout événement ou situation qui trouve son origine (…) à l'extérieur (…) de l'installation nucléaire de base et qui peut entraîner de manière directe ou indirecte des dommages aux éléments importants pour la protection ou remettre en cause le respect des exigences définies* ». Sont ainsi considérées dans ce chapitre toutes les activités industrielles, les voies de communication, les canalisations de transport et les lignes électriques situées en-dehors du centre de stockage Cigéo, ainsi que les activités, voies de communication et réseaux présents sur le centre de stockage Cigéo en-dehors

du périmètre de l'INB (cf. Volume 1 du présent rapport et « Pièce 4 - Plans de situation au 1/10 000e indiquant le périmètre proposé » (48)).

La démarche d'analyse des risques s'appuie sur la règle fondamentale de sûreté I.1.b du 7 octobre 1992 (49) applicable aux installations de surface de l'INB et transposé uniquement pour ce qui concerne l'installation souterraine aux émergences des liaisons surface-fond.

4.2.1 La présentation des risques

Selon la RFS I.1.b du 7 octobre 1992 (49), les risques liés aux activités industrielles, aux voies de communication et aux canalisations de transport ou lignes électriques environnants prennent en compte les agressions de l'INB provenant de son environnement extérieur selon les cinq types d'agressions suivantes :

- élévation anormale de température due à un incendie ;
- onde de pression aérienne due à une explosion ;
- onde sismique associée à une explosion ;
- projectiles engendrés par une explosion ;
- nappes ou nuages dérivants de gaz toxiques ou corrosifs et des gaz et fumées résultant d'un incendie.

Les sources d'agression à considérer dans le voisinage de l'INB (cf. Chapitre 6 du volume 4 du présent rapport) sont :

- activités des installations industrielles hors du centre de stockage Cigéo :
  - ✓ les installations ICPE classées Seveso qui pourraient en théorie engendrer une des agressions précédemment citées, sont au nombre de 4 : elles sont situées à plus de 25 km du site ;
  - ✓ SYNDIESE (production de biocarburant) est une ICPE soumise à déclaration située au nord-ouest de Saudron à environ 2 km de la zone descenderie et 4,5 km de la zone puits : le risque potentiel est l'explosion liée à l'activité de broyage de biomasse en poudre ;
  - ✓ le laboratoire de recherche souterrain de Bure est une ICPE soumise à autorisation située à proximité de la zone descenderie : il présente des risques potentiels d'incendie et d'explosion[51] ;
  - ✓ les différents parcs éoliens soumis à autorisation sont à une distance supérieure à 10 km des zones descenderies et puits : ils présentent un risque d'agression mécanique suite à une projection d'éléments d'une éolienne (mât, nacelle et rotor composé de pales) ;
  - ✓ le centre radioélectrique de Cirfontaines-en-Ornois, où opère un radar de contrôle aérien civil, est implanté à plus de 5 km au sud-est de l'INB : le risque d'interférences électromagnétiques induites par le fonctionnement du radar est géré par les distances d'éloignement par rapport aux zones descenderie et puits ;
  - ✓ d'autres installations ICPE soumises à déclaration sont situées dans les communes limitrophes et ne présentent pas de dangers ;
  - ✓ la station-service de bure est située à plus de 500 mètres de la limite du périmètre INB de la zone descenderie présente des risques potentiels d'explosion ou d'incendie ;
- activités industrielles sur le centre de stockage Cigéo, hors du périmètre INB, susceptibles de porter atteinte aux installations de l'INB en raison de la présence de produits classés dangereux :
  - ✓ les installations de stockage et de distribution de carburant pour les véhicules : une aire de carburant en zone puits (H-01, approvisionnement en gasoil uniquement) et une en zone descenderie (A-04) ;
  - ✓ des zones de dépotages de fioul domestique pour les stockages des centrales de secours 20 kV (H-05 en zone puits et H-03 en zone descenderie) ;
  - ✓ les bâtiments chaufferie (H-05 en zone descenderie et H-07 en zone puits) qui comprennent :

[51] Au regard de son autorisation.

  - les installations de stockage et de distribution de GPL pour les chaudières à gaz (deux chaudières à gaz d'appoint et une chaudière à gaz de secours dans chaque bâtiment) ;
  - des zones de dépotages de GPL pour les stockages des chaudières à gaz ;
  - les installations de stockage de biomasse pour les chaudières bois : un silo de stockage en zone descenderie et un en zone puits ;
- ✓ les parkings des véhicules, magasins de stockage de consommables et équipements, locaux de maintenance, locaux techniques (chaufferies, groupes froids, transformateurs et armoires électriques, locaux de charge de batterie, et les locaux de stockage ou d'utilisation de matériels informatiques) ;
- ✓ les installations de collecte et gestion des déchets conventionnels induits H-01 sur la zone descenderie et H-02 sur la zone puits ;

- voies de communication hors du centre de stockage Cigéo :
  - ✓ voies routières : les zone puits et zone descenderie sont situées à l'écart des grands axes de circulation tels que les autoroutes, routes nationales à fort trafic et axes de transport de matières dangereuses :
    - seuls des axes secondaires (routes départementales) à proximité permettent d'accéder au site : D960 (en Meuse)/D60 (en Haute-Marne) reliant les communes de Saudron et de Mandres-en-Barois ; D175 reliant les communes de Saudron et de Gillaumé ; D127 qui relie Hévilliers à Saudron en passant par Ribeaucourt et Bure. Le trafic routier de ces routes est faible (cf. Volume 4 du présent rapport) ;
    - ces routes départementales sont classées comme itinéraire de troisième catégorie concernant les convois exceptionnels : cela signifie qu'elles peuvent être utilisées par des véhicules supérieurs à 25 mètres de longueur et/ou 4 mètres de largeur ainsi que supérieur à 72 tonnes de masse totale ;
    - les risques identifiés sont essentiellement liés à la circulation sur les routes départementales D960 et D175 de camions-citernes pouvant contenir des produits inflammables (GPL, carburant…) : ces axes se situant à proximité de Saudron, seules les installations de la zone descenderie peuvent être impactées, le potentiel de danger retenu est la présence sur ces voies de communication d'un camion de GPL de capacité 20 tonnes ;
    - à noter que la route départementale D960 qui passe actuellement sur la zone descenderie sera déviée au nord pour les besoins du projet (cf. « Pièce 6 - Étude d'impact du projet global Cigéo » (15)), à une distance minimale de l'ordre de 650 mètres ;
  - ✓ voies ferroviaires :
    - aucune voie ferrée publique se situe dans l'environnement proche de l'INB (la plus proche se situant à environ 10 km) ;
    - la ligne ferroviaire 027000 qui reliait historiquement Gondrecourt-le-Château à Nançois-Tronville est fermée à la circulation ferroviaire ; cette ligne va être réutilisée pour les besoins du projet (cf. « Pièce 6 - Étude d'impact du projet global Cigéo » (15)) et prolongée, entre la ligne existante à Gondrecourt-le-Château et la zone descenderie, afin notamment d'acheminer les emballages de transport des colis de déchets vers le terminal ferroviaire ; cette ligne est également utilisée pour acheminer vers le terminal ferroviaire fret d'autres matériels ou matériaux (chantiers de construction) et limiter le trafic routier ; elle n'est pas utilisée pour l'acheminement de substances dangereuses ;
  - ✓ voies fluviales : la voie navigable la plus proche est à distance supérieure à 10 kilomètres par rapport aux zones descenderie et puits ;

- voies de communication sur le centre de stockage hors du périmètre INB :
  - ✓ les voies de circulation routières présentes sur les zones descenderie et puits permettent de desservir les activités industrielles mentionnées ci-avant ;
  - ✓ la liaison intersites, sur laquelle circulent des véhicules de livraison de matières dangereuses ;
  - ✓ les voies ferroviaires jusqu'au terminal ferroviaire fret qui n'acheminent pas de substances dangereuses ;

- canalisations de transport et lignes électriques :
  - ✓ l'INB n'est relié à aucun réseau de gaz externe, le réseau GRTgaz le plus proche est situé à 20 km du site ;
  - ✓ les lignes électriques : une ligne à très haute-tension passe à environ 300 mètres au nord de la zone descenderie et 2 km au sud de la zone puits.

4.2.2 Les cibles vis-à-vis des risques liés à l'environnement industriel et aux voies de communication

Les cibles à protéger sont l'ensemble des structures et équipements de l'INB dont l'agression est susceptible de conduire à une situation accidentelle (y compris les effets « domino »), de remettre en cause les fonctions de sûreté ou la capacité d'intervention pour la mise ou le maintien à l'état sûr des installations du centre de stockage Cigéo.

Les ouvrages souterrains ne sont pas impactés directement compte tenu de leur profondeur. Seules les émergences des puits et descenderies qui abritent des équipements associés à des fonctions de sûreté ou nécessaires à la mise et au maintien à l'état sûr sont identifiées comme cibles.

Ainsi, les structures et équipements des bâtiments et ouvrages concernés sont les suivants :

- au niveau de la zone descenderie :
  - ✓ bâtiment nucléaire de surface EP1 (B-02) ;
  - ✓ tête de la descenderie colis (B-01) ;
  - ✓ ouvrage de déchargement des emballages de transport à déchargement horizontal ;
  - ✓ tête de la descenderie de service (E-04) ;
  - ✓ terminal ferroviaire nucléaire (F-01) ;
  - ✓ centrale de secours et poste de distribution 20 kV (E-06) ;
  - ✓ pomperie incendie (E-05) et réservoir d'eau incendie (E-07) ;
  - ✓ réservoirs fioul pour centrale de secours (E-09) ;
- au niveau de la zone puits :
  - ✓ émergence du puits ventilation air vicié exploitation (E-03) ;
  - ✓ émergence du puits ventilation air frais exploitation (E-02) ;
  - ✓ centrale de secours et poste de distribution 20 kV (E-05) ;
  - ✓ pomperie incendie (E-04) et réservoir d'eau incendie (E-06) ;
  - ✓ réservoirs fioul pour centrale de secours (E-08).

4.2.3 L'évaluation des risques liés à l'environnement industriel et aux voies de communication, et dispositions retenues

4.2.3.1 L'analyse des risques liés à l'environnement industriel et aux voies de communication hors du centre de stockage Cigéo

4.2.3.1.1 Les activités industrielles

Au regard de la description des activités industrielles aux alentours du centre de stockage Cigéo, les sources de danger présentant des risques pour l'INB sont limitées aux ICPE proches des zones descenderies et puits, à savoir :

- la plateforme « SYNDIESE » de prétraitement de la biomasse : le risque lié à l'activité de broyage de biomasse en poudre n'est pas susceptible de porter atteintes aux installations de l'INB ;
- le Laboratoire de recherche souterrain de Bure ; le scénario de risque lié à l'activité[52] du laboratoire est l'incendie d'un camion-citerne de gazole présent sur ce site, le seuil d'effet « domino » sur les installations est de 25 mètres.

  Au regard des distances d'effets et de l'éloignement des cibles, aucun impact n'est attendu sur l'INB ;

Ainsi, il n'est pas identifié d'évènement susceptible de porter atteintes aux installations situées dans le périmètre de l'INB Cigéo.

4.2.3.1.2 Les voies de communication routières

La distance entre les axes routiers D966, D132 et D127 et les premières cibles de la zone descenderie et de la zone puits est au moins de 770 mètres. Au regard de l'importance de cette distance, aucun effet n'est attendu depuis ces axes.

Les seuls risques identifiés sont liés à la circulation sur les routes départementales D960 et D175 de camions-citernes pouvant contenir des produits inflammables (GPL, carburant…). Ces axes se situant à proximité du village de Saudron, seules les installations de la zone descenderie peuvent être impactées.

Le tableau 4-10 présente les distances entre ces voies de communication les plus proches et les cibles identifiées en zone descenderie.

[52] L'ancien dépôt d'explosifs ne relève plus de la réglementation des ICPE pour l'Andra (cessation d'activités relative à la rubrique ICPE 1311-3 notifiée en 2016 par la Préfecture).

Les évènements sur ces voies routières susceptibles de porter atteintes aux installations de l'INB (zone descenderie) sont les suivants :

- l'inflammation d'un déversement de carburant sur une voirie (flux thermiques) ;
- le BLEVE (*Boiling Liquid Expanding Vapour explosion*) d'un camion-citerne contenant du GPL (flux thermiques, surpression et projectiles) ;
- l'inflammation d'un VCE (*Vapour Cloud Explosion*) provenant d'une fuite sur un camion-citerne de GPL (surpression).

Concernant l'inflammation d'un VCE provenant d'une fuite sur un camion-citerne de GPL, au regard des distances obtenues et de l'éloignement des cibles par rapport aux voies de communication présentées dans le tableau 4-10, des effets sont attendus depuis les voies de communication routières. Les dispositions retenues sont :

4.2.3.1.3 Les voies de communication ferroviaires

Les voies de communication ferroviaires externes sont situées à plus de 10 kilomètres et aucun transport de matières dangereuses n'est prévu sur ces voies.

La voie ferrée, aujourd'hui inutilisée, qui relie Nançois-Tronville à Gondrecourt-le-Château fera l'objet de travaux de rénovation pour permettre du transport de fret. Au bout de cette ligne, une installation terminale embranchée (ITE) sera réalisée pour permettre l'acheminement des colis de déchets radioactifs ainsi que d'autres matériels ou matériaux (chantiers de construction).

Ces voies ne présentent pas de risques sur l'installation nucléaire (zones puits et descenderie).

4.2.3.1.4 Les voies de communication fluviales

Les deux canaux navigables sont situés au moins à 10 km de l'INB. Au regard de cette distance, aucun impact n'est attendu.

4.2.3.1.5 Les canalisations de transport de gaz externes

Un stockage de bois et de gaz est envisagé à proximité des chaudières. L'INB n'est donc reliée à aucun réseau de gaz externe.

Le réseau GRTgaz le plus proche est situé à 20 km de l'INB. Au regard du choix retenu et de cette distance, aucun impact n'est attendu.

4.2.3.1.6 Les lignes électriques

La ligne électrique à très haute-tension (400 kV) passe à environ 300 mètres au nord de la zone descenderie et 2 km au sud de la zone puits. Cette ligne ne traverse pas la zone des installations de surface à l'exception de la zone des transformateurs destinée à la recevoir. Une zone d'exclusion constituée d'une bande de 75 mètres centrée sur l'axe de la ligne et des cercles de rayon de 60 mètres au droit de l'axe vertical des supports de la ligne est à respecter, aucune installation de l'INB ne se situe dans cette zone d'exclusion.

Les lignes électriques externes ne portent, en conséquence, pas atteinte à l'installation nucléaire.

4.2.3.2 L'analyse des risques liés à l'environnement industriel et aux voies de communication sur le centre de stockage Cigéo hors du périmètre INB

4.2.3.2.1 Le stockage et la distribution de carburant et stockage de fioul pour les groupes électrogènes

Les accidents mettant en jeu un camion-citerne transportant du carburant pourraient avoir lieu :

- lors du réapprovisionnement sur l'aire de carburant (A-04) et sur la zone de dépotage fioul (H-03) en zone descenderie ;
- lors du réapprovisionnement sur l'aire de carburant (H-01) et en zone de dépotage fioul (H-05) en zone puits ;
- lors des trajets du camion-citerne de l'entrée du centre de stockage à sa destination finale.

Les phénomènes dangereux susceptibles de se produire sont les suivants :

- le déversement de carburant depuis le camion-citerne conduisant à un incendie ;
- le déversement de carburant depuis le camion-citerne, l'évaporation de la nappe conduisant à l'inflammation d'un VCE ;
- l'explosion du camion-citerne pris dans un incendie.

Concernant l'incendie à la suite d'un déversement de carburant, au regard de la distance d'effets thermiques obtenue (20 mètres depuis le bord de la nappe en feu), les installations et ouvrages suivants sont dimensionnés à un flux thermique de 8 $kW.m^{-2}$:

- les réservoirs de fioul domestique des centrales de secours 20 kV (E-08 en zone puits et E-09 en zone descenderie) ;
- l'usine de ventilation du puits d'air vicié (E-03) sur la zone puits.

Concernant l'inflammation d'un VCE provenant d'une fuite sur un camion-citerne de carburant, les zones d'effets (80 mètres pour une surpression de 50 mbar) n'atteignent aucune cible de l'INB. Aucune disposition n'est donc retenue.

Concernant l'explosion d'un camion-citerne pris dans un incendie, au regard des zones d'effet (36,5 mètres pour une surpression de 50 mbar), les installations et ouvrages suivants sont dimensionnés à la surpression de 50 mbar :

- en zone descenderie :
  - ✓ le réservoir de fioul domestique des centrales de secours 20 kV (E-09) ;
  - ✓ le local pomperie incendie (E-05) ;
  - ✓ la centrale de secours et le poste de distribution 20 kV (E-06) ;
- en zone puits :
  - ✓ le réservoir de fioul domestique des centrales de secours 20 kV (E-08) ;
  - ✓ la centrale de secours et le poste de distribution 20 kV (E-05) ;
  - ✓ le local pomperie incendie (E-04) ;
  - ✓ les usines de ventilation du puits d'air neuf et du puits d'air vicié.

4.2.3.2.2 Le stockage et distribution de GPL pour les chaudières

Les accidents majeurs associés à l'exploitation des chaudières GPL (bâtiments H-07 sur la zone puits et H-05 sur la zone descenderie) pourraient avoir lieu :

- lors du cheminement de camions-citernes de GPL sur les voiries internes au centre de stockage ;
- lors de l'exploitation du réservoir fixe de GPL ;

- lors d'une opération de dépotage d'une citerne mobile vers les réservoirs de stockage fixe ;
- suite à une brèche/rupture sur les tronçons de canalisation entre le réservoir fixe et les chaudières (enterré et aérien) ;
- suite à une perte de confinement à l'intérieur d'un local chaudière GPL.

Les phénomènes dangereux susceptibles de se produire sont les suivants :

- un jet enflammé suite à l'ignition immédiate du nuage de gaz ;
- un feu de nuage conduisant à deux phénomènes distincts : un *flash-fire* où les effets thermiques seront quantifiés et un VCE où les effets de surpression dépendant directement du confinement de la zone dans laquelle s'allumera le nuage qui seront prédominants ;
- le BLEVE d'un camion-citerne contenant du GPL sur les voiries internes au centre de stockage (flux thermiques, surpression et projectiles) ;
- un VCE consécutif à une fuite sur un camion-citerne de 20 tonnes de GPL (flux thermiques et surpression).

Chacun des phénomènes dangereux a été quantifié. Aucun impact sur les cibles de sûreté n'est relevé.

4.2.3.2.3 Le stockage et distribution de plaquettes forestières des chaufferies biomasse

Le stockage de bois dans le silo en fosse situé à l'intérieur des bâtiments chaufferies de la zone descenderie et de la zone puits (respectivement H-05 et H-07) présente un potentiel risque d'incendie. Les effets thermiques pourraient conduire à des effets domino sur les installations à préserver et les fumées associées pourraient se propager et affecter leur fonctionnement, notamment leur ventilation.

Les effets thermiques résultant d'un scénario accidentel mettant en jeu le stock de biomasse n'impactent pas les installations/ouvrages de l'INB. En effet, le silo est situé dans un local spécifique avec la présence de murs coupe-feu. Ainsi, les flux thermiques sont contenus au sein de la fosse bétonnée de trois mètres de profondeur. Aucun effet domino n'est attendu sur d'autres équipements ou structures avoisinantes.

4.2.3.2.4 Les installations conventionnelles et les zones de travaux

Pour les installations conventionnelles et les zones travaux (cf. Tableau 4-11 et tableau 4-12) situées à proximité de bâtiments/ouvrages identifiés comme cible de sûreté (cf. Chapitre 4.2.2 du présent volume), le risque est lié à l'occurrence d'un incendie généralisé, dont les effets thermiques pourraient conduire à des effets domino sur les installations à préserver et dont les fumées associées pourraient se propager et affecter leur fonctionnement, notamment leur ventilation.

Au regard de la distance séparant les installations à enjeux de sûreté de ces installations conventionnelles, en cas d'incendie généralisé de ces dernières, les effets thermiques n'impactent pas ces installations. En effet, les distances affichées dans le tableau 4-11 et le tableau 4-12, montrent qu'il n'y a pas de risque de propagation d'un incendie aux installations situées dans le périmètre INB.

Tableau 4-11 Distances d'éloignement des bâtiments conventionnels « source potentielle de danger » de la zone descenderie à la clôture de l'INB

Zone descenderie	Distance à la clôture de l'INB
Bâtiment de tri des déchets conventionnels (H-01)	70 m
Atelier de maintenance (A-07)	140 m
Aires de stationnement	40 m

Tableau 4-12 Distances d'éloignement des bâtiments conventionnels « source potentielle de danger » de la zone puits à la clôture de l'INB

Zone puits	Distance à la clôture de l'INB
Bâtiment de tri des déchets conventionnels (H-02)	30 m
Parking en silo (A-05)	50 m
Ateliers de maintenance (H-09 et A-04)	50 m

Concernant les risques liés à l'émission de fumées, les bâtiments pouvant impacter les cibles de sûreté sont les suivants :

- le bâtiment A-04, atelier de maintenance de la zone puits, est situé à proximité (environ 180 mètres) des émergences du puits personnel exploitation, ventilation, air frais exploitation (E-02) ;
- le bâtiment A-07, atelier de maintenance de la zone descenderie, est situé à plus de 450 mètres de la tête de descenderie colis (B-01), de la tête de descenderie de service (E-04) et de EP1 (B-02).

Au regard des distances entre les sources d'incendie et les entrées d'air neuf des réseaux de ventilation nucléaire et conventionnelle des bâtiments, le risque d'introduction de fumées dans le réseau de ventilation n'est pas exclu. Cependant, le panache de fumées toxiques issues de l'incendie s'élèverait en raison de la température et se disperserait rapidement en altitude. Ainsi, la dilution des fumées d'incendie est importante avant d'atteindre toute entrée d'air dans le réseau de ventilation, réduisant son niveau de toxicité.

En complément, des dispositions sont prévues au niveau des systèmes de ventilation pour détecter la présence de fumée et enclencher des actions permettant l'arrêt des ventilateurs et la fermeture des registres d'air neuf.

En complément, le stationnement libre est interdit et des zones de parking sont implantées afin de délimiter les zones de stationnement autorisées. Aux abords de l'INB, des dispositions techniques de stationnement sont mises en place afin d'empêcher un possible stationnement à moins de 10 mètres de distance des bâtiments de l'installation nucléaire.

4.2.3.2.5 Les voies de communication routières internes au centre de stockage

Les risques associés aux cheminements des véhicules entre les bâtiments du centre de stockage Cigéo sont analysés dans les chapitres 4.2.3.2.1 à 4.2.3.2.2 du présent volume.

4.2.3.2.6 Les voies de communication ferroviaires internes au centre de stockage

Les wagons présents sur le terminal ferroviaire fret ne constitue pas de risques particuliers d'incendie car il n'est pas envisagé qu'ils puissent transporter des matières dangereuses. Le seul risque provient de la présence du locotracteur potentiellement thermique sur les voies ferrées. Il reste cependant stationné suffisamment loin des installations pour qu'un incendie soit susceptible de les affecter. De plus, les bâtiments situés sur le périmètre INB sont protégés par la présence de merlons entre le terminal ferroviaire fret et le terminal ferroviaire INB. Les risques liés à un incendie du locotracteur sont donc limités et ne remettent pas en cause la sûreté des installations.

4.2.4 La synthèse

L'analyse menée montre que les risques liés à la présence d'activités industrielles, de voies de communication ou de lignes électriques à proximité de l'INB sont la plupart du temps écartés compte tenu de l'éloignement de la source de danger avec les installations et ouvrages de l'INB identifiés comme cibles de sûreté. Pour certaines agressions, les risques ne peuvent toutefois pas être écartés et sont alors considérés dans le dimensionnement des installations et ouvrages cibles présentes en surface.

Les exigences de dimensionnement retenues pour les bâtiments/locaux cibles sont synthétisées dans le tableau 4-13.

Tableau 4-13 Exigences de dimensionnement des ouvrages portant une fonction de sûreté et une fonction support

Ouvrages cibles	Seuil des effets domino	Seuils d'effets de surpression	
	8 kW.m^{-2}	20 mbar	50 mbar
Zone descenderie			
Tête de descenderie de service (E-04)		X	
Tête de descenderie colis (B-01)		X	
Bâtiment nucléaire de surface EP1 (B-02)		X	
Terminal ferroviaire nucléaire (F-01)		X	
Local pomperie incendie (E-05)			X
Centrale de secours et poste de distribution 20 kV (E-06)			X
Réservoirs fioul pour centrale de secours (E-09)	X		X
Zone puits			
Usine de ventilation du puits d'air vicié (E-03)	X		X
Usine de ventilation du puits d'air neuf (E-02)			X
Local pomperie incendie (E-04)			X
Centrale de secours et poste de distribution 20 kV (E-05)			X
Réservoirs fioul pour centrale de secours (E-08)	X		X

4.3 Les risques liés au séisme

4.3.1 La présentation du risque sismique

4.3.1.1 Le préambule

L'aléa sismique et la vulnérabilité des cibles de sûreté sont caractérisés afin de prévenir les conséquences potentielles du risque sismique sur l'installation nucléaire. Les cibles de sûreté identifiées sont les éléments dont l'agression est susceptible de remettre en cause le confinement des substances radioactives, les fonctions de sûreté ou la capacité de surveiller et d'intervenir pour la mise ou le maintien à l'état sûr des installations de l'INB.

4.3.1.2 La caractérisation de l'aléa

4.3.1.2.1 Le contexte sismotectonique du site d'implantation

Le site d'implantation de l'INB s'inscrit dans la bordure orientale du Bassin parisien dont l'histoire géologique est bien connue. Ce bassin sédimentaire est en forme de « cuvette » structuré par une succession de couches sédimentaires à dominante argileuse et carbonatée de plus de 1 800 mètres d'épaisseur à l'aplomb du site d'implantation de l'INB.

Les structures tectoniques régionales et la sismicité régionale sont présentées au chapitre 1.3.3 du volume 4 du présent rapport.

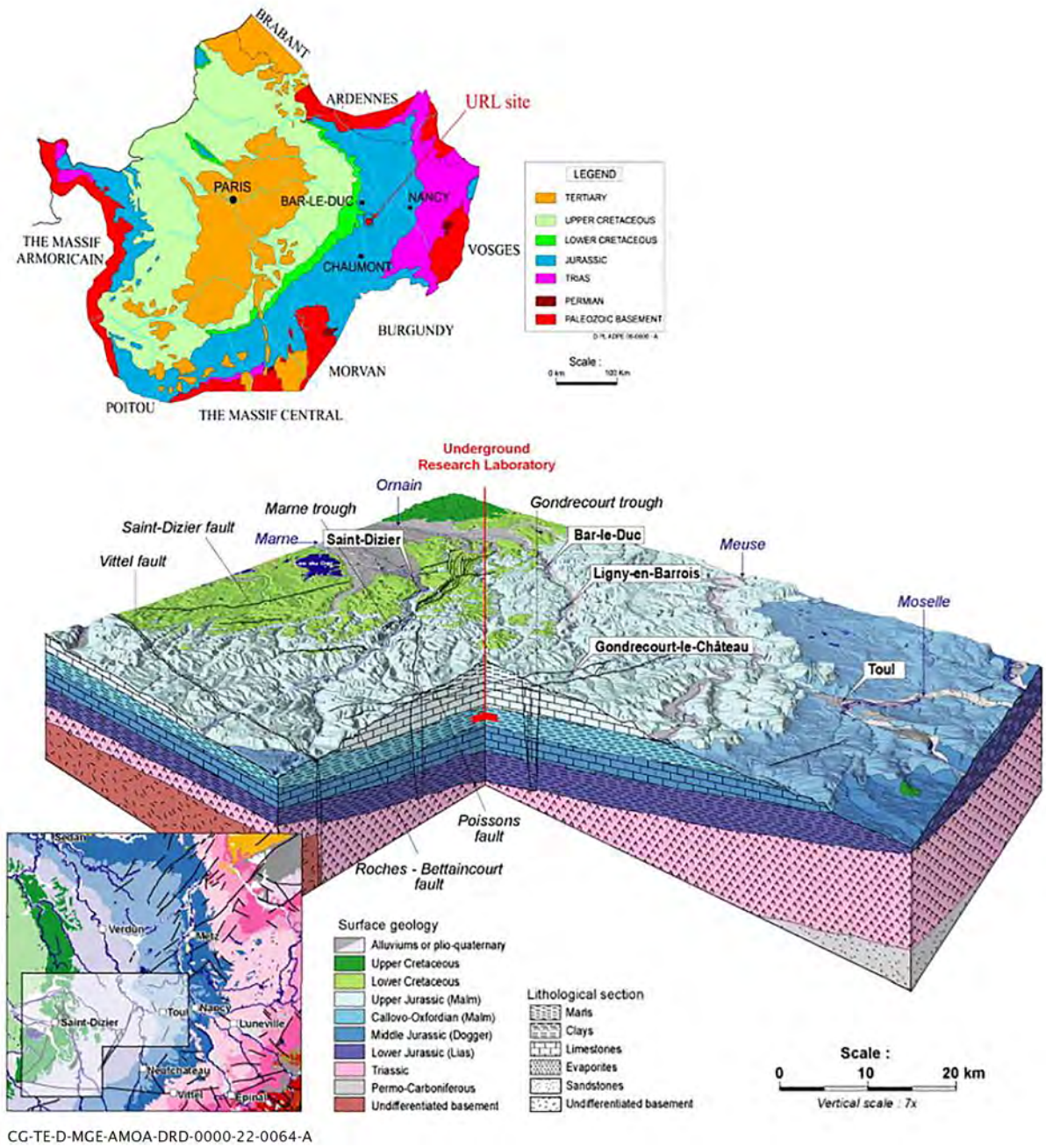


Figure 4-1 *Illustration du bloc géologique 3D avec les failles majeures, autour du centre de stockage issu de Linard et al., 2011 (8)*

4.3.1.2.2 La définition de l'aléa sismique

L'estimation de l'aléa sismique prévu par la RFS I.1.c du 30 mai 2001 « Détermination du risque sismique pour la sûreté des installations nucléaires de base » (50) est fondée sur une approche déterministe basée sur la définition des séismes maximaux historiquement vraisemblables (SMHV) desquels sont déduits les séismes majorés de sécurité (SMS), par majoration de 0,5 des magnitudes.

Pour répondre à un objectif d'aléa associé à des séismes ayant une période de retour minimale de 10 000 ans, le spectre de sol pris en compte à ce jour pour le dimensionnement des installations nucléaires est la médiane du spectre obtenu par approche probabiliste en considérant une période de retour de 10 000 ans pour les séismes. La composante horizontale de ce spectre de référence est présentée dans le tableau ci-après.

Tableau 4-14 Composante Horizontale du spectre de sol du séisme de dimensionnement (SDD)

Fréquence (Hz)	0,50	1,00	1,11	1,25	1,43	1,67	2,00	2,50	3,33	5,00	10,00	34,00
Accélération (g)	0,05	0,07	0,08	0,08	0,10	0,11	0,13	0,17	0,24	0,32	0,30	0,13

La composante verticale est obtenue en multipliant les accélérations de la composante horizontale par 2/3.

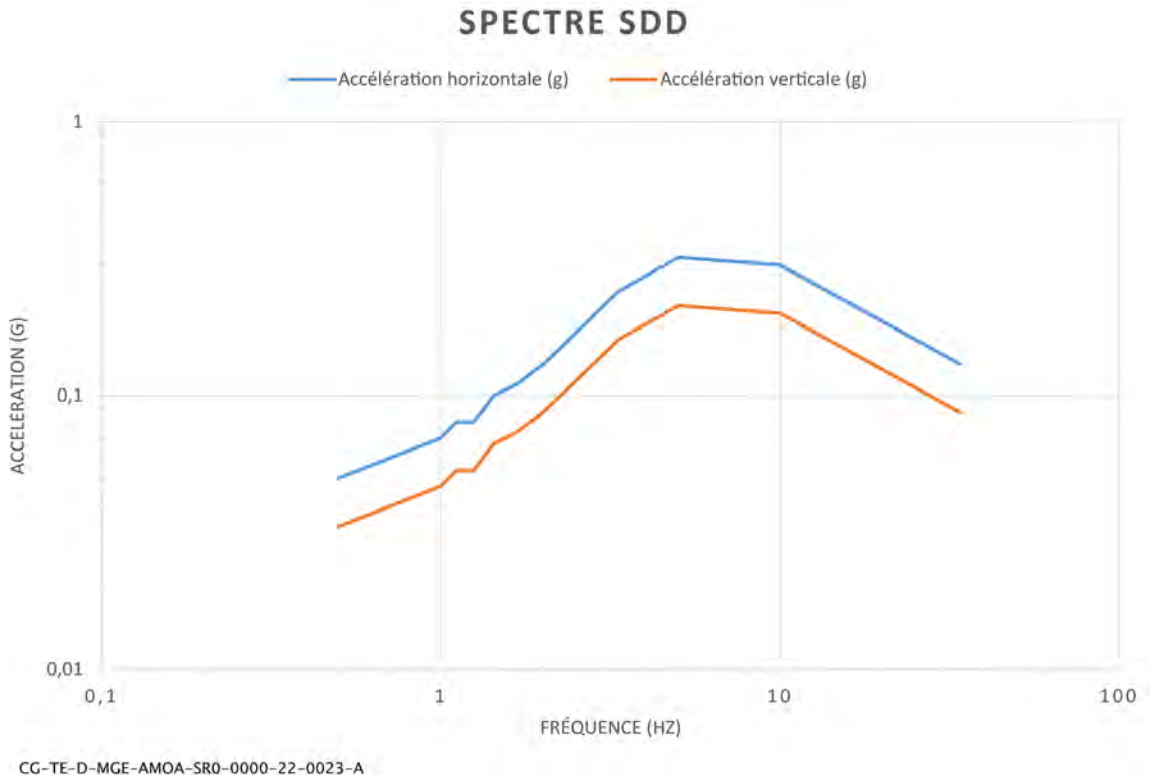


Figure 4-2 Illustration des composantes horizontale et verticale du spectre de sol du séisme de dimensionnement (SDD)

Le spectre de sol [53] est utilisé pour le dimensionnement du génie civil des installations. Le dimensionnement des équipements et des composants présents dans ces installations s'effectue à partir des spectres de réponse (spectres de plancher) des installations dans lesquelles se trouvent les différents équipements. Les sollicitations sismiques des composants et équipements diffèrent donc suivant leur localisation dans les installations.

4.3.1.3 La vulnérabilité des cibles

Les conséquences d'un séisme sont les effets directs de celui-ci sur les éléments assurant une fonction de sûreté, les effets indirects sur ces éléments *via* les éléments nécessaires au maintien d'une fonction de sûreté, ou enfin des effets induits par la défaillance d'éléments qui pourraient devenir agresseurs d'un élément assurant ou participant à une fonction de sûreté.

[53] Les fonctions de transfert du mouvement sismique (rapport entre le mouvement sismique en surface et celui en profondeur) calculées étant de l'ordre de 1, le spectre d'aléa est plus faible en profondeur qu'en surface. De manière prudente à ce stade, le spectre d'aléa retenu pour les installations de surface est également retenu pour les installations en profondeur.

Le maintien des fonctions de sûreté et des fonctions supports est assuré par un dimensionnement adéquat des différents composants pouvant devenir agresseurs. Les critères de dimensionnement associés à chacun des composants sont définis en fonction des conséquences potentielles de leur défaillance vis-à-vis des fonctions de sûreté et des fonctions supports. Ces critères se déclinent en exigences qui portent sur la stabilité, l'intégrité et la tenue fonctionnelle des composants après séisme ou leur tenue fonctionnelle pendant et après séisme. L'analyse tient également compte des dispositions organisationnelles pouvant être mises en place.

L'analyse réalisée conduit à identifier les exigences vis-à-vis du dimensionnement au séisme nécessaires pour l'atteinte des objectifs de protection fixés. En complément, elle identifie également des choix faits afin de garantir la tenue au séisme de cibles dans le but, par exemple, de faciliter la gestion post-accidentelle ou la remise en service de l'installation.

4.3.1.3.1 Les cibles vis-à-vis des risques liés au séisme

Les bâtiments/ouvrages sensibles de la zone descenderie contenant des cibles de sûreté sont les suivants :

- le terminal ferroviaire nucléaire ;
- le bâtiment nucléaire de surface EP1 ;
- la tête de descenderie colis ;
- la tête de descenderie de service ;
- le bâtiment de déchargement des emballages de transport à déchargement horizontal.

Les bâtiments/ouvrages sensibles de la zone puits contenant des cibles de sûreté, sont les suivants :

- l'émergence du puits ventilation d'air frais exploitation ;
- l'émergence du puits ventilation d'air vicié exploitation.

Les bâtiments/ouvrages sensibles de l'installation souterraine contenant des cibles de sûreté, sont les suivants :

- la descenderie colis ;
- la descenderie de service ;
- les puits de ventilation d'air frais et d'air vicié exploitation ;
- la zone de soutien logistique exploitation dédiée à la circulation des hottes et à la ventilation de l'installation souterraine ;
- les galeries et les alvéoles de stockage HA et MA-VL.

Les cibles de sûreté à protéger abritées par ces bâtiments/ouvrages sont :

- les emballages de transport ;
- les colis primaires et colis de stockage ;
- les hottes de transfert des colis de stockage ;
- les ventilateurs de soufflage ainsi que les équipements et alimentations électriques associés ;
- les ventilateurs d'extraction ainsi que les équipements et alimentations électriques associés ;
- les gaines de ventilation ainsi que les caissons de filtres THE de la ventilation nucléaire ;
- les clapets coupe-feu ;
- les fûts de déchets et effluents induits par l'exploitation.

La maîtrise des fonctions de sûreté ne doit pas être remise en cause en cas d'agression sismique des structures, systèmes et équipements. L'accessibilité pour une intervention post séisme doit également être garantie. L'occurrence d'un séisme ne doit donc pas engendrer, *a minima*, l'effondrement des ouvrages car cela pourrait entraver les accès permettant une intervention rapide et porter atteinte à tout ou partie des équipements qu'ils contiennent et qui portent des fonctions de sûreté.

4.3.1.3.2 Les atteintes aux fonctions supports

Les ouvrages contribuant au maintien des fonctions support de l'INB en zone descenderie et en zone puits sont les suivants :

- la centrale de secours et les postes de distribution normal/secours 20 kV (voie A et voie B) ;
- le stockage fioul de la centrale de secours 20 kV ;
- les réserves d'eau d'incendie ;
- les locaux pomperie incendie ;
- le bâtiment sûreté/sécurité/environnement intégrant le poste central de sécurité (PCS) et le poste de commandement et de coordination (PCC) en zone descenderie.

Certains locaux techniques présents au sein des installations de surface, de l'installation souterraine participent également au maintien de fonctions support.

Le séisme ne doit donc pas agresser ces ouvrages qui contribuent indirectement au maintien des fonctions de sûreté.

4.3.1.3.3 Les défaillances ou agressions induites par le séisme

Le séisme peut engendrer des agressions induites ayant les effets potentiels suivants :

- une émission de projectiles et la chute de charge ;
- un départ de feu se développant en incendie ;
- une explosion ;
- une inondation interne ou externe.

Le séisme, *via* les effets induits, ne doit pas agresser indirectement les ouvrages précités qui contribuent au maintien des fonctions de sûreté et des fonctions supports garantissant l'état sûr de l'installation nucléaire.

4.3.2 Les exigences de dimensionnement vis-à-vis des ouvrages et équipements portant une fonction de sûreté

4.3.2.1 Le bâtiment nucléaire de surface EP1

4.3.2.1.1 La maîtrise du confinement des substances radioactives

La maîtrise du confinement des substances radioactives se caractérise par :

- la non-agression du premier système de confinement (colis primaires, colis de stockage, fûts de déchets d'exploitation ;
- la non-agression du deuxième système de confinement assuré par des barrières statiques (emballage de transport, cellules du process) éventuellement complétées par un système de confinement dynamique (ventilation nucléaire).

La maîtrise du confinement des substances radioactives repose sur le respect des principes de maintien de deux barrières de confinement indépendantes pour les situations normales de fonctionnement et le maintien d'au moins une barrière de confinement pour les situations incidentelles et accidentelles de fonctionnement.

La perte du confinement dynamique de l'installation n'est pas de nature à conduire à des rejets de substances radioactives dans l'environnement dès lors que le confinement statique des substances radioactives reste maintenu. À ce titre, la maîtrise du confinement repose essentiellement sur la préservation d'éléments requis pour assurer le maintien du confinement statique des substances radioactives.

a) Les emballages de transport

Durant les opérations effectuées sur les emballages dans l'installation, les colis primaires qu'ils contiennent sont préservés des agressions par la protection apportée par les emballages.

Deux modes d'agression peuvent affecter les emballages de transport en cas de séisme :

- l'agression directe pour laquelle le maintien de l'intégrité est assuré par la résistance intrinsèque de l'emballage aux conditions de transport normales et accidentelles ;
- l'agression indirecte par chute ou renversement de l'emballage ou par agression de ce dernier en cas d'effondrement du génie civil ou chute d'équipements lourds. Compte tenu de la résistance intrinsèque des emballages, l'agression n'est considérée que vis-à-vis des ouvrages ou des équipements lourds. Pour prévenir ces agressions, les ouvrages abritant les emballages et les équipements lourds assurant leur manutention font l'objet d'une exigence de non-effondrement et/ou non-missilité.

Terminal ferroviaire nucléaire

Sur le terminal ferroviaire nucléaire, les emballages sont positionnés en conditions de transport sur des wagons et ne sont déchargés que dans le hall de déchargement des emballages de transport. Sous couvert de leur agrément, leur chute ou leur renversement en cas de séisme ne serait pas de nature à remettre en cause leur confinement. Il n'y a donc pas d'exigences spécifiques liées au séisme sur cette partie de l'installation.

Hall de déchargement des emballages de transport (V)

Dans le hall, les emballages de transport sont déchargés sur des châssis, leurs capots de protection sont retirés. Les emballages de transport sont ensuite transférés à la verticale vers les cellules de préparation et d'accostage par un système de chariot et de rehausse embarqués sur un transbordeur positionné dans une fosse.

Hormis l'exigence de non-effondrement des structures de génie civil qui composent ce hall[54], les ponts de manutention pourraient, en cas de défaillance sous séisme, conduire à une agression des emballages présents à l'aplomb.

Une zone d'entreposage tampon est présente dans le hall. Les emballages y sont entreposés verticalement dans des racks de stockage. Leur renversement pourrait conduire à une agression de l'emballage de transport. Ces racks sont ainsi dimensionnés au séisme pour rester stables et conserver leur géométrie.

Ponts de manutention des emballages de transport

Les ponts de manutention des emballages de 140 T et 65 T du hall de réception sont dimensionnés au séisme. Les exigences permettant de justifier d'une absence d'atteinte des emballages de transport sont un maintien de leur stabilité en charge ou à vide garantissant ainsi le maintien de leur chargement (emballage de transport) sous séisme.

En outre, ils disposent de systèmes anti-envol dimensionnés au séisme. Ces dispositions permettent de rendre physiquement impossible la chute d'un emballage sous séisme lorsque celui-ci est manutentionné au pont.

[54] L'emballage de transport assurant seul le confinement des substances radiologiques dans le hall de réception et jusqu'au retrait de ses couvercle et bouchon, le hall n'a pas d'exigence maintien du confinement (étanchéité).

Local de préparation à l'accostage des emballages de transport (V)

Le transbordeur et le chariot de transfert des emballages, munis de la rehausse adaptée à l'emballage pris en charge, assurent le déplacement de l'emballage à l'un des postes de préparation (contrôle de la cavité et mise en place de la bride d'accostage). Le confinement, après préparation de l'emballage, est assuré par la présence du couvercle de l'emballage, maintenu en place par gravité. Hormis l'exigence de non-effondrement des structures de génie civil qui composent ce hall, un renversement pourrait, en cas de défaillance des moyens de transfert sous séisme, conduire à une agression de l'emballage et des colis qu'il contient.

Transbordeur et chariot de transfert des emballages de transport

Le transbordeur, le chariot de transfert et la rehausse assurant le maintien ferme de l'emballage durant ses déplacements sont dimensionnés au séisme. Les exigences permettant de justifier d'une absence de renversement sont un maintien de la stabilité du convoi. En outre, les moyens de transfert disposent de systèmes anti-envol dimensionnés au séisme. Ces dispositions permettent de rendre physiquement impossible le renversement d'un emballage sous séisme.

Par ailleurs, la présence non systématique du transbordeur au droit de la zone de prise en charge du chariot de transfert implique la mise en place d'un système de barrières basculantes visant à prévenir le risque de glissement du chariot sur les rails durant le séisme et la chute de ce dernier dans la fosse du transbordeur. Le système de barrières est dimensionné au séisme. Ces barrières sont commandées par le transbordeur permettant d'exclure leur ouverture en son absence. En outre, des doigts d'indexage sont présents et dimensionnés au séisme pour assurer le bon positionnement du transbordeur.

Pont du local de préparation

La préparation à l'accostage implique la fixation de la bride d'accostage au couvercle dévissé de l'emballage. La chute de la bride et/ou l'effondrement du pont sur l'emballage en cours de préparation, pourrait affecter son confinement voire celui des colis qu'il contient. Toutefois, ces opérations sont effectuées systématiquement à très faibles hauteurs de sorte que la chute des éléments manutentionnés ne serait pas de nature à remettre en cause le confinement de l'emballage. Néanmoins, l'effondrement du pont pouvant conduire à des conséquences sur le confinement de l'emballage et des colis, ce dernier est dimensionné au séisme.

Accostage des emballages de transport à la cellule de déchargement

Pour effectuer l'opération d'accostage, le chariot de transfert des emballages vient se positionner à l'aplomb de la cellule de déchargement. La course du système de levage du chariot permet l'accouplement de l'emballage à la cellule de déchargement. Le système d'accostage est dimensionné au séisme afin de préserver l'étanchéité de l'accouplement et ainsi maintenir la continuité du confinement statique lors du déchargement des colis primaires.

b) Les cellules process assurant une fonction de confinement

Deux modes d'agression peuvent affecter les colis primaires ou de stockage en cas de séisme :

- l'agression par sollicitation directe du colis et pour laquelle le maintien de l'intégrité de ce dernier est assuré par sa résistance intrinsèque aux spectres sismiques ;
- l'agression indirecte par chute ou renversement du (des) colis ou par agression de ce(s) dernier(s) en cas d'effondrement du génie civil ou chute d'équipements.

Compte tenu de la résistance des colis primaires à la chute, l'agression est considérée pour une chute dont la hauteur excède 1,2 mètre pour les colis primaires MA-VL (sauf pour les CSD-C dont la tenue est garantie à 9 mètres) et 9 mètres pour les colis primaires HA.

Hors situation de chute de colis, la prévention des agressions indirectes sur les colis repose notamment sur une exigence de non-effondrement des cellules process et ouvrages abritant ces cellules, ainsi que sur une exigence de non-missilité pour les équipements susceptibles d'agresser les colis en cas de décrochement et de chute sur ces derniers.

La fonction de confinement statique doit être assurée, notamment sous séisme. Ainsi, la barrière statique de confinement constituée par les parois et traversées des locaux dans lesquels circulent où sont entreposés les colis de déchets ainsi que par les équipements passifs du réseau de ventilation jusqu'aux caissons filtres THE font l'objet d'un dimensionnement au séisme.

Cellules de déchargement des colis primaires des emballages de transport, de contrôle de conformité (contrôle C5) et de préparation des colis de stockage

Le déchargement des colis de leur emballage et la préparation des colis de stockage s'effectuent à l'aide de deux ponts dédiés munis de grappins de préhension adaptés à la morphologie des colis. Le risque prépondérant de déconfinement dans ces cellules provient de la hauteur de levage nécessaire pour extraire les colis de leur emballage ou pour les déposer dans leur conteneur de stockage, car cette dernière excède la hauteur de qualification à la chute de certains colis.

Bien que la chute, au-delà de cette hauteur de qualification, constitue une situation plausible retenue pour le dimensionnement de ces cellules (famille de ventilation et classe de confinement IIIB-C4**), le séisme peut affecter leur confinement et entraîner des rejets dans l'environnement. Ainsi, une exigence de non-effondrement des structures de génie civil qui composent et abritent les cellules est requise, complétée par une exigence renforcée de préservation de la fonction de confinement statique (étanchéité) des cellules et de leurs prolongements (tronçons de gaine et filtres THE) sous séisme.

Ponts de la cellule de déchargement des emballages de transport et de la cellule de préparation des colis de stockage

Les deux ponts de 20 T de la cellule de déchargement des emballages et de la cellule de préparation des colis de stockage sont dimensionnés au séisme. Les exigences permettant de justifier d'une absence d'atteinte aux colis sont un maintien de leur stabilité en charge ou à vide, garantissant ainsi le maintien de leur charge sous séisme. En outre, la tenue (stabilité et non-missilité) des ponts de manutention permet de justifier la non-dégradation du confinement des cellules en cas de séisme. Ils disposent notamment de systèmes anti-envol dimensionnés au séisme. Les ponts de maintenance ne doivent pas constituer des agresseurs vis-à-vis du génie civil de EP1 (cf. Chapitre 4.3.4.1 du présent volume). Ces ponts ont une exigence de non missilité au séisme.

Convoyeur des colis primaires

Après extraction des colis primaires de l'emballage, le pont de la cellule de déchargement les dépose unitairement sur un système de convoyage qui assure leur transfert au sol entre la cellule de déchargement des emballages, les deux cellules de contrôle C5 et la cellule de préparation des colis de stockage.

La hauteur des équipements de transfert est inférieure à 1,2 mètre et la chute d'un colis lors de son transfert sur ce système ne serait pas de nature à conduire à un risque de déconfinement du colis en cas de chute. Le dimensionnement au séisme n'est donc pas requis.

Compte tenu par ailleurs de la robustesse des colis primaires aux agressions mécaniques que pourraient engendrer la chute des équipements présents, l'exigence de non missilité sous séisme des équipements n'est pas requise. Néanmoins, les équipements dont la chute pourrait dégrader le confinement des colis font l'objet d'un dimensionnement au séisme permettant de justifier d'une absence de missilité.

Couloirs process et zones d'entreposage tampon des colis primaires et colis de stockage

Les transferts de colis de stockage dans l'ensemble de l'installation sont réalisées par un système de transfert au sol qui repose sur l'utilisation d'un ensemble de transbordeurs et de chariots lesquels assurent le déplacement des colis de stockage posés sur des palettes sur pieds entre les différentes cellules ou zone tampon.

La hauteur de pose des palettes excède la hauteur de qualification à la chute de certains colis (1,5 mètre). En outre, dans les zones de circulation des transbordeurs et chariots ainsi que dans les zones d'entreposage tampon, aucun système de levage n'est présent pour assurer une potentielle reprise de colis ayant pu se renverser sous séisme. Ainsi, durant la totalité de ces transferts, le risque de renversement des colis doit être exclu.

Transbordeurs et chariots de transfert des palettes

Le transbordeur, le chariot de transfert et la palette assurant le maintien des colis durant les déplacements sont dimensionnés au séisme. Les exigences permettant de justifier d'une absence de renversement du chariot de transfert des palettes sont le maintien de la stabilité de la palette constitué d'un doigt de recentrage et d'un axe anti-rotation qui sont dimensionnés au séisme. En outre, les moyens de transfert disposent de systèmes anti-envol dimensionnés au séisme. Ces dispositions permettent de rendre physiquement impossible le renversement d'un colis sous séisme.

Par ailleurs, la présence non systématique du transbordeur au droit de la zone de prise en charge du chariot de transfert au droit des zones d'entreposage tampon implique la mise en place d'un système de barrières coulissantes visant à prévenir le risque de glissement du chariot sur les rails durant le séisme et la chute de ce dernier dans la fosse des transbordeurs. Le système de barrières est dimensionné au séisme. Ces barrières sont commandées par les transbordeurs permettant d'exclure leur ouverture en son absence. En outre, des doigts d'indexage sont présents et dimensionnés au séisme pour assurer le bon positionnement du transbordeur.

Concernant les palettes, elles disposent de drageoirs assurant le maintien stable des colis qu'elle supporte. Le système de maintien de la palette sur le chariot de transfert est assuré par un doigt de recentrage et d'un axe anti-rotation dimensionnés au séisme.

Cellules de fermeture, de réouverture, de préparation aux contrôles hors flux et de contrôles hors flux des colis HA et MA-VL

Les cellules de fermeture des colis HA et MA VL permettent de réaliser les opérations de fixation des couvercles sur les colis de stockage (vissage et clavage éventuel des colis MA-VL et soudage, usinage, détensionnement des colis HA) avant leur transfert vers le stockage dans l'installation souterraine. Les cellules de réouverture HA et MA VL permettent la réouverture des conteneurs de stockage pour en extraire les colis primaires (dévissage et perçage puis sciage éventuel des colis MA-VL et tronçonnage des colis HA). Les éventuelles opérations de contrôle hors flux permettent d'effectuer des contrôles non destructifs sur les colis. La cellule de préparation aux contrôles hors flux permet d'extraire un colis primaire d'un colis de stockage non fermé afin de pouvoir effectuer les contrôles hors flux directement sur le colis primaire.

Ces opérations sont effectuées à l'aide de différents équipements et outillages généralement positionnés en hauteur, à l'aplomb des colis. Compte tenu de la résistance des colis primaires à la chute et de la protection complémentaire apportée par le conteneur de stockage, le risque de déconfinement des colis HA ou MA-VL durant ces opérations n'est pas considéré. Néanmoins, les équipements ou outillages dont la chute pourrait dégrader le confinement des colis font l'objet d'un dimensionnement au séisme permettant de justifier d'une absence de missilité.

Au même titre de préservation du confinement statique, les moyens de levage des différentes cellules sont dimensionnés pour assurer le maintien de leur stabilité en charge ou à vide, garantissant ainsi le maintien de leur charge sous séisme. En outre, la tenue (stabilité et non missilité) des ponts permet par ailleurs de justifier l'absence d'agression du confinement des cellules en cas de chute. Ils disposent notamment de systèmes anti-envol dimensionnés au séisme.

Concernant spécifiquement les cellules de réouverture MA VL et de préparation aux contrôles hors flux et de contrôle C5 hors flux, les opérations effectuées nécessitent d'extraire les colis primaires du conteneur et donc de les soulever au-delà de la hauteur de qualification à la chute de certains colis. Bien que la chute, au-delà de cette hauteur de qualification, constitue une situation plausible retenue pour le dimensionnement de ces cellules (famille de ventilation et classe de confinement IIIB-C4**), l'exigence de non-effondrement des structures de génie civil qui composent et abritent l'ensemble des cellules est complétée par une exigence renforcée de préservation de la fonction de confinement statique

(étanchéité) de ces cellules et de ses prolongements (tronçons de gaine et filtres THE) sous séisme. Ces dernières disposent par ailleurs d'une sur-cellule au niveau supérieur. Elles permettent d'effectuer des opérations de maintenance depuis la sur-cellule vers les cellules inférieures au travers d'ouvertures pratiquées dans le génie-civil. Des dalles béton ferment l'orifice en fonctionnement normal.

Ces sur-cellules disposent d'un pont standard dont l'usage est limité aux opérations de maintenance. Ces ponts ne doivent pas constituer un agresseur vis-à-vis du confinement statique de la cellule. À ce titre, il fait l'objet d'un dimensionnement au séisme pour assurer la non missilité. Ces exigences valent également pour les autres ponts de maintenance qui ne doivent pas constituer des agresseurs vis-à-vis du génie civil de l'installation EP1.

Cellules de mise en hottes HA et MA-VL

Les cellules de mise en hottes assurent la dépose des colis de stockage dans des hottes assurant leur transfert depuis le parc à hottes en surface jusqu'aux alvéoles des quartiers de stockage HA et MA-VL. Les cellules de mise en hotte MA-VL disposent d'un pont et d'un palonnier permettant la dépose du colis sur un élévateur, ainsi que d'une table de chargement assurant l'insertion du colis MA-VL dans la hotte. La cellule de mise en hotte HA dispose d'un pont et d'un palonnier permettant la dépose du colis sur un basculeur assurant l'insertion du colis HA dans la hotte.

La table de chargement, sur laquelle doit être positionné le colis MA-VL afin de permettre son insertion dans la hotte, est positionnée à plus de 2 mètres par rapport au sol de la cellule. Pour exclure le risque de renversement ou de chute latérale d'un colis lors son transfert en cellule, des guides antichute sont présents tout le long de son cheminement jusqu'à son insertion dans la hotte. Une table fixe permet également de combler l'espace résiduel entre son positionnement sur la palette et celle sur l'élévateur. Pour garantir la préservation de ces dispositions, les équipements précités font l'objet d'un dimensionnement au séisme assurant un maintien de la charge manutentionnée et garantissant la non-dégradation du colis. Ces dispositions permettent de rendre physiquement impossible la chute d'un colis MA-VL sous séisme.

L'insertion d'un colis de stockage HA dans le basculeur nécessite un levage du colis par le pont de la cellule à plus de 2 mètres du plancher. Compte tenu de la résistance des colis à la chute, le risque de déconfinement du colis HA en cas de chute n'est pas considéré. Néanmoins, une chute pourrait engendrer des difficultés de reprise du colis au sol. Ainsi, le pont et le basculeur font l'objet d'un dimensionnement permettant de justifier du maintien du colis HA sous séisme.

Au même titre de préservation du confinement statique des colis et de la cellule, les moyens de levage des différentes cellules sont dimensionnés pour assurer le maintien de leur stabilité en charge ou à vide, garantissant ainsi le maintien de leur charge sous séisme. En outre, la tenue (stabilité et non missilité) des ponts, des tables de chargement des colis MA-VL et du basculeur des colis HA permet de justifier l'absence d'agression du confinement des cellules en cas de chute. Ces équipements disposent notamment de systèmes anti-envol dimensionnés au séisme.

Réseaux de ventilation nucléaire de l'installation EP1

Comme évoqué en introduction, le maintien du confinement dynamique des cellules post-séisme n'est pas strictement requis vis-à-vis de la maîtrise du risque de dissémination de substances radioactives. Dans l'ensemble de l'installation nucléaire EP1, le dimensionnement en charge au séisme des moyens de levage et de transfert des colis garantit l'absence d'agression des colis et prévient ainsi tout risque de déconfinement de ces derniers. En tout état de cause, la préservation du confinement statique des cellules permettrait de contenir les activités mobilisées par les situations accidentelles et limiterait les rejets à l'environnement.

Pour les réseaux de ventilation nucléaire de l'installation nucléaire EP1 (familles C4** famille IIIB et C2 Famille IIA), cette exigence de maintien du confinement statique implique le dimensionnement au séisme des tronçons de gaine jusqu'aux caissons de filtre THE des PNF et DNF[55]. Les gaines d'extraction associées sont dimensionnées pour conserver leur étanchéité. Les caissons de filtre THE sont dimensionnés pour conserver leurs capacités fonctionnelles (filtration et étanchéité) pendant et après séisme.

Réseaux des effluents issus des zones à production possible de déchets nucléaires

Le système de confinement des substances radioactives liquides issues de l'exploitation est constitué de canalisations de collecte et de cuves de récupération des effluents potentiellement contaminés. Des puisards étanches et des cuves mobiles assurent quant à eux le confinement des effluents incendie potentiellement contaminés.

Afin d'assurer le maintien du confinement des effluents potentiellement radioactifs, les canalisations de collecte et les cuves sont dimensionnés au séisme pour conserver leur étanchéité. Par ailleurs, la présence de rétentions sous les cuves d'effluents potentiellement radioactifs permet de maîtriser la migration de fluide contaminé dans le local.

4.3.2.1.2 La maîtrise des risques d'exposition aux rayonnements ionisants

La maîtrise des risques d'exposition aux rayonnements ionisants repose sur :

- la mise en place de barrières de confinement autour des substances radioactives présentes dans les bâtiments nucléaires de surface EP1 afin de rendre négligeable le risque d'exposition interne des travailleurs. Les exigences portées par ces barrières sont traitées au titre de la maîtrise du confinement des substances radioactives ;
- la mise en place de protections radiologiques autour des sources de rayonnement ionisants présentes dans les bâtiments nucléaires de surface EP1 afin de limiter autant que possible l'exposition externe des travailleurs (mise en œuvre d'une démarche ALARA) ;
- une gestion sécurisée des accès aux cellules chaudes pour maintenance permettant d'interdire physiquement les accès, en zone rouge notamment, si une source d'exposition est présente.

La maîtrise des risques d'exposition aux rayonnements ionisants consiste à s'assurer que les protections mises en place pour prévenir l'exposition des travailleurs et du public restent opérationnelles post-séisme, ou le cas échéant, que leur perte n'est pas de nature à conduire à une exposition excessive pouvant conduire à un dépassement des objectifs de radioprotection fixés.

a) Les emballages de transport

Durant les opérations effectuées sur les emballages dans l'installation, les colis qu'ils contiennent sont préservés des agressions par la protection apportée par les emballages.

Deux modes d'agression peuvent affecter les emballages de transport en cas de séisme :

- l'agression directe pour laquelle le maintien de l'intégrité est assuré par la résistance intrinsèque de l'emballage aux conditions de transport normales et accidentelles ;
- l'agression indirecte par chute ou renversement de l'emballage ou par agression de ce dernier en cas d'effondrement du génie civil ou chute d'équipements lourds. Compte tenu de la résistance intrinsèque des emballages de transport, l'agression n'est considérée que vis-à-vis des ouvrages ou objets massifs. Pour prévenir ces agressions, les ouvrages abritant les emballages et les

[55] Les exigences sismiques sur les réseaux de ventilation vont plus loin que les dimensionnements précités, mais au titre de la maîtrise des risques liés à la dissémination, le dimensionnement pourrait se limiter à ces exigences. Des dispositions spécifiques sont retenues afin d'être capable de gérer une situation d'incendie en cellules post-séisme. La maîtrise du risque d'incendie implique ainsi un dimensionnement de la ventilation afin qu'elle soit opérationnelle post-séisme.

équipements lourds assurant leur manutention font l'objet d'une exigence de non-effondrement et/ou de non missilité.

Les dispositions retenues pour préserver la fonction de confinement des emballages sont communes avec celles retenues pour préserver la fonction de protection radiologique. Ainsi, l'ensemble des dispositions retenues au titre du chapitre 4.3.2.1.1 du présent volume sont applicables vis-à-vis du risque d'exposition externe.

b) Les cellules process assurant une fonction de protection radiologique

Hors exposition interne pour laquelle les exigences de dimensionnement au séisme des cellules process ou équipements qu'elles contiennent sont identiques à celles retenues vis-à-vis du confinement, les protections radiologiques sont apportées par le génie civil des cellules ainsi que les différentes traversées (portes process et trappes, traversées des utilités et de la ventilation (vis biologiques), hublots, bras télémanipulateurs, batardeaux). Deux modes d'agression peuvent les affecter en cas de séisme :

- l'agression par sollicitation directe de l'ouvrage ou de l'équipement constituant une protection radiologique, pour laquelle le maintien de l'intégrité est assuré par leur dimensionnement au séisme ;
- l'agression indirecte de ces protections radiologiques en cas d'effondrement du génie civil ou chute d'équipements lourds, notamment sur les dalles de plancher des cellules. L'agression indirecte passe aussi par la défaillance ou l'agression des équipements conditionnant l'accès du personnel aux cellules.

Pour prévenir l'endommagement du génie civil des cellules et de leurs traversées de toutes natures, les ouvrages et équipements sont dimensionnés afin de maintenir leur intégrité (stabilité et/ou non missilité) au séisme. Au-delà de l'agression directe de ces composants, les équipements lourds présents dans l'installation et dont la chute ou le renversement est susceptible de causer des désordres importants dans l'installation font aussi l'objet d'un dimensionnement garantissant un maintien de leur stabilité en charge ou à vide. Cela concerne essentiellement les ponts et les batardeaux.

Concernant les dispositifs d'accès du personnel aux cellules pour maintenance, les doigts de verrouillage des portes process sont dimensionnés au séisme garantissant ainsi l'absence de toute ouverture fortuite des cellules, et l'exposition externe du personnel qui en résulterait.

4.3.2.1.3 La maîtrise du risque de criticité

La maîtrise de la sous-criticité dans l'installation repose sur la limitation de la masse de matière fissile par colis primaire, la maîtrise de la géométrie des colis primaires et des colis de stockage, qui doit être préservée en cas de séisme et le respect des prescriptions pour les emballages de transport.

Seule la géométrie pourrait être remise en cause en cas de séisme. Au même titre que les autres risques, deux modes d'agression peuvent affecter la géométrie des colis :

- l'agression directe pour laquelle le maintien de l'intégrité des colis (ET, CP, CS) est assuré par leur résistance aux sollicitations mécaniques induites par les spectres sismiques ;
- l'agression indirecte de la géométrie des colis par chute ou renversement du colis ou par agression de ce dernier en cas d'effondrement du génie civil ou chute d'équipements lourds, étudiée ci-après.

a) Les emballages de transport

Compte tenu de la résistance intrinsèque des emballages, l'agression indirecte de ces derniers n'est considérée que vis-à-vis des ouvrages ou objets massifs. Pour prévenir ces agressions, les ouvrages abritant les emballages et les équipements lourds assurant leur manutention font l'objet d'une exigence de non-effondrement et/ou non missilité.

Concernant le transfert vertical de l'emballage, le transbordeur, le chariot et la rehausse assurent le maintien ferme de l'emballage durant ses déplacements et sont dimensionnés au séisme permettant de

justifier d'une absence de renversement. En outre, les moyens de transfert disposent de systèmes anti-envol dimensionnés au séisme. Ces dispositions permettent de rendre physiquement impossible le renversement d'un emballage sous séisme.

Enfin, une zone d'entreposage tampon est présente dans le hall de réception des emballages. Les emballages y sont entreposés verticalement dans des racks de stockage qui sont dimensionnés au séisme afin de garantir leur stabilité.

b) Les colis primaires et les colis de stockage

Au titre de la préservation de leur confinement, les opérations de levage et de transfert des colis dans les bâtiments nucléaires de surface EP1 font l'objet de dispositions particulières.

En zone d'entreposage tampon des colis primaires en cellule de déchargement, les racks de maintien des colis sont dimensionnés au séisme afin d'éviter le basculement des colis.

4.3.2.1.4 La maîtrise des risques liés à la puissance thermique des colis de déchets

Les puissances thermiques des colis de déchets au regard de l'inertie des ouvrages et des volumes disponibles ne nécessitent de valoriser ni la ventilation nucléaire des cellules ni les systèmes de refroidissement associés pour assurer la maîtrise des risques liés à la puissance thermique des colis de déchets. Aucune exigence de dimensionnement n'est requise pour cette fonction de sûreté vis-à-vis du séisme.

4.3.2.1.5 La maîtrise des risques liés aux gaz inflammables produits par radiolyse

Les faibles productions de gaz de radiolyse par les colis au regard des volumes de dilution disponibles dans les cellules du bâtiment nucléaire EP1 ne nécessitent pas de valoriser la ventilation nucléaire pour assurer la maîtrise des risques liés à la production de gaz de radiolyse[56], à savoir la formation d'une atmosphère explosive en cellule. Aucune exigence de dimensionnement n'est requise pour cette fonction de sûreté vis-à-vis du séisme.

4.3.2.2 Les ouvrages en lien avec le transfert des colis

Le transfert des colis HA et MA-VL des cellules de mise en hottes de l'installation EP1 aux alvéoles de stockage des quartiers de stockage HA et MA-VL s'effectue dans des hottes de transfert. Ces hottes, dont la zone de garage se situe dans le parc à hottes de l'installation EP1, sont transférées dans l'installation souterraine *via* une navette de surface jusqu'à la tête de descenderie colis, *via* le funiculaire dans la descenderie colis et *via* un ensemble de chariots et de navettes jusqu'aux alvéoles de stockage HA et MA-VL en passant par la zone de soutien logistique exploitation.

4.3.2.2.1 La maîtrise du confinement des substances radiologiques

Le maintien du confinement des substances radioactives se caractérise par :

- la non-dégradation du premier système de confinement (colis de stockage) ;
- la non-dégradation du deuxième système de confinement : seules les hottes de transfert MA-VL portent une exigence de confinement ; pour les hottes de transfert HA, le colis HA est estimé suffisamment robuste vis-à-vis des sollicitations que pourrait induire le process, pour exclure tout risque de déconfinement, la hotte HA ne porte ainsi que la fonction de protection radiologique.

La maîtrise du confinement des substances radioactives repose sur le respect des principes de maintien de deux barrières de confinement indépendantes pour les situations normales de fonctionnement et le maintien d'au moins une barrière de confinement pour les situations incidentelles et accidentelles de fonctionnement.

[56] Les risques liés aux gaz de corrosion ne concernent pas l'installation nucléaire de surface EP1.

a) Les colis primaires et les colis de stockage

Les colis sont placés en permanence dans la hotte au cours de leur transfert, ce qui préserve leur confinement de toutes les agressions extérieures. Les exigences au séisme requises portent donc sur la hotte qui doit protéger le confinement porté par les colis.

b) Les hottes de transfert

Deux modes d'agression peuvent affecter les hottes de transfert en cas de séisme :

- l'agression directe pour laquelle le maintien de l'intégrité (stabilité) de la hotte est assuré par sa résistance aux sollicitations mécaniques induites par le séisme ;
- l'agression indirecte par chute ou renversement de la hotte ou par agression de cette dernière en cas d'effondrement du génie civil ou chute d'équipements lourds. Pour prévenir ces agressions, les ouvrages traversés par les hottes et les équipements lourds assurant leur manutention font l'objet d'une exigence de dimensionnement de non-effondrement, de stabilité et de non missilité en cas de séisme. La hotte est dimensionnée pour être stable au séisme dans toutes les configurations rencontrées lors de son transfert.

Parc à hottes et tête de descenderie colis

Les opérations de transfert effectuées dans l'installation de surface (parc à hottes, tête de descenderie colis) présentent des contraintes particulières vis-à-vis du risque sismique car le séisme induit un spectre de plancher dont la composante verticale excède la gravité. Cette situation induit un risque prononcé de renversement de la hotte. Compte tenu de la hauteur de cette dernière et du risque d'ouverture de sa porte mobile en cas de renversement, il est nécessaire d'assurer son maintien ferme durant l'ensemble des opérations de surface.

À ce titre, les hottes de transfert sont systématiquement verrouillées sur les différents moyens de transfert y compris durant les phases transitoires pour lesquelles un double verrouillage est nécessaire pour s'assurer de la bonne préhension par l'équipement suivant avant de libérer la hotte. Les systèmes de verrouillage font ainsi l'objet d'une exigence de dimensionnement au séisme afin qu'ils conservent leur fonctionnalité pendant et post-séisme.

Tables d'accostage en surface

Les tables d'accostage permettent de garantir un accouplement précis des hottes de transfert aux façades d'accostage des cellules de mise en hotte. Les tables d'accostage en surface et leurs systèmes de verrouillage des plots de la hotte, sont dimensionnés au séisme afin qu'ils restent stables, conservent leur localisation et maintiennent la charge manutentionnée. En outre, les tables disposent de patins dimensionnés au séisme et servant de systèmes anti-envol. Ces dispositions permettent de rendre physiquement impossible la chute d'une hotte sous séisme lorsque celle-ci est verrouillée sur une table.

Façade d'accostage en surface

Les façades d'accostage MA-VL, en position hotte accostée ou hotte non-accostée, portent une exigence d'étanchéité alors que la façade d'accostage HA en est dépourvue. Les façades d'accostage, assurant l'ouverture et la fermeture des portes de la hotte et de la cellule, sont ainsi dimensionnées au séisme afin qu'elles restent stables et conservent leur étanchéité. Pour prévenir tout risque de renversement ou de perte d'étanchéité des hottes, elles sont verrouillées et maintenues fermement sur les tables par un système de plots situés sous leur enceinte blindée.

Machine à Levage Limitée (MLL)

Les opérations de manutention des hottes sont réalisées à l'aide d'une machine à levage limitée (MLL). Ce pont roulant, positionné dans le parc à hottes, assure la récupération des hottes des tables d'accostage et leur dépose sur la table tournante de hotte. Le levage et le transfert de la hotte s'effectuent au ras du sol à une hauteur d'une dizaine de centimètres. Bien que des dispositions soient prises pour éviter la chute de la hotte, cette dernière est dimensionnée pour maintenir son confinement en cas de chute de sa hauteur maximale de levage qui est limitée mécaniquement par conception à une dizaine de

centimètres. La MLL est dimensionnée au séisme, afin qu'elle reste stable, ne devienne pas projectile en charge ou à vide et maintienne la charge manutentionnée. Elle dispose également de systèmes anti-envol.

Le double verrouillage de la hotte par ses plots sous l'enceinte blindée pour la table d'accostage et par ses plots latéraux pour la MLL permet de s'assurer que cette dernière est maintenue en permanence. Le système de verrouillage est dimensionné pour rester stable et intègre post séisme.

Table tournante de la hotte

Lors de la dépose de la hotte sur la table tournante de hotte, le verrouillage s'effectue sur les pieds de la hotte dans les mêmes conditions (double verrouillage). La table tournante et la hotte verrouillée sont dimensionnées au séisme afin de rester stable, conserver leur localisation et maintenir la charge. Le système de verrouillage est dimensionné pour rester stable et intègre post séisme.

Navettes de surface

Les navettes de surface sont les équipements qui permettent le transfert des hottes du parc à hottes jusqu'à leur dépose sur le véhicule funiculaire. Après orientation adéquate de la hotte sur la table tournante de hotte, la navette vient se positionner sous la hotte pour assurer sa reprise. Le double verrouillage des pieds de la hotte sur la table tournante et des plots sous l'enceinte de la hotte permet d'assurer son maintien permanent lors de cette opération. La hotte verrouillée sur la navette est ensuite déposée sur la plateforme d'accueil du véhicule funiculaire où le système de verrouillage des pieds assurera son maintien au sein de la gare haute et lors de son transfert vers l'installation souterraine.

Le dimensionnement des navettes de surface au séisme permet le maintien de la charge par le système de verrouillage, leur stabilité et non missilité ainsi que la conservation de leur localisation. Elles disposent de systèmes anti-envol.

Descenderie de colis

Véhicule funiculaire

Le véhicule funiculaire permet la descente de la hotte de la gare haute implantée dans la tête de descenderie colis en surface vers la gare basse implantée dans la zone de soutien logistique exploitation dans l'installation souterraine. Le système de verrouillage de la hotte par ses pieds assure son maintien en cas de séisme dans la gare haute. Au-delà de cette zone, le spectre de plancher est moins important et le risque de décollement disparaît progressivement au fur et à mesure de la progression du véhicule funiculaire vers la gare basse. Néanmoins, ce principe de verrouillage est maintenu jusqu'à ce que la hotte soit reprise en gare basse par un chariot de fond.

Le dimensionnement du véhicule funiculaire au séisme permet le maintien ferme de la hotte par le système de verrouillage et le maintien du véhicule funiculaire sur les rails grâce à un système anti-envol. Afin d'assurer la fonctionnalité des freins embarqués du véhicule funiculaire, ceux-ci sont dimensionnés au séisme. En effet, pour prévenir toute dérive, le système de transfert incliné dispose de plusieurs systèmes de freinage dont un freinage ultime consistant en un affaissement du véhicule sur les rails.

Zone de soutien logistique exploitation, galeries de liaison et d'accès

Dans le quartier de stockage MA-VL, les galeries de liaison permettent l'accès aux galeries d'accès de chaque alvéole à partir des pieds de descenderies, *via* la zone de soutien logistique exploitation. La manutention de la hotte depuis le véhicule funiculaire jusqu'à l'entrée de la galerie d'accès est assurée par un chariot de fond. Ce dernier assure la reprise de la hotte sur le véhicule funiculaire, son transfert autour du carrousel puis dans la galerie de liaison et enfin son dépôt à l'intersection avec la galerie d'accès.

À cette intersection, une table tournante de voie (rotation à vide uniquement) permet à la navette circulant dans la galerie d'accès de se positionner sous la hotte. Les galeries d'accès sont directement connectées aux galeries de liaison et permettent ainsi le transfert de la hotte depuis la galerie de liaison jusqu'à la cellule de manutention sans rotation de la hotte.

Dans la zone de stockage HA, les galeries de liaison permettent l'accès aux galeries d'accès du quartier pilote HA et du quartier de stockage HA à partir des pieds de descenderies, *via* la zone de soutien logistique exploitation. Comme pour le quartier de stockage MA-VL, le chariot de fond permet la manutention de la hotte depuis le véhicule funiculaire jusqu'à l'intersection entre la galerie de liaison et la galerie d'accès. La navette circulant dans la galerie d'accès permet la reprise de la hotte et son transfert au droit de l'alvéole de stockage HA. La navette assure l'alimentation électrique de la hotte qui s'accoste à la façade d'accostage et assure la dépose des colis dans la tête d'alvéole.

Chariots et navettes de fond

Les hottes MA-VL sont dimensionnées pour conserver leur fonction de confinement en cas de séisme. Les équipements de transfert des hottes (chariot de fond, navette HA et navette MA-VL) sont très similaires à ceux en surface et la hotte reste verrouillée sur ces moyens de transfert en fond.

Le dimensionnement au séisme des chariots et des navettes de fond permet le maintien de leur charge par le système de verrouillage, leur stabilité et la conservation de la localisation. Ils disposent de systèmes anti-envol.

4.3.2.2.2 La maîtrise de l'exposition interne et externe aux rayonnements ionisants

La maîtrise du risque d'exposition interne et externe aux rayonnements ionisants repose sur :

- la mise en place de barrières de confinement autour des substances radioactives présentes dans les ouvrages de liaison afin de rendre négligeable le risque d'exposition interne des travailleurs et du public. Les exigences portées par ces barrières sont traitées au titre de la maîtrise du confinement des substances radioactives (cf. Chapitre 4.3.2.2.1 du présent volume) ;
- la mise en place de protections radiologiques autour des substances irradiantes présentes dans les ouvrages de liaison (blindage des hottes de transfert et des façades d'accostage[57]) afin de limiter autant que possible l'exposition externe des travailleurs (mise en œuvre d'une démarche ALARA).

La maîtrise du risque d'exposition interne et externe consiste à s'assurer que les protections mises en place pour prévenir l'exposition des travailleurs restent opérationnelles post-séisme, ou le cas échéant, que leur dégradation n'est pas de nature à conduire à une exposition excessive pouvant conduire à un dépassement des objectifs de radioprotection fixés.

Durant la totalité des opérations effectuées sur les hottes de transfert dans l'installation, les colis de stockage qu'elles contiennent sont préservés des agressions par la protection qu'elles apportent.

Deux modes d'agression peuvent affecter les hottes de transfert en cas de séisme :

- l'agression directe pour laquelle le maintien de l'intégrité est assuré par la résistance intrinsèque des hottes aux sollicitations mécaniques induites par les spectres sismiques ;
- l'agression indirecte par chute ou renversement des hottes ou par agression de ces dernières en cas d'effondrement du génie civil ou chute d'équipements lourds. Compte tenu de la résistance intrinsèque des hottes, l'agression n'est considérée que vis-à-vis des ouvrages ou objets massifs. Pour prévenir ces agressions, les ouvrages dans lesquels transitent les hottes ainsi que les équipements lourds assurant leur manutention (MLL) font l'objet d'une exigence de dimensionnement de non-effondrement ou de non missilité.

Les dispositions retenues pour préserver la fonction de confinement des hottes sont communes avec celles retenues pour préserver la fonction de protection radiologique. Ainsi, l'ensemble des dispositions retenues au titre du chapitre 4.3.2.2.1 du présent volume précédent sont applicables vis-à-vis du risque d'exposition externe.

[57] Les exigences sur les façades d'accostage sont traitées dans le chapitre 4.3.2.3 du présent volume relatif aux alvéoles de stockage.

4.3.2.2.3 La maîtrise du risque de criticité

La maîtrise de la sous-criticité dans les ouvrages de liaison repose sur la limitation de la masse de matière fissile par colis primaire et la maîtrise de la géométrie des hottes et des colis de stockage qui doit être préservée en cas de séisme.

Au même titre que les autres risques, deux modes d'agression peuvent affecter la géométrie des hottes et colis en cas de séisme :

- l'agression directe pour laquelle le maintien de l'intégrité des colis et des hottes est assuré par leur résistance aux sollicitations mécaniques induites par les spectres sismiques ;
- l'agression indirecte de la géométrie des colis et hottes par chute ou renversement des hottes ou par agression de ces dernières en cas d'effondrement du génie civil ou chute d'équipements lourds.

Compte tenu de la résistance intrinsèque des hottes, l'agression indirecte de ces dernières n'est considérée que vis-à-vis des ouvrages ou objets massifs. Pour prévenir ces agressions, les ouvrages dans lesquels transitent les hottes ainsi que les équipements lourds assurant leur manutention font l'objet d'une exigence de dimensionnement de non-effondrement ou de non missilité.

4.3.2.2.4 La maîtrise des risques liés à la puissance thermique des colis de déchets

Une immobilisation prolongée des hottes de transfert HA ou MA-VL n'a de conséquence ni pour les colis qu'elle contient, ni pour elle-même et les propriétés qu'elle porte. Ainsi, aucune exigence de dimensionnement vis-à-vis des risques liés au dégagement thermique des colis en cas de séisme n'est requise.

4.3.2.2.5 La maîtrise des risques liés à la production de gaz de radiolyse

Pour les opérations de transfert des hottes MA-VL dans les liaisons surface-fond et les galeries souterraines, l'atteinte de la LIE (4 % d'hydrogène) intervient au moins au bout de 250 jours pour le colis de référence et au bout de 50 jours pour le colis particulier le plus pénalisant pouvant induire des conditions d'exploitation spécifiques.

En cas d'aléa sismique impactant le système de transfert incliné, la stratégie de remise en état envisagée permet la remise en fonction des éléments nécessaires au rapatriement du véhicule et de la hotte. Elle est dissociée en deux, la partie liée au véhicule et la partie liée au sol. Pour la remise en état du véhicule, il est potentiellement nécessaire de remplacer certains équipements. La durée enveloppe correspondante est de deux à trois mois. Pour la remise en état des équipements au sol, il serait nécessaire de remplacer un grand nombre d'armoires électriques et d'effectuer les tests de fonctionnement correspondants, notamment de requalifier les automatismes liés aux freins machinerie. La mise en place d'une nouvelle motorisation serait aussi nécessaire, ce qui implique un délai de 10 mois, comprenant l'approvisionnement et les tests correspondants.

Par conséquent, la hotte MA-VL est équipée d'un dispositif permettant le balayage de la cavité interne de la hotte durant la remise en fonctionnement du transfert incliné. Le dégazage de la hotte permet de maitriser les risques liés à l'émission et l'accumulation de gaz de radiolyse dans la cavité de la hotte.

Les orifices de la hotte sur lesquels est connecté le système de dégazage sont dimensionnés au séisme afin de garantir la protection de la hotte MA-VL vis-à-vis des risques liés à la production de gaz de radiolyse par les colis MA-VL. Le génie civil des descenderies et des recoupes est dimensionné au séisme pour garantir leur non-effondrement et ainsi permettre l'accessibilité de la hotte pour l'intervention du personnel et la mise en œuvre du système de dégazage mobile d'ultime secours.

4.3.2.3 Les ouvrages en lien avec le stockage des colis

Les zones de stockage des colis HA et MA-VL constituent la destination finale des colis de stockage HA et MA-VL. Les exigences de dimensionnement concernent ainsi :

- la zone de stockage MA-VL constituée de galeries d'accès dans lesquelles circule les navettes et au bout desquelles la hotte vient s'accoster à la façade de la cellule de manutention permettant la prise en charge des colis par la table de réception qui transfert ensuite le colis vers un élévateur assurant la mise à niveau du colis et sa récupération par le pont ou le chariot stockeur en vue de son transfert dans la partie utile de l'alvéole MA-VL ;
- la zone de stockage HA constituée de galeries d'accès dans lesquelles circulent les navettes assurant la dépose de la hotte sur des platines scellées dans le sol et situées en face de l'alvéole. La navette assure l'alimentation électrique de la hotte qui s'accoste à la façade d'accostage et assure la dépose des colis dans la tête d'alvéole. Leur mise en position définitive en alvéole de stockage s'effectue à l'aide du robot pousseur ;
- la ventilation des alvéoles MA-VL assurée *via* l'apport d'air depuis le puits de ventilation d'air frais et son usine de soufflage en surface, la circulation de l'air dans les galeries de l'installation souterraine et son extraction *via* le puits de ventilation d'air vicié raccordé à l'usine d'extraction également en surface.

4.3.2.3.1 La maîtrise du confinement des substances radiologiques

Le maintien du confinement des substances radioactives se caractérise par :

- la non-dégradation du premier système de confinement (colis de stockage HA et MA-VL) ;
- la non-dégradation du deuxième système de confinement (cellule de manutention et partie utile des alvéoles de stockage MA-VL).

La maîtrise du confinement des substances radioactives repose sur le maintien de deux barrières de confinement indépendantes pour les situations normales de fonctionnement et le maintien d'au moins une barrière de confinement pour les situations incidentelles et accidentelles de fonctionnement. Il est ainsi considéré que la perte du confinement dynamique de l'installation souterraine n'est pas de nature à conduire à des rejets de substances radioactives dans l'environnement dès lors que le confinement statique des substances radiologiques reste maintenu. À ce titre, la maîtrise du confinement repose essentiellement sur la préservation d'éléments requis pour assurer le maintien du confinement statique des substances radioactives.

a) Les colis de stockage

Deux modes d'agression peuvent affecter les colis de stockage en cas de séisme :

- l'agression par sollicitation directe du colis proprement dit et pour laquelle le maintien de l'intégrité de ce dernier est assuré par sa résistance intrinsèque aux spectres sismiques ;
- l'agression indirecte par chute ou renversement du (des) colis ou de la pile de colis ou par agression de ce(s) dernier(s) en cas d'effondrement du génie civil ou chute d'équipements lourds.

La prévention des agressions indirectes aux colis repose notamment sur une exigence de non effondrement de la cellule de manutention MA-VL, de la partie utile des alvéoles de stockage et de leur prolongement (galerie d'accès et jonction de retour d'air), ainsi que sur des exigences de stabilité et de non missilité pour les équipements susceptibles d'agresser les colis en cas de décrochement et de chute sur ces derniers (pont, chariot stockeur, blocs de radioprotection et écran de radioprotection notamment).

Au sein de l'alvéole, en position de stockage, la résistance intrinsèque des colis les préserve d'un risque de déconfinement. La vérification de la stabilité et de la non missilité des colis stockés en alvéole est vérifiée dans la mesure où les déplacements relatifs sont inférieurs au millimètre.

b) La cellule de manutention de l'alvéole de stockage MA-VL

La cellule de manutention, positionnée entre la galerie d'accès et la partie utile de l'alvéole, permet de décharger la hotte de transfert et de mettre le colis à disposition du pont ou du chariot stockeur. La cellule de manutention MA-VL constitue le deuxième système de confinement des colis, la fonction de confinement statique que porte cette dernière doit donc être assurée, notamment sous séisme SDD.

L'interface entre la galerie d'accès et la cellule de manutention est constituée par la paroi d'accostage qui est composée de la façade d'accostage, du voile béton et des traversées. La façade d'accostage permet l'ouverture de la hotte et la récupération du colis de stockage. La paroi d'accostage fait partie intégrante du deuxième système de confinement (statique). Elle est dimensionnée au séisme afin de conserver son étanchéité pendant et après séisme et ne pas agresser la hotte et/ou le colis.

La table de réception, sur laquelle doit être positionné le colis MA-VL afin de permettre son insertion dans l'alvéole MA-VL, est positionnée en hauteur par rapport au sol de la cellule. Pour exclure le risque de renversement ou de chute latérale d'un colis lors de son transfert en cellule, des guides antichute sont présents tout le long de son cheminement jusqu'à son insertion dans l'alvéole. Les colis sont ensuite amenés sur une table élévatrice. Ils sont alors repris par le pont ou le chariot stockeur pour être transférés à leur position de stockage dans l'alvéole.

Après remplissage de la première nappe de colis en partie utile de l'alvéole de stockage, un platelage est disposé entre la table élévatrice et la porte de radioprotection de manière à limiter la hauteur de chute potentielle du colis de stockage. Le pont stockeur lève les colis de stockage pour les manutentionner au ras du plancher ou des colis déjà stockés (ou du platelage). Le chariot stockeur permet uniquement le rangement des colis de stockage sur un niveau et une rangée. Les hauteurs de levage sont limitées à quelques dizaines de centimètres, ainsi la hauteur de qualification n'est jamais dépassée. Le risque de déconfinement, même en cas de chute ou de renversement d'un colis, est exclu dès lors que les structures encadrant le colis restent intègres sous séisme : table de réception, élévateur, guides antichute, platelage.

c) Les alvéoles de stockage HA et MA-VL

Les alvéoles de stockage MA-VL, de même que les cellules de manutention précédemment citées, constituent le deuxième système de confinement, à savoir qu'en situations accidentelles pouvant conduire à un risque de déconfinement des substances radioactives contenues dans les colis, elles confinent autant que possible ces substances et préviennent le rejet de tout ou partie d'entre elles dans l'environnement. La fonction de confinement statique qu'elles portent doit donc être assurée, notamment sous séisme SDD.

Seules les alvéoles de stockage MA-VL portent une exigence de confinement. Pour les alvéoles de stockage HA, le colis HA est suffisamment robuste, vis-à-vis des sollicitations que pourraient induire les opérations de stockage, pour exclure tout risque de déconfinement.

Les moyens de manutention font l'objet d'un dimensionnement au séisme assurant un maintien de la charge manutentionnée et garantissant la non-dégradation du colis (stabilité).

d) Les réseaux de ventilation nucléaire des alvéoles MA-VL

Comme évoqué en introduction, le maintien du confinement dynamique des alvéoles MA-VL post-séisme n'est pas strictement requis vis-à-vis de la maîtrise du risque de dispersion de substances radioactives. Dans l'installation souterraine, le dimensionnement en charge au séisme des moyens de levage et de transfert des colis garantit l'absence d'agression aux colis et prévient ainsi tout risque de déconfinement de ces derniers. En tout état de cause, la préservation du confinement statique des alvéoles permettrait de contenir les activités mobilisées par les situations accidentelles et limiterait les rejets à l'environnement.

Pour les réseaux de ventilation nucléaire des alvéoles (IIA-C2), cette exigence de maintien du confinement statique implique le dimensionnement au séisme des tronçons de gaine de ventilation (JRA et GRA) jusqu'aux caissons de filtres de très haute efficacité (THE) du niveau de filtration disposé en aval de l'alvéole. Les caissons de filtres THE conservent leur capacité de filtration et leur étanchéité pendant et après un séisme. Les équipements concernés par la ligne d'extraction et la ligne de soufflage dans l'installation souterraine, sont dimensionnés au séisme de même que le génie civil correspondant qui est dimensionné au séisme et n'est pas agresseur.

De plus, des dispositions spécifiques liées à la ventilation nucléaire sont requises au titre de la maîtrise des risques liés à l'accumulation de gaz de radiolyse (cf. Chapitre 4.3.2.3.5 du présent volume).

4.3.2.3.2 La maîtrise de l'exposition aux rayonnements ionisants

La maîtrise du risque d'exposition aux rayonnements ionisants repose sur :

- la mise en place de barrières de confinement autour des colis de stockage en partie utile des alvéoles et en cellules de manutention MA-VL afin de rendre négligeable le risque d'exposition interne des travailleurs. Les exigences portées par ces barrières sont traitées au titre de la maîtrise du confinement (cf. Chapitre 4.3.2.3.1 du présent volume) ;
- la mise en place de protections radiologiques autour des colis de stockage présents dans la partie utile des alvéoles MA-VL, en cellules de manutention MA-VL et dans les alvéoles HA afin de limiter autant que possible l'exposition externe des travailleurs (mise en œuvre d'une démarche ALARA) ;
- une gestion sécurisée des accès aux cellules de manutention permettant d'interdire physiquement les accès si une source d'exposition est présente ou que l'écran de radioprotection est ouvert.

La maîtrise de l'exposition aux rayonnement ionisants consiste à s'assurer que les protections mises en place pour prévenir l'exposition des travailleurs restent opérationnelles post-séisme, ou le cas échéant, que leur dégradation n'est pas de nature à conduire à une exposition excessive pouvant conduire à un dépassement des objectifs de radioprotection fixés.

Deux modes d'agression peuvent affecter les protections radiologiques en cas de séisme :

- l'agression par sollicitation directe des ouvrages et équipements pour lesquels le maintien de l'intégrité est assuré par leur dimensionnement aux spectres sismiques ;
- l'agression indirecte de ces protections radiologiques en cas d'effondrement du génie civil ou chute d'équipements lourds. L'agression indirecte passe également par la défaillance ou l'agression des équipements conditionnant l'accès du personnel aux cellules (sas d'accès) MA-VL.

a) La cellule de manutention de l'alvéole de stockage MA-VL

Hors exposition interne pour laquelle les exigences de dimensionnement au séisme sont identiques à celles retenues vis-à-vis du confinement, les protections radiologiques sont assurées essentiellement par la hotte MA-VL et le dispositif d'accostage (paroi et façade d'accostage y compris les différentes traversées et verrouillages) lors de l'accostage de la hotte à la cellule de manutention. Lors de l'intervention du personnel en cellule de manutention, pour permettre les opérations de maintenance ou de reconfiguration des équipements, la protection radiologique est portée par la paroi de radioprotection (séparation physique entre la cellule de manutention et l'alvéole de stockage MA-VL) ainsi que par la procédure permettant le déclassement et l'accès à la zone concernée.

La paroi d'accostage (y compris la façade d'accostage et les différentes traversées) et la paroi de radioprotection sont dimensionnés au séisme afin de conserver leur localisation et ainsi limiter les lignes de fuite radiologiques. En présence de colis, la cellule de manutention est classée zone rouge, interdisant l'accès au personnel. Les accès sont munis d'un dispositif de verrouillage dimensionné afin de rester fermé sous séisme garantissant ainsi l'absence de toute exposition externe du personnel.

Pour prévenir l'endommagement du génie civil en cellule de manutention, les ouvrages et équipements sont dimensionnés afin d'être stable au séisme. Au-delà de l'agression directe de ces composants, les équipements lourds présents en cellule (pont stockeur et écran de radioprotection) dont la chute ou le renversement est susceptible de causer des désordres importants font aussi l'objet d'un dimensionnement garantissant un maintien de leur stabilité en charge ou à vide.

b) La partie utile des alvéoles de stockage MA-VL

La partie utile des alvéoles de stockage MA-VL est une zone classée radiologiquement rouge, à savoir que leur accès est strictement interdit au personnel. La partie utile de l'alvéole MA-VL comporte une protection radiologique constituée d'un mur de blocs de béton placé en tête de la partie utile de l'alvéole entre la dernière rangée de colis et la paroi de radioprotection de la cellule de manutention et une protection radiologique (paroi de radioprotection de fond d'alvéole et ses traversées) en fond d'alvéole.

Lors de la fermeture des alvéoles MA-VL, la protection radiologique est portée uniquement par les blocs de comblement. Ces derniers restent stables et ne se renversent pas sous séisme, leur permettant de conserver leur fonction de protection contre les rayonnements ionisants. En fond d'alvéole, la paroi et ses traversées (vis biologiques) sont dimensionnées pour conserver leur intégrité sous séisme.

c) Les alvéoles de stockage HA

Les alvéoles de stockage HA sont des zones classées radiologiquement rouges, leur accès est également strictement interdit au personnel. Les protections mises en place pour prévenir et limiter l'exposition du personnel présent en galerie sont constituées par la façade d'accostage, les bouchons provisoires de radioprotection (pendant le remplissage de l'alvéole), les bouchons de fermeture, la bride (pour le quartier de stockage HA), la hotte HA et la hotte robot-pousseur (plastron) permettant la mise en place du colis en fond d'alvéole. La hotte robot pousseur/de retrait, la façade d'accostage et les bouchons de radioprotection (provisoire et de fermeture) et la bride sont dimensionnés au séisme afin qu'ils conservent leur fonction de protection radiologique (stabilité et conservation de la localisation).

4.3.2.3.3 La maîtrise du risque de criticité

La maîtrise de la sous-criticité dans les ouvrages de stockage repose sur la limitation de la masse de matière fissile par colis primaire et la maîtrise de la géométrie des colis de stockage qui doit être préservée en cas de séisme.

Au même titre que les autres risques, deux modes d'agression peuvent affecter la géométrie des colis :

- l'agression directe pour laquelle le maintien de l'intégrité des colis est assuré par leur résistance aux sollicitations mécaniques induites par les spectres sismiques ;
- l'agression indirecte de la géométrie des colis par agression de ces derniers en cas d'effondrement du génie civil ou chute d'équipements lourds.

Pour prévenir ces agressions, les ouvrages de stockage ainsi que les équipements lourds font l'objet d'une exigence de dimensionnement de non-effondrement ou de non missilité.

4.3.2.3.4 La maîtrise des risques liés à la puissance thermique des colis de déchets

En cas de perte de la ventilation nucléaire des alvéoles de stockage MA-VL stockant les familles de colis C1PG^{SP} et CSD-C, les délais de remise en service de la ventilation nucléaire sont compatibles avec les délais d'atteinte des critères de températures[58]. Pour les autres alvéoles de stockage MA-VL et les alvéoles de stockage HA, la dissipation thermique s'effectue de manière passive.

À leur arrivée sur l'INB, la puissance thermique de ces colis primaires de déchets est conforme à la spécification de puissance thermique maximale qui leur est assignée (cf. Volume 3 du présent rapport). Aucune exigence de dimensionnement vis-à-vis du risque de dégagement thermique en cas de séisme n'est requise.

4.3.2.3.5 La maîtrise des risques liés à la production de gaz de radiolyse et de corrosion

a) Les alvéoles de stockage MA-VL

La ventilation des alvéoles MA-VL est réalisée par transfert d'air depuis les galeries adjacentes *via* la cellule de manutention. L'air vicié est extrait en fond d'alvéole, véhiculé dans des gaines dans les galeries souterraines et le puits VVE, avant d'être rejeté par la cheminée de l'usine de ventilation d'extraction en surface.

[58] Le délai d'atteinte des critères est de l'ordre d'une année en cas d'absence de ventilation.

Au regard du risque de formation d'une atmosphère explosive dans les alvéoles MA-VL, compte tenu de la production de gaz inflammable, notamment de l'hydrogène, par les colis de déchets, le maintien fonctionnel ou le rétablissement de la ventilation post-séisme est un impératif. Dans la situation la plus critique, il est estimé qu'un risque pourrait se présenter au-delà d'une durée de 150 jours d'interruption.

Cette durée importante est néanmoins à mettre en regard de l'ensemble des actions qu'il serait nécessaire de mettre en œuvre pour remettre en fonctionnement l'ensemble des équipements ; le délai maximal de remise en service de la ventilation dans les alvéoles MA-VL étant estimé de l'ordre de 90 jours. À ce titre, les mesures conservatives suivantes sont prises en compte :

- le génie civil et les équipements concourant à permettre la circulation de l'air depuis l'admission d'air en surface jusqu'à son rejet par la cheminée sont dimensionnés pour conserver leur intégrité post-séisme et ne pas conduire à une obstruction des flux d'air pour les alvéoles de stockage ;
- les équipements de ventilation permettant d'extraire l'air des alvéoles de stockage MA-VL sont également dimensionnés pour être fonctionnels post séisme. En effet, les ventilateurs d'extraction disposent d'une puissance suffisante pour maintenir un flux d'air dans les alvéoles permettant leur épuration sans soufflage d'air dans les installations.

b) Les alvéoles de stockage HA

Pour mettre en œuvre les dispositifs de surveillance et d'inertage à l'azote de l'atmosphère interne de l'alvéole, la façade d'accostage et la bride métallique doivent rester stables et intègres post séisme (cf. Chapitre 4.3.2.3.2 du présent volume).

4.3.3 Les exigences de dimensionnement vis-à-vis des ouvrages et équipements portant une fonction support

Au-delà des ouvrages ou équipements portant directement une fonction de sûreté, et pour lesquels des exigences de dimensionnement spécifiques au séisme sont retenues, des ouvrages ou équipements complémentaires sont nécessaires pour préserver leur fonctionnement. Cela concerne en particulier les ouvrages en lien avec les utilités, fluides et énergies.

4.3.3.1 Les centrales de secours et les postes de distribution de secours

Les équipements actifs maintenues pendant ou après séisme doivent pouvoir continuer d'être alimentés électriquement. Les installations doivent donc disposer d'une alimentation électrique de secours apte à maintenir la distribution de courant aux équipements importants.

À noter que le basculement sur le réseau électrique secouru s'effectue grâce au réseau de courants faibles associé à la gestion technique électrique (CFI-GTE). Ainsi, l'effectivité du basculement nécessite un dimensionnement au séisme des composants associés à ce réseau (cf. Chapitre 3 du présent volume).

Le maintien de l'alimentation électrique à ces équipements repose sur le maintien fonctionnel de la centrale de secours, du poste de distribution, du stockage de fioul ainsi que de l'ensemble des lignes d'alimentation jusqu'aux équipements concernés. La centrale de secours, le poste de distribution et les cuves de fioul associées permettent, en cas de défaillance de l'alimentation électrique (défaillance totale du poste de transformation et de distribution 90/20 kV ou coupure longue du fournisseur d'énergie Rte), de fournir l'énergie permettant le passage à l'état sûr des installations puis le maintien de cet état sûr.

À ce titre, le génie civil des ouvrages et locaux de la centrale de secours, du poste de distribution et des cuves de fioul est stable en cas de séisme. Par ailleurs, les équipements assurant la fourniture d'énergie de secours sont dimensionnés au séisme. De même, les lignes d'alimentation électrique jusqu'aux équipements nécessaires à la démonstration de sûreté sont dimensionnées au séisme pour garantir leur fonctionnalité.

Hors maintien impératif d'une surveillance permanente des installations permettant de justifier à tout moment leur état sûr, le retour d'une alimentation secourue est essentiel pour les équipements nécessitant un rétablissement post-séisme. Pour d'autres équipements, tels que les équipements du véhicule funiculaire, leur redémarrage nécessite une remise en fonction post séisme impliquant une remise en état de l'alimentation électrique et du contrôle-commande (armoires électriques et de contrôle commande notamment). L'objectif est une mise à l'état sûr de l'installation dans des délais compatibles avec les exigences de sûreté.

Concernant l'ensemble des moyens de manutention, ces équipements sont à sécurité positive par manque de courant permettant une mise en état sûr des transferts au sol notamment. Seules les opérations de levage des colis au-delà de leur hauteur de qualification dans l'installation EP1 présentent un état potentiel non sûr tant que le colis n'a pas été reposé au sol des cellules. Ces équipements disposent toutefois d'un système mécanique d'affalage manuel à distance de leur charge.

4.3.3.2 Les locaux de distribution des courants forts et courants faibles

Le maintien de l'alimentation électrique jusqu'aux récepteurs de l'installation nucléaire (bâtiments nucléaires de surface EP1, tête de descenderie colis, zone de soutien logistique exploitation, quartiers de stockage HA et MA-VL) implique un dimensionnement au séisme des supports de câbles et des armoires électriques associées à cette distribution électrique. Il implique par ailleurs un conditionnement adéquat de l'ambiance thermique des locaux technique afin d'éviter notamment la surchauffe des équipements électriques et électroniques pouvant conduire à leur défaillance.

L'occurrence d'un séisme ne devant pas compromettre le fonctionnement de certains équipements implantés dans les locaux dédiés aux ensembles fonctionnels courants forts et courants faibles industriels, le conditionnement de ces locaux doit rester opérationnel post-séisme afin d'éviter que cela puisse conduire à une perte du contrôle ou de la surveillance nécessaire des installations.

Le conditionnement étant effectué directement par les bâtiments ou les ouvrages le nécessitant, les réseaux de distribution en eau glacée des différents ouvrages des zones descenderie et puits ne disposent pas d'une qualification au séisme.

Concernant l'installation nucléaire de surface EP1, la ventilation conventionnelle est capable d'assurer une évacuation suffisante des calories produites dans les locaux techniques, de sorte à pouvoir s'affranchir d'une nécessité de maintenir opérationnel post-séisme la fonction de refroidissement qui pourrait lui être associée. Le respect du critère de température dans les locaux techniques repose toutefois sur un abaissement de la puissance nominale consommée par l'installation, ce qui passe nécessairement par une interruption des opérations en cours. Cette ventilation conventionnelle est dimensionnée au séisme pour assurer la fonction d'évacuation des calories.

Concernant le conditionnement de l'air des locaux techniques de l'usine de soufflage du puits de ventilation d'air frais (E-02) et de l'usine d'extraction du puits de ventilation d'air vicié (E-03), la ventilation seule n'a pas la capacité de refroidir suffisamment ces locaux. Pour l'ouvrage E-02, il est envisagé la mise en place de groupes froids mobiles afin de garantir une meilleure maîtrise des températures dans les locaux techniques. Pour l'ouvrage E-03, le maintien fonctionnel de l'extraction est impératif : les groupes froids présents sont dimensionnés au séisme pour être fonctionnels post séisme.

Concernant le conditionnement de l'air des locaux techniques des liaisons surface-fond et de l'installation souterraine, deux réseaux assurent cette fonction : le réseau de refroidissement à détente direct (RDDF) pour les locaux des recoupes entre les descenderies de service et colis, les locaux de la zone de soutien logistique exploitation, les locaux des galeries de retour d'air MA-VL et des galeries du quartier pilote HA et le réseau à eau glacée (EGLF) pour les locaux des recoupes entre les galeries de liaison MA-VL, les galeries de liaison et d'accès HA. Ces deux réseaux sont dimensionnés au séisme pour être fonctionnels post séisme.

4.3.3.3 La surveillance des installations

L'ensemble des équipements des réseaux de surveillance des installations en lien avec les fonctions de sûreté concerne la :

- surveillance du confinement et des rejets aux émissaires ;
- surveillance des concentrations en oxygène (HA) et en hydrogène (MA-VL) dans les alvéoles de stockage HA et MA-VL ;
- surveillance et pilotage du système de sécurité incendie (ensemble fonctionnel système de sécurité incendie).

Concernant la surveillance de la contamination atmosphérique, les systèmes de prélèvement pour la mesure (surveillance en gaine) et le report d'information en local sont dimensionnés pour être fonctionnels post séisme. Des dispositions organisationnelles seront mises en place pour remplacer les capteurs défaillants et assurer la surveillance par des rondes. Les systèmes de mesure des rejets à l'émissaire sont dimensionnés pour être fonctionnels après séisme pour les mesures indirectes, pendant et après séisme pour les mesures directes.

La surveillance de l'atmosphère des alvéoles de stockage MA-VL est assurée par les détecteurs d'hydrogène implantés dans les gaines de ventilation des jonctions de retour d'air et des galeries de retour d'air. Cette surveillance de l'atmosphère des alvéoles de stockage MA-VL n'est pas dimensionnée au séisme. Des dispositions organisationnelles seront mises en place pour remplacer les capteurs défaillants après séisme. Les délais de remplacement des détecteurs d'hydrogène sont compatibles avec les délais d'atteinte des critères limites de concentration en hydrogène.

La surveillance de l'atmosphère des alvéoles de stockage HA est assurée par un dispositif dont la mise en œuvre restera fonctionnelle post-séisme.

Concernant la surveillance incendie, les systèmes de détection incendie (détecteurs, unités traitement), de mise en sécurité incendie (surveillance de la position des portes et clapets coupe-feu des secteurs feu) sont dimensionnés pour être stables et fonctionnels post séisme (cf. Chapitre 3.2.6.2 du présent volume).

4.3.3.4 Les ouvrages en lien avec la distribution des utilités

Les utilités nécessaires au fonctionnement des équipements assurant ou participant à une fonction de sûreté sont produites et déployées directement dans les ouvrages nucléaires afin de s'affranchir du risque de les perdre. À titre d'exemple, l'air comprimé est produit localement à proximité du besoin (en fond) ou dispose d'un réseau dédié secouru dimensionné au séisme pour rester étanche et disposant d'une autonomie suffisante pour permettre une mise à l'état sûr préalable des installations (joints gonflables en surface et en fond). Au sein de l'installation souterraine, de l'installation nucléaire de surface EP1 et du bâtiment sûreté, sécurité, environnement, les réseaux d'extinction fixe (mousse, gaz…) présents dans les locaux et nécessaires à la mise et au maintien à l'état sûr, sont dimensionnés pour être fonctionnels post séisme.

Le réseau d'eau glacée des bâtiments nucléaires de surface permet le refroidissement des locaux électriques et le refroidissement de l'air soufflé dans l'installation souterraine. Concernant le refroidissement des locaux techniques, les exigences de dimensionnement au séisme sont déjà présentées au chapitre 4.3.3.2 du présent volume.

Vis-à-vis de l'eau glacée de surface permettant le refroidissement de l'air soufflé dans l'installation souterraine, la perte totale du réseau aurait pour conséquence une perte du refroidissement de l'air soufflé dans l'installation souterraine entrainant des risques d'insufflation d'air à des températures plus élevées en période estivale. Malgré la perte de refroidissement, les températures d'ambiance dans les galeries de l'installation souterraine restent suffisamment faibles pour conserver le fonctionnement des équipements électriques/électroniques nécessaires à la mise et au maintien à l'état sûr de l'INB.

Les réseaux de chauffage ont pour but de chauffer l'air circulant dans le centre de stockage Cigéo afin de réguler la température à l'intérieur des bâtiments.

La perte du réseau d'eau chaude de chauffage conduirait à un risque de gel des réseaux fluides[59] et tout particulièrement le réseau d'eau incendie. Concernant le bâtiment nucléaire de surface EP1, la ventilation de soufflage est arrêtée afin de ne pas dépasser les critères de température (maintien hors gel : >5 °C) en période hivernale dans les locaux nécessaires à une mise à l'état sûr et à la surveillance de l'installation. Concernant les réseaux humides, des dispositions spécifiques d'exploitation (consignes grand froid), incluant notamment des rondes périodiques, sont mises en place. Ces dispositions permettent de vérifier l'état des réseaux et d'intervenir en cas de gel.

Concernant l'installation souterraine, une dégradation des capacités d'intervention en cas d'incendie peut être observée sans remettre en cause la sûreté de l'installation souterraine. Dans ces conditions des dispositions spécifiques d'exploitation (consignes grand froid), incluant notamment des rondes périodiques, sont mises en place. Ces dispositions permettent de vérifier l'état des réseaux et d'intervenir en cas de gel.

4.3.3.5 Les réservoirs, les pomperies et le réseau de distribution incendie

Deux ouvrages « pomperies », un en zone descenderie et un en zone puits, soutirent l'eau de réservoirs incendie afin d'alimenter les réseaux de défense incendie en extérieur (hydrants) et d'assurer leur besoin. Dans l'installation souterraine et les descenderies, le réseau d'alimentation en eau d'extinction incendie est constitué de tuyauteries en charge et de réservoirs incendie.

En cas de séisme, les locaux pomperie incendie et les réservoirs d'eau incendie peuvent être agressés. La perte du réseau incendie n'affecte le fonctionnement d'aucun équipement assurant ou participant à une fonction de sûreté. En revanche, cela dégrade le niveau de maîtrise du risque incendie. À ce titre, les réservoirs d'eau incendie (E-07 en zone descenderie et E-06 en zone puits) sont dimensionnés au séisme afin de conserver leur étanchéité.

Le réseau d'extinction incendie ESIF doit être fonctionnel en cas de séisme pour permettre l'intervention des forces de sécurité en cas d'un séisme engendrant un incendie.

4.3.3.6 Le bâtiment sûreté/sécurité/environnement

Le bâtiment sûreté/sécurité/environnement abrite notamment le poste central de sécurité (PCS) et le poste de commandement et de coordination (PCC).

Afin de garantir une réactivité optimale en cas de situation d'urgence– notamment à la suite d'un séisme - l'Andra s'appuie de façon continue sur un dispositif d'astreinte d'exploitation et d'une permanence en termes de sécurité, constitués de personnels qualifiés prêts à intervenir 24h/24h et à se mobiliser dans les délais les plus courts.

Pour assurer la gestion de crise en cas de séisme :

- le PCS est placé sous l'autorité du PCC, une fois mis en œuvre ;
- le PCS et le PCC sont dimensionnés pour rester fonctionnels post séisme.

4.3.4 Les exigences de dimensionnement complémentaire vis-à-vis des défaillances ou agressions induites

Le séisme ne doit pas agresser indirectement les ouvrages précités qui contribuent au maintien des fonctions de sûreté et des fonctions supports garantissant l'état sûr des installations.

4.3.4.1 Le séisme engendrant une émission de projectile

Le génie civil et les équipements projectiles peuvent agresser les colis en cas d'effondrement ou de chute. Des exigences de dimensionnement sont ainsi requises afin de protéger les cibles de sûreté contenues dans les installations nucléaires et manutentionnées par des équipements qui pourraient devenir agresseurs.

Les moyens de manutention (ponts, MLL) et les équipements process sont dimensionnés au séisme pour qu'ils restent stables et ne deviennent pas projectile en charge ou à vide. Notamment, à vide, les équipements de manutention ne restent pas à proximité des colis. Les ponts de maintenance assurant la manutention des équipements liés aux opérations de maintenance, sont en position de garage en situation d'exploitation. Les opérations de maintenance préventives sont en effet réalisées en absence de colis dans la cellule ou le local concerné. Les batardeaux, portes process et portes bouchons des cellules des bâtiments nucléaires de surface sont dimensionnés au séisme pour ne pas devenir projectile.

Les ouvrages dimensionnés pour assurer un non-effondrement et ne pas devenir projectile en cas de séisme sont présentés dans les tableaux suivants.

Tableau 4-15 Bâtiments de surface dimensionnés au séisme engendrant une émission de projectile

Zone	N°	Zone, Bâtiment, Local
Descenderie	B-01	Tête de descenderie colis
	-	Bâtiment de déchargement des emballages de transport à déchargement horizontal (ETH)
	B-02	Bâtiment nucléaire de surface EP1
	E-04	Tête de descenderie de service
	E-11	Bâtiment sûreté, sécurité, environnement
	E-06	Centrale de secours et poste de distribution 20 kV
	E-09	Réservoirs fioul pour centrale de secours
Puits	E-02	Émergences du puits de ventilation d'air frais exploitation
	E-03	Émergences du puits ventilation air vicié exploitation
	E-05	Centrale de secours et poste de distribution 20 kV
	E-08	Réservoirs fioul pour centrale de secours

Tableau 4-16 Ouvrages de l'installation souterraine dimensionnés au séisme engendrant une émission de projectile

Zone		Ouvrages
Installation souterraine	Quartier de stockage MA-VL	Alvéoles MA-VL Galeries MA-VL
	Quartier pilote HA et quartier de stockage HA	Alvéoles HA Galeries HA
	Quartier zone de soutien logistique	ZSL exploitation
Liaisons surface-fond	Zone exploitation	Puits exploitation
		Descenderie colis
		Descenderie de service et recoupes

4.3.4.2 Le séisme engendrant un incendie

La gestion d'un incendie post-séisme conduit à maintenir fonctionnels les composants nécessaires à la mise et au maintien à l'état sûr parmi les suivants :

- la sectorisation incendie, à savoir les parois et traversées des locaux ;
- le rétablissement de la sectorisation incendie par fermeture des portes coupe-feu et clapets coupe-feu des locaux secteurs de feu ;
- les systèmes de détection et de mise en sécurité des locaux secteurs de feu ;
- les systèmes d'extinction fixes ;
- le réseau ESIF pour disposer d'une capacité de lutte contre l'incendie au fond.

L'ensemble du système d'évacuation de secours doit être maintenu fonctionnel afin de garantir l'évacuation du personnel et l'intervention des secours. Ainsi, les portes des chemins d'évacuation et l'éclairage de secours sont dimensionnés au séisme.

Le réseau de ventilation de l'installation souterraine et des bâtiments nucléaires de surface intervient également dans la maîtrise du risque incendie en participant à la gestion des fumées au sein des secteurs de feu et à la collecte des fumées s'échappant des secteurs de feu au sein de secteurs de confinement. À ce titre, la ventilation nucléaire/conventionnelle de surface ainsi que la ventilation de soufflage de l'installation souterraine (tout comme la ventilation d'extraction (cf. Chapitre 4.3.2.3.5 du présent volume) sont dimensionnées pour remplir ces fonctions post séisme.

4.3.4.3 Le séisme engendrant une explosion (hors explosion liée aux gaz inflammables produits par radiolyse et par corrosion)

Les scénarios d'explosion n'entraînent aucune conséquence directe sur la sûreté des installations car les zones d'effets potentiels sont éloignées des cibles de sûreté ou le dimensionnement des ouvrages, génie civil notamment, prévient les effets potentiels sur les locaux adjacents.

Les dispositions de surveillance/détection ont pour but de détecter l'occurrence d'un événement explosif ou suivre son évolution, à la suite d'un séisme. Le dimensionnement au séisme des systèmes de surveillance des installations sensibles permet de prévenir le risque d'explosion à la suite d'un séisme.

Cela concerne notamment la surveillance du bon fonctionnement de l'asservissement de la charge des batteries au débit de ventilation.

4.3.4.4 Le séisme engendrant une inondation interne ou externe

Le séisme peut conduire à une fuite de réseau fluide engendrant un risque d'inondation interne ou externe. Les exigences de dimensionnements vis-à-vis du risque sismique portent sur les circuits fluides sources potentielles d'une inondation pouvant impacter les installations abritant des cibles de sûreté à savoir les réseaux d'alimentation en eau de refroidissement et de chauffage, le réseau de distribution d'eau extinction incendie, les réseaux d'eaux d'exhaure et les réseaux de collecte des effluents liquides.

4.3.4.4.1 Les réseaux d'alimentation en eau de refroidissement et de chauffage

a) Les réseaux de distribution d'eau chaude et d'eau glacée (EGL, ECC) des bâtiments nucléaires de surface EP1

Afin de prévenir l'accumulation d'eau dans les bâtiments dans le cas de fuite sur les réseaux de distribution d'eau chaude et d'eau glacée, les réseaux entre l'entrée dans le bâtiment nucléaire de surface EP1 et le local de raccordement des vannes sont dimensionnés au séisme pour rester étanches. L'implantation de vannes de sectionnement aux arrivées des réseaux eau chaude et eau glacée assurent l'absence d'arrivée d'eau supplémentaire post séisme. Elles sont dimensionnées au séisme pour rester étanches et fonctionnelles post séisme.

Au sein des bâtiments nucléaires de surface, certains locaux sont équipés de batteries terminales de chauffage ou de refroidissement. Afin de se prémunir du risque de rupture des tuyauteries alimentant ces batteries terminales et donc cheminant à l'intérieur de locaux cibles, les tuyauteries EGL et ECC sont dimensionnées au séisme pour rester étanches.

b) Les réseaux d'alimentation de l'eau de refroidissement et de chauffage des centrales de traitement d'air de l'émergence des puits E-02 et E-03 (EGLS, ECCS)

Pour les réseaux EGLS et ECCS, seul le volume d'eau de la tuyauterie et le volume d'eau contenu dans les échangeurs à plaques serait susceptible de se déverser. Les conséquences en cas de déversement des réseaux EGLS et ECCS ne sont donc pas de nature à remettre en cause la sûreté de l'installation. Les réseaux EGLS et ECCS ne sont pas dimensionnés au séisme.

c) Le réseau de distribution spécifique eau glacée en souterrain (RDDF, EGLF)

Le dimensionnement au séisme du réseau de distribution (RDDF) en souterrain au titre du rafraichissement des locaux techniques garantit l'absence de risque d'inondation interne due à ces réseaux. De même, concernant le réseau eau glacée (EGLF), son étanchéité est conservée en cas de séisme, garantissant l'absence de déversement de liquide.

4.3.4.4.2 Le réseau de distribution d'eau incendie

Le réseau d'eau incendie (ESI) a la capacité de fournir de l'eau incendie aux réseaux de colonnes sèches et aux systèmes d'extinction fixes à eau et à mousse dans les zones nucléaires et conventionnelles des installations de surface. Ce réseau maillé alimente aussi le réseau d'extinction ESIF.

Les réseaux d'extinction incendie (ESIF) qui cheminent dans les deux descenderies et dans l'installation souterraine sont des réseaux humides en charge permanente afin de garantir une disponibilité à tout moment ; ils alimentent également le dispositif d'extinction à mousse des cellules de manutention des alvéoles MA-VL.

Les réseaux d'extinction ESIF sont dimensionnés pour rester étanches en cas de séisme ce qui garantit l'absence de risque d'inondation interne due à ces réseaux.

4.3.4.4.3 Les réseaux des eaux d'exhaure

Toutes les eaux d'exhaure (EEXF) sont considérées dans ce chapitre (eau d'exhaure des descenderies, des alvéoles HA, du puits de ventilation d'air frais et des puits travaux).

Concernant le génie civil des liaisons surface-fond intervenant dans la collecte des eaux d'exhaure (cf. Chapitre 4.3.4.1 du présent volume), leur dimensionnement vis-à-vis du risque sismique garantit le maintien de la collecte contrôlée des eaux d'exhaure (système d'étanchéité et drainage) en cas de séisme. Le puits de ventilation d'air vicié ne participant pas à la collecte des eaux d'exhaure, le dimensionnement au séisme de son revêtement assure la conservation de son étanchéité.

Les tuyauteries et capacités du réseau d'exhaure doivent conserver leur étanchéité en cas de séisme, elles sont ainsi dimensionnées au séisme. Les pompes de relevage des bassins en recoupe albraque ainsi que l'alimentation de cette pompe (chemin de câble) sont également dimensionnées pour rester fonctionnelles post-séisme.

Par ailleurs, les vannes (vannes d'isolement du collecteur principal, vannes de basculement vers la pompe de vidange, vannes des bassins de la recoupe albraque) sont dimensionnées au séisme avec une exigence de maintien de la fonction étanchéité pendant et après séisme.

Concernant la zone travaux, la zone en exploitation en est séparée par des sas dimensionnés au séisme, excluant tout risque d'inondation ayant pour origine la zone en travaux.

4.3.4.4.4 Les réseaux des effluents potentiellement contaminés

Les effluents potentiellement contaminés constituent les substances radioactives issues de l'exploitation de l'installation nucléaire. Le dimensionnement au séisme des réseaux d'effluents liquides au titre du risque de dissémination de substances radioactives (cf. Chapitre 4.3.2.1.1 du présent volume) garantit l'absence de risque d'inondation interne due à ces réseaux.

4.3.4.4.5 La synthèse de la tenue au séisme des réseaux fluides

La tenue au séisme des réseaux fluides des bâtiments nucléaires de surface, de l'installation souterraine, des liaisons surface-fond et leurs émergences, est présentée dans le tableau 4-17 suivant.

Tableau 4-17 Tenue au séisme des réseaux fluides

Fluide	Localisation	Dimensionnement au séisme
Zone puits et zone descenderie		
EGL (réseau d'eau glacée) EP1 et ECC (réseau d'eau chaude de chauffage) EP1 (en amont des vannes d'isolement du réseau primaire, et sections de tuyauterie situées dans les locaux cibles)	EP1	Oui
Effluents potentiellement contaminés EFC (cuves et rétention)	EP1 et tête de descenderie colis	Oui
ESI (réseaux d'eau incendie)	EP1 et tête de descenderie colis	Non
Réseaux d'extinction incendie fixes	EP1, tête de descenderie colis et tête de descenderie de service	Oui
EGLS (réseau d'eau glacée souterrain), ECCS (réseau d'eau chaude de chauffage souterrain)	Batteries froides et chaudes du puits E-02	Non
EGLS (eau glacée souterrain) du local technique associé au puits E-03	CTA des locaux techniques du puits E-03	Oui

Fluide	Localisation	Dimensionnement au séisme
EGLS (eau glacée souterrain) du local technique associé au puits E-02	CTA des locaux techniques du puits E-02	Non
Installation souterraine et liaisons surface-fond		
RDDF (réseau de distribution), EGLF (réseau d'eau glacée)	Toute zone	Oui
ESIF (réseaux d'extinction incendie)	Toute zone	Oui
EEXF (réseaux des eaux d'exhaure)	Toute zone	Oui

4.4 Les risques liés à l'inondation externe

4.4.1 La présentation des risques liés à l'inondation externe

4.4.1.1 Les situations de référence pour le risque d'inondation externe (SRI)

L'inondation d'origine externe est un phénomène naturel qui se traduit par une submersion, qui peut être rapide ou lente, d'une zone habituellement hors d'eau. En cas d'inondation externe, les fonctions de sûreté, assurées par les ouvrages ou équipements sensibles (cibles de sûreté), pourraient être atteintes et perdues. En outre, la mise en contact de l'eau et des termes sources radiologiques pourraient entraîner une migration non contrôlée de substances radioactives à l'extérieur des ouvrages.

Le guide n° 13 de l'ASN (51) recommande un certain nombre de dispositions à prendre en compte pour assurer la maîtrise du risque d'inondation externe dans les installations nucléaires, notamment les INB. Il définit également, les situations de référence pour le risque d'inondation (SRI) à étudier pour l'ensemble des sites qui sont :

- les pluies locales ;
- la crue sur un petit bassin versant ;
- la dégradation ou dysfonctionnement d'ouvrages, de circuits et d'équipements ;
- l'intumescence ;
- la remontée de de la nappe phréatique.

Le guide définit aussi des SRI spécifiques pour les sites fluviaux et pour les sites en bord de mer. Compte tenu de la localisation géographique du site de Cigéo, ces dernières ne sont pas retenues dans l'analyse.

La crue sur petit bassin versant est définie par un débit maximal instantané, pour une période de retour décamillénale (guide n° 13 de l'ASN). La surface du petit bassin versant est comprise entre 10 km² et 5 000 km². Les installations de l'INB Cigéo sont situées en dehors des zones à risque d'inondation ou de crues, et aucun Plan de prévention des risques d'inondation (PPRI) n'est recensé dans l'environnement des zones d'implantation des installations de surface. En outre, les zones descenderie et puits sont surélevées par rapport à la topographie de la région. L'impact sur les installations de l'INB Cigéo d'une crue sur un petit bassin versant est donc écarté.

L'intumescence est une onde résultant d'une variation rapide du débit dans un ouvrage hydraulique à ciel ouvert, implanté sur un site, en amont ou en aval de celui-ci. Les ouvrages hydrauliques à ciel ouvert sont étudiés au regard du risque lié à la dégradation d'ouvrages, de circuits et d'équipements regroupant

l'ensemble des dysfonctionnements pouvant affectés les ouvrages, y compris le phénomène d'intumescence (cf. Chapitre 4.4.1.2.4 du présent volume).

Les situations de référence qui requièrent d'être étudiées sont ainsi :

- pour les installations en surface (zone descenderie et puits) : les pluies locales, la remontée de la nappe phréatique, la dégradation ou le dysfonctionnement d'ouvrages, de circuits et d'équipements ;
- pour l'installation souterraine : l'infiltration des eaux d'exhaure, la dégradation ou le dysfonctionnement d'ouvrages, de circuits et d'équipements.

Le contexte hydrogéologique, hydrographique et pluviométrique de la version préliminaire du rapport de sûreté du site permet l'évaluation de ces risques.

4.4.1.2 La caractérisation des aléas

4.4.1.2.1 Les précipitations

D'après le guide n° 13 de l'ASN (51), les pluies de références doivent être quantifiées à partir d'une étude statistique des données de pluies mesurées à une station météorologique représentative des conditions du site et avec une période de retour suffisante. Les pluies de référence sont prises en compte pour le dimensionnement des réseaux d'évacuation des eaux pluviales et des ouvrages hydrauliques.

Le choix de la station de référence a reposé essentiellement sur les trois critères suivants : sa situation géographique et en particulier sa proximité au site d'étude, le nombre d'années de mesures et la fiabilité des données ajustées.

La station météorologique retenue pour l'évaluation de la pluie de référence est la station de Cirfontaines, située à proximité du site (5,70 km du site). Cette station est aussi la plus sécuritaire pour le dimensionnement des réseaux.

La pluie de référence est déterminée en réalisant un ajustement de Montana majorant des cumuls de hauteur de pluies issues de la borne supérieure de l'intervalle de confiance à 95 %.

Chaque pluie est définie par une hauteur de précipitations cumulées pendant une durée donnée. La formule de Montana est utilisée et ajustée afin de relier l'intensité de la pluie i(t) (mm/min) à la durée de l'épisode pluvieux t (min) pour une période de retour donnée (100 ans : pluie centennale). La formulation de la loi de Montana est la suivante : i(t) = a x t^{-b}. Les coefficients de Montana retenues sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 4-18 Coefficients de Montana – Cirfontaines

Station	Période de retour [ans]	Domaine de validité - cumul de temps [min]		a [mm/min]	b [-]
		Borne Inf.	Borne Sup.		
Cirfontaines	100	6	43	5,539	0,271
		43	2 880	62,625	0,916

Les pluies dimensionnantes pour les réseaux de collecte sont des pluies de projet centennales du type « double-triangulaire ». Plusieurs configurations de ces pluies sont utilisées pour éprouver le réseau.

Les pluies projet de type double-triangulaire sont déterminées sur la base d'un ajustement majorant de la formule de Montana. Les pluies de projet ainsi adoptées pour les modèles hydrauliques des réseaux

sont de durée globale de quatre heures et de durée intense variant de six minutes à une heure. La pluie projet avec une durée intense de six minutes est présentée ci-dessous.

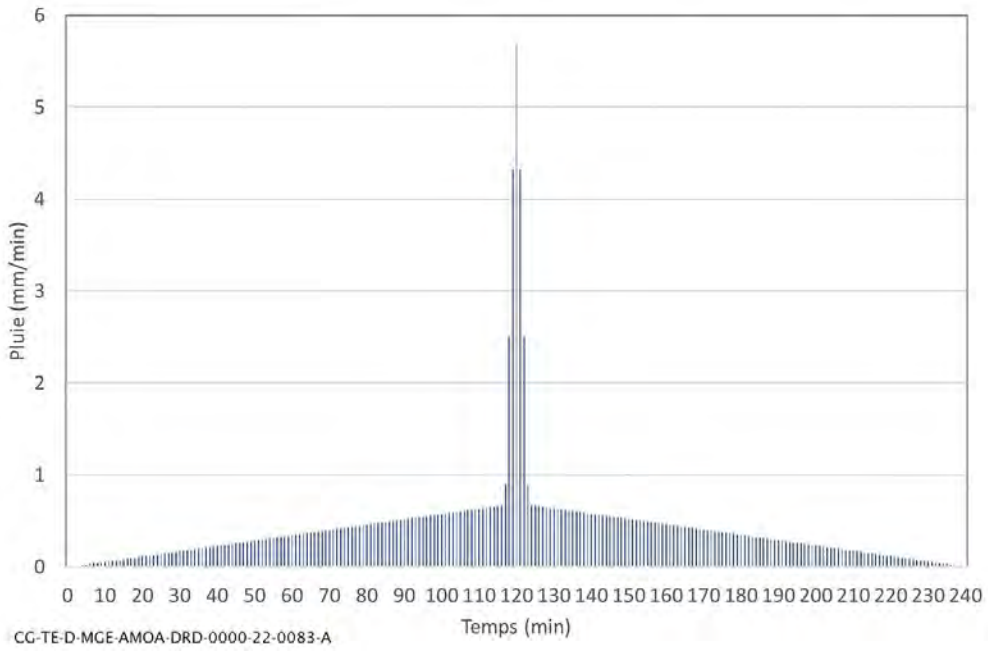


Figure 4-3 Illustration de la pluie de projet avec une durée intense de six minutes

La pluie de projet exploitée pour les calculs de ruissellement de surface présente les caractéristiques suivantes (cf. tableau ci-dessous), conformément aux recommandations du guide n° 13 de l'ASN (51) :

Tableau 4-19 Caractéristiques de la pluie projet pour le calcul de ruissellement de surface

Caractéristiques	Paramétrisation
Durée totale [h]	4
Durée de la pluie intense [h]	1
Période de retour [ans]	100
Allure [-]	Pluie de type « double triangulaire », de durée intense 1 heure et d'une durée totale 4 heures

Par ailleurs, pour tenir compte d'une défaillance du réseau de collecte et d'évacuation des eaux pluviales, notamment dans l'hypothèse d'une obstruction du réseau par des débris entraînés par les eaux, le guide n° 13 de l'ASN (51) préconise d'analyser l'impact d'une pluie de référence en faisant l'hypothèse que le réseau d'eaux pluviales est totalement dysfonctionnel. Ce scénario de ruissellement de surface de référence est défini par la pluie centennale (valeur de la borne supérieure à 95 %) de durée de 1 heure.

4.4.1.2.2 La remontée de la nappe phréatique

La nappe phréatique caractérise l'eau souterraine s'écoulant dans les formations perméables à faible profondeur. Les zones descenderie et puits sont implantées au niveau des Calcaires du Barrois qui est une formation perméable dont la nappe libre peut être soumise à des remontées pouvant atteindre les installations de surface en cas d'événement exceptionnel.

a) La quantification du niveau de la nappe en zone descenderie

Le niveau de référence de la nappe phréatique au sens du guide n° 13 de l'ASN (51) est déterminé en fonction des données accessibles, sur l'étude hydrogéologique du site, basée sur une approche statistique.

Les niveaux caractéristiques de la nappe sont déduits de l'analyse des hauteurs de nappe :

- EB : niveau bas, est le niveau dépassé 50 % du temps ;
- EF : niveau fréquent, est le niveau dépassé 1 % du temps.

Les niveaux d'eaux EH et EE sont extraits de l'analyse fréquentielle des niveaux maximaux de nappe pour différentes probabilités de dépassement avec :

- EH : niveau maximal avec une période de retour de 50 ans ;
- EE : niveau maximal correspondant au niveau des plus hautes eaux connues et/ou prévisibles pour une période de retour de 100 ans minimum.

L'analyse statistique a été réalisée sur la chronique du piézomètre EST1012 qui dispose d'une période de suivi de plus de 18 ans. Elle a permis d'estimer les niveaux caractéristiques EB, EF et EH. L'analyse effectuée n'a pas permis de déterminer de niveau EE pertinent sur la base des données disponibles : les valeurs EE obtenues sont semblables aux valeurs EH.

Afin de compléter les méthodes fondées sur la chronique de niveaux mesurés in situ, le guide n° 13 de l'ASN recommande l'usage d'outils de modélisation. Un modèle hydrogéologique maillé est alors développé sur la base des données géologiques et hydrogéologiques du site afin d'évaluer le comportement des Calcaires du Barrois en réponse à différentes sollicitations ou modifications de son environnement.

Les simulations sont effectuées à partir d'un calage du modèle sur les niveaux de référence EB, EF et EH déterminés au droit du piézomètre EST1012. Ce calage est mené à partir des mesures piézométriques d'une sélection de 14 piézomètres installés en ZD lors des dernières campagnes de reconnaissances.

Les simulations sont réalisées en régime transitoire afin de reproduire au mieux les mises en charges et décrues rapides (quelques jours) lors d'événements pluviométriques.

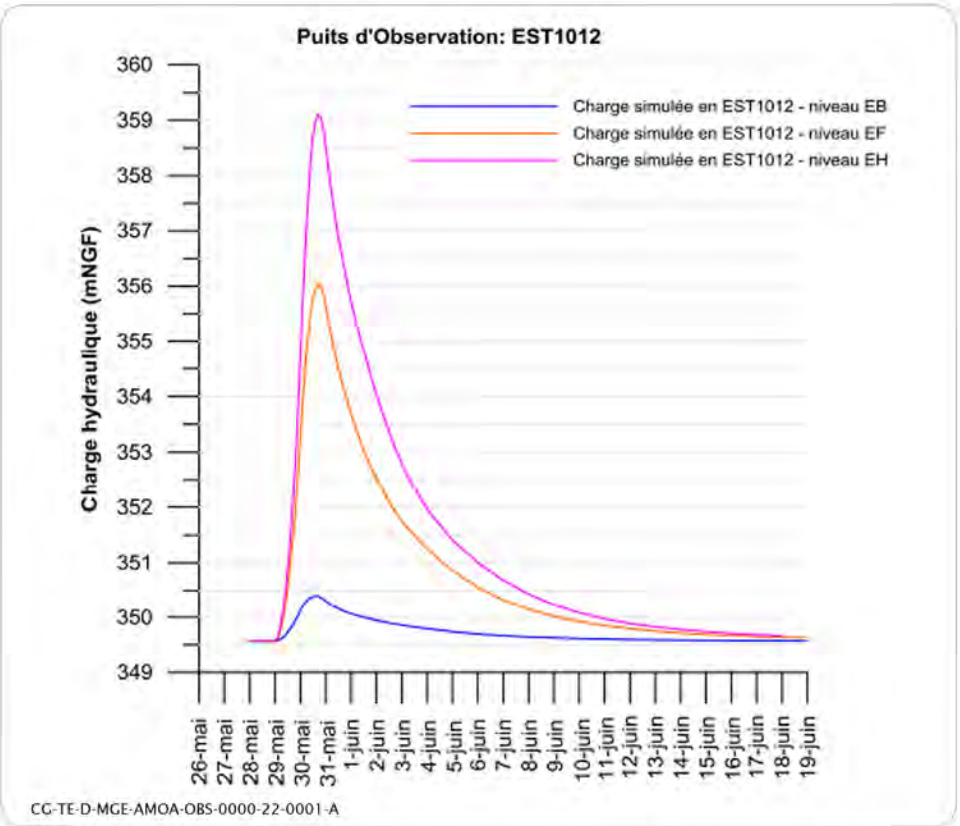


Figure 4-4 Illustration de la chroniques piézométriques simulées pour chaque niveau caractéristique au droit du piézomètre de référence EST1012

Les niveaux piézométriques sur les piézomètres de calage à l'instant où le niveau caractéristique est atteint en EST1012 permettent de modéliser la carte piézométrique présentée ci-dessous pour le niveau EH à l'état naturel (sans ouvrages).

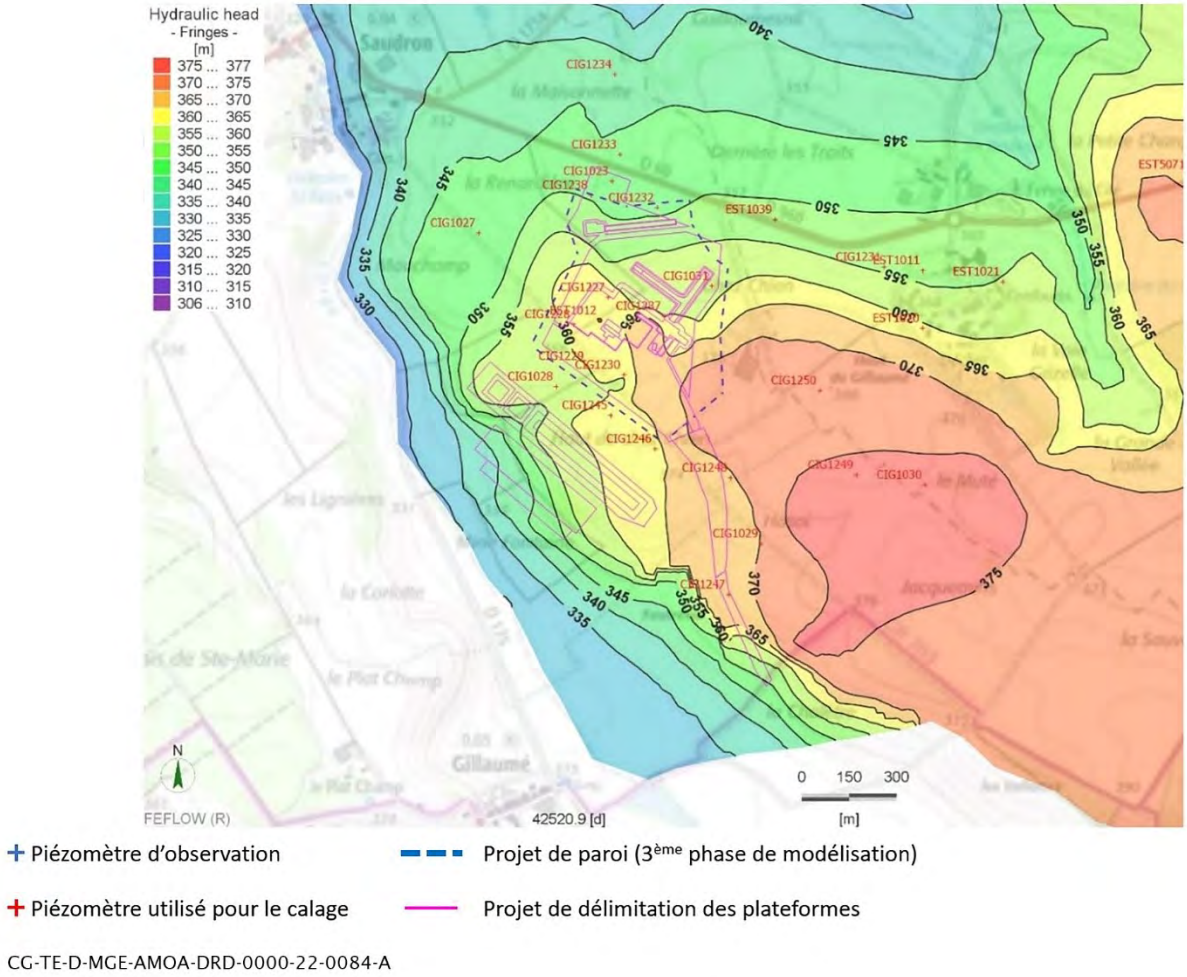


Figure 4-5 Illustration de la carte piézométrique simulée pour le niveau caractéristique EH à l'état naturel

b) La quantification du niveau de la nappe en zone puits

En zone puits, l'analyse effectuée ne permet pas de statuer sur les niveaux d'eau caractéristiques. Le niveau d'eau de référence est alors fixé par approche majorante au niveau de la nappe affleurante (niveau du terrain fini).

4.4.1.2.3 L'infiltration d'eaux d'exhaure

À l'aplomb du site d'implantation de l'INB de Cigéo, la série sédimentaire est constituée d'une alternance de formations sédimentaires à dominante argileuse ou calcaire (cf. Chapitre 1.2.2 du volume 4 du présent rapport) organisées de la base vers le toit par :

- la formation imperméable argileuse du Callovo-Oxfordien contenant la zone d'exploitation et la zone de travaux de l'installation souterraine (Cox) ;
- les Calcaires du Kimméridgien et de l'Oxfordien, contenant les nappes des calcaires de l'Oxfordien ;
- les marnes imperméables du Kimméridgien ;
- les calcaires sublithographiques du Barrois, abritant la nappe phréatique.

Les liaisons surface-fond traversent ainsi plusieurs aquifères (nappe des Calcaires du Barrois et des calcaires de l'Oxfordien) et sont donc susceptibles d'être affectés par un risque d'inondation externe par les eaux d'exhaure.

L'installation souterraine est implantée dans la couche du Callovo-Oxfordien dont l'imperméabilité est suffisante pour réduire fortement les venues d'eau dans cette couche. En outre, la ventilation permanente des galeries permet d'évacuer la quantité d'eau issu du Callovo-Oxfordien hors de l'installation et de contribuer maintenir une humidité relative limitée ite dans l'installation. Les eaux d'exhaure issues de l'installation souterraine proviennent ainsi uniquement des alvéoles de stockage HA dans la mesure où ces derniers ne sont pas ventilés (au regard de la maitrise du risque de corrosion oxydante).

a) Les calcaires du Barrois

La pression hydrostatique dans les Calcaires du Barrois est comprise entre 0 bars et 6 bars. Le choix d'un revêtement étanche résistant à cette pression est retenu pour les liaisons surface-fond au niveau des Calcaires du Barrois, le débit de fuite est ainsi quasi nul.

À la jonction avec les marnes du Kimméridgien, un système d'étanchéité est mis en place afin de prévenir une mise en communication avec les aquifères des niveaux inférieurs. Le bulbe d'étanchéité mis en place au toit du Kimméridgien permet d'assurer une coupure hydraulique entre les terrains aquifères des Calcaires du Barrois et le Kimméridgien. Le critère de dimensionnement est un débit de contournement du bulbe d'étanchéité à la base des Calcaires du Barrois à l'extrados du revêtement, inférieur à 50 L/h par liaison surface-fond.

b) Les calcaires de l'Oxfordien

L'Oxfordien calcaire abrite une nappe dont la pression varie entre 12 bars et 37 bars, avec des perméabilités faibles, globalement inférieures à 10^{-8} m/s.

L'infiltration des eaux d'exhaure des calcaires de l'Oxfordien est tolérée en vue de la gestion de la pression hydrostatique. La gestion des eaux d'exhaure repose ainsi sur leur collecte et leur évacuation dans l'ensemble des liaisons surface-fond, mis à part le puits exploitation air vicié qui est complètement étanche.

Débits de collecte des eaux d'exhaure

Descenderies de colis et de service

La simulation des débits d'exhaure obtenus dans les descenderies au cours de la phase de creusement puis à long terme en phase d'exploitation est réalisée à partir de la modélisation des écoulements d'eaux souterraines par les logiciels FLAC3D et MARTHE. L'objectif du modèle est d'évaluer les débits d'exhaure dans les descenderies de façon sécuritaires à partir des perméabilités et des porosités des différents horizons de l'Oxfordien Calcaire plus ou moins productifs.

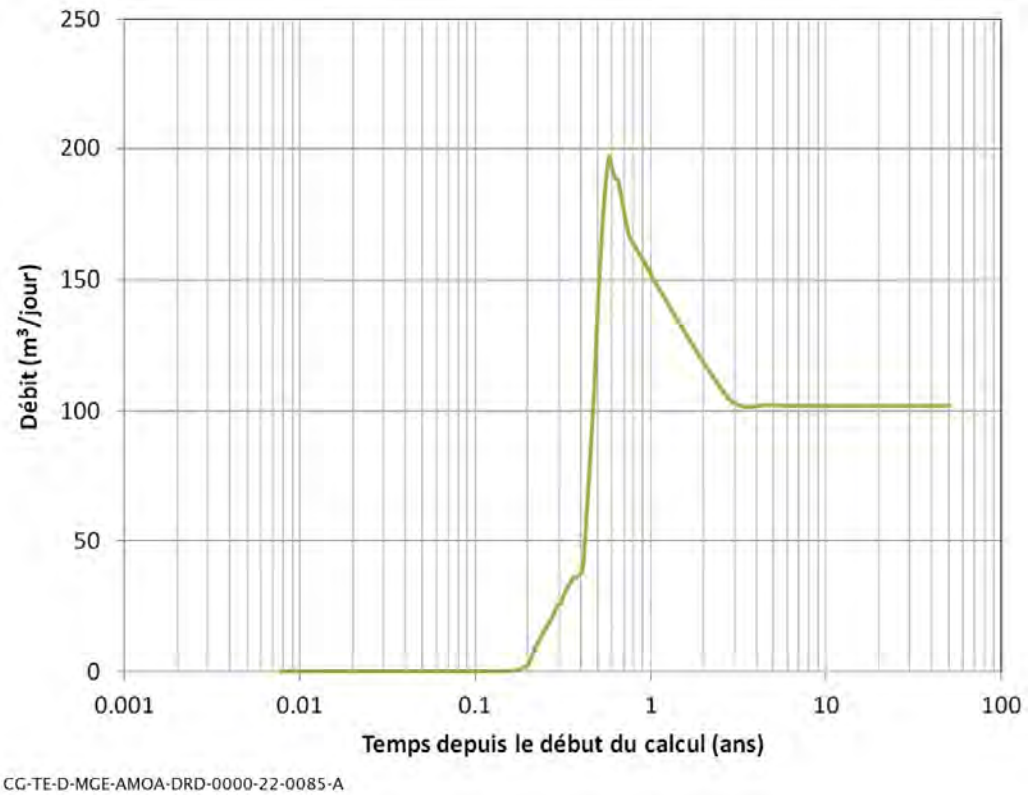


Figure 4-6 Illustration de la estimation de l'évolution du débit d'exhaure cumulé des deux descenderies dans le temps

Les débits simulés diminuent progressivement : au bout de quatre ans, après la fin du creusement, ce débit est stabilisé à une valeur de 100 m³/jour (50 m³/jour par descenderie). La valeur retenue pour le dimensionnement est ainsi de 100 m³/jour.

Puits exploitation air frais (VFE)

Pour le puits VFE dont la solution d'étanchéité à long terme retenue consiste en un revêtement béton non parfaitement étanche, la perméabilité et la fissuration du béton autorisent des infiltrations d'eau du terrain vers l'intrados du puits. L'exigence impose de contrôler les débits d'exhaure à 1 m³/h pour l'ensemble des puits (le puits VFE et les 3 puits travaux).

La pression hydrostatique au toit du Kimméridgien est d'environ 6 bars tandis que la pression hydrostatique au toit du Cox est d'environ 44 bars. La variation linéaire de la pression hydrostatique permet d'estimer le débit à travers le béton de revêtement dans le puits grâce à la loi de Darcy. Le résultat obtenu est un débit de 3,20 m³/j. Ainsi, le débit total pour l'ensemble des puits concernés par ce type d'étanchéité est de 12,84 m³/j soit 0,54 m³/h, ce qui est en dessous de la valeur limite fixée par l'exigence à 1 m³/h.

En considérant dans un cas pénalisant, l'atteinte d'un débit d'exhaure de 1 m³/h pour l'ensemble des puits soit 24 m³/j. Le débit journalier attendu pour le puits exploitation serait de 6 m³/j. Le débit journalier de chaque puits de la zone travaux seraient parallèlement de 6 m³/j. La valeur sécuritaire de 6 m³/j est ainsi retenu pour le débit d'exhaure de chaque puits.

Débits de relevage des eaux d'exhaure

Le débit de relevage vers la surface est calculé en considérant ainsi le relevage de 106 m³ d'eaux d'exhaure (correspondant à la somme des débits de collecte d'eau d'exhaure des descenderies et du puits VFE), en 6 heures. Ainsi, le débit nominal du réseau de relevage des eaux d'exhaure vers la surface est de 18 m³/h.

c) La formation hôte : le Callovo-Oxfordien

Liaisons surface-fond

Pour le Callovo-Oxfordien traversé par les liaisons surface-fond, la question d'une pression hydrostatique ne se pose pas. Il s'agit principalement de limiter l'infiltration d'eau venant des formations encaissants, plus particulièrement de l'Oxfordien carbonaté vers la couche du Callovo-Oxfordien au niveau des liaison surface-fond afin de préserver ses caractéristiques favorables, et d'éviter un endommagement supplémentaire de la zone endommagée de Callovo-Oxfordien autour des liaison surface-fond du fait d'une arrivée significative d'eau.

Un bulbe d'étanchéité est mis en place à la transition entre l'Oxfordien Calcaire et le Callovo-Oxfordien afin d'éviter les venues d'eau depuis l'Oxfordien vers le Callovo-Oxfordien, plus particulièrement à l'interface avec le revêtement/soutènement des liaisons surface-fond. Le critère de dimensionnement est un débit d'eau de contournement du bulbe d'étanchéité à la base de l'Oxfordien à l'extrados du revêtement, inférieur à 20 L/h par liaison surface-fond.

Il s'agit donc de concevoir un ouvrage capable de rétablir la coupure hydraulique entre les terrains de l'Oxfordien où la pression d'eau maximale est de 37 bars et la partie supérieure du Callovo-Oxfordien. Le principe est le même que pour le bulbe étanche à réaliser entre les Calcaires du Barrois et les marnes du Kimméridgien.

Alvéoles de stockage HA

Les eaux d'exhaure des alvéoles de stockage HA font l'objet d'une gestion particulière. Les alvéoles de stockage HA sont des micro-tunnels subhorizontaux creusés dans la formation d'argilites du Callovo-Oxfordien. Elles présentent une faible pente (point bas vers la galerie avec une pente d'environ 2 %) afin de recueillir les eaux d'exhaure.

Le critère de dimensionnement sur le débit de collecte des eaux d'exhaure provenant des alvéoles HA est compris entre 0 et 0,1 litre/j/mètre linéaire d'alvéole.

4.4.1.2.4 La dégradation ou le dysfonctionnement d'ouvrages, de circuits ou d'équipements

La dégradation ou le dysfonctionnement d'ouvrages, de circuits ou d'équipements peut potentiellement conduire à la libération brutale d'une grande quantité d'eau.

Le principe de justification d'une absence d'inondation externe induite par une dégradation ou un dysfonctionnement (par exemple le phénomène d'intumescence) d'ouvrages s'appuie sur la comparaison des altimétries des ouvrages sources et cibles du risque d'inondation externe, sur chaque bassin versant (nord et sud) en zones descenderie et puits.

Les ouvrages sources et cibles d'un risque d'inondation externe en cas de dégradation ou de dysfonctionnement, en zone descenderie, sont les suivants :

Tableau 4-20 Altimétrie des ouvrages sources (en bleu) et cibles (en rouge) du risque d'inondation externe en zone descenderie

Repère des ouvrages sur les pièces 3 à 5 du dossier DAC	Nom de l'ouvrage	Position NGF
Ouvrages en zone descenderie sur le bassin versant nord		
E-12	Bassin quantitatif nord de gestion des eaux pluviales	337,16 (fond)/340,35 (plus hautes eaux)
E-01	Bassin qualitatif nord de gestion des eaux pluviales	342,20 (fond)/343,50 (plus hautes eaux)
E-10	Station d'épuration de traitement des eaux usées	351,40
E-15	Réservoir eaux recyclées	351,87
E-14	Bassin de décantation des eaux de fond	356,10
-	Réservoir eau potable	359,02
E-09	Réservoirs fioul pour centrale de secours 20 kV	353,70
E-06	Centrale de secours et poste de distribution 20 kV	355,21
E-05	Pomperie incendie	355,24
E-07	Réservoir d'eau incendie	355,24
E-04	Tête de la descenderie de service	356,00
E-11	Bâtiment sûreté/sécurité/environnement	357,50
Ouvrages en zone descenderie sur le bassin versant sud		
I-02	Bassin quantitatif TF fret	342,3 (plus hautes eaux)
I-04	Bassin qualitatif TF fret	344 (plus hautes eaux)
E-02	Bassin quantitatif sud de gestion des eaux pluviales	343,54 (fond)/347,26 (plus hautes eaux)
E-03	Bassins qualitatifs sud de gestion des eaux pluviales	348,91 (fond)/350,10 (plus hautes eaux)
F-03	Bassin de rétention TF nucléaire	354,30
F-03	Bassin de rétention TF nucléaire	355,10
I-01	TF fret	350,73
F-01	Terminal ferroviaire INB	357,64
B-01	Tête de descenderie colis	364,00
B-02	Bâtiment nucléaire de surface EP 1	358,00

Les ouvrages sources et cibles d'un risque d'inondation externe en cas de dégradation ou de dysfonctionnement, en zone puits, sont les suivants :

Tableau 4-21 Altimétrie des ouvrages sources (en bleu) et cibles (en rouge) du risque d'inondation externe en zone puits

Repère des ouvrages sur les pièces 3 à 5 du dossier DAC	Nom de l'ouvrage	Position NGF
Ouvrages en zone puits positionnement nord		
G-03	Bassin quantitatif de gestion des eaux pluviales	338,09 (fond)/340,69 (plus hautes eaux)
G-02	Bassin qualitatif de gestion des eaux pluviales	344,46 (fond)/345,61 (plus hautes eaux)
G-11	Bassins qualitatif et quantitatif des eaux de ruissellement des verses	342,15 (fond)/353,00 (digue)
G-19	Réservoir eau pluviale	343,00
G-01	Bassin de décantation des eaux de fond	356,80
-	Réservoir eau potable	376,38
Ouvrages en zone puits positionnement sud		
E-10	Bassin quantitatif de gestion des eaux pluviales	342,27 (fond)/343,62 (plus hautes eaux)
E-01	Bassin qualitatif de gestion des eaux pluviales	346,94 (fond)/348,14 (plus hautes eaux)
E-12	Réservoir eaux recyclées	359,32
E-14	Réservoir eaux recyclées	359,40
E-09	Station d'épuration de traitement des eaux usées	360,95
E-08	Réservoirs fioul pour centrale de secours 20 kV	359,04
E-05	Centrale secours & poste de distribution 20 kV	359,78
E-06	Réservoir d'eau incendie	363,66
E-04	Pomperie incendie	363,70
E-03	Puits ventilation air vicié exploitation Tête de puits Usine de ventilation Cheminé de rejet	363,75
E-02	Puits ventilation air frais exploitation Usine de ventilation	364,00
E-02	Puits ventilation air frais exploitation Chevalement	369,00

Les ouvrages de l'installation souterraine sources d'un risque d'inondation externe en cas de dégradation ou de dysfonctionnement, sont les trois bassins de la recoupe albraque situés en pied de descenderies ainsi que les cuves de collecte des effluents liquides non conventionnels issus des alvéoles de stockage HA.

Par ailleurs, les caractéristiques de l'ensemble des réseaux intervenant dans le cycle de l'eau sont considérées au regard du risque de dégradation ou de dysfonctionnement, à savoir :

- les réseaux d'eaux d'exhaure et les bassins de récupération associés ;
- les réseaux sanitaires ;
- les réseaux d'eau glacée ;
- les réseaux d'eau chaude chauffage ;
- les réseaux d'extinction incendie ;
- les réseaux d'effluents non conventionnels.

4.4.1.3 La vulnérabilité des cibles

Une entrée d'eau dans les installations à la suite d'un des aléas présentés pourrait conduire à une immersion ou une aspersion des cibles de sûreté ou EIP et porterait ainsi atteintes aux fonctions de sûreté et aux fonctions support.

4.4.1.3.1 Les atteintes aux fonctions de sûreté

a) Les fonctions de sûreté

Les fonctions de sûreté à maintenir vis-à-vis des risques d'inondation externe sont présentées ci-dessous :

Le confinement des substances radioactives

Les cibles participant directement à la fonction de confinement des substances radioactives et dont l'aspersion ou l'immersion pourrait entraîner un risque de dissémination de contamination sont les suivantes :

- les emballages de transport (ET) ;
- les colis primaires et les colis de stockage HA et MA-VL ;
- les hottes de transfert des colis de déchets ;
- les filtres de la ventilation nucléaire ;
- les déchets et les effluents induits par l'exploitation.

L'inondation externe peut en effet entrainer la dissémination des substances radioactives présentes notamment sous forme de contamination labile déposée sur les colis ou les équipements les manutentionnant. Il n'est pas identifié de risques de perte de la première barrière de confinement statiques des déchets MA-VL ou HA consécutive à cette agression.

La maîtrise du risque d'exposition aux rayonnements ionisants

Une inondation externe n'a pas de conséquences sur la maîtrise de ce risque qui est ainsi exclu.

La maitrise des risques liés à la production de gaz de radiolyse ou de corrosion

Une inondation externe pourrait porter atteinte aux ventilateurs de soufflage ou d'extraction des alvéoles de stockage MA-VL, ou le système d'inertage des alvéoles HA. L'immersion ou l'aspersion des ventilateurs de soufflage et d'extraction ou des équipements associés au système d'inertage peut conduire à leur dysfonctionnement et entraîner une perte de la maîtrise de ces risques. Il est à noter que la ventilation d'extraction permet d'assurer seule l'évacuation des gaz de radiolyse, dans une situation de fonctionnement dégradé.

La maitrise des risques liés aux dégagements thermiques des colis

Une inondation externe pourrait porter atteinte aux ventilateurs de soufflage ou d'extraction des alvéoles de stockage MA VL. L'immersion ou l'aspersion des ventilateurs de soufflage et d'extraction peut conduire à leur dysfonctionnement et entraîner une perte de la maîtrise de ce risque pour les alvéoles de stockage contenant des déchets MA VL plus exothermiques.

La maîtrise du risque de criticité

L'eau est susceptible de jouer le rôle de modérateur. Cependant, il n'a pas été retenu un mode de contrôle par la modération et les études de criticité ont été menée à l'optimum de modération. Ce risque théorique a par conséquent été exclu par les études de sûreté-criticité (cf. Chapitre 2 du présent volume).

b) Les ouvrages cibles du risque d'inondation externe

Les installations de surface

Les ouvrages abritant des cibles de sûreté et ainsi à protéger vis-à-vis du risque d'inondation externe sont les suivants :

- en zone descenderie :
  - ✓ le bâtiment nucléaire de surface EP1 ;
  - ✓ la tête de descenderie colis ;
  - ✓ la tête de descenderie de service ;
  - ✓ le terminal ferroviaire nucléaire ;
- en zone puits :
  - ✓ les émergences des puits exploitation air frais et air vicié, à savoir l'installation de ventilation d'air frais exploitation (VFE) et l'installation de ventilation d'air vicié exploitation (VVE).

Les liaisons surface-fond et installation souterraine

Les ouvrages assurant des fonctions de sûreté et ainsi à protéger vis-à-vis du risque d'inondation externe sont les suivants :

- la descenderie colis (DC), permettant d'acheminer les hottes contenant les colis à stocker de la surface vers l'installation souterraine (partie Exploitation) ;
- la descenderie de service (DS), permettant l'accès du personnel pour la maintenance, l'évacuation, l'accès des secours ainsi que l'acheminement d'équipements ou de matériaux divers côté exploitation ;
- le puits ventilation air frais exploitation, dédié au transfert du personnel « exploitation » et à l'apport d'air frais (VFE) ;
- le puits ventilation air vicié exploitation, dédié au retour d'air vicié de la zone exploitation (VVE) ;
- les alvéoles de stockage HA de l'installation souterraine.

4.4.1.3.2 Les atteintes des fonctions support

Les fonctions support à maintenir vis-à-vis des risques d'inondation externe sont l'alimentation en énergie, le contrôle commande et la disponibilité des systèmes de lutte contre l'incendie.

Une migration de l'eau d'inondation externe jusque dans les locaux CFO, CFI, de contrôle commande ou dans les ouvrages participant à la lutte contre l'incendie conduirait potentiellement à une perte de l'alimentation ou de la maîtrise du risque incendie par immersion ou aspersion d'équipements.

Les équipements susceptibles d'être la cible d'une immersion ou d'aspersion sont : les armoires électriques situées dans les locaux techniques des installations de surface et de l'installation souterraine, les équipements électriques, les cheminements CFO/CFI/CC et les systèmes de lutte contre l'incendie.

Les ouvrages contribuant au maintien des fonctions support de l'INB Cigéo en zone descenderie et puits et à protéger vis-à-vis du risque d'inondation externe sont :

- la centrale de secours et le poste de distribution 20 kV ;
- le réservoir de fioul pour la centrale de secours 20 kV ;
- le réservoir d'eau d'incendie ;
- le local pomperie incendie ;
- le bâtiment sûreté/sécurité/environnement intégrant notamment le poste de commandement et de coordination.

L'inondation externe ne doit donc pas venir agresser ces ouvrages qui contribuent indirectement au maintien des fonctions de sûreté.

4.4.2 Les risques d'inondation externe en zone descenderie

4.4.2.1 La localisation des cibles

En zone descenderie, le bâtiment nucléaire de surface EP1, la tête de descenderie colis, la tête de descenderie de service et assurent des fonctions de sûreté. Hormis les bâtiments en eux-mêmes, les cibles de sûreté qu'ils abritent sont à protéger du risque d'inondation externe.

Le seul ouvrage de surface pouvant contenir des colis primaires est le bâtiment nucléaire de surface EP1 (y compris la tête de descenderie colis qui fait partie intégrante du bâtiment nucléaire de surface EP1). Les colis transitent ensuite en hotte depuis la TDC jusqu'à l'installation souterraine. Afin d'éviter tout contact d'eaux d'infiltration avec des substances radioactives, les cellules du bâtiment nucléaire de surface EP1 dans lesquelles sont manipulés les colis primaires sont situées en partie centrale des bâtiments et ne comportent pas de parois ou d'ouvertures en contact direct avec l'extérieur. Les plateformes des postes électriques sont implantées à un niveau suffisamment haut pour exclure toute atteinte par les eaux pluviales.

Le terminal ferroviaire nucléaire dessert le hall de réception du bâtiment EP1 et permet l'accueil sur l'INB des emballages de transport, disposés en hauteur et bâchés sur les convois ce qui permet d'exclure le risque d'immersion ou d'aspersion par un fluide.

La tête de descenderie de service qui dessert la descenderie de service, permet la remontée des colis de déchets produits lors de l'exploitation de l'installation souterraine. Les colis sont disposés en hauteur dans un caisson de transport posé sur un véhicule de transport ce qui permet d'exclure le risque d'immersion ou d'aspersion par un fluide.

4.4.2.2 La gestion d'une remontée de la nappe phréatique

Le niveau d'eaux exceptionnelles dans le secteur de la zone descenderie affecté aux ouvrages en lien avec l'alimentation électrique des installations ou en lien avec le réseau incendie du site, en aval du sens d'écoulement hydraulique dans les Calcaires du Barrois, est inférieur à 350 m NGF (cf. Figure 4-5). Ces ouvrages ne sont donc pas impactés par le risque de remontée de la nappe phréatique au vu de leur niveau d'implantation (cf. Tableau 4-20). Concernant le bâtiment sûreté/sécurité/environnement, le dimensionnement des ouvrages prend en compte que le niveau de la nappe phréatique EE est au niveau de la surface (terrain fini), dans une approche majorante.

Les systèmes d'étanchéité et de drainage ainsi que l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe phréatique permettent d'assurer une protection des ouvrages sensibles de la zone descenderie à savoir le bâtiment nucléaire de surface EP1, la tête de descenderie colis, la tête de descenderie de service.

4.4.2.2.1 Les systèmes d'étanchéité et de drainage au droit des ouvrages sensibles

a) Les objectifs des systèmes de drainage et d'étanchéité

Des cibles de sûreté peuvent être présentes au sein des blocs enterrés du bâtiment nucléaire de surface EP1, de la TDS et de la TDC.

Le bâtiment nucléaire de surface, la TDC et la TDS disposent ainsi chacune d'un système d'étanchéité permettant de gérer les venues d'eau au contact des parties enterrées des bâtiments par la mise en place de géomembranes et de systèmes de drainage sous les radiers des bâtiments et contre les voiles périphériques.

Bâtiment nucléaire de surface EP1

Les radiers les plus profonds du bâtiment nucléaire de surface EP1 atteignent localement -11.10 m (346,9 m NGF) pour certains blocs. Le système de drainage et étanchéité des parois enterrées permet d'empêcher l'infiltration d'eaux souterraines dans les niveaux du sous-sol du bâtiment nucléaire de surface EP1 au contact de la nappe.

Les ouvrages situés au niveau 0,00 mètre (358 m NGF) peuvent subir les éventuelles remontées accidentelles de la nappe. Le système de drainage et étanchéité contre les voiles verticaux permet ainsi d'empêcher les infiltrations d'eau souterraine jusqu'au niveau 00 mètre (358 m NGF).

Tête de descenderie colis (TDC)

La Tête de Descenderie Colis est implantée à proximité immédiate du bâtiment nucléaire de surface EP1, mais les accès à cet ouvrage s'effectuent à la cote 364 m NGF.

Le dimensionnement de l'ouvrage dans sa partie enterrée dans les Calcaires du Barrois tient compte d'une nappe affleurante. Le système d'étanchéité et de drainage des parois enterrées et des voiles verticaux permet ainsi de prévenir les entrées d'eau lorsque la nappe phréatique est au contact des ouvrages.

Tête de descenderie service (TDS)

La cote d'accès de la tête de descenderie service est de 356 m NGF. Le dimensionnement de la TDS prend toutefois en compte que le niveau de la nappe phréatique est au niveau de la surface (nappe affleurante). Les parties enterrées de l'ouvrage TDS, sont équipées du système d'étanchéité et de drainage sous radier et contre les voiles verticaux permettant ainsi de prévenir les entrées d'eau lorsque la nappe phréatique est au contact des ouvrages.

b) La description des systèmes de drainage et d'étanchéité du bâtiment nucléaire de surface EP1 et de la tête de descenderie colis

Système d'étanchéité et de drainage des ouvrages enterrées

Le principe du système de drainage et d'étanchéité sous radier consiste en la réalisation d'une structure à double étanchéité composée de trois éléments principaux, de haut vers le bas :

- un 1er dispositif d'étanchéité par géomembrane (DEG) contre la sous-face des radiers ;
- une forme intermédiaire drainante avec des drains collecteurs (dit drainage de confinement) ;
- un 2e dispositif d'étanchéité par géomembrane (DEG) au fond de fouille, qui limite les arrivées d'eau ;
- le principe du système de drainage et d'étanchéité contre les voiles verticaux est constitué du voile vers l'extérieur par les mêmes éléments que ceux décrits pour le système de drainage et d'étanchéité sous radier.

Système d'étanchéité et de drainage des ouvrages au niveau 0,00 mètre

Le système d'étanchéité et de drainage est également mis en place pour les blocs situés au niveau 0,00 mètre. Ce système de drainage et d'étanchéité contre les voiles verticaux est similaire à celui décrit pour les ouvrages enterrés.

Les eaux collectées au niveau des systèmes de drainage sont acheminées, à l'aide de collecteurs principaux (drains), vers des puisards situés dans des regards de visite équipés de pompe de relevage qui assurent l'acheminement de ces eaux vers les réseaux des eaux pluviales.

c) La description des systèmes de drainage et étanchéité de la tête de descenderie service

Les parties enterrées du bâtiment sont équipées d'un dispositif drainant associé à une étanchéité pour canaliser les eaux de pluies absorbées par le merlon qui vient s'appuyer sur les parois du bâtiment.

Les dispositifs mis en place sont les suivants :

- une membrane d'étanchéité au contact du béton du radier ainsi que des voiles périphériques enterrés ;
- une couche de matériau drainant qui va canaliser l'eau du sol.
- des drains qui récupèrent l'eau et l'évacuent vers le réseau d'eau pluviale.

4.4.2.2.2 L'ouvrage complémentaire de protection

L'ouvrage complémentaire de protection contre les remontées de la nappe phréatique est un ouvrage de protection supplémentaire pour les ouvrages sensibles de la zone descenderie (EP1, TDC, TDS et TFN) disposant déjà d'un système de drainage et d'étanchéité.

Ce dispositif permet notamment de protéger le terminal ferroviaire nucléaire et le bâtiment nucléaire de surface EP1 d'une remontée de la nappe phréatique à une altimétrie supérieure ou égale à la côte 358 m NGF qui est le niveau d'eau de référence considéré au droit du bâtiment de surface EP1. Cette altimétrie correspond au niveau de la nappe affleurant la surface au droit de l'accès du hall de déchargement du bâtiment nucléaire de surface EP1.

L'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe phréatique est « ancré » dans la couche imperméable située sous les calcaires du Barrois. Il présente une profondeur moyenne d'environ 18 mètres.

Le principe retenu à ce stade des études est robuste et passif vis-à-vis du rabattement de la nappe.

Afin de réduire le rabattement de la nappe occasionné en aval hydraulique de cet ouvrage, des drains de gestion des eaux souterraines y sont associés pour permettre leur réinfiltration dans le milieu naturel. Ils sont composés des éléments suivants :

- des drains de rabattement extérieurs. Ils permettent :
  - ✓ de canaliser et de réorienter les eaux pour une ré infiltration en aval des ouvrages à protéger ;
  - ✓ de limiter l'effet barrage engendrée par l'ouvrage de protection contre les remontées de nappe phréatique ;
- des drains intérieurs permettant de gérer les eaux météoriques qui s'infiltrent dans le périmètre de l'ouvrage ainsi que les eaux issues de la porosité de ses parements ;
- des tranchées drainantes de diffusion permettant la ré infiltration de l'intégralité des eaux drainées à l'extérieur et à l'intérieur de l'ouvrage dans l'aquifère tout en respectant les bassins versants de l'Orge et de La Bureau.

Des piézomètres permettent de surveiller le niveau de la nappe au niveau de l'ouvrage.

4.4.2.3 La gestion des eaux pluviales

4.4.2.3.1 La restriction de la capacité d'infiltration des eaux pluviales dans les ouvrages sensibles

Les eaux pluviales sont les eaux collectées des surfaces imperméabilisées : voiries, parkings, voies piétonnes et toits des bâtiments.

Les dispositions et aménagements réalisés afin de prévenir l'infiltration des eaux pluviales dans les ouvrages sensibles de la zone descenderie reposent sur :

- la capacité d'absorption des avaloirs ;
- la capacité de transport des réseaux de collecte des eaux pluviales ;
- l'imperméabilisation des surfaces (voiries, couche d'argile épaisse) ;
- une diminution du contact des eaux pluviales avec les surfaces perméables :
  - ✓ nivellement des espaces verts en surface pour favoriser les écoulements vers l'extérieur du périmètre de l'ouvrage de protection contre les remontées de nappe phréatique ;
  - ✓ pentes des voies piétonnes orientées vers les voiries où des avaloirs assurent la collecte des eaux de ruissellement.

4.4.2.3.2 L'évacuation des eaux pluviales

a) La gestion des eaux de ruissellement

<u>Dimensionnement du réseau d'évacuation des eaux pluviales</u>

La zone descenderie dispose d'un réseau d'eau pluviale dimensionné sur la base de la pluie de référence (cf. Chapitre 4.4.1.2.1 du présent document). Le dimensionnement est réalisé selon deux étapes :

- un prédimensionnement des réseaux de collecte des eaux pluviales est d'abord effectué pour orienter les choix généraux de conception des réseaux (emplacement, géométrie et topographie des réseaux, contraintes de recouvrement...) ;
- une modélisation est ensuite réalisée pour valider et optimiser si nécessaire les choix du prédimensionnement de façon à respecter les critères finaux de dimensionnement.

Le prédimensionnement d'un réseau s'effectue en recherchant au niveau de chacun des nœuds du réseau l'égalité entre les deux termes suivants :

- débit hydrologique : Il s'agit de la valeur du débit à l'exutoire du bassin versant, au droit du nœud de dimensionnement. Ce débit est calculé selon le formalisme de Caquot. Cette méthode permet le calcul du débit de pointe d'un réseau canalisé à partir du temps de concentration au sens de Caquot, des paramètres d'abattement spéciale de pluie traduisant la non-conformité de la pluie au sein du bassin versant et des paramètres pluviométriques de Montana ;
- débit de la canalisation ou du fossé : Il s'agit de la valeur du débit transportable par le fossé ou la canalisation. La capacité hydraulique des réseaux est déterminée selon la loi de Manning-Strickler classique permettant le calcul d'un débit hydraulique sous hypothèse de régime uniforme et pour une canalisation ou un fossé donné.

La modélisation numérique des réseaux, quant à elle, est réalisée suivant les trois grandes étapes suivantes :

- conception des pluies de projet : il s'agit de pluies de projets double-triangulaire, de durée intense variable (entre six minutes et le temps de concentration à l'exutoire du réseau modélisé) déterminée sur la base d'un ajustement majorant de Montana des données de cumuls de hauteur de pluies issus de la borne supérieure de l'intervalle de confiance à 95 % des données médianes (cf. Chapitre 4.4.1.2.1 du présent volume) ;

- modélisation hydrologique des bassins versants interceptés par le réseau (transformation pluie/débit sur les bassins versants) : le modèle « pluie-débit » utilisé pour obtenir les hydrogrammes aux exutoires des différents sous-bassins versants élémentaires, est celui du réservoir linéaire ;
- modélisation hydraulique des réseaux (écoulement dans le réseau). Les débits produits par chaque sous-bassin versant élémentaire sont ainsi injectés dans le regard « absorbant » associé. À partir de ces débits injectés, les écoulements dans les réseaux sont modélisés par un système d'équation de type Barré de Saint Venant qui « modélise » les phénomènes hydrauliques en réseau.

Description du réseau d'évacuation des eaux pluviales

Ce réseau est constitué de l'ensemble des éléments permettant la collecte et l'acheminement des eaux pluviales. Le réseau principal est constitué de conduites enterrées, pour reprendre l'ensemble des eaux des sous-réseaux, il est équipé de regards à grilles (collecte des eaux), de regards tampons permettant la régularisation des pentes (maximale et minimale) des canalisations, de regards visitables assurant le contrôle et la maintenance des réseaux.

La surface cumulée des ouvertures garanti une capacité d'avalement largement suffisante pour les ruissellements et des pentes sont imposées pour favoriser les écoulements.

Ces réseaux de collecte des eaux pluviales sont raccordés à plusieurs bassins en contrebas. L'écoulement des eaux pluviales vers ces bassins qualitatifs et quantitatifs, dimensionnés pour ces derniers pour une pluie centennale, est gravitaire. Le rejet des eaux pluviales est régulé vers la Bureau pour les eaux pluviales « Nord », et vers l'Orge pour les eaux pluviales « Sud ».

Le terminal ferroviaire nucléaire dispose également de deux bassins de rétention dimensionnés pour collecter les 11 premiers millimètres des eaux pluviales cumulés aux potentielles eaux d'extinction incendie. Pour les deux bassins, un contrôle radiologique est effectué avant leur rejet dans les bassins qualitatifs.

Un drainage extérieur constitué d'un matériau drainant, équipé à sa base de drains collecteurs est également mis en place au niveau de l'ouvrage EP1. Ce drainage extérieur est dimensionné pour collecter les infiltrations d'eaux pluviales au niveau de l'impluvium lié à EP1 et le débit de fuite de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe phréatique. Ce dernier est faible au regard du volume des eaux pluviales infiltrées.

b) La gestion des eaux pluviales en toiture

Le réseau de descente des eaux pluviales en toiture est également dimensionné pour la pluie projet (cf. Chapitre 4.4.1.2.1 du présent volume) afin que les eaux pluviales ne s'accumulent pas sur les toitures des bâtiments. Les systèmes de gouttière des bâtiments sont ainsi dimensionnés pour évacuer un débit d'eau correspondant à l'intensité maximale de la pluie de référence.

Les eaux pluviales collectées sur les toitures des bâtiments sont acheminées par des gouttières vers des regards situés à leurs pieds de chute. Ainsi, en cas d'événement pluvieux intense, il n'y a pas d'accumulation d'eau sur le toit des bâtiments et la totalité des volumes générés est évacuée par le réseau des eaux pluviales.

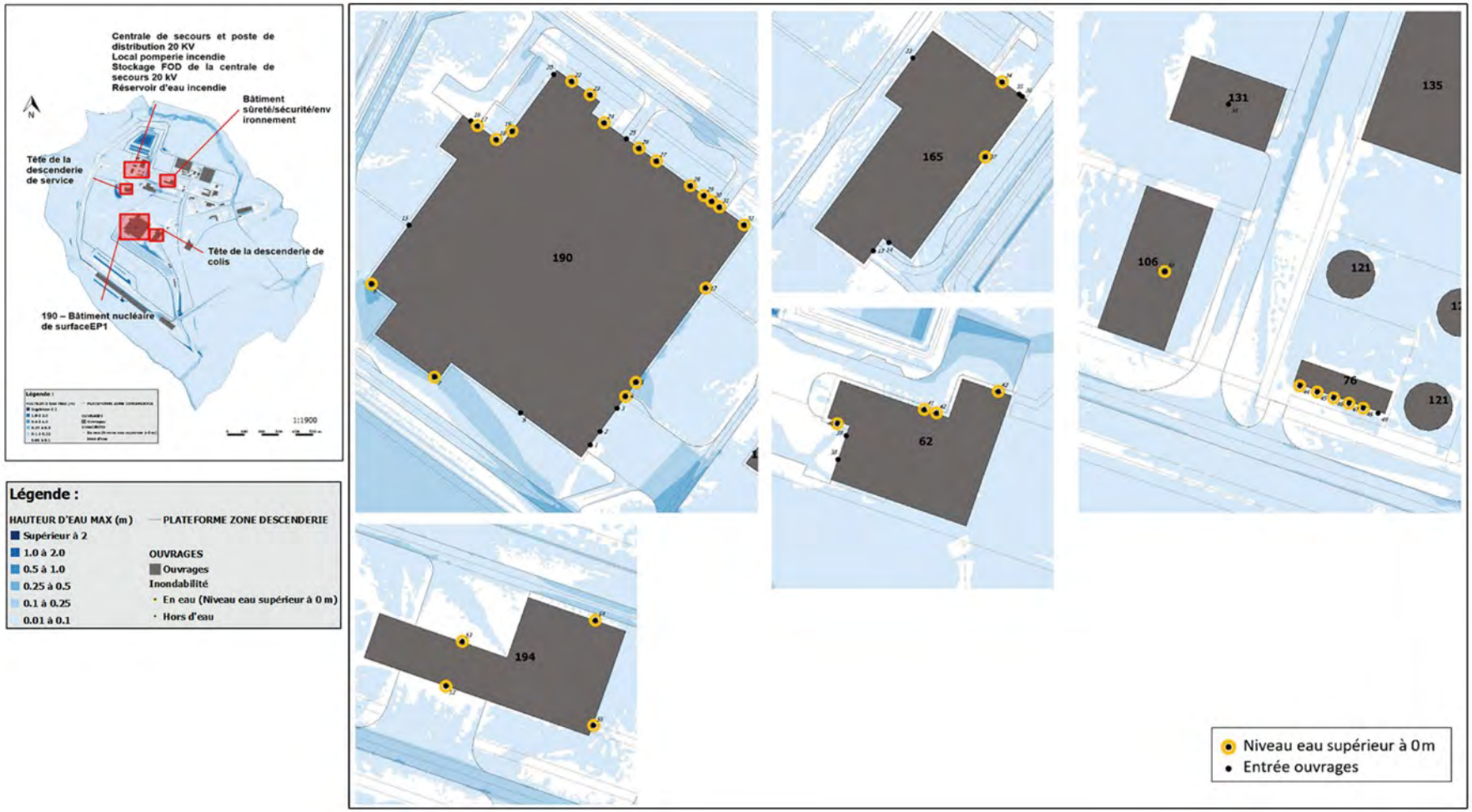
Certains bâtiments comportent plusieurs ouvertures (édicules de ventilation, émissaire) en toiture qui constituent des points potentiels d'entrée d'eaux pluviales dans les ouvrages. Pour parer aux intrusions d'eaux pluviales, les édicules de ventilation sont équipés de chapeaux ou de grilles pare pluie et disposent d'un volume de rétention. Leur contenance est supérieure aux quantités d'eaux de pluie qui pourraient être collectées par ces ouvertures durant un épisode pluvieux intense. Concernant l'émissaire de rejet du bâtiment nucléaire de surface EP1, il ne comporte pas de chapeau mais dispose d'une capacité de rétention d'une contenance très grande devant la quantité d'eaux pluviales pouvant s'accumuler.

4.4.2.3.3 Le scénario d'indisponibilité des réseaux des eaux pluviales

Conformément aux préconisations du guide n° 13 de l'ASN (51), le scénario consiste à analyser l'impact d'une pluie de référence (pluie centennale) en faisant l'hypothèse que le réseau d'eaux pluviales est totalement dysfonctionnel.

Les niveaux d'eaux autour d'EP1 et de la tête de descenderie colis (TDC) sont inférieurs aux niveaux des accès ferroviaires et routiers d'entrée dans ces ouvrages ou tout au plus d'une hauteur d'eau maximale de 22 cm pour une des issues de secours (cf. Figure 4-7).

L'étanchéité des portes donnant directement sur l'extérieur est au minimum 3A (norme NF 12208). En outre, les accès aux bâtiments disposent de caniveaux et de seuils pour prévenir les intrusions d'eau dans les installations. Les issues de secours ou les accès de maintenance pouvant présenter un risque d'entrée d'eau sont pourvues de légères pentes ou de seuils de porte permettant de justifier une absence d'infiltration des eaux pluviales dans ces deux bâtiments.



CG-TE-D-MGE-AMOA-DRD-0000-22-0138-A

Figure 4-7 Illustration de la cartographies des hauteurs d'eau estimées au droit des bâtiments de la zone descenderie de l'INB Cigéo en scénario d'indisponibilité des réseaux des eaux pluviales

Concernant les accès ferroviaires aux halls, la migration d'eau vers l'intérieur des bâtiments ne peut intervenir que *via* les réservations dans le génie civil pour le passage des rails, implantés à un niveau inférieur à la hauteur d'eau maximum au droit de ces accès. Des dispositifs d'étanchéité consistant à implanter au droit des ouvrants un joint dans la réservation effectuée dans le génie civil pour le passage des rails sont mis en place pour prévenir tout entrée d'eau. Ces joints sont complétés sur chaque côté de la réservation par une double rampe afin de circonscrire l'éventuelle présence d'eau. En outre, même en cas de dégradation locale des joints par le passage des roues des convois, le volume de la réservation est suffisant pour contenir l'eau qui pourrait s'infiltrer.

Par ailleurs, les cibles de sûreté et les EIP (identifiés au chapitre 13 du présent volume) sensibles à une inondation externe sont implantés à un niveau suffisamment haut pour exclure toute atteinte par les eaux pluviales.

Concernant la tête de descenderie de service, les accès camion ne présentent pas de risque d'accumulation d'eau pluviale au niveau de leur entrée. Les niveaux d'eaux atteints au niveau des ouvrants sont d'ordre centimétrique et sont gérés par l'ajout de légères pentes ou de seuils de porte permettant de justifier une absence d'infiltration des eaux pluviales dans la tête de descenderie de service.

Concernant la centrale de secours 20 kV et les locaux de pomperie incendie, les accès piétons peuvent présenter des hauteurs d'eau maximales en quelques points d'une dizaine de centimètres. Pour prévenir tout risque d'entrée d'eau, ces accès sont pourvus de légères pentes ou de seuils de porte permettant de justifier une absence d'infiltration des eaux pluviales.

4.4.2.3.4 Le scénario d'indisponibilité des descentes d'eaux pluviales des toitures

En cas d'indisponibilité des descentes d'eaux pluviales des toitures, l'eau va s'accumuler au niveau des boîtes à eaux et conduire à une montée du niveau d'eau sur les toitures. La charge d'exploitation prévue pour les bâtiments de surface est de 200 kg/m² ce qui correspond à la charge d'une hauteur d'eau de 20 cm.

Pour prévenir toute accumulation excessive, les boîtes à eau des descentes d'eaux pluviales sont équipées de surverses qui permettent de déverser par trop plein l'eau de pluie qui ne peut plus s'évacuer par les descentes bouchées. Ces surverses sont dimensionnées pour pouvoir évacuer les débits d'eau générés par la pluie de référence. Il n'y a donc pas de risque d'atteindre un niveau de chargement qui pourrait conduire à l'effondrement des toitures des bâtiments. Les hauteurs d'eau atteintes sur les toitures des bâtiments ne sont pas de nature à conduire à un endommagement des toits.

4.4.2.4 La dégradation ou le dysfonctionnement des ouvrages, des circuits ou des équipements

4.4.2.4.1 Les ouvrages sources d'agression potentielle

Les ouvrages sources d'agression potentielle sur les bassins versants nord et sud de la zone descenderie sont éloignés des ouvrages sensibles et globalement implantés à des altimétries bien plus faibles que celles de ces ouvrages.

Les seuls ouvrages pouvant présenter un risque sont le bassin des eaux de fond situé à proximité de la Tête de descenderie de service et le réservoir situé en tête du réseau d'eau potable. Ces ouvrages sont à des altimétries de 356 m NGF pour le bassin de décantation des eaux de fond et de 359 m NGF pour le réservoir d'eau potable. Néanmoins, la conception du bassin des eaux de fond et la capacité de collecte du réseau des eaux pluviales pour le réservoir d'eau potable permettent d'exclure toute atteinte à des fonctions supports des installations nucléaires.

a) Le bassin de décantation des eaux de fond

Le niveau d'eau maximum du bassin de décantation des eaux de fond est inférieur au niveau de la plateforme de la tête de descenderie de service.

Par ailleurs, le bassin de décantation est équipé de pompes permettant d'évacuer les eaux surnageantes et d'éviter tout débordement. Il y a une pompe de vidange normale et une pompe de vidange totale prévue pour réaliser une vidange complète du bassin. En cas de panne de la pompe de vidange normale du bassin, l'eau se déverse par trop plein vers la pompe de vidange totale du bassin qui peut prendre le relais (sur détection du niveau d'eau). En cas d'indisponibilité du système de pompage, le pompage des eaux d'exhaure depuis le fond vers la surface est stoppé pour éviter le débordement du bassin. Ce bassin ne sera donc pas agresseur de la tête de descenderie de service.

b) Le réservoir d'eau potable

L'ouvrage le plus proche de ce réservoir est la sous-station HTA BT desservant l'alimentation électrique des utilités de la zone descenderie. Un collecteur d'eau pluviale ne reprenant que les écoulements de la voirie située à proximité, est présent avec un débit capable de 1 300 m^3/h. La capacité des pompes du réservoir d'eau potable étant de 280 m^3/h au maximum, le réseau de collecte des eaux pluviales de la voirie est en mesure d'absorber une rupture du réseau d'eau potable. En outre, le fonctionnement de la sous-station HTA BT des Utilités n'est pas critique pour la sûreté des installations nucléaires.

4.4.2.4.2 Les canalisations sources d'agression potentielle

La justification d'une absence d'inondation externe induite par une dégradation ou un dysfonctionnement de circuits ou d'équipements des réseaux fluides sous pression s'appuie sur les argumentaires suivants :

- les réseaux d'eau glacée (EGL) ou d'eau chaude chauffage (ECC) sont bouclés et fermés. Des vannes de sectionnement automatiques sont installées sur ces réseaux de sorte à circonscrire une fuite immédiatement après sa détection. Le tronçon défectueux pourrait alors être isolé tout en maintenant la fonction de refroidissement ou de chauffage aux installations. Les eaux issues de la fuite seraient reprises par le réseau des eaux pluviales et collectées dans le bassin qualitatif pour traitement éventuel. Les volumes d'eau déversés sur les plateformes seraient bien inférieurs à ceux induits par la pluie projet. Une fuite sur ces réseaux ne conduirait donc pas à un risque d'infiltration d'eau dans les ouvrages sensibles présents à proximité ;
- les réseaux d'eau potable (EPO) et d'eau recyclée (ERC) cheminement le long des voiries. En cas de fuite d'une canalisation enveloppe (prise en compte d'un débit de fuite sur une canalisation d'eau potable en ZD), cette eau serait rapidement absorbée par le réseau des eaux pluviales. Une fuite sur ces réseaux ne conduirait donc pas à un risque d'infiltration d'eau dans les ouvrages sensibles présents à proximité ;
- concernant les réseaux d'eau extinction incendie (ESI), le débit maximum en zone descenderie est de 452 m^3/h. Un collecteur d'eau pluviale avec une pente de 2,4 % passe à proximité des centrales de secours et un collecteur d'eau pluviale avec une pente de 0,8 % passe à proximité du local pomperie incendie. Selon le plan du réseau d'eau pluvial, la capacité d'absorption du collecteur le plus défavorable est celle du collecteur situé à proximité de la centrale de secours 20 kV de 720 m^3/h. Le réseau de collecte des eaux pluviales de la voirie en zone descenderie est donc en mesure d'absorber une rupture du réseau d'eau extinction incendie.

4.4.3 Les risques d'inondation externe en zone puits

4.4.3.1 La localisation des cibles

Les ouvrages sensibles sont situés au sud de la zone puits.

Les cibles de l'émergence du puits air frais exploitation pouvant être impactées et à protéger sont :

- le chevalement situé au-dessus du puits d'air frais : de l'eau pourrait atteindre les installations du fond en y pénétrant ;
- l'usine de ventilation : abritant les ventilateurs de soufflage ainsi que les prises d'air. La perte du bâtiment et de ses équipements empêcherait l'apport d'air frais ;
- les composants de la ventilation pouvant être impactés sont les équipements de ventilation et équipements électriques (CFO/CFI) associés.

Les cibles de l'émergence du puits air vicié exploitation pouvant être impactés et à protéger sont :

- la tête de puits : de l'eau pourrait atteindre les installations du fond en y pénétrant ;
- l'usine de ventilation abritant les ventilateurs d'extraction, leurs équipements et les alimentations électriques associés. La perte du bâtiment et de ses équipements empêcherait l'extraction de l'air vicié ;
- la cheminée de rejet : l'air vicié est rejeté *via* la cheminée et de l'eau pourrait s'y infiltrer et atteindre les ventilateurs. Les composants de la ventilation pouvant être impactées sont les équipements de ventilation et équipements électriques (CFO/CFI) associés.

La surélévation des ventilateurs de soufflage, des ventilateurs d'extraction et des équipements électriques assurent leur protection en cas d'entrée d'eau dans les bâtiments (cf. Chapitre 3.9 du présent volume).

4.4.3.2 La gestion d'une remontée de la nappe phréatique

Afin de pallier les infiltrations d'eau dans les parties enterrées des bâtiments de surface, des dispositifs d'étanchéité sont mis en place au droit des ouvrages. La nappe phréatique est considérée affleurante ce qui implique une présence d'eau permanente au contact des parois. Une membrane d'étanchéité est mise en place sous le radier et les parois enterrées pour empêcher les infiltrations d'eau. Cette membrane d'étanchéité est une géomembrane en PVC-P munis de pipettes d'injection.

4.4.3.2.1 Les puits exploitation

L'ensemble des parties enterrées de l'usine de ventilation et du carneau des puits VFE et VVE sont munies d'une membrane d'étanchéité. L'interface avec le puits VVE et VFE se fait sur la partie horizontale du carneau. L'étanchéité du puits prend ensuite le relais pour le puits VVE tandis qu'un système de drainage des eaux d'exhaure est mis en place pour le puits VFE.

4.4.3.2.2 Les ouvrages assurant des fonctions supports

La centrale de secours, le poste de distribution 20 kV et le réservoir de fioul pour la centrale de secours prennent en compte dans leur dimensionnement la présence d'une nappe phréatique affleurante. Leurs parois enterrées sont ainsi recouvertes d'une membrane d'étanchéité.

Concernant les réservoirs incendie et les fosses contenant les cuves (fioul), ils sont enterrés et étanches pour prévenir les risques d'infiltration d'eau.

4.4.3.3 La gestion des eaux pluviales

4.4.3.3.1 La restriction de la capacité d'infiltration des eaux pluviales

Les eaux pluviales sont les eaux collectées des surfaces imperméabilisées : voiries, parking, voies piétonnes et toits des bâtiments.

Les dispositions et aménagements réalisés afin de prévenir l'infiltration des eaux pluviales dans les ouvrages sensibles de la zone puits reposent sur :

- la capacité d'absorption des avaloirs ;
- la capacité de transport des réseaux de collecte des eaux pluviales ;
- l'imperméabilisation des surfaces (voiries, couche d'argile épaisse) ;
- une diminution du contact des eaux pluviales avec les surfaces perméables avec le nivellement des plateformes.

4.4.3.3.2 L'évacuation des eaux pluviales

a) La gestion des eaux de ruissellement

Débits de ruissellement

La méthodologie de calcul des débits de ruissellement est similaire à la zone descenderie (cf. Chapitre 4.4.2.3 du présent volume). La zone puits dispose ainsi d'un réseau d'eau pluviale dimensionné sur la base de la pluie de référence.

Description du réseau d'évacuation des eaux pluviales

Le réseau principal est constitué de conduites enterrées, pour reprendre l'ensemble des eaux des sous-réseaux. Il est équipé de regards à grilles (collecte des eaux), de regards tampons permettant la régularisation des pentes (maximale et minimale) des canalisations, de regards visitables assurant le contrôle et la maintenance des réseaux. Le nivellement de plateforme permet un écoulement gravitaire des eaux de ruissellement vers les exutoires (avaloirs) aux limites des plateformes.

Les eaux pluviales s'écoulent gravitairement jusqu'aux bassins de rétention étanches. Ces bassins qualitatifs et quantitatifs sont dimensionnés pour une pluie centennale. Selon la période de retour des pluies, le fonctionnement de ces bassins est adapté. Ces bassins assurent ainsi un rejet contrôlé dans les cours d'eau.

b) La gestion des eaux pluviales en toiture

Le réseau de descente des eaux pluviales en toiture est également dimensionné pour la pluie projet (cf. Chapitre 4.4.1.2.1 du présent volume) afin que les eaux pluviales ne s'accumulent pas sur les toitures des bâtiments. Les systèmes de gouttière des bâtiments sont ainsi dimensionnés pour pouvoir évacuer un débit d'eau correspondant à l'intensité maximale de la pluie de référence.

Chaque bâtiment est équipé de gouttières permettant d'évacuer les eaux de pluies accumulées sur les toitures vers des regards rejoignant le réseau principal. Elles sont composées d'une traversée percée dans l'acrotère, d'une boîte à eau en sortie de la traversée et fixée sur le voile des bâtiments, d'une descente verticale implantée sous la boite à eau et connectée au pied du bâtiment au réseau d'eau pluviale de la plateforme. Ainsi, en cas d'événement pluvieux intense, il n'y a pas d'accumulation d'eau sur le toit des bâtiments et la totalité des volumes généré est évacué par le réseau des eaux pluviales.

La cheminée de l'émissaire de rejets en toiture du puits VVE constitue un point d'entrée d'eau pluviale dans l'ouvrage. Néanmoins, elle dispose d'une capacité de rétention d'une contenance très grande devant la quantité d'eaux pluviales pouvant s'accumuler en pied de cheminée.

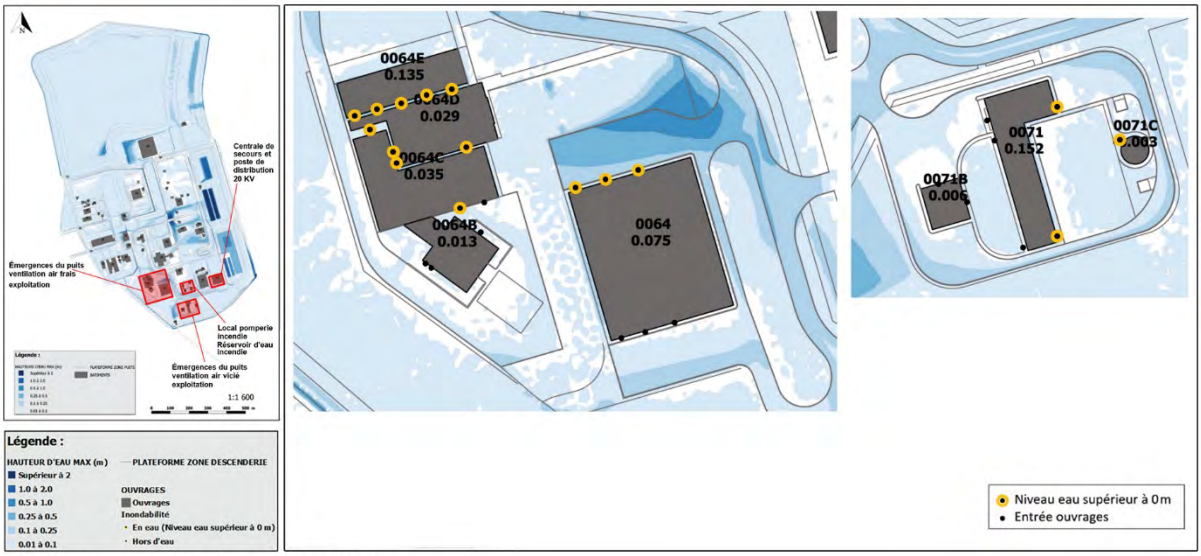
4.4.3.3.3 Le scénario d'indisponibilité des réseaux des eaux pluviales

Le scénario consiste à analyser l'impact d'une pluie de référence (pluie centennale) en faisant l'hypothèse que le réseau d'eaux pluviales est totalement dysfonctionnel.

Les niveaux d'eaux atteints autour des ouvrages de la zone d'exploitation de la zone puits sont d'ordre centimétrique et sont donc gérés par l'ajout de légères pentes ou de seuils de porte permettant de justifier une absence d'infiltration des eaux pluviales dans les différents ouvrages (cf. Figure 4-8).

En effet, les parois des bâtiments de surface sont percées par des ouvrants par lesquels l'eau peut pénétrer dans les bâtiments. Pour prévenir les risques d'entrée d'eau pluviales par les ouvrants de la tête de puits, des usines de ventilation, de la lampisterie ou de la cheminée, leurs seuils sont surélevés par rapport au niveau de la plateforme.

L'étanchéité des portes donnant directement sur l'extérieur est au minimum 3A (norme NF 12208). Concernant l'accumulation d'eaux pluviales en périphérie des bâtiments en cas d'indisponibilité du réseau d'évacuation, les issues de secours ainsi que les accès de maintenance dont la hauteur est inférieure à 3 cm disposent d'une surélévation locale en béton. Pour les accès de maintenance dont la hauteur est supérieure, une barre de seuil est mise en œuvre à demeure, complétée ponctuellement par de pentes amovibles pour le passage de chariots.



CG-TE-D-MGE-AMOA-DRD-0000-22-0142-A

Figure 4-8 Illustration de la cartographie des hauteurs d'eau estimées dans la zone exploitation de la zone puits en scénario d'indisponibilité des réseaux des eaux pluviales En cas d'obstruction des réseaux d'évacuation des eaux pluviales, les hauteurs d'eau observables à proximité de la centrale de secours, du poste de distribution 20 kV ainsi que du réservoir de fioul pour la centrale de secours 20 kV, sont faibles et ne sont pas de nature à présenter un risque d'endommagement.

Les plateformes des postes électriques sont implantées à un niveau suffisamment haut pour exclure toute atteinte par les eaux pluviales.

4.4.3.3.4 Le scénario d'indisponibilité des descentes d'eaux pluviales des toitures

En cas de bouchage du réseau et donc d'indisponibilité l'ensemble des descentes d'eaux pluviales de la toiture, l'eau va s'accumuler au niveau des boîtes à eaux et conduire à une montée du niveau d'eau sur les toitures. La charge d'exploitation prévue pour les bâtiments de surface est de 200 kg/m² ce qui correspond à la charge d'une hauteur d'eau de 20 cm.

Pour prévenir toute accumulation excessive, les boîtes à eau des descentes d'eaux pluviales sont équipées de surverses qui permettent de déverser par trop plein l'eau de pluie qui ne peut plus s'évacuer

par les descentes bouchées. Ces surverses sont dimensionnées pour pouvoir évacuer les débits d'eau générés par la pluie de référence. Il n'y a donc pas de risque d'atteindre un niveau de chargement qui pourrait conduire à l'effondrement des toitures des bâtiments.

4.4.3.4 La dégradation ou le dysfonctionnement des ouvrages, des circuits ou des équipements

4.4.3.4.1 Les ouvrages sources d'agression potentielle

Les ouvrages sources d'agression potentielle en zone puits sont éloignés des ouvrages sensibles et implantés à des altimétries bien plus faibles que celles de ces ouvrages. En outre, la topographie du terrain conduit naturellement, en cas de débordement, à un écoulement en direction des différents bassins permettant d'exclure tout risque d'agression des ouvrages sensibles.

La station d'épuration de traitement des eaux usées est située légèrement au-dessus de la centrale de secours. Son plus gros volume d'eau est une bâche tampon de 23 m^3. Le sens de la pente entre ces deux ouvrages écarte l'eau de la centrale de secours. Son agression est donc considérée comme exclue.

4.4.3.4.2 Les canalisations sources d'agressions potentielles

La justification d'une absence d'inondation externe induite par une dégradation ou un dysfonctionnement de circuits ou d'équipements des fluides sous pression s'appuie sur les argumentaires présentés pour la zone descenderie (cf. Chapitre 4.4.2 du présent volume), concernant les réseaux d'eau glacée (EGL), les réseaux d'eau chaude chauffage (ECC), les réseaux d'eau potable (EPO) et d'eau recyclée (ERC).

Concernant, l'eau extinction incendie, en zone puits, le débit maximum du réseau ESI est de 144 m^3/h. Selon le plan du réseau d'eau pluviale, sa capacité d'absorption est de 3 200 m^3/h. Le réseau de collecte des eaux pluviales de la voirie en zone puits est donc en mesure d'absorber une rupture du réseau d'eau extinction incendie.

4.4.4 Les risques d'inondation externe dans les liaisons surface-fond et les alvéoles HA

4.4.4.1 La localisation des cibles

Les infiltrations non contrôlées d'eau au niveau des liaisons surface-fond de la zone exploitation et des alvéoles de stockage HA, peuvent être agresseurs des colis de stockage.

Les colis de stockage transitent en hotte depuis la tête de descenderie colis jusqu'à l'installation souterraine *via* la descenderie colis. Les cibles de sûreté à protéger sont les colis de stockage lors de leur transfert dans l'installation souterraine et leur stockage en alvéoles HA et MA-VL.

Le principe de séparation entre les zones travaux et exploitation de l'installation souterraine, *via* des sas permet une gestion indépendante de ces deux zones et assure la protection de la zone exploitation en cas de fonctionnement anormal en zone travaux. En effet, les sas assurent, en fonctionnement normal, une séparation physique infranchissable, une séparation des moyens matériels des équipes intervenantes, une séparation des réseaux fluides et réseaux électriques.

4.4.4.2 La gestion des eaux d'exhaure

Les entrées d'eau d'origine externe ne peuvent pas être exclues en fonctionnement normal (eaux d'exhaure), des dispositions spécifiques doivent être mises en œuvre pour en assurer la gestion (collecte, évacuation) sans qu'elles puissent porter atteintes aux cibles de sûreté présentes.

4.4.4.2.1 La zone exploitation

a) La collecte des eaux d'exhaure dans les descenderies

L'étanchéité des ouvrages enterrées dans les Calcaires du Barrois, à l'amorce des descenderies, est assurée par leur revêtement. Les têtes de descenderie colis et de services disposent chacune d'un système d'étanchéité permettant de gérer les venues d'eau dans les parties enterrées des bâtiments par la mise en place de géomembranes et de drainages sous les radiers et autour des faux-tunnels jusqu'aux marnes étanches du Kimméridgien.

Au-delà des marnes du Kimméridgien, un système de drainage, constitué d'un massif de gravier drainant à l'extrados des voussoirs en béton des descenderies, est mis en place dans l'Oxfordien Calcaire.

Pour gérer la pression hydrostatique (cf. Chapitre 4.4.1.2.3 du présent volume) s'exerçant sur les parois des descenderies lors de la traversée des couches géologiques hors Cox, des orifices sont réalisés en partie inférieure de galerie pour permettre de casser la pression et diriger les eaux d'exhaure vers un caniveau central intégré dans le radier des descenderies. Ce système de drainage permet la collecte des eaux d'exhaure dans des bassins de rétention de la recoupe albraque situés en pied de descenderies. L'étanchéité des descenderies est rétablie à l'arrivée dans le Cox.

Les bulbes d'étanchéité mis en place à la transition calcaire du Barrois/Kimméridgien et à la transition Oxfordien calcaire/Cox sont formés par injection de résine ou de coulis bentonitique. Le contrôle du débit de contournement des bulbes d'étanchéité est réalisé *via* la mise en œuvre de drains de mesure et de caniveau sous le bulbe d'étanchéité.

L'écoulement des eaux d'exhaure, des caniveaux jusqu'aux bassins de la recoupe albraque, s'effectue de manière purement gravitaire.

b) La collecte des eaux d'exhaure dans les puits d'exploitation

Puits VFE

Un système de captation des eaux d'exhaure est mis en place compte tenu d'une conception non parfaitement étanche du puits VFE entre les deux bouchons d'étanchéité : du toit des marnes du Kimméridgien au mur des calcaires de l'Oxfordien. Ce bouchon est constitué d'un noyau confiné par deux massifs en béton intégralement positionné dans le Kimméridgien. Le noyau est en argilite ou en bentonite-ciment, ou tout autre matériau donnant une perméabilité à saturation de 10^{-7} m/s. Ce système de captation des eaux d'exhaure permet de résister à la pression hydrostatique (cf. Chapitre 4.4.1.2.3 du présent volume). Dans les Calcaires du Barrois et dans le Cox, l'étanchéité est réalisée au moyen d'une virole mécanique.

Au vu de la conception du revêtement retenu non parfaitement étanche, il est prévu des infiltrations d'eau à travers le revêtement, et plus particulièrement au niveau des reprises de bétonnage qui créent des chemins préférentiels. Au niveau de ces reprises, il est prévu d'inclure des gouttières périphériques pour collecter l'eau. Ces gouttières sont légèrement inclinées vers un point bas, permettant de diriger l'écoulement vers des tuyaux d'évacuation verticaux noyés dans le béton de revêtement ou fixé au parement.

Toutes les gouttières sont ainsi connectées les unes aux autres. Juste avant le bulbe d'étanchéité au toit du Cox, les descentes sont ramenées en paroi et descendent jusqu'au fond du puits. Les gouttières de contrôle des débits de contournement des bulbes à la base des Calcaires du Barrois et des calcaires de l'Oxfordien sont reliées à ces descentes.

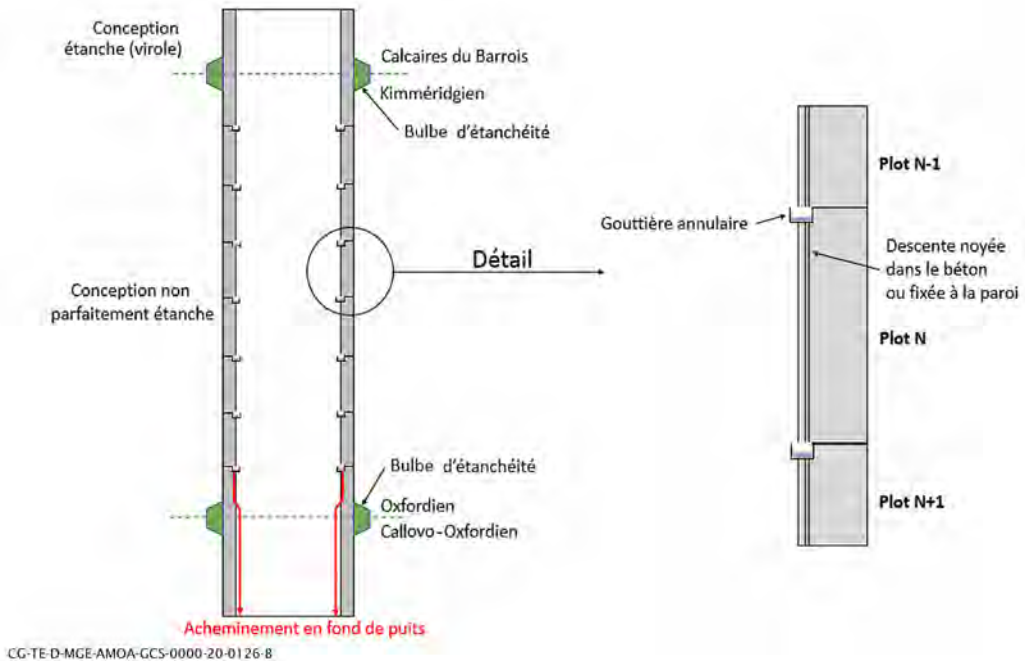


Figure 4-9 Schéma de principe de la collecte des eaux d'infiltration dans le puits VFE

Les eaux d'exhaure du puits VFE sont collectées et transférées vers le bassin de la recoupe albraque en cours de remplissage de manière continue et quasi-gravitaire.

Puits VVE

Dans le cas du puits VVE hors Cox à court terme, des saignées périphériques sont laissées entre chaque plot de bétonnage afin de limiter la pression d'eau s'exerçant sur le revêtement. Le revêtement est donc drainant à court terme, puis étanche à long terme. L'étanchéité est réalisée au moyen d'une virole mécanique positionnée tout le long du puits.

c) Le relevage des eaux d'exhaure vers la surface

Le relevage des eaux d'exhaure est réalisé en deux étapes :

- brassage des eaux d'exhaure dans le bassin en service ;
- relevage des eaux d'exhaure vers le bassin de décantation en surface.

La circulation des eaux d'exhaure pour chaque étape est assurée par une pompe (redondée en cas de dysfonctionnement). Les pompes de brassage sont des pompes immergées assurant le brassage de leur bassin et le gavage des pompes de relevage vers la surface. Les pompes de relevage assurent la circulation des eaux d'exhaure jusqu'au bassin de décantation en surface.

d) La collecte et relevage des eaux d'exhaure provenant des alvéoles HA

La collecte des eaux d'exhaure des alvéoles HA est réalisée au moyen d'un réseau gravitaire cheminant dans la galerie d'accès (point bas vers la galerie avec une pente d'environ 2 %) et reliant les têtes des alvéoles HA d'un même tronçon à un collecteur, d'un volume suffisant pour limiter sa fréquence de dépotage. Ils sont revêtus d'un chemisage métallique.

Ces eaux sont ensuite dépotées par un camion-citerne, remontées par la descenderie service puis acheminées jusqu'au local dédié du bâtiment nucléaire de surface EP1.

4.4.4.2.2 La zone travaux

La conception des puits travaux est similaire à celle du puits VFE. Les eaux d'infiltrations des puits travaux (VFT, VVT et MMT) sont collectées directement par des gouttières périphériques mises en place à chaque reprise de bétonnage du revêtement et s'écoulent de manière gravitaire vers un bassin de collecte positionné dans le bouniou du puits VVT. Le puits VVT a pour fonction la remontée des eaux d'exhaure par transfert au moyen de pompes de relevage vers le bassin de décantation d'eaux d'exhaure implanté en surface.

4.4.4.3 La dégradation ou le dysfonctionnement des ouvrages, des circuits ou des équipements

En cas de dysfonctionnement du système de collecte ou de relevage des eaux d'exhaure, la capacité des bassins en fond de puits, des bassins de la recoupe albraque et les dispositifs de pompage mobile pouvant être mis en place permettent de prévenir une inondation externe dans l'installation souterraine.

a) La collecte des eaux d'exhaure des puits d'exploitation

En considérant dans un cas pénalisant, le débit d'eaux d'infiltration maximum de 6 m^3/jour, il faudrait plus de 166 jours pour que le bouniou déborde (1 000 m^3 de capacité). Ce délai est largement suffisant pour mettre en place des dispositifs de pompage mobiles pour compenser l'écoulement permanent de la nappe phréatique. Les dispositions de relevage existantes permettraient d'évacuer l'eau *via* les bassins de la recoupe albraque, vers le bassin des eaux d'exhaure à proximité de la tête de descenderie de service.

En cas d'inondation de la zone exploitation, il peut être mis en place un système de récupération des eaux qui dirige les fluides vers les zones à moindre risque. Un réseau gravitaire de récupération d'effluents et des évacuations par des pompes de relevage implantées en point bas des réseaux de collecte seraient alors mis en place.

b) La collecte des eaux d'exhaure des descenderies

Le système de collecte des eaux d'exhaure dans les descenderies est gravitaire. En admettant une obstruction ou un bouchage du caniveau central de reprise des descenderies, le débordement serait repris par le réseau gravitaire de collecte des eaux d'extinction incendie, repris ensuite gravitairement par les bassins de la recoupe albraque.

Les bassins de la recoupe albraque sont connectés entre eux en partie haute afin d'assurer la fonction de trop plein de manière naturelle sans apport d'énergie externe. En cas de maintenance d'un des trois bassins et de perte du réseau de relevage des eaux d'exhaure vers le bassin de décantation (implanté en surface), le bassin de secours est mis en service immédiatement.

Si les délais de réparation du réseau de relevage le nécessitent, le bassin en maintenance serait remis en service le plus rapidement possible afin de rendre maximale la capacité de stockage des eaux d'exhaure.

Par ailleurs, dans les recoupes, les cuves de récupération des eaux d'exhaure sont équipées de capteurs de niveaux. Les rétentions placées sous les cuves sont également équipées de détecteurs. En fonction des débits d'eau observés, des dispositifs de pompage mobiles complémentaires seraient mis en place pour compenser l'écoulement permanent de la nappe. Des détecteurs de présence d'eau dans les caniveaux sont implantés de façon que les techniciens chargés des rondes d'exploitation puissent détecter rapidement la présence d'eau.

c) La capacité des bassins de la recoupe albraque

La méthode de calculs consiste à définir le délai de remplissage de l'ensemble des bassins. Le remplissage de l'ensemble des bassins est peu probable car le dépotage des bassins s'effectue de manière quotidienne. Afin de permettre un délai de stockage de sept jours minimums, un volume utile de 300 m^3 par bassin est retenu. Ce délai de stockage est calculé en considérant les bassins vides lors du début de la situation dégradée. Cependant, cette situation dégradée peut arriver à un moment où un des bassins est rempli partiellement (au maximum un jour de remplissage).

Le dimensionnement actuel prévoit une marge de 1,5 jours ce qui correspond à un débit journalier supérieur à 106 m^3/j (900 m^3/8,5 jours). Le délai de stockage de sept jours est donc toujours respecté.

La recoupe albraque, implantée en pied de descenderies, comprend ainsi trois bassins de capacité identique (300 m^3). Ainsi, en cas de maintenance de l'un d'entre eux, il y a toujours un bassin en fonctionnement et un bassin de secours.

4.4.5 Les dispositions de maintenance et de surveillance

Le dispositif d'étanchéité par géomembranes des parois enterrées des ouvrages de surface est doté d'un système de surveillance et d'un dispositif de nettoyage (maintenance curative) permettant d'assurer le bon fonctionnement des systèmes de drainage. Toutes les sorties de drains sont équipées d'un système de mesure de débits et un contrôle périodique des géomembranes compartimentées est réalisé.

Concernant la surveillance de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe phréatique, les systèmes de suivi, par les piézomètres situés de part et d'autre de la paroi, ainsi que le suivi des débits du rabattement de la nappe et des drains intérieurs mettraient en évidence le lieu et la gravité de l'altération de la paroi. La réfection de la paroi serait alors réalisée par une injection complémentaire pour colmatage.

La surveillance du bon fonctionnement des réseaux d'évacuation des eaux pluviales est assurée par une inspection visuelle lors des rondes de sécurité régulières ou systématiques déclenchées en cas d'évènements pluvieux importants (alerte Météo France).

Concernant les réseaux de collecte et de relevage des eaux d'exhaure, des contrôles périodiques de bon fonctionnement sont réalisés sur les équipements (pompes et vannes).

4.5 Les risques liés aux conditions météorologiques ou climatiques extrêmes

4.5.1 Les origines des risques

Les risques liés aux aléas de conditions climatiques extrêmes ont plusieurs origines :

- les fortes pluies pouvant entraîner une inondation externe de l'Installation. Ce risque est analysé dans le chapitre 4.4 du présent volume ;
- les températures extrêmes (maximales et minimales) entraînant des difficultés de maintien des températures acceptables au sein de l'INB et de risque de dysfonctionnement de certains systèmes et équipements ;
- les vents forts pouvant aller jusqu'à une tornade et susceptibles de provoquer un dysfonctionnement de certains systèmes et équipements (systèmes de ventilation, de surveillance), ainsi que la dégradation de structures ;
- les fortes chutes de neige pouvant entraîner un endommagement de structures et d'équipements.

4.5.2 L'analyse des risques liés aux températures extrêmes

4.5.2.1 La caractérisation de l'aléa retenu

4.5.2.1.1 Les conditions de températures nominales

Les plages de températures du domaine de fonctionnement normal de l'INB (cf. Volume 4 du présent rapport) retenues sont les suivantes :

- +35 °C en période estivale ;
- -15 °C en période hivernale.

Ces températures, considérées comme permanentes, représentent les conditions de température pouvant survenir fréquemment et pouvant être considérées comme relevant du régime normal et permanent, sur toute la durée d'exploitation.

4.5.2.1.2 Les conditions de températures extrêmes

Les plages de températures extrêmes sont les suivantes :

- sur une durée de sept jours :
  - ✓ +42 °C en période estivale ;
  - ✓ -20 °C en période hivernale ;
- sur une durée 12 heures :
  - ✓ +47 °C en période estivale ;
  - ✓ -25 °C en période hivernale.

De manière enveloppe, les températures sont considérées constantes sur toute la durée retenue. Les fluctuations de températures dues aux cycles jour/nuit ne sont pas considérées.

Sur la durée de sept jours, les températures chaudes correspondent à la température maximale observée sur une période de retour de 50 ans au niveau de la station météorologique de Saint-Dizier. Les températures froides correspondent à la température minimale observée sur une période de retour de 20 ans au niveau de la station météorologique de Saint-Dizier. Du fait des changements climatiques, les températures auront tendance à augmenter. Ainsi, considérer une température froide extrême de -20 °C pendant sept jours est enveloppe.

Sur la durée de 12 heures, les températures chaudes retenues correspondent à la température maximale extrapolée sur une période de retour de 100 ans au niveau de la station météorologique de Saint-Dizier. La valeur retenue correspond à la température maximale avec un intervalle de confiance de 70 % et une prise en compte d'une marge de température supérieure à 2 °C afin d'intégrer les effets éventuels des changements climatiques).

Les températures froides correspondent quant à elles à la température extrapolée sur une période de retour de 100 ans au niveau de la station météorologique de Saint-Dizier. Compte tenu des tendances à la hausse des températures en lien avec les changements climatiques, considérer une température de -25 °C pendant 12 heures est enveloppe.

4.5.2.2 L'évaluation des impacts liés aux températures extrêmes et identification des cibles de sûreté

Les impacts potentiels liés aux températures extrêmes sont les suivants :

- perte d'intégrité des structures abritant des substances radioactives ou des équipements nécessaires à la mise ou au maintien à l'état sûr de l'INB ;
- perte de fonctionnement des récepteurs présents dans les locaux électriques nécessaires pour la maîtrise de la sûreté de l'INB ;
- perte de fonctionnement des équipements présents dans des locaux nécessaires à la mise ou au maintien à l'état sûr de l'INB.

Compte tenu de ces impacts potentiels, les bâtiments concernés contenant des cibles de sûreté identifiées sont les suivantes :

- terminal ferroviaire nucléaire ;
- bâtiment nucléaire de surface (incluant le bâtiment EP1, la tête de descenderie colis et le bâtiment de déchargement des emballages de transport à déchargement horizontal ETH) ;
- émergences du puits ventilation air vicié exploitation ;
- émergences du puits ventilation air frais exploitation ;
- tête de descenderie service ;
- centrales électriques de secours et postes de distribution secours 20 kV de la zone descenderie et de la zone puits (maintien de la capacité d'alimentation électrique) ;
- pomperie incendie et réservoirs incendie de la zone descenderie et zone puits ;
- bâtiment sûreté/sécurité/environnement.

4.5.2.3 L'analyse des risques liés aux températures extrêmes sur les cibles de sûreté

4.5.2.3.1 Le cas du terminal ferroviaire nucléaire

Au niveau du terminal ferroviaire, les cibles de sûreté susceptibles d'être agressées en cas de températures extrêmes sont les emballages de transport pleins.

Les emballages de transport éventuellement présents sur le terminal ferroviaire nucléaire sont en configuration de transport. Il n'est pas identifié de remise en cause des fonctions de protection portées par les emballages (confinement des substances radioactives, protection contre les rayonnements ionisants, etc.) en cas de conditions climatiques extrêmes.

4.5.2.3.2 Le cas du bâtiment nucléaire de surface

a) L'évaluation des risques liés aux températures extrêmes

Les conséquences potentielles sont :

- fonction de confinement des substances radioactives :
  - ✓ perte des barrières de confinement statique des déchets assurées par le génie civil des bâtiments implantés en surface et par les colis de déchets ;
  - ✓ perte du système de confinement dynamique assuré par la ventilation nucléaire ;
- fonction de protection des personnes et de l'environnement contre les rayonnements ionisants :
  - ✓ dégradation ou perte des protections vis-à-vis des rayonnements ionisants assurée par le génie civil des bâtiments implantés en surface ;

- fonction de maîtrise du risque de criticité :
  - ✓ remise en cause des conditions de sûreté-criticité présentées au chapitre 2.3 du présent volume par dégradation du génie civil ;
- fonction d'évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives
  - ✓ perte de la ventilation climatisée dans les locaux contenant des colis de déchets ;
- fonction d'évacuation des gaz inflammables produits par radiolyse :
  - ✓ perte de la ventilation nucléaire assurant l'évacuation des gaz de radiolyse dans les locaux contenant des colis de déchets.

Les températures extrêmes peuvent également induire une augmentation de la température des équipements assurant l'alimentation électrique des différents récepteurs nécessaires à la maitrise de la sûreté. La température d'ambiance doit permettre de garantir le bon fonctionnement des équipements électriques[60].

En cas de perte de ventilation, les fonctions d'évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives et d'évacuation des gaz de radiolyse ne serait pas remises en cause compte tenu des délais d'atteinte des conditions inacceptables (cf. Chapitres 2.4 et 2.5 du présent volume).

b) Les dispositions de maîtrise des risques

En premier lieu en cas de détection de dérive des températures maximales retenues en conditions nominales dans les locaux des bâtiments, le process de mise en stockage est arrêté. Les colis manutentionnés sont affalés.

Concernant les structures de génie civil, les parois extérieures sont conçues pour maintenir leur intégrité en cas de températures extrêmes. Ainsi, en cas de températures extrêmes, l'effondrement des parois extérieures est écarté. L'émissaire de rejet est également conçu pour maintenir son intégrité en cas de températures extrêmes. L'agression des barrières de confinement statique, des protections contre les rayonnements ionisants ainsi que les conditions de sûreté-criticité sont donc maîtrisées.

Les équipements de surveillance associés aux fonctions de protection (surveillance des rejets ou encore de concentration en gaz de radiolyse ou de températures dans les locaux contenant des colis de déchets) sont dimensionnés pour rester fonctionnels en cas de températures extrêmes.

c) Les dispositions spécifiques liées aux températures chaudes extrêmes

Concernant la ventilation nucléaire, celle-ci n'est pas nécessaire compte tenu d'une mise en confinement statique des cellules et locaux où des colis peuvent être présents et un arrêt des opérations à risques de perte de confinement.

Concernant les locaux électriques conditionnés nécessaires à la mise ou au maintien à l'état sûr de l'INB, les températures chaudes extrêmes sont susceptibles de conduire à la perte des récepteurs électriques présents. Néanmoins, les températures atteintes restent inférieures à la température maximale admissible de fonctionnement des récepteurs électriques[60].

Les équipements électriques nécessaires à la surveillance des fonctions de sûreté ne sont donc pas affectés par les températures chaudes extrêmes.

[60] Des températures d'ambiance dans les locaux allant jusqu'à 50 °C ne remettraient pas en cause le fonctionnement des matériels électriques/électroniques assurant une fonction de sûreté.

d) Les dispositions spécifiques liées aux températures froides extrêmes

Les risques liés aux température froides extrêmes sont liés à l'atteinte de températures dans les locaux pouvant conduire à l'apparition de gel.

Afin de limiter la diminution de température dans les locaux du bâtiment, la ventilation est placée en régime réduit. Ce régime consiste à stopper la ventilation de soufflage et à maintenir la ventilation d'extraction.

Vis-à-vis des risques de gel des réseaux humides, des dispositions spécifiques d'exploitation (consignes grand froid), incluant notamment des rondes périodiques, sont mises en place. Ces dispositions permettent de vérifier l'état des réseaux et d'intervenir en cas de gel.

4.5.2.3.3 Le cas des puits ventilation air vicié et air frais d'exploitation

a) L'évaluation des risques liés aux températures extrêmes

Compte tenu des impacts liés aux températures extrêmes, les conséquences potentielles vis-à-vis des fonctions de protection sont les suivantes :

- fonction de confinement des substances radioactives :
  - ✓ perte de la ventilation nucléaire assurant le confinement dynamique des déchets MA-VL présents dans les alvéoles de stockage MA-VL ;
- fonction d'évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives :
  - ✓ perte de la ventilation assurant le refroidissement de certaines familles de colis de déchets situés en alvéole MA-VL ;
- fonction d'évacuation des gaz de radiolyse :
  - ✓ perte de la ventilation assurant l'évacuation des gaz de radiolyse dans les alvéoles MA-VL.

Par ailleurs, en cas de températures extrêmes le fonctionnement des systèmes de surveillance nécessaires à la maîtrise des fonctions de sûreté est susceptible d'être affecté. La perte de la ventilation est susceptible de conduire à la perte de la capacité de désenfumage.

b) Les dispositions de maîtrise des risques

En premier lieu en cas de détection de dérive des températures maximales retenues en conditions nominales dans l'installation souterraine, le procédé de mise en stockage est arrêté. Les colis manutentionnés sont affalés.

Afin de garantir le maintien de la ventilation de l'installation souterraine, et donc le maintien de la capacité de désenfumage permettant notamment la présence éventuelle de travailleurs pour inspection, les dispositions suivantes sont mises en place :

- conception des structures de génie civil pour maintenir leur intégrité en cas de températures extrêmes afin de conserver les chemins aérauliques ;
- conception des équipements de ventilation nucléaire pour maintenir leur fonctionnalité ;
- conception des réseaux de ventilation conventionnelle et de refroidissement pour assurer, au sein des locaux électriques des usines de ventilation, une température compatible avec la plage de fonctionnement des équipements[61] ;
- conception des équipements assurant la surveillance des fonctions de protection et la surveillance de la ventilation nucléaire pour maintenir leur fonctionnalité.

[61] Des températures d'ambiance dans les locaux allant jusqu'à 50 °C ne remettraient pas en cause le fonctionnement des matériels électriques/électroniques assurant une fonction de sûreté.

Le maintien de la ventilation implique l'insufflation d'air chaud/froid dans l'installation souterraine. Ces températures ne conduisent pas à la perte de cibles de sûreté.

Par ailleurs, la surveillance des rejets à l'émissaire de rejet, assurée par des équipements dont le domaine de fonctionnement est compatible aux températures de l'air vicié susceptibles d'être observés.

4.5.2.3.4 Le cas de la tête de descenderie service

a) L'évaluation des risques liés aux températures extrêmes

En situation de températures extrêmes, les conséquences potentielles sur la tête descenderie service sont la perte de l'accès par cette zone à l'installation souterraine et la perte de la capacité de gestion des fumées de la descenderie service en situation d'incendie.

Malgré notamment la possibilité d'accès à l'installation souterraine *via* le puits ventilation air frais exploitation, il est considéré que les fonctions de la tête de la descenderie service doivent être maintenues en cas de température extrêmes.

b) Les dispositions de maîtrise des risques

Afin de garantir l'accès à l'installation souterraine et le maintien de la capacité de gestion des fumées de la descenderie service, les dispositions suivantes sont mises en place :

- conception des structures de génie civil pour maintenir leur intégrité en cas de températures extrêmes ;
- conception des équipements de la ventilation nucléaire d'extraction de la tête de la descenderie service afin de rester fonctionnels en situation de températures extrêmes ;
- conception des équipements de la ventilation conventionnelle, nécessaires à la climatisation des locaux électriques assurant l'alimentation des équipements de la ventilation nucléaire d'extraction de la tête de descenderie service afin de rester fonctionnels en situation de température extrême.

4.5.2.3.5 Le cas des centrales secours, postes de distribution secours 20 kV et stockage de fioul domestique de la zone descenderie et de la zone puits

Pour rappel une centrale de secours est prévue pour chaque poste de livraison et de transformation électrique (un poste pour la zone descenderie et un poste pour la zone puits) afin d'assurer l'alimentation électrique en cas de perte du réseau RTE (cf. Chapitre 8.6 du volume 5 du présent rapport). En situation de conditions climatiques extrêmes, la perte du réseau RTE est envisageable. Compte tenu de cette éventualité, les centrales de secours sont considérées comme des dispositifs de sûreté à maintenir.

Afin de maintenir l'alimentation électrique des récepteurs électriques assurant des fonctions de protection, les dispositions suivantes sont mises en place :

- conception des structures de génie civil pour maintenir leur intégrité en cas de températures extrêmes ;
- conception des groupes électrogènes de secours pour maintenir leur fonctionnalité en cas de températures extrêmes ;
- conception de la ventilation conventionnelle assurant la climatisation des locaux électriques pour maintenir son fonctionnement en cas de températures extrêmes.

Par ailleurs les cuves et canalisations situées à l'extérieur assurant l'alimentation des groupes électrogènes sont enterrées afin de les maintenir hors gel en cas de températures froides extrêmes.

L'ensemble des moyens de distribution d'électricité est enterré afin de ne pas être agressé en cas de températures extrêmes.

4.5.2.3.6 Le cas des pomperies incendie et réservoirs incendie de la zone descenderie et zone puits

Deux pomperies sont présentes :

- la pomperie incendie pour l'alimentation en eaux incendie de la zone descenderie ;
- la pomperie incendie pour l'alimentation en eaux incendie de la zone puits.

Chaque pomperie est reliée à trois réservoirs indépendants enterrés nécessaires pour la maitrise d'un éventuel incendie sur l'INB.

L'éventualité d'une perte de la capacité d'extinction (pomperies et réservoirs) est susceptible de détériorer la maîtrise d'un incendie.

Afin de maintenir la capacité d'extinction de l'INB, les dispositions suivantes sont mises en place :

- conception des structures de génie civil pour maintenir leur intégrité en cas de températures extrêmes ;
- mise en place d'aérothermes dans les locaux pomperie afin de maintenir hors gel les locaux pomperie ;
- mise en place de dispositifs spécifiques afin de maintenir les équipements électriques fonctionnels en cas de températures extrêmes.

Par ailleurs les cuves et canalisations situées à l'extérieur assurant l'alimentation en eau incendie sont enterrées afin de la maintenir hors gel en cas de températures froides extrêmes.

4.5.2.3.7 Le cas du bâtiment sûreté/sécurité/environnement

Le bâtiment sûreté/sécurité/environnement situé en zone descenderie intègre les besoins de fonctionnement [redacted]

[redacted] est nécessaire pour la mise et le maintien à l'état sûr de l'installation. Sa perte est donc susceptible de remettre en cause la sûreté de l'installation.

Les dispositions de maîtrise des risques pour le bâtiment sûreté/sécurité/environnement sont les suivantes :

- conception des structures de génie civil pour maintenir leur intégrité en cas de températures extrêmes ;
- conception de la ventilation conventionnelle assurant la climatisation des locaux pour maintenir son fonctionnement en cas de températures extrêmes.

4.5.3 L'analyse des risques liés aux vents extrêmes et aux tornades

4.5.3.1 Les caractéristiques de l'aléa retenu

4.5.3.1.1 Le vent extrême

Le site d'implantation est classé en région 2 en ce qui concerne les charges de vent (cf. NF EN 1991-1-4/NA de 2012 (52)). Ce classement correspond à une vitesse de référence des vents de 86 $km.h^{-1}$.

Les estimations des vitesses de vent de tempête pour une période de retour à 100 ans pour la station météorologique de Saint-Dizier, basées sur la période 1993 à 2017, et en retenant la borne supérieure de l'intervalle de confiance à 95 % sont les suivantes (estimation par une loi de Pareto généralisée) :

- vitesse de vent moyen : environ 112 $km.h^{-1}$;
- vitesse de rafales : environ 194 $km.h^{-1}$.

Il est à noter que la rafale maximale de vent enregistrée à Saint-Dizier sur la période du 1er janvier 1981 au 1er septembre 2018 a atteint 44 $m.s^{-1}$ (soit près de 160 $km.h^{-1}$) le 26 décembre 1999 (cf. Volume 4 du présent rapport).

4.5.3.1.2 La tornade

L'INB est située en dehors des zones marquées par un retour d'expérience défavorable, à savoir, les sites pour lesquels une tornade d'intensité EF5 ou plusieurs tornades d'intensité EF4 ont été observées dans un rayon de 50 km depuis 1680.

Par conséquent, l'application des dispositions de la lettre ASN relatif à l'aléa à retenir pour la protection des EIP à l'égard des tornades conduirait à retenir *a minima* une tornade d'intensité EF2 pour le dimensionnement des SSC « hors noyau dur » et une tornade d'intensité EF3 pour le dimensionnement des SSC « noyau dur ».

Le dimensionnement des SSC « hors noyau dur » respecte une tornade d'intensité EF2 dont les caractéristiques selon l'échelle améliorée de Fujita (Enhanced Fujita 2, EF2) sont les suivantes :

- vitesse maximale des vents de 198 $km.h^{-1}$;
- vitesse maximale de translation de 11 $m.s^{-1}$;
- chute de pression maximale de 24 mbar ;
- gradient de chute de pression de 6 $mbar.s^{-1}$.

Les effets indirects générés par la tornade sont considérés dans le cadre de l'aléa retenu. Il s'agit de l'impact de projectiles associés à une tornade de type EF2. Les types de projectiles retenus sont les suivants :

- projectile type planche de bois ;
- projectile type sphère métallique.

Les caractéristiques associées aux projectiles sont présentées dans le tableau 4-22. Ces caractéristiques sont issues du *Regulatory Guides 1.76* définies par l'Autorité de sûreté américaine (US-NRc) (53).

Tableau 4-22 Présentation des caractéristiques des projectiles retenus pour une tornade de catégorie EF2

Paramètre	Projectile type planche de bois	Projectile type Sphère métallique
Dimensions	Longueur : 3,80 m Largeur : 0,25 m Épaisseur : 0,10 m	Diamètre : 2,5 cm
Masse	50 kg	70 g
Vitesse horizontale	18 $m.s^{-1}$	5 $m.s^{-1}$

L'impact du projectile de type sphère métallique est pris en compte pour la conception des ouvrants des bâtiments (portes de communication vers l'extérieur, prises d'air et grilles de rejet de la ventilation nucléaire) et des ouvrages, structures et équipements implantés directement face à ces ouvrants.

4.5.3.2 L'évaluation des impacts liés aux vents extrêmes et tornades et identification des cibles de sûreté

Les impacts potentiels liés aux vents extrêmes et tornades ainsi que leurs effets liés sont les suivants :

- atteinte des fonctions de confinement statique des colis de déchets, de protection contre les rayonnements ionisants et de maîtrise des réactions nucléaires par agression des structures abritant des substances radioactives ou des équipements nécessaires à la mise ou au maintien à l'état sûr de l'INB ;
- atteinte des réseaux de ventilation nucléaire des installations qui participent au confinement dynamique des substances radioactives, à la maîtrise des risques liés aux dégagements thermiques et à la maîtrise des risques liés aux dégagements de gaz de radiolyse ;
- atteinte de la surveillance des installations avec notamment la surveillance des rejets, la surveillance de la concentration en gaz de radiolyse et la surveillance de la température.

Compte tenu de ces impacts, les cibles de sûreté potentielles identifiées sont les suivantes :

- terminal ferroviaire nucléaire ;
- bâtiment nucléaire de surface (incluant le bâtiment EP1, la tête de descenderie colis et le bâtiment de déchargement des emballages de transport à déchargement horizontal ETH) ;
- émergences du puits ventilation air vicié exploitation ;
- émergences du puits ventilation air frais exploitation ;
- tête de descenderie service ;
- centrales électriques de secours et postes de distribution secours 20 kV de la zone descenderie et de la zone puits (maintien de la capacité d'alimentation électrique) ;
- pomperie incendie et réservoirs incendie de la zone descenderie et zone puits ;
- bâtiment sûreté/sécurité/environnement.

4.5.3.3 L'analyse des risques liés aux vents extrêmes et tornades sur les cibles de sûreté

4.5.3.3.1 Le cas du terminal ferroviaire nucléaire

Au niveau du terminal ferroviaire nucléaire, les cibles de sûreté susceptibles d'être agressées en cas de vents extrêmes et/ou de tornade se limitent aux emballages de transport présents sur le terminal.

Le risque de remise en cause des fonctions de protection portées par les emballages (confinement des substances radioactives, protection contre les rayonnements ionisants, etc.) est écarté car les emballages sont en configuration de transport (arrimés sur leur moyen de transport, avec capots de protection) et sont par ailleurs de masses importantes et de conception robuste.

4.5.3.3.2 Le cas du bâtiment nucléaire EP1, de la tête de descenderie colis et du bâtiment de réception des emballages de transport à déchargement horizontal ETH

a) L'évaluation des risques

Compte tenu des impacts liés aux vents extrêmes et tornades, les conséquences potentielles vis-à-vis des fonctions de protection pour le bâtiment nucléaire sont les suivantes :

- fonction de confinement des substances radioactives :
  - ✓ perte des barrières de confinement statique des déchets assurées par le génie civil des bâtiments implantés en surface et par les colis de déchets ;
  - ✓ perte du système de confinement dynamique des déchets assuré par la ventilation nucléaire ;

- fonction de protection des personnes et de l'environnement contre les rayonnements ionisants :
  - ✓ dégradation ou perte des protections vis-à-vis des rayonnements ionisants assurée par le génie civil des bâtiments implantés en surface ;
- fonction de maîtrise du risque de criticité :
  - ✓ remise en cause des conditions de sûreté-criticité présentées au chapitre 2.3 du présent volume par dégradation du génie civil ;
- fonction d'évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives :
  - ✓ perte de la ventilation dans les locaux contenant des colis de déchets ;
- fonction d'évacuation des gaz de radiolyse :
  - ✓ perte de la ventilation nucléaire des locaux contenant des colis de déchets permettant l'évacuation des gaz de radiolyse.

En cas de perte de ventilation, les fonctions d'évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives et d'évacuation des gaz de radiolyse ne serait pas remises en cause compte tenu des délais d'atteinte des conditions inacceptables (cf. Chapitres 2.4 et 2.5 du présent volume).

b) Les dispositions de maîtrise des risques

Les parois extérieures des bâtiments sont conçues pour conserver leur intégrité aux effets directs de vents extrêmes et tornades ainsi qu'aux projectiles définis au chapitre 4.5.3.2 du présent volume. Ainsi, l'effondrement des parois extérieures est écarté. L'agression des barrières de confinement statique, des protections contre les rayonnements ionisants et les conditions de sûreté-criticité sont maîtrisées. Il est à noter que l'émissaire de rejet est également conçu pour conserver son intégrité en cas de vents extrêmes et tornades.

Les portes du hall de déchargement des emballages de transport sont également conçues pour :

- rester fermées lors de l'événement ;
- résister aux impacts des projectiles ;
- maintenir leur fonctionnalité.

En cas de conditions de vents extrêmes et tornades les opérations réalisés dans les bâtiments sont arrêtées. Les colis manutentionnés sont affalés.

Concernant les réseaux de ventilation les dispositions suivantes sont mises en place :

- conception des réseaux de la ventilation nucléaire pour maintenir leur intégrité aux effets de pressions engendrés ;
- conception des prises d'air et la protection des équipements du réseau de ventilation nucléaire pour maintenir leur fonctionnalité sous l'effet de la tornade de référence (vents, projectiles et risques d'obturation) ;
- conception des réseaux de la ventilation conventionnelle pour maintenir leur intégrité aux effets de pressions engendrés ;
- conception des prises d'air et la protection des équipements du réseau de ventilation conventionnelle pour maintenir leur fonctionnalité sous l'effet de la tornade de référence (vents, projectiles et risques d'obturation).

Concernant les effets de pression, sur détection d'une pression différentielle inacceptable au niveau des centrales de traitement d'air, la ventilation de soufflage est arrêtée et les registres d'isolement sont fermés. En parallèle, la ventilation d'extraction est automatiquement passée en régime réduit. Cette disposition permet notamment de conserver la fonction de confinement dynamique.

Compte tenu du maintien en fonctionnement de la ventilation d'extraction et de l'absence de remise en cause de l'émissaire de rejet en cas de vents extrêmes et de tornades, la surveillance des fonctions de protection tels que la surveillance des rejets reste maintenue.

Dans l'hypothèse d'une détection d'inversion de la cascade des dépressions, le contrôle-commande du réseau de ventilation nucléaire procède à l'arrêt automatique des réseaux de soufflage et d'extraction, à la fermeture des registres d'isolement motorisés du réseau de soufflage ainsi qu'à la fermeture des registres motorisés des locaux regroupant des colis de déchets. Ainsi, dans cette situation, le confinement des substances radioactives est conservé.

4.5.3.3.3 Le cas des puits ventilation air vicié et air frais d'exploitation

a) L'évaluation des risques

Compte tenu des impacts liés aux vents extrêmes et tornades, les conséquences potentielles vis-à-vis des fonctions de protection pour les émergences de ventilation air vicié et air frais d'exploitation sont les suivantes :

- fonction de confinement des substances radioactives :
  - ✓ perte du système de confinement dynamique des déchets assuré par la ventilation nucléaire ;
- fonction d'évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives :
  - ✓ perte de la ventilation assurant le refroidissement des colis de déchets situés en alvéole MA-VL ;
- fonction d'évacuation des gaz de radiolyse :
  - ✓ perte de la ventilation assurant l'évacuation des gaz de radiolyse dans les alvéoles MA-VL.

Par ailleurs, en cas de vents extrêmes et tornades le fonctionnement des systèmes de surveillance nécessaires à la maîtrise de la sûreté est susceptible d'être affecté.

b) Les dispositions de maîtrise des risques

À noter qu'en cas de conditions de vents extrêmes et tornades le procédé de mise en stockage est arrêté. Les colis manutentionnés sont affalés.

Concernant les structures de génie civil, les parois extérieures sont conçues pour conserver leur intégrité aux effets directs de vents extrêmes et tornades ainsi qu'aux projectiles définis au chapitre 4.5.3.2 du présent volume.

Les bâtiments concernés par cette disposition sont les suivants :

- pour le puits ventilation air frais exploitation :
  - ✓ l'usine de ventilation ;
  - ✓ le chevalement ;
  - ✓ la lampisterie ;
- pour le puits ventilation air vicié exploitation :
  - ✓ la tête de puits ;
  - ✓ l'usine de ventilation dont l'émissaire de rejet.

Les portes d'accès au chevalement pouvant être utilisées en tant que prise d'air secondaire sont également conçues pour :

- rester fermées lors de l'événement ;
- résister aux impacts des projectiles ;
- maintenir leur fonctionnalité.

Concernant les réseaux de la ventilation nucléaire, les dispositions mises en place sont les suivantes :

- vis-à-vis de la ventilation de soufflage :
  - ✓ conception des équipements du réseau de la ventilation de soufflage afin de maintenir leur intégrité aux effets de pression dus à une tornade ;

- ✓ conception des prises d'air des prises d'air du réseau de ventilation afin de maintenir leur fonctionnalité et mise en place de protection vis-à-vis des effets de la tornade (vents, projectiles et risques d'obturation) ;
- ✓ conception des équipements du réseau de ventilation conventionnelle, nécessaire au fonctionnement de la ventilation nucléaire de soufflage, afin de maintenir leur intégrité aux effets de pression dus à une tornade ;
- ✓ conception des prises d'air et grilles de rejet de la ventilation conventionnelle afin de maintenir leur fonctionnalité aux effets de la tornade (vents, projectiles et risques d'obturation) ;

- vis-à-vis de la ventilation d'extraction :
  - ✓ conception des équipements du réseau de ventilation d'extraction afin de maintenir leur intégrité vis-à-vis des effets de pression dus à une tornade ;
  - ✓ conception des équipements du réseau de ventilation conventionnelle, nécessaire au fonctionnement de la ventilation nucléaire d'extraction, afin de maintenir leur intégrité aux effets de pression dus à une tornade ;
  - ✓ conception des prises d'air et grilles de rejet de la ventilation conventionnelle afin de maintenir leur fonctionnalité aux effets de la tornade (vents, projectiles et risques d'obturation).

Concernant la prise d'air de l'usine de ventilation nucléaire de soufflage, il est mis en place un chicanage afin de prévenir l'atteinte de ventilateurs de soufflages par un projectile. Par ailleurs, la prise d'air de l'usine de ventilation est subdivisée en différents sous-ensembles (un sous-ensemble par ventilateur). La description de la conception de l'usine de ventilation nucléaire de soufflage est présentée au chapitre 11.4.2 du volume 5 du présent rapport. Ainsi dans l'éventualité d'un impact de projectile et d'une obturation induite, la ventilation de soufflage reste maintenue. En effet, le dimensionnement de la ventilation de soufflage (cf. Chapitre 3.6 du présent volume) est adapté pour assurer les performances nécessaires au fonctionnement normal de l'installation en cas de perte d'un ventilateur.

Enfin, le niveau bas de la prise d'air de l'usine de soufflage est situé à une hauteur de 1,2 mètre du sol permettant de prévenir l'obstruction de celles-ci par des débris. Malgré cette disposition, les portes d'accès au chevalement assurant le rôle de prise d'air secondaire sont orientées à l'opposé de la prise d'air principale de l'usine de ventilation de soufflage d'exploitation afin de prévenir tout éventuel risque de perte de l'apport en air frais de l'installation souterraine.

Les prises d'air et grilles de rejet sont dimensionnées pour maintenir leur intégrité et leur fonctionnalité vis-à-vis des autres types projectiles.

Concernant les effets de pression, sur détection d'une pression différentielle inacceptable au niveau des centrales de traitement d'air, la ventilation de soufflage est arrêtée et les registres d'isolement sont fermés.

Compte tenu du maintien du fonctionnement de la ventilation d'extraction air vicié ainsi que du maintien de l'intégrité de l'émissaire de rejet en cas de vents extrêmes et de tornades, la surveillance des fonctions de protection tels que la surveillance des rejets ou de la concentration des gaz de radiolyse est maintenue.

4.5.3.3.4 Le cas de la tête de descenderie service

a) L'évaluation des risques

En situation de vents extrêmes et tornades, les conséquences potentielles sur la tête descenderie service sont la perte de l'accès par cette zone aux installations souterraines et la perte de la capacité de désenfumage de la descenderie service.

Malgré notamment la possibilité d'accès à l'installation souterraine *via* le puits ventilation air frais exploitation, la perte des fonctions allouées à la tête de descenderie service est considérée inacceptable en cas de vents extrêmes et tornades.

b) Les dispositions de maîtrise des risques

Concernant les structures de génie civil, les parois extérieures sont conçues pour conserver leur intégrité aux effets directs de vents extrêmes et tornades ainsi qu'aux projectiles définis au chapitre 4.5.3.2 du présent volume.

Les bâtiments concernés par cette disposition sont les suivants :

- le sas d'accès à la descenderie ;
- l'usine de ventilation ;
- le vestiaire.

Concernant le réseau de ventilation d'extraction, les dispositions mises en place sont les suivantes :

- conception des équipements du réseau de ventilation d'extraction afin de maintenir leur intégrité aux effets de pression dus à une tornade ;
- conception des prises d'air et des grilles de rejets de la ventilation d'extraction afin de maintenir leur fonctionnalité aux effets de la tornade (vents, projectiles et risques d'obturation).

Les prises d'air et grilles de rejet sont dimensionnées pour maintenir leur intégrité et leur fonctionnalité vis-à-vis des autres types projectiles.

4.5.3.3.5 Le cas des centrales secours, postes de distribution secours 20 kV et stockage fioul domestique de la zone descenderie et de la zone puits

Pour rappel une centrale de secours est prévue pour chaque poste de livraison et de transformation électrique (un poste pour la zone descenderie et un poste pour la zone puits) afin assurer l'alimentation électrique en cas de perte du réseau RTE. En situation de conditions climatiques extrêmes, la perte du réseau RTE est envisageable. Compte tenu de cette éventualité, les centrales de secours sont considérées comme des dispositions de sûreté à maintenir.

Afin de maintenir l'alimentation électrique des récepteurs électriques assurant des fonctions de protection, les dispositions suivantes sont mises en place :

- conception des structures de génie civil pour maintenir leur intégrité en cas de vents extrêmes et tornades ;
- conception des prises d'air et des évacuations des gaz de combustion des groupes électrogènes en cas de vents extrêmes et tornades (vents, projectiles et effets de pression) ;
- conception des équipements du réseau de ventilation conventionnelle aux effets de pression dus à une tornade ;
- conception des prises d'air et des grilles de rejet du réseau de ventilation conventionnelle aux effets de la tornade (vents, projectiles et risques d'obturation).

Les portes de communication du bâtiment donnant sur l'extérieur sont également conçues pour :

- rester fermées lors de l'événement ;
- résister aux impacts des projectiles ;
- maintenir leur fonctionnalité.

Par ailleurs, afin de ne pas être agressés en cas de vents extrêmes et de tornades, les équipements suivants sont enterrés :

- les cuves et canalisations situées à l'extérieur de la centrale de secours assurant l'alimentation des groupes électrogènes ;
- l'ensemble des moyens de distribution d'électricité sur l'ensemble de l'INB.

4.5.3.3.6 Le cas des pomperies incendie et réservoirs incendie de la zone descenderie et zone puits

Deux pomperies incendie sont nécessaires pour la maîtrise d'un éventuel incendie (cf. Chapitre 8.5 du volume 5 du présent rapport) :

- le local pomperie pour l'alimentation en eaux incendie de la zone descenderie ;
- le local pomperie pour l'alimentation en eaux incendie de la zone puits.

L'éventualité d'une perte de la capacité d'extinction est susceptible de remettre en cause la capacité de mise et de maintien à l'état sûr de l'INB dans l'éventualité d'un incendie.

Afin de maintenir la capacité d'extinction de l'INB, les dispositions suivantes sont mises en place :

- conception des structures de génie civil pour maintenir leur intégrité en cas de vents extrêmes et tornades ;
- conception des portes de communication donnant sur l'extérieur afin de :
  - ✓ rester fermées lors de l'événement ;
  - ✓ résister aux impacts des projectiles ;
  - ✓ maintenir leur fonctionnalité.

Les réservoirs et canalisations implantés en extérieur sont enterrés afin de ne pas être agressés en cas de vents extrêmes et de tornade.

Enfin, la distribution de l'eau dans les différentes parties de l'installation s'effectue *via* un réseau disposant d'une boucle maillée.

4.5.3.3.7 Le cas du bâtiment sûreté/sécurité/environnement

Les dispositions de maîtrise des risques pour le bâtiment sûreté/sécurité/environnement sont les suivantes :

- conception des structures de génie civil pour maintenir leur intégrité en cas de vents extrêmes et tornades ;
- conception des portes de communication donnant sur l'extérieur afin de :
  - ✓ rester fermées lors de l'événement ;
  - ✓ résister aux impacts des projectiles ;
  - ✓ maintenir leur fonctionnalité ;
- conception de la ventilation des volumes du poste central de sécurité et du poste de commandement de direction local afin de maintenir leur fonctionnalité aux effets d'une tornade (vents, projectiles et risques d'obturation).

4.5.4 L'analyse des risques liés aux chutes de neige extrêmes

4.5.4.1 Les caractéristiques de l'aléa retenu

Le site d'implantation de l'INB Cigéo est classé en zone de neige A1 selon la norme NF EN 1991-1-3 de 2004 (54) (Eurocodes). Le zonage de neige précise la charge surfacique exercée par une accumulation de neige fraiche sur la surface recouverte, permettant ainsi de dimensionner les structures des bâtiments et les équipements pour résister à cette accumulation.

La caractéristique de charge de neige retenue dans une telle région est 45 daN.m^{-2}, valeur correspondant à une période de retour de 50 ans. Il est à noter que, pour cette catégorie de région, les niveaux de charge exceptionnelle n'ont pas été définis.

Il est considéré une charge de neige, en conditions de chutes de neige extrêmes, de 90 daN.m^{-2}.

En considérant de manière enveloppe une masse volumique de la neige de 0,1 kg.dm^{-3}, la hauteur de neige maximale pouvant être retenue est 90 cm en cas de chute de neige extrêmes.

Il est à noter que le cumul de neige maximale ayant pu être observée sur une période de 2007 à 2016 à Saint-Dizier en 24 heures est de 7 cm (cf. Volume 4 du présent rapport)

4.5.4.2 L'évaluation des impacts liés aux chutes de neige extrêmes et identification des cibles de sûreté

Les impacts liés aux chutes de neige extrêmes, sont les suivants :

- atteinte des fonctions de confinement statique des déchets, de protection contre les rayonnements ionisants et de maîtrise des réactions nucléaires par agression des structures abritant des substances radioactives ou des équipements nécessaires à la mise ou au maintien à l'état sûr de l'INB ;
- atteinte des réseaux de ventilation nucléaire des installations qui participent au confinement dynamique des substances radioactives, à la maîtrise des risques liés aux dégagements thermiques et à la maîtrise des risques liés aux dégagements de gaz de radiolyse ;
- atteinte de la surveillance des installations avec notamment la surveillance des rejets, la surveillance de la concentration en gaz de radiolyse et la surveillance de la température des colis de déchets.

Compte tenu de ces impacts, les cibles de sûreté potentielles identifiées sont les suivantes :

- terminal ferroviaire nucléaire ;
- bâtiment nucléaire de surface (incluant le bâtiment EP1, la tête de descenderie colis et le bâtiment de déchargement des emballages de transport à déchargement horizontal ETH) ;
- émergences du puits ventilation air vicié exploitation ;
- émergences du puits ventilation air frais exploitation ;
- tête de descenderie service ;
- centrales électriques de secours et postes de distribution secours 20 kV de la zone descenderie et de la zone puits (maintien de la capacité d'alimentation électrique) ;
- pomperie incendie et réservoirs incendie de la zone descenderie et zone puits ;
- bâtiment sûreté/sécurité/environnement.

4.5.4.3 L'analyse des risques liés aux chutes de neige extrêmes sur les cibles de sûreté

4.5.4.3.1 Le cas du terminal ferroviaire nucléaire

Au niveau du terminal ferroviaire, les cibles de sûreté susceptibles d'être agressées en cas chutes de neige extrêmes se limitent aux emballages de transport présents sur le terminal.

Le risque de remise en cause des fonctions de protection portées par les emballages (confinement des substances radioactives, protection contre les rayonnements ionisants, etc.) est écarté car les emballages sont en configuration de transport (arrimés sur leur moyen de transport, avec capots de protection) et sont par ailleurs de conception robuste.

4.5.4.3.2 Le cas du bâtiment nucléaire de surface

a) L'évaluation des risques

Compte tenu des impacts liés aux chutes de neige extrêmes, les conséquences potentielles vis-à-vis des fonctions de protection pour le bâtiment nucléaire sont les suivantes :

- fonction de confinement des substances radioactives :
  - ✓ perte des barrières de confinement statique des déchets assurées par le génie civil des bâtiments implantés en surface et par les colis de déchets ;
  - ✓ perte du système de confinement dynamique des déchets assuré par la ventilation nucléaire ;
- fonction de protection des personnes et de l'environnement contre les rayonnements ionisants :
  - ✓ dégradation ou perte des protections vis-à-vis des rayonnements ionisants assurée par le génie civil des bâtiments implantés en surface ;
- fonction de maîtrise du risque de criticité :
  - ✓ remise en cause des conditions de sûreté-criticité présentées au chapitre 2.3 du présent volume par dégradation du génie civil ;
- fonction d'évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives :
  - ✓ perte de la ventilation climatisée dans les locaux contenant des colis de déchets ;
- fonction d'évacuation des gaz de radiolyse :
  - ✓ perte de la ventilation nucléaire des locaux contenant des colis de déchets permettant l'évacuation des gaz de radiolyse.

En cas de perte de ventilation, les fonctions d'évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives et d'évacuation des gaz de radiolyse ne serait pas remises en cause compte tenu des délais d'atteinte des conditions inacceptables (cf. Chapitres 2.4 et 2.5 du présent volume).

b) Les dispositions de maîtrise des risques

En cas de chute de neige extrêmes, le procédé de mise en stockage est arrêté. Les colis manutentionnés sont affalés.

Les dispositions de maîtrise des risques sont les suivantes :

- conception des structures de génie civil pour conserver leur intégrité aux charges de chutes de neige. Les structures de génie civil sont dimensionnées à la chute d'avion. Ce cas de charges est enveloppe de la charge de neige retenue au chapitre 4.5.4.1 du présent volume ;
- mise en place des prises d'air de la ventilation en toiture à une hauteur supérieure à 90 cm de la toiture.

Les prises d'air de la ventilation nucléaire sont posées sur des acrotères en toiture et l'admission d'air se fait sur les quatre faces, équipées de ventelles, des chapeaux posés sur les acrotères. Ces dispositions permettent d'écarter le risque d'obturation des prises d'air suite à une accumulation de neige au-delà de 90 cm.

Compte tenu du maintien en fonctionnement de la ventilation d'extraction et de l'absence de remise en cause de l'émissaire de rejet en cas de chutes de neige extrêmes, la surveillance des fonctions de protection tels que la surveillance des rejets ou de la concentration des gaz de radiolyse reste maintenue.

4.5.4.3.3 Le cas des émergences des puits ventilation Air vicié et Air frais d'exploitation

a) L'évaluation des risques

Les conséquences potentielles vis-à-vis des fonctions de protection pour les émergences de ventilation air vicié et air frais d'exploitation sont les suivantes :

- fonction de confinement des substances radioactives :
  - ✓ perte du système de confinement dynamique des déchets assuré par la ventilation nucléaire ;
- fonction d'évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives :
  - ✓ perte de la ventilation assurant le refroidissement des colis de déchets situés en alvéole MA-VL ;
- fonction d'évacuation des gaz de radiolyse :
  - ✓ perte de la ventilation assurant l'évacuation des gaz de radiolyse dans les alvéoles MA-VL.

b) Les dispositions de maîtrise des risques

En cas de chute de neige extrêmes le procédé de mise en stockage est arrêté. Les colis manutentionnés sont affalés.

Concernant les structures de génie civil, les parois extérieures sont conçues pour conserver leur intégrité aux charges de neige extrêmes.

Les bâtiments concernés par cette disposition sont les suivants :

- pour le puits ventilation air frais exploitation :
  - ✓ l'usine de ventilation ;
  - ✓ le chevalement ;
  - ✓ la lampisterie ;
- pour le puits ventilation air vicié exploitation :
  - ✓ la tête de puits ;
  - ✓ l'usine de ventilation dont l'émissaire de rejet.

Concernant les prises d'air de la ventilation nucléaire de soufflage d'exploitation, celles-ci sont situées à une hauteur de 1,2 mètre, hauteur enveloppe de la hauteur de neige extrême retenue au chapitre 4.5.4.1 du présent volume.

Compte tenu du maintien du fonctionnement de la ventilation d'extraction air vicié ainsi que du maintien de l'intégrité de l'émissaire de rejet en cas de chutes de neige extrêmes, la surveillance des fonctions de protection tels que la surveillance des rejets ou de la concentration des gaz de radiolyse reste maintenue.

4.5.4.3.4 Le cas de la tête de descenderie service

a) L'évaluation des risques

Les conséquences potentielles sur la tête descenderie service sont la perte de l'accès par cette zone à l'installation souterraine et la perte de la capacité de désenfumage de la descenderie service.

Malgré notamment la possibilité d'accès à l'installation souterraine *via* le puits ventilation air frais exploitation, la perte des fonctions allouées à la tête de descenderie service est considéré inacceptable en cas de chutes de neige extrêmes.

b) Les dispositions de maîtrise des risques

Concernant les structures de génie civil, les parois extérieures sont conçues pour conserver leur intégrité en cas de chutes de neige extrêmes.

Les bâtiments concernés par cette disposition sont les suivants :

- le sas d'accès à la descenderie ;
- l'usine de ventilation ;
- le vestiaire.

Par ailleurs, les grilles de rejet de la ventilation d'extraction de la descenderie service sont implantées à 3 mètres du sol prévenant tout risque d'obstruction due aux chutes de neige extrêmes.

4.5.4.3.5 Le cas des centrales secours, postes de distribution secours 20 kV et stockage de fioul domestique de la zone descenderie et de la zone puits

Pour rappel une centrale de secours est prévue pour chaque poste de livraison et de transformation électrique (un poste pour la zone descenderie et un poste pour la zone puits) afin assurer l'alimentation électrique en cas de perte du réseau RTE. En situation de conditions climatiques extrêmes, la perte du réseau RTE est envisageable. Compte tenu de cette éventualité, les centrales de secours sont considérées comme des dispositions de sûreté à maintenir.

Afin de maintenir l'alimentation électrique des récepteurs électriques assurant des fonctions de protection, les dispositions suivantes sont mises en place :

- conception des structures de génie civil pour maintenir leur intégrité en cas de chutes de neige extrêmes ;
- conception des prises d'air et des évacuations des gaz de combustion des groupes électrogènes pour maintenir leur fonctionnalité en cas de chute de neige extrêmes (accumulation de charges de neige et obturation) ;
- conception des prises d'air et des grilles de rejet du réseau de ventilation conventionnelle pour maintenir leur fonctionnalité en cas chute de neige extrêmes (accumulation de charges de neige et obturation).

4.5.4.3.6 Le cas des locaux pomperie et réservoirs incendie de la zone descenderie et zone puits

Les locaux pomperie sont nécessaires pour la maîtrise d'un éventuel incendie. Deux locaux pomperie sont présents sur le site du centre de stockage Cigéo :

- le local pomperie pour l'alimentation en eaux incendie de la zone descenderie ;
- le local pomperie pour l'alimentation en eaux incendie de la zone puits.

L'éventualité d'une perte de la capacité d'extinction est susceptible de remettre en cause la capacité de mise et de maintien à l'état sûr dans l'éventualité d'un incendie.

Afin de maintenir la capacité d'extinction de l'INB, les structures de génie civil sont conçues pour maintenir leur intégrité en cas de chutes de neige extrêmes.

4.5.4.3.7 Le cas du bâtiment services de sûreté/sécurité/environnement

Les dispositions de maîtrise des risques pour le bâtiment sûreté/sécurité/environnement sont les suivantes :

- conception des structures de génie civil pour maintenir leur intégrité en cas de chutes de neige extrêmes ;
- conception des prises d'air et des grilles de rejet du réseau de ventilation conventionnelle pour maintenir leur fonctionnalité en cas chute de neige extrêmes (accumulation de charges de neige et obturation).

4.6 Les risques liés à la foudre et aux interférences électromagnétiques

4.6.1 La présentation des risques liés à la foudre et aux interférences électromagnétiques

4.6.1.1 L'origine des risques

La foudre correspond à un phénomène naturel de décharge électrique de forte intensité.

On distingue deux types d'effets induits par un impact de foudre en fonction de sa localisation :

- les effets directs sur les ouvrages ou sur les réseaux connectés, qui peuvent causer des dommages physiques importants et engendrer des surtensions susceptibles de provoquer des courts circuits sur les équipements électriques ;
- les effets indirects induits à proximité du point d'impact: champ électromagnétique impulsionnel intense généré autour des lignes d'écoulement des charges, circulation de courant parasite dans des boucles conductrices, variation brutale du potentiel de terre aux alentours du point d'impact. Ces phénomènes peuvent générer des surtensions affectant les équipements électriques et électroniques.

Une interférence électromagnétique est un signal ou une émission, véhiculé(e) dans l'espace libre ou par des conducteurs électriques ou de signaux, qui peut entraîner des dysfonctionnements de systèmes électriques et électroniques (exemples : déclenchements intempestifs des moyens de manutention, pertes de capteurs de surveillance).

Ces interférences électromagnétiques peuvent être d'origine externe (effet indirect d'un impact de foudre) ou interne (produites par un équipement électrique interne à l'installation).

4.6.1.2 La caractérisation des aléas

4.6.1.2.1 Le contexte des phénomènes orageux du site d'implantation

Les phénomènes orageux sur le site d'implantation se produisent essentiellement entre les mois de mai et septembre avec en moyenne trois à cinq jours d'orages durant cette saison, ce qui est globalement faible au regard de la moyenne française (11,54 jours). Le nombre de jours d'orages par an (nombre de jour où au moins un impact est détecté sur la surface étudiée) dans un cercle de rayon 10 km centré sur le site (commune de Bure) est en moyenne de 21 jours (période 2006-2015). La densité de foudroiement (correspondant au nombre d'impact par an et par km^2) est de 1,21 pour la même période.

4.6.1.2.2 Les définitions des aléas

a) L'aléa lié à la foudre

Les évènements les plus probables sont un impact sur un bâtiment (impact sur la structure) ou un impact sur une ligne entrante (impact sur les réseaux connectés).

L'aléa foudre se caractérise selon trois paramètres (cf. NF EN 62305-1 de 2013 (55)) :

- le courant de foudre (I en kA) ;
- l'énergie spécifique du courant de choc (W/R en kJ/Ω) ;
- la dérivée temporelle (di/dt en kA/µs).

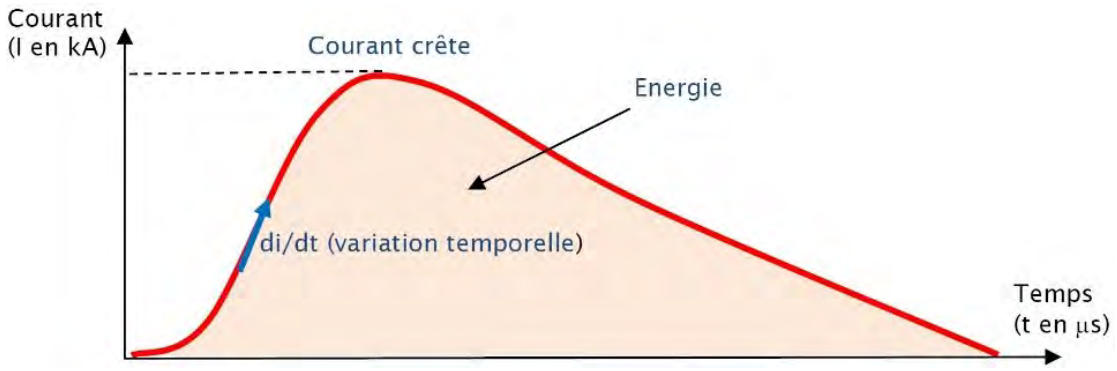


Figure 4-10 Illustration des paramètres caractéristiques de l'aléa foudre

Pour les bâtiments abritant des fonctions de sûreté ou des équipements nécessaires à la mise ou au maintien à l'état sûr des installations, l'aléa retenu a les caractéristiques suivantes :

- courant maximal de foudre : 200 kA ;
- énergie spécifique du courant de choc : 10 MJ/Ω ;
- dérivée temporelle : 20 kA/µs.

Un éclair comprend un premier choc (décharge électrique) qui peut être suivi de chocs ultérieurs. Un ou plusieurs chocs peuvent être suivis d'un coup de foudre de longue durée. Des phénomènes de coups de foudre multiples peuvent comporter jusqu'à plusieurs dizaines de décharges.

b) L'aléa lié aux interférences électromagnétiques

L'aléa lié aux interférences électromagnétiques d'origine externe correspond uniquement à l'effet indirect d'un impact de foudre. En effet, le champ magnétique terrestre, le Wi-Fi et les champs électromagnétiques produits à l'extérieur des installations ne sont pas susceptibles d'engendrer des perturbations électromagnétiques significatives au niveau des différents équipements.

L'aléa lié aux interférences électromagnétiques d'origine interne correspond aux interférences produites par les équipements électriques installés dans les installations et qui viennent perturber les appareils environnants, voire les endommager.

4.6.2 L'identification des cibles vis-à-vis des risques liés à la foudre et aux interférences électromagnétiques

Dans le cadre de la présente analyse, les cibles de sûreté retenues vis-à-vis des risques liés à la foudre et aux interférences électromagnétiques sont les bâtiments contenant des substances radioactives ainsi que les bâtiments abritant des équipements assurant une fonction de sûreté ou nécessaires à la mise ou au maintien à l'état sûr des installations.

4.6.2.1 Les atteintes aux fonctions de sûreté

Les ouvrages sensibles de la zone descenderie, notamment ceux assurant ou participant à des fonctions de sûreté et contenant des cibles de sûreté, sont les suivants :

- le bâtiment nucléaire de surface EP1 (B-02) ;
- la tête de descenderie colis (B-01) ;
- la tête de descenderie de service (E-04).

Les ouvrages sensibles de la zone puits, notamment ceux assurant ou participant à des fonctions de sûreté et contenant des cibles de sûreté, sont les suivants :

- les émergences du puits ventilation air frais exploitation VFE (E-02) ;
- les émergences du puits ventilation air vicié exploitation VVE (E-03).

La maîtrise des fonctions de sûreté ne doit pas être remise en cause en cas d'agression liée à la foudre de ces ouvrages, y compris vis-à-vis des effets indirects.

4.6.2.2 Les atteintes aux fonctions supports

Une fonction support, dès lors que son maintien est retenu comme impératif vis-à-vis de la fonction de sûreté qu'il dessert, doit aussi être préservée en cas d'aléa foudre.

Les ouvrages contribuant au maintien des fonctions support en zone descenderie et en zone puits et sensibles à l'impact de la foudre sont les suivants :

- les centrales de secours et postes de distribution 20 kV ;
- Les locaux pomperies incendie ;
- le bâtiment sûreté/sécurité/environnement de la zone descenderie ;
- le bâtiment de lutte contre l'incendie et de secours aux victimes de la zone puits.

Les locaux techniques dédiés aux courants forts, courants faibles industriels et contrôle commande présente au sein des bâtiments de l'installation nucléaire de surface, des liaisons surface-fond et des ouvrages souterrains participent également au maintien de fonctions supports.

4.6.3 L'analyse des risques liés à la foudre et aux interférences électromagnétiques

4.6.3.1 L'identification des événements non souhaités

Les événements non souhaités sont les suivants :

- un départ de feu se développant en incendie ;
- une dégradation des parois et équipements assurant le confinement statique des substances radioactives, la protection contre les rayonnements ionisants et la maitrise de la criticité ;

- une défaillance ou un dysfonctionnement des équipements des réseaux de ventilation nucléaire participant au confinement dynamique des substances radioactives, à la maîtrise des risques liés aux dégagements thermiques et à la maîtrise des risques liés aux dégagements de gaz de radiolyse ;
- une défaillance ou un dysfonctionnement des équipements des systèmes de surveillance de l'installation avec notamment la surveillance des rejets aux émissaires, la surveillance de la concentration en gaz de radiolyse et la surveillance de la température issue des colis de déchets ;
- une perte des moyens d'extinction incendie (locaux pomperie) ;
- un risque de perte des moyens de gestion de crise en cas d'impact sur la tête de descenderie de service (E-04) ou sur le bâtiment sûreté/sécurité/environnement (E-11) et le bâtiment pour la lutte contre l'incendie (E-13) ;
- une défaillance ou un dysfonctionnement du contrôle commande ou du système de conduite des installations pouvant entrainer par exemple la dérive d'un moyen de manutention se traduisant par un choc ou une chute de charge.

Les coups de foudre sont toutefois sans conséquences notables pour les ouvrages suivants compte tenu de leur robustesse à ce type d'agression ou du fait qu'ils soient enterrés :

- le terminal ferroviaire INB (F-01) : sur le terminal ferroviaire nucléaire, les emballages sont positionnés en conditions de transport sur des wagons et ne sont déchargés que dans le hall de déchargement des emballages de transport. Sous couvert de leur agrément, leur chute ou leur renversement ne serait pas de nature à remettre en cause leur confinement. Il n'y a donc pas d'exigences spécifiques liées à la foudre sur cette partie de l'installation ;
- les réservoirs d'eau d'extinction incendie sont enterrés ;
- les lignes « courant faible » sont réalisées par des liaisons en fibres optiques.

Les risques liés à la foudre peuvent également venir en cumul des autres aléas de dimensionnement considérés et en particulier les risques liés aux conditions météorologiques ou climatiques extrêmes (cf. Chapitre 4.5 du présent volume).

4.6.3.2 Les dispositions de prévention

4.6.3.2.1 Vis-à-vis des ouvrages et équipements portant une fonction de sûreté

Des systèmes de protection contre la foudre (SPF) de niveau I, II, III ou IV de la structure des ouvrages et de leurs équipements sont définis.

Les installations extérieures de protection contre la foudre sont constituées :

- de dispositifs de capture qui sont une combinaison des composants suivants : paratonnerres à dispositif d'amorçage, paratonnerres à tiges simples, conducteurs maillés, fils tendus ;
- des conducteurs de descente, une mise à la terre (MALT) conforme aux normes NF C17-102 de 2011 (56) et NF EN 62305-3 de 2012 (57), des contraintes de constructions sur les structures métalliques conformes à la norme NF EN 62305-3 de 2012 et notamment :
  - ✓ l'équipotentialité électrique des structures (charpente métallique et bardage des bâtiments) au réseau de terre ;
  - ✓ l'équipotentialité au réseau de terre de toutes les canalisations conductrices qui pénètrent dans les bâtiments.

Les installations intérieures de protection contre la foudre des équipements sont constituées :

- de parafoudres de type (1+2) en amont des équipements présents au sein des installations nucléaires de surface (B-02), de la tête de descenderie colis (B-01), des émergences puits et la tête de descenderie de service (E-04) de l'installation souterraine :
  - ✓ un parafoudre de type 1 au niveau de l'entrée de la ligne électrique dans le bâtiment ;
  - ✓ un parafoudre de type 2 situé au plus près de l'équipement concerné ;

- des parasurtenseurs installés au niveau des armoires électriques notamment des équipements sensibles tels que le contrôle-commande des moyens de manutention des colis, les systèmes de surveillance et de pilotage des installations (réseau courant faible industriel).

Tous les parafoudres sont obligatoirement associés à un dispositif de déconnexion individuel raccordé en amont et en série. Le dispositif de déconnexion assure la continuité de service lorsque le parafoudre arrive en fin de vie en coupant le courant de court-circuit. Cette fonction peut être réalisée à l'aide d'un disjoncteur ou, dans certains cas, à l'aide de fusibles. De plus, une sélectivité totale est assurée entre le dispositif de déconnexion et la protection amont.

D'une manière générale, les installations intérieures de protection contre la foudre assurent la sécurité des installations électriques et permettent la continuité de service.

La norme NF EN 62305-2 de 2012 (58) traite de l'évaluation des risques contre la foudre dans une structure. Elle est destinée à proposer une procédure d'évaluation d'un tel risque. Une fois fixée la limite supérieure du risque tolérable, la procédure proposée permet de choisir les mesures de protection appropriées pour réduire le risque à une valeur inférieure ou égale à la valeur limite tolérable.

Des mesures de protection sont prescrites pour réduire les pertes dues à la foudre. La nécessité d'une telle protection et son choix sont considérés en termes d'évaluation de risque. Le risque est défini dans cette norme comme la perte annuelle moyenne probable due aux coups de foudre dans une structure. Il dépend du nombre annuel de coups de foudre impliquant la structure, de la probabilité de dommages dus à l'un de ces coups de foudre et des pertes consécutives. Ces mesures sont classées en quatre niveaux de protection de I à IV.

Les valeurs de probabilité P_B sont données dans le tableau 4-23 en fonction du niveau de protection contre la foudre (NPF). Cette probabilité intervient dans l'équation de base permettant l'évaluation des composantes de risque pour les structures.

Tableau 4-23 Niveau de protection foudre des ouvrages NPF et valeurs de probabilité P_B en fonction des mesures de protection pour réduire les dommages physiques

Caractéristiques de la structure	Niveau de Protection Foudre (NPF)	P_B
Structure non protégée par un système de protection contre la foudre (SPF)	-	1
Structure protégée par un systèmes de protection contre la foudre (SPF)	IV	0,2
	III	0,1
	II	0,05
	I	0,02

La synthèse des besoins en termes de niveau de protection contre la foudre par ouvrage portant une fonction de sûreté en zone descenderie et zone puits est présentée dans le tableau 4-25.

Tableau 4-24 Besoins en termes de niveau de protection contre la foudre des ouvrages portant une fonction de sûreté en zone descenderie et en zone puits

Désignation	Niveau SPF	Niveau SPD[62] Type 1	Niveau SPD Type 2	Équipements à protéger
Zone descenderie				
Tête de descenderie de service	I	I	I	SSI Ventilation
Tête de descenderie colis	I	I	I	SSI
Ouvrages nucléaires de surface EP1, ET-H	I	I	I	SSI Contrôle commande
Zone puits				
Émergences puits air neuf, personnel exploitation	I	I	I	SSI Ventilation
Émergence puits ventilation air vicié	I	I	I	SSI Ventilation

4.6.3.2.2 Vis-à-vis des ouvrages et équipements portant une fonction de support

a) Les dispositions de sûreté vis-à-vis d'un départ de feu

Les disposions de prévention des départs de feu sont identiques à celles mises en œuvre dans le chapitre 3.2 du présent volume.

b) Les dispositions de sûreté vis-à-vis de la perte de l'alimentation électrique

La synthèse des besoins en termes de niveau de protection contre la foudre par ouvrage portant une fonction support liée au risque de perte de l'alimentation électrique en zone descenderie et en zone puits est présentée dans le tableau 4-26.

[62] SPD : Dispositifs de protection contre les surtensions (*Surge Protection Device*) conçus pour protéger contre les surtensions transitoires.

Tableau 4-25 Besoins en termes de niveau de protection contre la foudre des ouvrages portant une fonction de sûreté en zone descenderie et en zone puits

Désignation	Niveau SPF	Niveau SPD Type 1	Niveau SPD Type 2	Équipements à protéger
Zone descenderie				
Groupe électrogène distribution secours	I	I	I	SSI
Poste distribution de secours 20 kV	I	I	I	SSI
Zone puits				
Groupe électrogène distribution secours	I	I	I	SSI
Poste distribution secours 20 kV	I	I	I	SSI

Les dispositions particulières de protection concernant les ouvrages et réseaux électriques sont les suivantes :

- les lignes HTA et secours disposent d'une protection par parafoudres haute tension (HT) ;
- les centrales de secours et les postes de distribution secours 20 kV disposent d'un blindage spatial maillé à l'intérieur de la structure (maille de 10 cm).

Le risque foudre est susceptible par effet domino d'agresser le réseau d'alimentation électrique basse tension (BT) des installations ou d'occasionner un départ de feu dans les locaux du réseau d'alimentation électrique BT.

Le réseau d'alimentation électrique basse tension des installations est ainsi conçu en respectant les exigences de dimensionnement liées au référentiel normatif suivant :

- des parasurtenseurs sont installés au niveau des armoires électriques conformément à la norme NF EN 62305 ;
- les installations électriques basse tension respectent les règles de conception et de réalisation électrique de la norme NF C15-100 de décembre 2002 (59).

c) Les dispositions de sûreté vis-à-vis de la perte du contrôle commande et la surveillance de l'installation

Les équipements sensibles aux conséquences indirectes de la foudre sont les équipements de surveillance, de pilotage ou de sécurité des moyens de manutention et de transfert tels que les détecteurs d'obstacle, les codeurs de vitesse et de position, les variateurs, les équipements de contrôle-commande, les systèmes anticollisions, les systèmes de freinage, etc. Une perturbation ou la perte du contrôle commande est susceptible de conduire à des risques liés à la manutention (choc, chute).

Ainsi, il est installé une protection contre la foudre sur tous les éléments sensibles conformément aux normes NF EN 61643-11 de 2014 (prescriptions et essais) (60) et CEI 61643-12 de 2008 (principes de choix et d'application) (61) qui complètent les articles 443 et 534.1 de la NF C15-100 de décembre 2002 (59). À ce titre, des protections contre la foudre sont disposées en sortie des transformateurs, c'est-à-dire en entrée des armoires électriques concernées. Les équipements sensibles sont ainsi protégés contre les conséquences indirectes des coups de foudre par des filtres, des ferrites et des transformateurs.

d) Les dispositions de sûreté vis-à-vis de la perte des moyens de détection ou d'extinction incendie

Les locaux pomperie sont nécessaires pour la maîtrise d'un éventuel incendie. L'éventualité d'une perte de la capacité d'extinction est susceptible de remettre en cause la capacité de mise et de maintien à l'état sûr des installations dans l'éventualité d'un incendie. La perte des moyens de détection et d'extinction dans les différents ouvrages est également susceptible de remettre en cause la maîtrise du risque incendie.

Ainsi, les dispositions suivantes de protection contre la foudre sont mises en place :

- l'alimentation électrique du système de sécurité incendie et des pompes situés dans les locaux pomperie est protégée par des systèmes de protection contre la foudre (SPF) de type (1+2) ;
- les systèmes de sécurité incendie des autres ouvrages disposent également de protection contre la foudre (parafoudres de type 2) pour la détection et l'extinction.

e) Les dispositions de sûreté vis-à-vis de la perte des moyens de gestion des situations d'urgence et des interventions de secours

Les besoins en termes de protection contre la foudre pour ces deux bâtiments ainsi que pour les équipements associés sont présentés dans le tableau 4-26.

Tableau 4-26 Besoins en termes de niveau de protection contre la foudre du bâtiment sûreté/sécurité/environnement (E-11) en zone descenderie et du bâtiment pour la lutte contre l'incendie (E-13) en zone puits

Désignation	Niveau SPF	Niveau SPD Type 1	Niveau SPD Type 2	Extinction automatique	Équipement à protéger
Zone descenderie					
Bâtiment sûreté/sécurité/ environnement (E-11)	I	I	I	Totale	SSI Ventilation Serveur (data center)
Zone puits					
Bâtiment pour la lutte contre l'incendie (E-13)	I	I	I	Totale	SSI

4.6.3.3 Les dispositions de surveillance et de détection

Les prévisions météorologiques surveillées en permanence permettent de définir des alertes météorologiques « orages » pour une période donnée où un risque de coup de foudre sur les installations est susceptible de se produire.

Les alertes météorologiques « orages » font l'objet de prescriptions dans le cadre des règles générales d'exploitation :

- sur alerte orage, les opérations sont limitées au strict minimum, la fermeture de toutes les ouvertures des bâtiments est contrôlée ;
- après un coup de foudre, si le compteur de coup de foudre est incrémenté, une inspection visuelle doit être réalisée pour s'assurer :
  - ✓ qu'aucune extension ou modification de la structure protégée n'impose la mise en place de dispositions complémentaires de protection ;
  - ✓ du bon état des conducteurs de descente ;
  - ✓ de la bonne fixation des différents composants ;
  - ✓ que les distances de sécurité soient respectées.

4.6.3.4 Les dispositions de limitation de conséquences

Les mesures de limitations des conséquences ne concernent pas la foudre et les interférences électromagnétiques mais les risques induits, à savoir :

- les risques liés à l'incendie ;
- les risques liés à la perte d'alimentation électrique ;
- les risques liés à la perte du contrôle commande ;
- les risques liés à la perte de la ventilation nucléaire.

Les dispositions de limitation des conséquences d'un incendie sont présentées dans le chapitre 3.2 du présent volume.

Les dispositions de limitation des conséquences d'une perte d'alimentation électrique ou de contrôle-commande sont présentées respectivement dans les chapitres 3.4 et 3.8 du présent volume. Elles se basent principalement sur des équipements à sécurité positive, des barrières locales indépendantes du contrôle-commande et sur la maintenance curative des équipements concernés.

Les dispositions de limitation des conséquences d'une perte de la surveillance des rejets sont présentées dans le chapitre 3.7 du présent volume. En cas de perte de la surveillance des rejets, l'installation est mise en position de sécurité (arrêt des activités présentant un risque radiologique) jusqu'à la maintenance corrective des équipements endommagés.

Les dispositions de limitation des conséquences de la ventilation de soufflage ou d'extraction consistent principalement à mettre l'installation à l'état sûr en attente de remise en fonctionnement de la ventilation. Cette mise à l'état sûr consiste à mettre le ou les locaux concernés par la perte ou la dégradation des performances de la ventilation en confinement statique *via* la fermeture des clapets coupe-feu et des registres d'isolement. Les opérations à risque de déconfinement sont également stoppées et les colis en cours de manutention sont affalés dans une zone appropriée (cf. Chapitre 3.6 du présent volume).

4.6.3.5 Les dispositions spécifiques pour la maîtrise des risques liés aux interférences électromagnétiques

Les interférences électromagnétiques prépondérantes sont celles induites par les coups de foudre. Les effets des interférences produites par les équipements électriques internes à l'installation sont moins importants. Les dispositions de protection mises en place au titre des interférences d'origine externe (foudre) sont équivalentes et couvrent ainsi celles induites en interne par les équipements. Ces

interférences peuvent conduire à perturber les appareils environnants, voire les endommager, et ainsi compromettre le bon fonctionnement des équipements portant une fonction de sûreté ou une fonction support (équipements EIP).

Il n'y a pas de dispositions supplémentaires vis-à-vis des interférences électromagnétiques d'origine externe induites par la foudre vis-à-vis de l'alimentation électrique des équipements portant une fonction de sûreté (équipements de l'installation nucléaire de surface, des puits d'air frais et d'air vicié, de la descenderie de service, des liaisons surface-fond et ouvrages souterrains et des locaux pomperies).

L'ensemble des équipements électriques des installations est conforme aux règles de la norme NF EN IEC 61000-6-1 « Compatibilité électromagnétique » de 2019 (62). Cette norme définit le niveau d'émission maximal et de protection minimale des différents équipements vis-à-vis des ondes électromagnétiques. Cela prend en compte les surtensions impulsionnelles susceptibles d'être transmises aux réseaux basse tension par les transformateurs à la suite d'un coup de foudre ; l'appareillage basse tension est résistant aux ondes de tension et de courant représentatives de la foudre.

L'application de cette norme permet de prévenir tout risque de perturbation par interférences électromagnétiques de l'alimentation électrique et du contrôle-commande des équipements. Les équipements identifiés comme sensibles sont protégés par des filtres, des parasurtenseurs, des ferrites et des transformateurs. Les automates programmables sont quant à eux conformes aux spécifications et essais définis par la norme NF EN 61131-2 de 2015 (63).

4.7 Les risques liés à l'incendie externe

4.7.1 La présentation des risques

L'environnement de l'INB, naturel et industriel, est pris en compte vis à vis des conséquences d'un incendie externe à proximité de l'INB.

L'environnement naturel est composé de forêts et d'espaces de verdure (cf. Chapitres 5.1et 5.4 du volume 4 du présent rapport). Un risque d'incendie peut se produire en zone descenderie et en zone puits.

L'environnement industriel est traité dans le chapitre 4.2 du présent volume. Il concerne essentiellement les incendies associés aux :

- installations fixes de réserves de carburant ou de fioul et leur remplissage ;
- véhicules circulant sur les voies de communication routières pour alimenter les installations fixes ;
- véhicules du personnel ou nécessaires à l'exploitation ;
- installations de chantiers de la zone travaux.

4.7.2 Les dispositions de prévention

Les dispositions de prévention reposent principalement sur des mesures visant à maîtriser l'occurrence d'un feu à proximité des installations situées en surface dans la zone puits et la zone descenderie, en limitant les sources de dangers à proximité.

Pour l'environnement naturel, compte tenu du type de végétation au niveau de l'implantation de l'INB et du climat de la région Grand Est - Alsace - Champagne - Ardenne - Lorraine, le risque de feu de forêt n'est pas identifié comme un risque majeur selon le dossier départemental des risques majeurs (DDRM) du département de la Meuse (64) et le dossier départemental des risques majeurs de la Haute-Marne (65).

Néanmoins vis-à-vis d'un départ de feu dû à l'environnement naturel, les mesures de prévention suivantes sont prises en comptes aux abords de l'INB :

- distance libre d'au moins 50 mètres autour des bâtiments (débroussaillage/déboisement), sauf mise en place de mesures conservatoires vis-à-vis du risque incendie (consignes spécifiques d'exploitation, muret anti-feu…) ;
- distance débroussaillée d'au moins 80 mètres de part et d'autre de la clôture des installations nucléaires de surface au sein de la zone descenderie. La végétalisation du bâtiment nucléaire de surface EP1 est dimensionnée pour ne pas impacter les émergences en cas de feu de végétaux.
- distance débroussaillée de 50 mètres depuis les clôtures du centre de stockage dans la zone abords de la zone descenderie et de la zone puits.

La végétalisation du bâtiment nucléaire de surface EP1 est dimensionnée pour ne pas impacter les émergences en cas de feu de végétaux.

Pour l'environnement industriel, une interdiction de stockage de produit inflammable à proximité de l'INB est instaurée. Plus généralement, pour éviter tout impact d'un incendie externe sur l'INB, une distance minimum est déterminée relativement aux propriétés physico-chimiques des équipements et produits présents ainsi qu'aux volumes concernés. Des éléments complémentaires sont disponibles dans le chapitre 4.2.3.2 du présent volume.

4.7.3 Les dispositions de limitation des conséquences

Les équipements et l'organisation mis en place au sein de l'INB pour la maîtrise des risques d'incendie, notamment internes, permettront d'intervenir efficacement contre ce risque et ainsi limiter la durée de l'incendie et ses conséquences. Les dispositions suivantes sont prises pour limiter les risques de propagation d'un feu externe à l'intérieur des bâtiments :

- les matériaux utilisés pour les façades et toitures ont un classement de réaction au feu performant (non combustible ou faiblement combustible) ;
- les portes ont une résistance au feu adaptée aux risques identifiés :
  - ✓ les portes des bâtiments EP1 (B-02) et tête de descenderie colis (B-01) donnant sur l'extérieur sont *a minima* pare-flammes E 30 ou E 60 selon le type de local desservi ; les portes au gabarit véhicule et les portes au gabarit ferroviaire sont pare-flammes E 60 ; ces portes sont fermées en position d'attente ;
  - ✓ les portes séparant la descenderie de service par rapport à la tête de descenderie de service (E-04) sont *a minima* coupe-feu EI 120 ;
  - ✓ les portes qui isolent le bâtiment lampisterie et le bâtiment chevalement du puits VFE (E-02) sont coupe-feu EI 120 ;
  - ✓ les portes extérieures du bâtiment usine de ventilation de soufflage associé à l'ouvrage E-02 sont *a minima* pare-flammes E 30. Les locaux techniques de ce bâtiment sont sectorisés coupe-feu EI 120 ;
  - ✓ les portes extérieures du bâtiment usine de ventilation d'extraction associé à l'ouvrage E-03 sont *a minima* pare-flammes E 30 ;
- les bâtiments EP1 (B-02) et TDC (B-01) de la zone descenderie sont équipés au niveau des prises d'air de pare-étincelles et d'une détection automatique d'incendie en gaine asservissant l'arrêt de l'aspiration en cas de déclenchement ; les différents réseaux de ventilation (NC, C1, C2, etc.) peuvent être arrêtés individuellement si besoin (au soufflage ou au soufflage et à l'extraction), par un opérateur au poste de central de sécurité ou en salle de conduite centralisée.

En zone puits, les prises d'air de l'aspiration du puits VFE (E-02) qui alimente en air frais l'installation souterraine, sont équipées de pare-étincelles et d'une détection automatique d'incendie en gaine asservissant l'arrêt de l'aspiration en cas de détection

volume), l'arrêt de la ventilation souterraine ne serait pas susceptible de remettre en cause les fonctions de sûreté.

5

Les risques conventionnels

5.1 Les risques liés aux opérations de construction 386
5.2 Les risques liés aux essais préalables à la mise en service 390
5.3 Les risques liés aux substances dangereuses non radioactives 390

5.1 Les risques liés aux opérations de construction

L'analyse des risques liés aux opérations de construction de l'INB permet d'identifier et d'évaluer les accidents les plus significatifs en termes d'impacts sur la protection des intérêts et en particulier sur l'environnement et les populations avoisinantes (impacts en termes d'effets thermiques, de surpression et/ou chimiques).

À l'issue de l'analyse des risques, des dispositions de maîtrise, d'ordre technique et organisationnel, sont proposées afin de prévenir au maximum les situations accidentelles et de réduire la gravité des conséquences des accidents, lorsque ceux-ci ne peuvent être évités.

Les situations accidentelles associées aux opérations de construction et qui conduiraient aux impacts les plus significatifs sont celles liées à l'utilisation d'explosifs, de carburant et à la présence éventuelle d'engins de guerre enfouis.

En effet, ces situations sont susceptibles d'impacter l'environnement et les populations avoisinantes en induisant des réactions exothermiques pouvant se matérialiser en incendie ou en explosion (régime de déflagration voire de détonation).

En ce qui concerne les explosifs, les risques identifiés sont liés à l'explosion d'explosifs lors de leur stockage (dans les dépôts où sont stockés les explosifs et détonateurs) ou de leur utilisation pour le creusement des puits, pendant la phase de construction initiale (le creusement par explosifs intervient uniquement lors du creusement des puits).

En ce qui concerne le carburant, les risques identifiés sont liés à l'épandage de carburant.

En ce qui concerne les risques liés aux engins de guerre enfouis, ces derniers sont quant à eux considérés comme faibles. Ils sont décrits dans le volume 4 de la présente version préliminaire du rapport de sûreté.

5.1.1 Les risques liés à l'explosion d'explosifs lors de leur stockage ou de leur utilisation pour le creusement des puits (phase de construction initiale)

5.1.1.1 La présentation du risque

L'utilisation d'explosifs pour le creusement concerne la phase de construction initiale (l'activité de stockage d'explosifs disparait à la fin des travaux de creusement des puits).

Les explosifs encartouchés sont stockés dans des dépôts spécifiques considérés comme installations temporaires de chantier (ITC) situées en zone puits et en zone descenderie et préparés au préalable dans un local temporaire dédié installé à proximité des zones de creusement (bungalow de préparation des précharges d'explosifs).

Les quantités d'explosifs dans un dépôt, en lien avec les besoins journaliers, sont évalués, de manière très enveloppe à ce stade, à environ 1 600 kg. Compte tenu de cette quantité, cela s'inscrit dans la nomenclature des ICPE (installations classées pour la protection de l'environnement), rubrique 4 220 qui est soumise à autorisation (quantité supérieure à 500 kg de quantité équivalente totale de matières actives).

Le bungalow de préparation des précharges est quant à lui implanté à l'aplomb des zones à creuser.

L'évènement redouté correspond à l'explosion du dépôt où sont stockés les explosifs et détonateurs ou du bungalow de préparation des précharges consécutif à :

- un vieillissement des explosifs ;
- des étincelles générées par un dysfonctionnement électrique ;
- un échauffement des équipements de manutention utilisés à proximité.

Le phénomène dangereux caractéristique associé à l'explosion est la réaction de combustion de l'explosif dont le régime dimensionnant est celui de la détonation, induisant des effets liés à l'onde de surpression associée.

Pour mémoire, en ce qui concerne les effets de surpression, le seuil retenu pour l'homme, en lien avec l'annexe II de l'arrêté du 29 septembre 2005 (66) est fixé à 50 mbar (objectif de sûreté).

5.1.1.2 Les dispositions de prévention

Les principales dispositions de prévention d'ordre technique (dispositions de conception) mises en place pour prévenir tout risque d'explosion d'explosifs en surface sont les suivantes :

- répartition des explosifs au sein de plusieurs casemates séparées ;
- utilisation de matériels de manutention électriques ;
- respect des températures minimum et maximum recommandées pour le stockage ;
- mise en en place d'une protection contre le risque foudre ;
- mise en place de moyens de lutte contre l'incendie.

Les principales dispositions de prévention d'ordre organisationnel mises en place pour prévenir tout risque d'explosion d'explosifs en surface sont les suivantes :

- formation du personnel et habilitation à la manipulation d'explosifs ;
- intégration dans le PGC (Plan général de coordination SPS) et dans les PPSPS (Plan particulier de sécurité et de protection de la santé) des procédures de tir ;
- interdiction de la circulation d'autres véhicules sur le chemin emprunté lors du transport d'explosifs en surface ;
- mise en œuvre de procédures de travail (séparation des détonateurs et des explosifs lors du transport, manipulation de l'explosif seulement par le boutefeu ou par l'aide-boutefeu…) ;
- réduction au maximum de la quantité d'explosif sur le site pour travailler en flux tendus.

5.1.1.3 Les dispositions de surveillance

La surveillance lors de la procédure de tir est réalisée en identifiant un code d'avertissement sonore et éventuellement lumineux afin d'indiquer aux intervenants du chantier l'imminence et la fin du tir de la volée :

- surveillance des opérations de chargement des explosifs par le boutefeu ;
- vérification périodique du matériel électrique.

5.1.1.4 Les dispositions de limitation des conséquences

Des moyens tels que l'affichage et le gardiennage des accès sont mis en place pour s'assurer qu'aucune personne ne puisse pénétrer à proximité de la zone dangereuse. La zone de tir est signalée par des panneaux portant la mention « Danger-Tir de Mines ».

Malgré toutes ces dispositions de prévention et de surveillance, en cas d'explosion d'explosifs, les distances d'effet dépendent des quantités d'explosifs mises en œuvre.

Dans les dépôts, afin d'interdire les détonations simultanées, des cases de stockage sont mises en place.

En zone puits, la capacité maximale par case est de 125 kg. Ceci conduirait à des effets de surpression en cas d'explosion de 50 mbar à 110 m et de 20 mbar à 220 m.

En zone descenderie, cette capacité maximale est de 100 kg. Ceci conduirait à des effets de surpression de 50 mbar à 103 m et de 20 mbar à 205 m.

La définition de l'implantation des dépôts d'explosifs sera définie en phase ultérieure. Ces distances d'effets évaluées avec des hypothèses très majorantes seront prises en compte afin de définir l'implantation définitive des dépôts, de manière à qu'elles ne portent pas atteinte à l'environnement et aux populations avoisinantes.

5.1.2 Les risques liés à l'épandage de carburant

5.1.2.1 La présentation du risque

Les installations concernées par l'alimentation de carburant sont construites et alimentées en carburant dès la phase de construction initiale (T1). Elles se situent en zone descenderie et en zone puits. Sur le périmètre de l'INB, il s'agit :

- des réservoirs de carburant pour les centrales de secours qui sont alimentées par des canalisations depuis l'extérieur du périmètre de l'INB ;
- d'une station-service située en zone puits et dont les cuves sont alimentées par une canalisation depuis l'extérieur du périmètre de l'INB.

Du fait de la présence de canalisations d'alimentation pour les installations mentionnées ci-dessus, il n'est pas considéré qu'un camion-citerne transportant de carburant pénètre sur le périmètre de l'INB.

Les phénomènes dangereux redoutés au niveau des réservoirs de carburant ou de la station -service sont les suivants :

- le déversement de carburant conduisant à une pollution des sols et des eaux (*via* le lessivage en cas de pluie) ou un incendie ;
- le déversement de carburant, évaporation depuis la nappe conduisant à un VCE (*Vapor Cloud Explosion*).

5.1.2.2 Les dispositions de prévention

Les dispositions de prévention d'ordre technique mises en place sont les suivantes :

- installation d'une aire de distribution sécurisée, conforme à l'arrêté du 15 avril 2010 (67) ;
- installation des flexibles de distribution conforme aux normes en vigueur au moment de la construction initiale ;
- mise à la terre de tous les équipements métalliques ;
- utilisation de tuyauteries fonctionnant en aspiration ;
- mise en place des réserves d'absorbants à proximité des bouches d'emplissage de réservoirs des stations ;
- vérification que toutes les opérations de transport sont conformes à la réglementation relative aux transports de matières dangereuses sur voie public (réglementation ADR (11, 12));
- vérification de la conformité de l'installation par un organisme agrée.

Dispositions de prévention d'ordre organisationnel :

- organisation de l'entretien et la maintenance planifiée des équipements et tuyauteries ;
- formation du personnel à la réglementation ADR pour réaliser les opérations de dépotage (11, 12) ;
- mise en place des consignes de sécurité ;

- rédaction une procédure de dépotage;
- identification du zonage atmosphère explosive (Atex) de la station et Document relatif à la prévention des explosion (DRPE) associé ;
- rédaction d'un plan de prévention et d'un permis de feu en cas d'intervention d'une entreprise extérieure ;
- rédaction d'un plan de circulation avec une zone d'accès réglementé.

5.1.2.3 Les dispositions de surveillance

La surveillance est réalisée par la mise en place d'une détection de fuite sur les cuves enterrées double paroi et d'un clapet anti-retour sur les bornes de distribution.

5.1.2.4 Les dispositions de limitation des conséquences

Les dispositions de limitation des conséquences reposent sur :

- la mise en place de cuves enterrées munies de doubles parois ;
- la mise en place d'un auvent en acier ou en béton couvrant au moins la totalité de la surface de rétention de la zone de dépotage ;
- la mise en place d'un système d'extinction automatique.

Les conséquences d'une éventuelle pollution des sols et des eaux sont quant à elles limitées. En effet, les infrastructures de l'INB sont conçues pour éviter tout rejet des eaux pluviales directement dans le milieu naturel et toute infiltration non maîtrisée dans les sols. La mise en place systématique d'aires de dépotage étanches avec séparateurs d'hydrocarbures, la collecte et le traitement des effluents et des eaux pluviales permettent de prévenir toute infiltration et de maîtriser les effets d'une éventuelle infiltration dans les sols en cas de déversement accidentel.

Ainsi, aucun effet lié à la pollution des sols et des eaux consécutives à l'épandage de carburant n'est attendu.

5.1.3 Les risques liés à la présence éventuelle d'engins de guerre enfouis

Les risques liés aux engins de guerre enfouis concernent les opérations de terrassement, de déblaiement, de creusement et d'aplanissement en construction.

La nature et la gravité des risques sont identifiés et évalués à partir du diagnostic pyrotechnique (détection et sondage) et à partir des résultats de la recherche historique réalisée préalablement.

Les dispositions de prévention reposent sur les dispositions d'ordre organisationnel suivantes :

- campagne archéologique préventive pour repérage ;
- diagnostic pyrotechnique avant travaux (détection et sondage) ;
- respect des DICT (Déclaration d'intention de commencement de travaux) ;
- formation du personnel.

La rédaction d'une procédure d'urgence en cas de découverte d'un engin de guerre précise les différentes actions à mettre en œuvre : arrêt du poste de travail, délimitation et interdiction d'accès à la zone dangereuse, information de la direction des travaux, intervention des démineurs et reprise des travaux après accord de la direction des travaux.

5.2 Les risques liés aux essais préalables à la mise en service

Les risques liés aux essais préalables à la mise en service ne génèrent pas d'autres risques que ceux identifiés pour la phase de fonctionnement.

D'autre part, l'organisation associée aux essais préalables à la mise en service est intégrée dans le volume 6 de la présente version préliminaire du rapport de sûreté.

5.3 Les risques liés aux substances dangereuses non radioactives

5.3.1 La présentation des risques

5.3.1.1 La caractérisation des risques liés aux substances dangereuses

Les potentiels de danger conventionnels retenus au titre de la présente analyse de risques sont les sources de dangers dont les effets peuvent directement porter atteinte aux intérêts protégés situés en dehors de l'INB, à savoir le public et l'environnement.

5.3.1.1.1 Le périmètre d'étude

La source de danger susceptible d'avoir des effets en dehors du périmètre de l'INB (cf. « Pièce 5 – Plans détaillés de l'installation à l'échelle 1/2 500e » (68)), est liée à la détention et à l'utilisation de substances dangereuses présentant des risques chimiques. En effet, que ce soit pour le nettoyage, la maintenance ou encore l'exploitation, les travailleurs utilisent quotidiennement des produits classés dangereux au titre du code du travail (substances ou préparations ayant des effets néfastes sur l'organisme vivant ou l'environnement).

L'objectif est ainsi d'identifier les risques associés à ces substances afin d'évaluer les conséquences d'un accident les impliquant sur le public et l'environnement, ainsi que la présentation des dispositions de maîtrise des risques mises en place pour les gérer.

5.3.1.1.2 Les sources de dangers

La classification réglementaire des substances et préparations chimiques dangereuses comporte 15 catégories de dangers (article R. 4411-6 du code du travail). Les catégories de produits présentant des risques d'incendie, d'explosion, de réactions chimiques avec dégagement thermique ou de vapeurs toxiques, de pollution du milieu naturel et qui peuvent avoir des répercussions au-delà du site, en situation accidentelle (renversement ou déversement accidentel, rupture de confinement, fuites, etc.) sont : les produits inflammables et matériaux combustibles, les produits comburants, les produits toxiques et nocifs, les produits corrosifs, les poudres et explosifs.

Les poudres et explosifs ne font pas l'objet de ce chapitre mais sont abordés dans le chapitre précédent relatif aux risques liés aux opérations de construction initiale.

a) Les produits inflammables et les matériaux combustibles

Les produits inflammables sont des solides, liquides et gaz qui peuvent s'enflammer à l'air et continuer à brûler. Les brouillards fins de liquides inflammables et combustibles dans l'air peuvent brûler à toute température en présence d'une source d'inflammation. Habituellement, les vapeurs de ces liquides sont invisibles et leur détection peut être difficile sans instruments spéciaux. Les dangers les plus évidents sont les dangers d'incendie et d'explosion. Les feux de liquides inflammables brûlent très rapidement en dégageant beaucoup de chaleur et souvent d'épais nuages de fumée noire toxique.

Les matériaux combustibles caractérisent tous les produits qui peuvent brûler. Ils nécessitent une énergie d'activation plus importante que les produits inflammables.

Les produits susceptibles de créer des départs d'incendie sont principalement :

- le carburant stocké ;
- des bouteilles de gaz, huiles et solvants utilisés dans le cadre de la maintenance, des ateliers et des jouvences ;
- des consommables, emballages et déchets induits entreposés dans les magasins, ateliers et locaux techniques ;
- les produits susceptibles de générer des explosions (gaz ou évaporation de liquides inflammables) sont principalement :
  - ✓ les différents gaz liquéfiés utilisés pour les opérations de soudure ou de chauffage des rails ;
  - ✓ les batteries et leurs locaux de recharge qui sont, en cas de défaillance, une source d'émission d'hydrogène ;
  - ✓ des solvants ayant un point d'éclair relativement bas et susceptibles de générer un nuage inflammable en cas d'évaporation ;
  - ✓ l'essence et le gasoil utilisés au niveau des stations-services.

b) Les produits comburants

Les comburants caractérisent les produits pouvant favoriser ou activer la combustion d'une substance combustible. Au contact de matériaux d'emballage (papier, carton, bois) ou d'autres substances combustibles, ils peuvent provoquer un incendie. Les principaux comburants sont le dioxygène, l'ozone, les peroxydes, les halogènes, les chlorites, les oxydes d'azote, les oxydes de cuivre.

En exploitation, les produits comburants sont principalement utilisés pour des activités de maintenance et d'équipement des ouvrages (déploiement souterrain). Des bouteilles d'oxygène combinées avec l'acétylène sont utilisées pour les opérations de soudure. Des bouteilles de dioxygène sont également stockées en zone de soutien logistique travaux (ZSL-T), zone de soutien logistique exploitation (ZSL-E) et transitent dans la cage matérielle du puits matériels matériaux travaux (MMT).

c) Les produits toxiques et nocifs

Les produits toxiques sont des substances et préparations qui, absorbées par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, peuvent entrainer des risques graves, aigus, voire même la mort et/ou peuvent être néfastes pour les organismes aquatiques. Les produits nocifs entraînent des risques de gravité limitée.

L'utilisation de produits cancérigènes, mutagènes et reprotoxiques (CMR) n'est pas autorisée sur le site. Les autres classes de produits toxiques et/ou nocifs sont principalement utilisées pour la réalisation des activités de maintenance et équipement des ouvrages. Il s'agit globalement des produits suivants :

- les divers solvants utilisés sur l'ensemble de l'installation assimilés à de l'acétone (ex : ZSL-E Local E13, opération de dégraissage dans le hall de préparation des conteneurs…) ;
- les carburants utilisés pour l'alimentation des véhicules ou des groupes électrogènes, et stockés dans différentes aires carburant des installations ;
- l'eau de javel, utilisée comme produit d'entretien des locaux ;
- les huiles et dégraissants, manipulés notamment lors de la maintenance et l'entretien des équipements (ponts, machines…) ;
- le liant de clavage (notamment le superplastifiant utilisé pour sa fabrication), utilisé dans un local dédié de l'installation EP1 ;
- le produit de scintillation, utilisé au niveau du laboratoire d'analyse de l'installation EP1 ;
- les réactifs de laboratoires, utilisés notamment dans le laboratoire d'analyse affecté à la centrale béton ou au laboratoire d'analyse de l'installation EP1 ;
- les peintures.

d) Les produits corrosifs

Les produits corrosifs sont des matières qui peuvent attaquer et détruire chimiquement les tissus corporels exposés. Elles peuvent aussi endommager ou dissoudre des métaux. Leur action dommageable commence dès qu'elles entrent en contact avec la peau, les yeux, les voies respiratoires, les voies digestives ou le métal.

Les produits corrosifs sont principalement utilisés pour la réalisation des activités de maintenance et l'équipement des ouvrages. Les produits corrosifs potentiels identifiés sont les suivants :

- l'acide sulfurique, envisagé pour certaines opérations de maintenance de l'installation EP1 ;
- l'eau glycolée, utilisée notamment dans les différentes centrales hydrauliques de l'installation ;
- la soude, utilisée comme produit de piégeage des barboteurs au niveau du local technique de dégazage de l'installation nucléaire EP1 ou bien encore utilisé comme produit d'entretien pour les installations conventionnelles ;
- les produits de fixation de la contamination, dont l'utilisation est envisagée au niveau des cellules de manutention des alvéoles de stockage MA-VL en zone souterraine.

5.3.1.1.3 Les scénarios accidentels liés aux substances dangereuses

Les évènements redoutés liés aux substances dangereuses et susceptibles de conduire à des impacts sur le public et l'environnement :

- l'explosion d'une bouteille de gaz (d'acétylène, de propane ou d'argon-méthane) ;
- la rupture pneumatique d'un équipement sous pression (ESP) présent dans l'INB (bouteilles d'azote, d'acétylène ou d'oxygène, ballons d'air comprimé des compresseurs) ;
- l'explosion d'hydrogène suite à la création d'une atmosphère explosive par dégagement lors de la charge de batteries pour l'ensemble des locaux contenant une alimentation sans interruption ;
- l'épandage de carburant.

L'évaluation des conséquences de ces scénarios accidentels et les dispositions de limitation des conséquences sont présentées au chapitre 5.3.4 du présent volume.

5.3.2 Les dispositions de prévention

5.3.2.1 Les principes généraux retenus en vue de la maîtrise des risques

La réduction à la source des risques liés aux substances dangereuses est recherchée *via* la mise en œuvre de quatre principes :

- le principe de substitution/suppression, qui a pour objet de supprimer ou de remplacer les produits dangereux utilisés par des produits aux propriétés identiques mais moins dangereux ;
- le principe d'intensification, qui a pour objet de minimiser les quantités de substances dangereuses mises en œuvre ;
- le principe d'atténuation, qui a pour objet de définir des conditions opératoires ou de stockage moins dangereuses ;
- le principe de limitation des conséquences, qui repose sur la conception des installations de façon à réduire les impacts d'une éventuelle perte de confinement ou d'un événement accidentel.

5.3.2.1.1 Le principe de substitution

Les entreprises intervenantes privilégient l'utilisation de matériels constitués de matériaux ininflammables et/ou autoextinguibles lors des phases de travaux et de maintenance. Elles limitent autant que possible l'utilisation d'engins fonctionnant à l'essence. Les produits explosifs ayant les

sensibilités les plus faibles possibles sont utilisés en adéquation avec les besoins de creusement et les qualités assignées à l'explosif.

Le choix de gaz non comburant est privilégié aux procédés mettant en œuvre de l'oxygène pour les opérations de chauffage des rails (utilisation de propane) pour la mise en place des rails. Enfin, la priorité est donnée aux produits « biologiques » pour les opérations de maintenance et d'entretien.

5.3.2.1.2 Le principe d'intensification

Les produits dangereux sont stockés dans des contenants de capacité réduite (bidons) et sont limités en quantité au strict nécessaire (besoin journalier/hebdomadaire). Le stockage est globalisé (regroupement des besoins) au sein de bâtiments spécifiques (ateliers ou magasins) dans des locaux dédiés sectorisés (local des produits à risque incendie REI60, local des produits à risque, local ménage). Le ravitaillement est également globalisé pour les engins afin de limiter le nombre d'opération d'approvisionnement.

5.3.2.1.3 Le principe d'atténuation

Le principe d'atténuation repose sur le stockage des produits dangereux dans des zones dédiées avec un accès restreint, un affichage clair des risques associés et la mise en place de bacs de rétention adaptés afin de récupérer les produits chimiques en cas de déversements accidentels ou de fuites de produit. Les aires et locaux de stockage suivent des règles de conception décrites au chapitre 2.2.3 du présent volume.

5.3.2.1.4 Le principe de limitation des conséquences

L'instauration de protections passives permet la limitation du développement d'un incident (rétention, sectorisation incendie, zonage Atex, etc.). Les aires de déchargement de substances dangereuses, les locaux de stockage, les locaux et équipements de distribution répondent à des règles de conception et les installations conventionnelles de type ICPE (installations classées pour l'environnement) sont éloignées des clôtures du site selon les distances forfaitaires des arrêtés types applicables.

5.3.2.2 Les dispositions de prévention lors du transport de matières dangereuses

Le transport de matières dangereuses doit être conforme à la réglementation applicable et aux préconisations sur le transport des matières dangereuses (ADR, RID, etc.) et suivre les prescriptions de documents faisant référence en la matière (telle que la brochure INRS ED 6134 (69)). Ainsi, les véhicules servant au transport des produits chimiques dangereux présentent un étiquetage conforme à la réglementation ADR (11, 12). Les conducteurs doivent avoir suivi une formation et être en possession de leur certificat de formation délivré après examen par un organisme reconnu.

Lors du transport et du stockage de matières dangereuses, la compatibilité des produits stockés ou transportés ensemble est vérifiée : seules les marchandises compatibles sont autorisées dans le même véhicule ou le même local de stockage.

En surface, le mode de transport privilégié pour les bouteilles de gaz est le transport groupé de bouteilles par un chariot élévateur ou un transpalette. En fond, les bouteilles sont transportées par un chariot de manutention disposant d'un moyen de fixation. Les bouteilles sont manutentionnées unitairement, en particulier dans la descenderie de service et les puits lors de leur acheminement vers le fond.

5.3.2.3 Les dispositions de prévention

5.3.2.3.1 Les dispositions associées aux aires de déchargement des substances dangereuses

Le sol des aires de déchargement et de transvasement des produits chimiques est imperméable, résistant aux produits chimiques et relié à une fosse de récupération des effluents. Le déchargement de produits dangereux par le biais de camion-citerne se fait *via* des aires de déchargement.

Une zone sans présence de combustibles et de produits inflammables ou comburants ainsi qu'un balisage de la zone réservée au déchargement des produits est présente. L'entrée et la sortie des camions citernes s'opèrent, autant que possible en marche avant. Les installations fixes sont protégées du risque de collision et le stock contenant des produits inflammables et la zone de déchargement est éclairé. Les véhicules citernes sont reliés à la terre lors du déchargement et des moyens de lutte contre l'incendie sont mis à disposition à proximité des aires de déchargement. Les limites de la voie publique sont situées à plus de 50 mètres de l'aire de dépotage.

Un point d'eau est situé à proximité des aires de déchargement afin d'entraîner les produits liquides vers une fosse de rétention en situation accidentelle. Les fosses de rétention associées sont différentes si les produits déchargés sont incompatibles.

Lors de la manipulation de conteneurs de matières dangereuses, les conteneurs sont disposés de manière que les étiquettes soient bien visibles. Une attention particulière est portée à la manutention pour éviter que les contenants ne soient endommagés par un traînage au sol, un choc ou une manipulation brutale. La manutention de bouteilles de gaz liquéfié se fait dans des cadres, qui les protègent des chocs, évitent le basculement et facilitent la manutention par des points d'ancrage ou de préhension.

5.3.2.3.2 Les dispositions associées aux aires de stockage des substances dangereuses

Les aires de stockage de produits chimiques sont aisément accessibles par les véhicules (transporteurs, pompiers) pour faciliter les mouvements d'entrée et de sortie des produits ainsi que les interventions. Elles sont situées à l'écart de tout local de travail et sont suffisamment spacieuses pour permettre la circulation des véhicules en toute sécurité. Un plan de stockage est réalisé et comporte la localisation précise des différents produits en stock de façon à identifier rapidement, en cas de fuite ou d'incendie, la nature des produits stockés et leurs quantités.

Les produits dangereux présents sur site sont identifiables par leur étiquetage et conformes au règlement relatif à la classification des substances dangereuses (CLP - *Classification, Labelling, Packaging*). Le personnel manipulant les produits chimiques suit une formation adaptée et a accès aux FDS des produits chimiques (température, ventilation des lieux, respect des incompatibilités entre produits, etc.).

Les stockages sont munis de cuvettes de rétention permettant la récupération des épandages éventuels.

Les capacités de rétention ont un volume au moins égal à la plus grande des deux valeurs suivantes : 100 % de la capacité du plus grand réservoir ou 50 % de la capacité globale des réservoirs associés. Les sols sont imperméables (dalle de béton par exemple). Le personnel est formé à la manipulation des produits chimiques.

a) Le stockage en capacités mobiles

Les fûts et conteneurs de produits chimiques sont stockés dans des armoires ou des locaux spécifiques.

Les produits inflammables sont conditionnés en armoires de stockage de sécurité dédiées (armoires coupe-feu). Les armoires de stockage de produits inflammables sont ventilées, permettant ainsi la dilution d'un éventuel dégagement de vapeur inflammable (contenant fuyard, non fermé, etc.). Les bouteilles de gaz, éprouvées et conformes aux normes, disposent de leur capot de protection et sont stockés verticalement avec chainage ou cadrage dans un espace dédié, en dehors des zones de circulation ou protégés des heurts. En surface, les bouteilles de gaz sont stockées à l'extérieur des ouvrages dans un abri où il est signalé la présence de bouteilles sous pression et inflammable et l'interdiction de tout travaux par points chauds à proximité. En fond, le stockage est limité à deux bouteilles par zone de travaux, ces bouteilles sont maintenues éloignées afin d'éviter un effet domino. Seules les bouteilles utilisées pour les travaux en cours sont conservées en souterrain.

Les produits toxiques, nocifs et corrosifs sont stockés dans des contenants de capacité réduite et étanche avec des rétentions de capacité adaptée (rétention interne aux armoires de stockage de sécurité dédiées).

b) Le stockage en réservoirs fixes

Concernant les stockages en réservoirs fixes, ceux-ci sont constitués d'un matériau qui ne peut pas être corrodé par le produit liquide qu'il contient. Les cuves et réservoirs sont identifiées à l'aide d'un panneau indiquant la nature du produit stocké, le volume ainsi que la mention de danger concerné.

Un système d'alarme niveau haut est prévu afin d'éviter tout risque de débordement, couplé à une alarme niveau très haut indépendante. Les réservoirs disposent d'une tuyauterie permettant d'écouler le produit en cas de dépassement du niveau haut. La sortie est dirigée vers l'intérieur de la cuvette de rétention constituée d'un matériau résistant au produit stocké. Si des produits présentent un risque de réaction dangereuse en cas de mélange, les cuvettes de rétention sont séparées. Les réservoirs enterrés sont à double enveloppe et munis d'un système de détection de fuite entre les deux enveloppes qui déclenche automatiquement une alarme en cas de fuite. De même, les tuyauteries enterrées sont munies d'une deuxième enveloppe externe étanche compatible avec le produit transporté et séparée par un espace annulaire de l'enveloppe interne.

Les parois des réservoirs enterrés sont situées à une distance horizontale minimale de deux mètres des limites de propriété ainsi que des fondations de tout local.

5.3.2.3.3 Les dispositions associées aux locaux et équipements de distribution des substances dangereuses

Les stations de carburant sont soumises à déclaration au titre la rubrique 1435 de la nomenclature ICPE. Des dispositions sont prises pour que les égouttures sous les appareils de distribution n'entraînent pas de pollution du sol ou de l'eau.

Les appareils de distribution sont ancrés et protégés contre les heurts de véhicules. Un point d'eau doit être mis à proximité afin d'entrainer les produits liquides vers une zone de rétention. L'aire de distribution doit être étanche aux produits susceptibles d'y être répandus et conçue de manière à permettre le drainage de ceux-ci et leur rétention. Les liquides ainsi collectés sont traités au moyen d'un décanteur-séparateur d'hydrocarbures muni d'un dispositif d'obturation automatique et couplé à une cuve de rétention.

Le contrôle de la distribution est assuré par un dispositif de sécurité qui interrompt automatiquement le remplissage du réservoir quand le niveau maximal d'utilisation est atteint. Un dispositif d'arrêt d'urgence situé sur le camion pompe permet également de provoquer la coupure de la distribution.

L'installation électrique est munie d'un dispositif de coupure générale interrompant, en cas de fausse manœuvre, d'incident ou d'inobservation des consignes de sécurité, l'ensemble du circuit électrique et permettant d'obtenir l'arrêt total de la distribution de carburant.

Les flexibles de distribution sont conformes à la norme NF EN 1360 de novembre 2005 (70). Des dispositifs anti-arrachement du flexible de type raccord-cassant et des dispositifs de récupération des vapeurs de remplissage liées au ravitaillement des véhicules à moteur sont prévus.

5.3.2.3.4 Les contraintes d'implantations

Certains ouvrages conventionnels sont soumis à une ou plusieurs rubriques ICPE indiquant les contraintes d'implantation en lien avec les textes réglementaires en vigueur. Aux distances d'éloignement forfaitaires, prescrites dans les différents arrêtés ministériels déclinant la réglementation des ICPE, s'ajoutent les contraintes des distances d'effets des phénomènes dangereux. La connaissance acquise des inventaires des produits a permis une évaluation desdites distances. Les zones d'effets létaux (effets létaux significatifs et premiers effets létaux) ne dépassent pas la clôture de l'INB Cigéo.

Compte tenu des mesures de réduction des potentiels de dangers, des barrières de prévention et de protection instaurées, aucun phénomène dangereux associé à l'exploitation des ICPE des installations définitives n'est caractérisé par des zones d'effets qui sortent des limites du site.

5.3.3 Les dispositions de surveillance

5.3.3.1 Les dispositions de surveillance d'ordre général

Un entretien et un contrôle régulier sont réalisés sur les équipements susceptibles d'être en contact avec les produits chimiques. La surveillance des produits chimiques effectuée consiste à contrôler les quantités présentes et les conditions d'entreposage des produits dans les locaux.

5.3.3.2 Les dispositions de surveillance associées à la maîtrise du risque incendie

La détection automatique incendie permet de surveiller, d'alerter et de déclencher certains automatismes afin de maîtriser un départ de feu dans un local et par conséquent de limiter les dommages générés. Les téléphones rouges permettent la mise en relation du personnel présent sur l'installation avec le personnel du PCS. Le personnel PCS peut connaître dès l'établissement de la communication la localisation de l'appel. Cette localisation permet une intervention rapide et correctement ciblée des équipes de secours.

L'intervention s'articule autour de différentes étapes :

- une première intervention avec les extincteurs disponibles à proximité. Des moyens de lutte contre l'incendie sont mis à disposition à proximité des aires de dépotage et de distribution de carburant. Les extincteurs visibles et accessibles sur le site, sont répartis de manière à ce qu'en chaque point de la limite de l'installation, il y ait un appareil à moins de 150 mètres avec un débit minimal 60 m^3/h pendant deux heures. L'agent d'extinction est approprié aux risques à combattre et compatible avec les matières stockées ;
- sur détection automatique confirmée, visualisation caméra, déclenchement manuel ou alarme, une deuxième intervention est effectuée par l'équipe de seconde intervention site en permanence sur zone (équipée d'engins et de lances pour l'intervention avec un raccordement sur un réseau de bornes incendie comportant les hydrants) ;
- sur appel téléphonique, une intervention des secours extérieurs (SDIS).

5.3.3.3 Les dispositions de surveillance associées à la maîtrise du risque d'épandage

Les dispositions de surveillance associées à la maîtrise du risque d'épandage reposent principalement sur des systèmes de détection de fuite et sur la surveillance visuelle des rétentions.

5.3.4 Les dispositions de limitation des conséquences

5.3.4.1 Les conséquences liées à l'explosion d'une bouteille de gaz et dispositions de maîtrise associées

Ce scénario accidentel traite du risque d'explosion de bouteilles de gaz et des effets potentiels sur le public et l'environnement. Il couvre les situations accidentelles enveloppes suivantes :

- boule de feu (BLEVE) ou éclatement d'une bouteille de propane ou d'acétylène ;
- feu de nuage (*flash fire*) induit par la fuite sur la robinetterie ou sur le flexible d'une bouteille de gaz inflammable.

En utilisant les formules donnant les caractéristiques de la boule de feu (BLEVE) en fonction de la masse de produit participant (bouteille de 35 kg de propane à une pression de service de 6,5 bars), la boule de feu aurait des effets thermiques irréversibles (3 kW/m^2) dans un rayon de 11 mètres.

Les effets de surpression associés à l'éclatement d'une bouteille seraient respectivement de 50 mbar à 14 mètres et de 20 mbar à 28 m. Au regard de l'éloignement des opérations menées avec les limites du site, aucun impact n'est envisagé sur le public ou l'environnement.

Les calculs réalisés à l'aide du logiciel PHAST mettent en évidence que le feu de nuage (*flash fire*) induit par une fuite de 10 mm d'une bouteille d'acétylène, de propane ou d'argon-méthane conduit à des seuils d'effets thermiques irréversibles (3 kW/m²) au-deçà d'une distance de cinq mètres pour les conditions météorologiques les plus pénalisantes. Les effets de surpression associés à l'inflammation du nuage sont respectivement de 50 mbar à 4 m et de 20 mbar à 8 m.

Ces conséquences ne conduisent à aucun impact sur le public ou l'environnement.

5.3.4.2 Les conséquences liées à la rupture pneumatique d'un équipement sous pression et dispositions de maîtrise associées

Ce scénario traite du risque de rupture pneumatique d'un équipement sous pression sur site (ballons et réservoirs d'air comprimé, bouteilles de gaz diverses) et des effets potentiels sur le public et l'environnement.

Les équipements sous pression dont la rupture intervient à l'intérieur des installations ne peuvent avoir d'effet hors du site. Les équipements présents en extérieur sont des bouteilles d'azote, d'acétylène ou d'oxygène, les ballons d'air comprimé des compresseurs, etc. Les effets de surpression associés à l'éclatement de ces ESP seraient au maximum de 50 mbar à 22 m et de 20 mbar à 44 m. Les effets de projection ne sont pas considérés du fait de la présence de parois qui feraient office d'écran de protection. Au regard de l'éloignement de ces équipements avec les limites du site, aucun impact n'est envisagé sur le public ou l'environnement.

Ces conséquences ne conduisent à aucun impact sur le public ou l'environnement.

5.3.4.3 Les conséquences liées à l'explosion d'hydrogène et dispositions de maîtrise associées

Ce scénario traite du risque d'explosion d'hydrogène suite à la création d'une atmosphère explosive par dégagement lors de la charge de batteries pour l'ensemble des locaux contenant une alimentation sans interruption.

Les calculs réalisés à l'aide du logiciel PHAST mettent en évidence que l'explosion de la quantité maximale d'hydrogène produite par les batteries du local ASI le plus pénalisant conduit à des effets de surpression de 50 mbar à 20 m et de 20 mbar à 46 m. Au regard de l'éloignement des locaux de charges (EP1) avec les limites du site, aucun impact n'est envisagé sur le public ou l'environnement, sans même tenir compte de l'encloisonnement des locaux.

Aucune situation accidentelle relevant de ce scénario ne conduit à des effets sur le public ou l'environnement.

5.3.4.4 Les conséquences liées à l'épandage de carburant et dispositions de maîtrise associées

Ce scénario traite des risques :

- de pollution des sols ou d'incendie liés au déversement d'essence, de gasoil ou de fuel ;
- d'explosion d'un nuage de gaz (VCE) formé par évaporation d'une nappe d'essence déversée au sol. Cela concerne les ouvrages de stockage de fioul et les stations-services de carburant.

  Les conséquences sur l'environnement d'un épandage de carburant seraient une pollution des sols, des cours d'eau par lessivage des produits en cas de pluie, voire une pollution d'une nappe d'eau souterraine en cas d'infiltration. Compte tenu des enjeux environnementaux, des dispositions spécifiques sont mises en place pour prévenir ce risque.

En fonction des produits utilisés, des produits absorbants sont présents sur les aires de stockage, de chargement/déchargement, de distribution et de transfert de produits dangereux. Les opérateurs sont formés aux consignes de sécurité à adopter et aux conduites à tenir en cas de situation incidentelle.

Les installations sont conçues pour éviter tout rejet des eaux pluviales, ou d'éventuelles eaux d'extinction incendie, directement dans les milieux aquatiques environnants et toute infiltration non maîtrisée dans les sols. En complément des moyens mobiles pour contenir les épandages (absorbant, sacs de sable, etc.), l'imperméabilisation des parkings et des voiries, la mise en place systématique d'aires de dépotage étanches avec séparateurs d'hydrocarbures, la collecte et le traitement des effluents et des eaux pluviales permettent de prévenir toute infiltration et de maîtriser les effets de lessivage des sols en cas de déversement accidentel.

Les eaux pluviales potentiellement polluées ou les pollutions accidentelles par temps sec sont dirigées vers un premier bassin étanche. Dans le cas d'une pollution des sols, l'intervention consiste à la mise en place de moyens pour limiter l'infiltration des polluants, ou en contenant la pollution. Ainsi, en ne tenant compte que des mesures de conception, l'épandage reste contenu dans les limites de propriété ;

L'explosion du nuage de gaz formé par évaporation d'une nappe d'essence (VCE) conduit, pour les conditions météorologiques les plus pénalisantes, à des effets de surpression de 50 mbar à 80 m et de 20 mbar à 160 m. Aucun effet n'est attendu hors du périmètre INB.

6

Les risques liés à la coactivité travaux/exploitation nucléaire

6.1 La présentation des risques liés à la coactivité 400

6.2 La maîtrise des risques liés à la coactivité entre exploitation et travaux de construction 402

6.3 La maîtrise des risques liés à la coactivité exploitation/livraison et mise en service de nouveaux alvéoles 407

6.4 La maîtrise des risques liés à la coactivité dans la zone en exploitation nucléaire 413

6.1 La présentation des risques liés à la coactivité

6.1.1 La description des types de coactivité

Compte tenu du développement progressif de l'installation nucléaire, la réalisation simultanée et/ou successive d'activités peut induire des risques sur les personnes et les installations. Ces situations dites de « coactivité » prises en compte sont les suivantes :

- la coactivité entre les activités d'exploitation nucléaire (réception des emballages de transport, déchargement des colis primaires, préparation des colis de stockage, transfert et mise en stockage/retrait des colis), et les activités de travaux de construction (alvéoles, galeries, bâtiments prévus pendant la phase de fonctionnement) pouvant être simultanées ou successives ;
- la coactivité entre les activités d'exploitation et les activités associées à la livraison de nouveaux alvéoles[63], impliquant durant l'exploitation nucléaire la réalisation simultanée d'activités liées au déploiement d'ouvrages et de transfert de ces nouveaux ouvrages à l'exploitant (construction et déconstruction de sas, mise en place d'équipements, essais et raccordement de la ventilation et des utilités, fluides et énergie) ;
- les coactivités au sein de la zone en exploitation nucléaire :
  - ✓ la coactivité entre les activités d'exploitation et les activités de maintenance impliquant la réalisation simultanée d'opérations liées au process nucléaire et d'opérations de maintenance ;
  - ✓ la coactivité entre les activités d'exploitation et les activités de jouvence impliquant la réalisation simultanée ou successive d'opérations d'exploitation nucléaire et d'opérations de jouvence ;
  - ✓ la coactivité entre les activités d'exploitation et les activités de fermeture et de déconstruction impliquant la réalisation simultanée ou successive d'opérations d'exploitation nucléaire et des opérations de déconstruction des installations de surface ou de fermeture des alvéoles et des galeries.

Les risques liés à la coactivité sont encadrés par des dispositions du code du travail :

- le plan de prévention prévu par les articles L. 4511-1 et suivants et les articles R. 4512-6 à -12 du code ;
- la coordination sécurité prévue par les articles L. 4532-2 à L. 4532-7, et R. 4532-1 à R. 4532-98 du code.

L'objectif est de se prémunir de tout impact, dans les zones en exploitation et en travaux, causé par la concomitance d'opérations réalisées dans les deux zones (travaux et exploitation) et la réalisation d'activités simultanées ou successives au sein de la zone en exploitation nucléaire. Par principe, et dès que cela est possible, des dispositions telles que le décalage des travaux, ou des interventions échelonnées, sont envisagées pour prévenir les risques d'interférence des tâches.

6.1.2 La localisation des zones à risque de coactivité

6.1.2.1 En surface

Dans la zone descenderie, les installations de surface concernées par les risques liés à la coactivité sont constituées des ensembles suivants :

- le bâtiment nucléaire de surface EP1, la tête de descenderie colis et la tête de descenderie de service ;
- le bâtiment ETH dont la construction est décalée temporellement de quelques années ;
- le bâtiment EP2 à un horizon plus lointain.

[63] Dans le cas du quartier de stockage HA, la livraison de nouveaux alvéoles comprend aussi la livraison des galeries.

En zone puits, la construction des différents puits exploitation/travaux intervient lors de la construction initiale, c'est-à-dire avant le début de l'exploitation nucléaire, et est par conséquent sans risque de coactivité.

6.1.2.2 En souterrain

Les ouvrages souterrains concernés par le risque de coactivité sont constitués (cf. Chapitre 1 du volume 5 du présent rapport) :

- de quatre liaisons surface-fond entre la zone de soutien logistique exploitation et la surface :
  - ✓ la descenderie colis pour la descente de colis de stockage dans l'installation souterraine, et éventuellement leur remontée dans le cadre de la réversibilité ;
  - ✓ la descenderie de service pour le transfert de matériaux et d'équipements, également utilisée à des fins d'évacuation et d'intervention des secours ;
  - ✓ le puits de ventilation air frais exploitation/personnel exploitation ;
  - ✓ le puits de ventilation air vicié exploitation ;
- de trois liaisons surface-fond entre la zone de soutien logistique travaux et la surface :
  - ✓ le puits de ventilation air frais travaux /personnel ;
  - ✓ le puits de ventilation air vicié travaux ;
  - ✓ le puits de transfert des matériaux ;
- de trois quartiers de stockage : le quartier de stockage MA-VL, lui-même déployé en trois blocs successifs dont la construction est étalée dans le temps ; le quartier pilote HA et le quartier de stockage HA, lui-même constitué de quatre sous-quartiers déployés dans le temps ;
- de la zone de soutien logistique exploitation (ZSL-E) au pied des descenderies et puits exploitation qui inclut tous les moyens qui assurent le bon fonctionnement du process de stockage des colis ;
- de la zone travaux (ZT) comprenant une zone de soutien logistique travaux (ZSL-T) au pied des trois puits travaux ainsi que tous les moyens de transfert de matériaux, de maintenance du matériel et de vie du personnel.

Des sas sont présents aux interfaces entre la zone travaux et la zone exploitation ; ils se situent au niveau des zones de soutien logistique, des galeries de liaisons HA et MA-VL et des galeries de retour d'air MA-VL. La ZSL travaux communique avec la ZSL exploitation *via* un sas spécifique qui n'est pas franchissable dans les conditions normales de fonctionnement[64].

[64] Le refuge entre les deux ZSL est conçu avec une paroi démontable ayant un accès personnel. Cette paroi supporte la fonction de protection physique et de séparation de la zone exploitation et de la zone travaux. La paroi démontable entre les deux ZSL ne sera ouverte qu'exceptionnellement pour permettre d'acheminer en zone travaux des gabarits exceptionnels.

6.2 La maîtrise des risques liés à la coactivité entre exploitation et travaux de construction

6.2.1 Les installations nucléaires de surface

6.2.1.1 Les périodes de coactivité

Dans la zone descenderie, les principales activités d'exploitation nucléaire relatives aux colis sont l'accueil des convois, le déchargement des emballages de transport des convois, le déchargement des colis primaires des emballages de transport, la préparation des colis de stockage, les contrôles et la gestion des non-conformités. Les chantiers liés au déploiement progressif des installations nucléaires de surface induisent des périodes de coactivité liées à :

- la construction de l'ouvrage de déchargement des emballages de transport à déchargement horizontal (ET-H) pendant l'exploitation du bâtiment nucléaire de surface EP1 ;
- la construction du bâtiment nucléaire de surface EP2, en vue d'une mise en service à l'horizon 2080.

Ces constructions impliquent des travaux de raccordement des nouveaux ouvrages aux installations existantes. Dans la zone puits, les principales activités d'exploitation nucléaire sont associées au fonctionnement des puits de ventilation et aux accès vers l'installation souterraine. Ces activités sont séparées de celles associées aux puits travaux.

6.2.1.2 Les risques induits par la coactivité exploitation/travaux

Les risques présents dans la zone travaux sont identifiés et analysés de façon exhaustive selon l'état de l'art tandis que ceux de la zone en exploitation nucléaire le sont dans le présent volume. Parmi ceux-ci, les principaux risques associés à la coactivité exploitation/travaux en surface sont :

- les agressions d'un ouvrage nucléaire de surface suite à un accident en zone de travaux (incendie, explosion, émission de projectiles, collision et chute de charge, etc.) ;
- la génération de poussières lors des travaux, en lien notamment avec le maintien en fonctionnement de la ventilation ;
- les risques radiologiques sur le personnel de la zone travaux, associés aux agressions internes précédemment citées au chapitre 3 du présent volume et ayant un impact sur les fonctions de protection des intérêts.

Pour ce dernier point, les risques que présente la zone en exploitation pour la zone travaux proviennent des risques radiologiques liés au process nucléaire et à leurs conséquences potentielles notamment le risque d'exposition externe du personnel de la zone en travaux lors des interventions à proximité de la zone en exploitation. Cependant, les risques d'exposition externe en zone travaux sont limités du fait de l'éloignement de la zone travaux de la zone exploitation.

6.2.1.2.1 Les dispositions de prévention

La prévention des risques identifiés repose sur la présence de dispositions techniques et organisationnelles dans les deux zones en exploitation et travaux.

Le CSPS (coordinateur sécurité protection santé) de la zone travaux assure l'application des dispositions permettant d'éviter d'exporter les risques vers la zone en exploitation. Ces dispositions reposent sur l'application du plan général de coordination en matière de sécurité et de protection de la santé. Préalablement aux opérations, des plans de prévention sont mis en place par le responsable sécurité de la zone exploitation qui s'assure de leur application parallèlement et en lien avec le CSPS de la zone travaux.

a) Les chantiers clos et indépendants

Les bâtiments nucléaires de surface EP1 et EP2 et l'ouvrage de déchargement des emballages de transport à déchargement horizontal sont trois ouvrages distincts qui n'ont qu'une connexion limitée entre eux (zone unique de liaison). Cela permet une gestion des travaux d'ETH et d'EP2 en « chantiers clos et indépendants », dans le respect de la réglementation. La séparation physique des zones de chantiers et d'exploitation est facilitée par la disposition de ces installations dans le périmètre INB avec la possibilité d'accès indépendants aux chantiers. La gestion des travaux « en chantiers clos et indépendants » permet de limiter les risques d'agressions induites par la zone en travaux sur la zone en exploitation. Par ailleurs, la conception des réseaux exclut tout risque de perte d'utilités lors des travaux (en dehors des opérations de raccordement), les utilités et fluides desservant le bâtiment nucléaire de surface EP1 étant suffisamment éloignés des zones d'implantation de l'ouvrage de déchargement des emballages à déchargement horizontal et du bâtiment nucléaire de surface EP2.

b) L'arrêt programmé de l'exploitation

Les travaux à risques de coactivité avec l'exploitation (essentiellement les opérations de raccordement) sont réalisés en considérant un arrêt des opérations d'exploitation (traitement du risque par exclusion). Cela permet d'éviter toute agression induite par de telles opérations en coactivité.

Les raccordements des ouvrages sont ainsi effectués en arrêt programmé d'exploitation : l'installation ne réceptionne plus de convois et le process nucléaire est à l'arrêt outre les activités de surveillance de l'installation et l'alimentation en électricité des récepteurs nécessaires à la sûreté et la ventilation nucléaire (hors consignation et sectionnement des locaux en cours de raccordement).

c) L'ordonnancement des travaux

L'ordonnancement de l'ensemble des travaux est nécessaire afin de considérer les contraintes temporelles et techniques liées à la réalisation successive de différentes opérations, notamment pour la construction de ETH et d'EP2.

d) Les équipements de chantier

Concernant les équipements de chantier au sol, le bâtiment nucléaire de surface EP2 et l'ouvrage de déchargement des emballages de transport à déchargement horizontal sont deux bâtiments distincts : la zone et les accès aux chantiers sont séparés et indépendants. Pour les équipements de type grue, leur positionnement est prévu (interdiction de survol de charges manutentionnées au-dessus des installations en exploitation) pour garantir, en cas de chute de celles-ci, l'absence d'effet sur les installations en exploitation. S'il y a une nécessité d'utiliser une grue susceptible d'impacter le bâtiment en exploitation, des blocs de béton sont mis en place autour du pied de grue pour garantir sa stabilité verticale et éviter toute chute ou renversement.

e) La génération de poussières par le chantier

Il est à noter que les poussières générées par le chantier sont susceptibles d'impacter la ventilation des ouvrages existants. Les protections chantiers nécessaires, notamment vis-à-vis de la propagation de poussières reposent sur :

- les circulations de camions et l'entreposage de matériaux qui ne se font pas à proximité des ouvrages existants et notamment de leurs grilles d'admissions d'air frais ;
- des bonnes pratiques mises en place sur le chantier pour limiter l'élévation de poussière dans les airs : arrosage des pistes, brumisation des stocks de matériaux, bâchage des camions transportant des matériaux susceptibles de générer de la poussière, voire mise en place d'une station de lavage des roues de camion entrant et sortant du chantier. Enfin pour les opérations de démolition, le guide INRS « Poussières : Guide de bonnes pratiques en démolition » est appliqué (71).

f) La circulation des engins de chantier

L'exploitation du bâtiment nucléaire de surface EP1 nécessite des opérations de transport de gros matériels (incluant des besoins pour la maintenance ou pour l'exploitation (livraison des conteneurs neufs par exemple)). Une des voies routières nécessaires à l'acheminement de ces matériels présente un risque. En effet, celle-ci présente une pente d'environ 5 % et surplombe une partie des voies ferrées par lesquelles les emballages de transport sont acheminés. Le risque identifié dans cette zone est une perte de contrôle d'un camion engendrant son dévalement, celui-ci étant alors susceptible de finir sa course contre un convoi ferroviaire transportant des emballages de transport. Afin d'empêcher tout véhicule d'effectuer une sortie de route, un ouvrage de protection est mis en place en bas de la pente. L'ouvrage de protection est dimensionné pour couvrir les risques vis-à-vis des engins de chantiers qui emprunteraient cette voie routière pour les chantiers de construction des bâtiments ETH et EP2.

6.2.1.2.2 Les dispositions de surveillance

La surveillance participe à la maîtrise des risques liés à la coactivité. La surveillance de la coactivité entre la zone en travaux et la zone en exploitation est assurée par des rondes spécifiques et les systèmes de surveillance propres aux différents risques d'agressions internes (surveillance incendie, détection fluide, etc.) des installations de surface.

Tout incident en zone travaux est reporté au poste central de sécurité de la zone nucléaire en exploitation situé au bâtiment sûreté/sécurité/environnement.

6.2.1.2.3 Les dispositions de limitation des conséquences en cas de situations accidentelles

Les dispositions de limitation de conséquences, en particulier vers les zones en exploitation, reposent sur la présence d'une cellule de gestion des secours dans la zone travaux capables d'intervenir rapidement. En liaison avec les postes de sécurité prévus dans la zone puits (poste de garde des accès, poste d'intervention sécurité zone puits et poste de supervision au niveau du bâtiment lampisterie), le PCS organise et coordonne les secours et l'intervention du personnel formé. Ces postes communiquent avec la salle de conduite centralisée du bâtiment EP1 afin de suspendre le cas échéant les opérations d'exploitation (mise en sécurité du process). La présence de véhicules spéciaux, de moyens de lutte de première intervention (mobiles, portables) permet également de limiter le risque d'atteinte de la zone en exploitation.

6.2.2 L'installation souterraine

6.2.2.1 Les périodes de coactivité

Le risque de coactivité concerne particulièrement la coexistence de l'exploitation d'une partie du quartier de stockage MA-VL et du quartier pilote HA avec des zones en construction au sein de l'installation souterraine, et ce, pendant presque toute la durée de la phase de fonctionnement. En effet, après la phase de construction initiale qui se situe avant la réception du premier colis, la construction se poursuit avec l'exploitation en parallèle des quartiers et alvéoles déjà construits menant potentiellement à de la coactivité entre la zone de travaux (ZT) et la zone en exploitation (ZEXP). L'acheminement et l'évacuation des équipements et des matériaux de construction pour la partie en travaux sont effectués *via* la descenderie de service et les puits travaux lors de la construction initiale et uniquement *via* les puits travaux après la mise en service de la zone en exploitation. Les périodes de coactivité identifiées sont :

- la construction de tranches ultérieures du quartier de stockage MA-VL au cours de l'exploitation de la première tranche ;
- la construction du premier sous-quartier du quartier de stockage HA au cours de l'exploitation du quartier de stockage MA-VL et du quartier pilote HA ;
- les constructions successives des autres sous-quartiers du quartier de stockage HA au cours du remplissage des sous-quartiers du quartier de stockage HA.

6.2.2.2 Les risques induits par la coactivité des opérations en zone d'exploitation nucléaire et des opérations en zone travaux

Les risques présents dans la zone travaux ont été identifiés et analysés de façon exhaustive dans les règles de l'art. Les principaux risques associés à la coactivité exploitation/travaux en souterrain sont :

- les risques d'agressions de la zone en exploitation nucléaire induites par les activités en zone travaux (incendie, explosion, émission de projectiles, défaillance des équipements sous pression, inondation, collision et chute de charge, perte d'utilités, etc.) ;
- les risques radiologiques, associés aux agressions internes précédemment citées et ayant un impact sur les fonctions de protection des intérêts ;
- les risques liés à la propagation de vibrations générées par les activités de creusement de la zone travaux vers la zone d'exploitation nucléaire ;
- les risques que présente la zone en exploitation pour la zone travaux, notamment le risque d'exposition externe du personnel de la zone en travaux lors des interventions à proximité de la zone en exploitation.

6.2.2.2.1 Les dispositions de prévention

La prévention des risques repose sur la présence de dispositions techniques et organisationnelles dans les deux zones en exploitation et travaux.

Le coordinateur sécurité protection santé (CSPS) de la zone travaux assure l'application des dispositions permettant d'éviter d'exporter les risques vers la zone en exploitation. Préalablement aux opérations de travaux, des plans de prévention sont mis en place par le responsable sécurité du centre en exploitation qui s'assure de leur application parallèlement et en lien avec le CSPS de la zone travaux.

a) Les chantiers clos et indépendants

Les principales infrastructures de la zone travaux (zone de soutien logistique, galeries de liaison) sont réalisées préalablement à la mise en exploitation afin de limiter les travaux pouvant survenir pendant l'exploitation, et donc la coactivité entre l'exploitation et les travaux. Les activités liées aux travaux de creusement et d'équipement sont totalement séparées des activités d'exploitation afin qu'elles soient réalisées en chantiers clos et indépendants. La gestion de la coactivité au sein de l'installation souterraine repose donc sur le principe de séparation en une zone propre aux travaux de construction et d'équipement (zone en travaux « ZT ») et en une zone propre aux activités de mise en stockage des colis (zone en exploitation « ZEXP »). Ce principe de séparation travaux/exploitation se traduit par une séparation physique, infranchissable en fonctionnement normal, une séparation des moyens matériels mis en œuvre dans chacune des zones, une séparation des équipes intervenantes en fonctionnement normal et la limitation des accès, une séparation des réseaux fluides, des réseaux de ventilation et des réseaux électriques[65].

La gestion des travaux « en chantiers clos et indépendants » permet de limiter les risques de coactivité induits par la zone travaux sur la zone exploitation et inversement.

b) Le dimensionnement des séparations physiques

Les séparations entre la ZT et la ZEXP sont assurées par la présence de séparations et de sas aux interfaces entre les zones en exploitation et en travaux, dimensionnés afin de garantir les performances attendues en toute situation. La séparation travaux/exploitation est déplacée à chaque déploiement (cf. Chapitre 6.3.2.1 du présent volume) d'une nouvelle tranche du quartier de stockage MA-VL ou d'un nouveau sous-quartier du quartier de stockage HA. En fonctionnement normal, cette séparation permet d'isoler réciproquement chacune des zones. Il n'y a donc aucun passage ou circulation entre zones, ni conséquences d'une zone sur l'autre zone induites par les risques liés aux activités dans chaque zone.

[65] L'alimentation haute tension de la zone travaux se fait *via* la descenderie de service et la zone de soutien logistique exploitation.

Le dimensionnement des séparations entre la zone travaux et la zone exploitation répond aux exigences relatives aux risques d'origine interne et externe (incendie, explosion, choc d'engin, séisme, inondation…) tant du côté travaux que du côté exploitation.

En fonctionnement normal, l'exposition externe du personnel côté chantier est prise en compte par le dimensionnement de la séparation, le temps de passage des hottes (les hottes chargées ne stationnent pas à proximité des sas) et les distances en jeu. Dans des conditions normales de travail en zone travaux (pas de poste permanent au contact des séparations), la dose annuelle reçue par un travailleur est bien inférieure à l'objectif visé.

Dans le cas de blocage d'une hotte au plus près d'une séparation avec la zone travaux, le dimensionnement des séparations physiques vis-à-vis du risque d'exposition externe permet également de limiter les conséquences sur le personnel d'intervention en zone travaux. La dose est également bien inférieure à l'objectif de dose maximale reçue par un opérateur en zone travaux.

c) La disposition de creusement

Les activités de creusement sont réalisées à distance de la zone en exploitation, de sorte qu'elles n'aient aucune incidence sur la zone en exploitation. Des dispositions sont mises en place afin d'assurer l'éloignement des engins du sas et de la zone en exploitation : panneau de signalisation de la présence du sas, dégagement obligatoire de la zone de travaux de 5 mètres par rapport au sas (côté zone travaux) et présence de blocs en béton armé ancrés dans le sol en zone travaux, empêchant les engins de chantier de percuter le sas en interface.

Ces activités, génératrices de poussières, sont réalisées avec une ventilation adaptée et un dispositif de dépoussiérage pour capter au plus près les particules en suspension et assainir l'air dans les ouvrages souterrains dans la zone travaux.

6.2.2.2.2 Les dispositions de surveillance

La surveillance est assurée par les systèmes de surveillance propres aux différents risques d'agressions internes présents dans les ouvrages souterrains et dans les sas séparant les deux zones (surveillance incendie, détection fluide etc.). La surveillance de la coactivité entre la zone en travaux et la zone en exploitation est complétée par de la vidéosurveillance et des rondes spécifiques. La conception des engins équipés de la géolocalisation, d'avertisseurs sonore et lumineux et de caméras de recul pour limiter les angles morts lors de manœuvres dangereuses notamment à proximité des sas participent à la surveillance globale des risques liées à la coactivité. De plus, tout incident en zone travaux est reporté au poste central de sécurité de la zone nucléaire en exploitation situé au bâtiment sécurité/sûreté/environnement en surface.

6.2.2.2.3 Les dispositions de limitation des conséquences en cas de situations incidentelles et accidentelles

Les dispositions de limitation des conséquences reposent sur la présence d'une cellule de gestion des secours dédiée aux travaux et capable d'intervenir rapidement ce qui est de nature à limiter les incidences pour la zone d'exploitation.

Lors de la réalisation des travaux en coactivité (creusement des nouveaux alvéoles en particulier), les principales informations de statut des équipements et de sécurité de la zone travaux remontent au poste de lutte contre l'incendie et de secours aux victimes de la zone en exploitation de la zone puits. Dans tous les cas, ces informations sont reportées vers le poste central de sécurité (PCS) du bâtiment sûreté/sécurité/environnement de la zone descenderie, qui est en charge de la sécurité de l'ensemble du centre. Le déclenchement et la réalisation des éventuelles actions de secours et/ou de remédiation sont coordonnées entre ces deux postes, le PCS de la zone nucléaire en exploitation restant en supervision.

La présence de véhicules spéciaux et de moyens de lutte de première intervention (mobiles, portables) permet également de limiter le risque d'atteinte de la zone exploitation, qui dispose aussi de moyens de lutte et d'intervention en cas d'accident. Par ailleurs, les conséquences d'un blocage prolongé d'une hotte au droit d'un sas sont réduites par les dispositions d'intervention disponibles dans la zone en exploitation pour la déplacer, par l'éloignement physique de la hotte et la présence du sas qui forme plusieurs écrans de protection entre la hotte et le personnel de la zone travaux.

6.3 La maîtrise des risques liés à la coactivité exploitation/livraison et mise en service de nouveaux alvéoles

6.3.1 La description des opérations de mise à disposition de nouveaux alvéoles dans la zone en exploitation

L'exploitation de nouveaux alvéoles de stockage implique l'existence d'activités de natures différentes pouvant être réalisées dans les mêmes intervalles de temps. Le principe de déploiement de nouveaux alvéoles et de leur transfert vers la zone en exploitation implique une évolution des limites entre zone de travaux et zone d'exploitation tout au long de la phase de fonctionnement.

Le déploiement d'un sous-quartier du quartier de stockage HA ou d'une tranche d'alvéoles MA-VL peut être réalisé schématiquement en trois opérations :

- la construction des ouvrages : creusement/soutènement, revêtement et génie civil interne en zone travaux (cf. Chapitre 6.2.2 du présent volume) ;
- l'installation des équipements par ouvrages en fonction de leurs mises à disposition et la réalisation des essais de ces équipements en mode isolé au sein de la zone travaux avant basculement vers la zone en exploitation ;
- le basculement des ouvrages dans la zone en exploitation puis les essais d'intégration et de pré-exploitation de la nouvelle zone en exploitation élargie.

Le basculement de la zone travaux à la zone en exploitation passe par trois états distincts :

- l'état initial qui correspond au moment où il y a la zone en exploitation d'un côté et la zone travaux de l'autre séparées par un sas refuge ;
- l'état intermédiaire qui correspond au moment où il y a trois zones séparées (la zone exploitation, la zone travaux et, entre les deux, la zone en cours d'équipements qui sera livrée à l'exploitation appelée la zone essais), le déploiement est décrit ci-après ;
- l'état final qui correspond au moment du basculement des ouvrages situés dans la zone essais vers la zone exploitation.

Lors de ces différentes étapes, des essais sont réalisés : les essais sur site phase 1 (vérifications statiques de fin de montage sur site), les essais sur site phase 2 (essais de bon fonctionnement des composants et systèmes) et les essais sur site phase 3 (essais de fonctionnement global de l'installation).

À l'état initial, les réseaux d'utilités sont dissociés de part et d'autre du sas refuge.

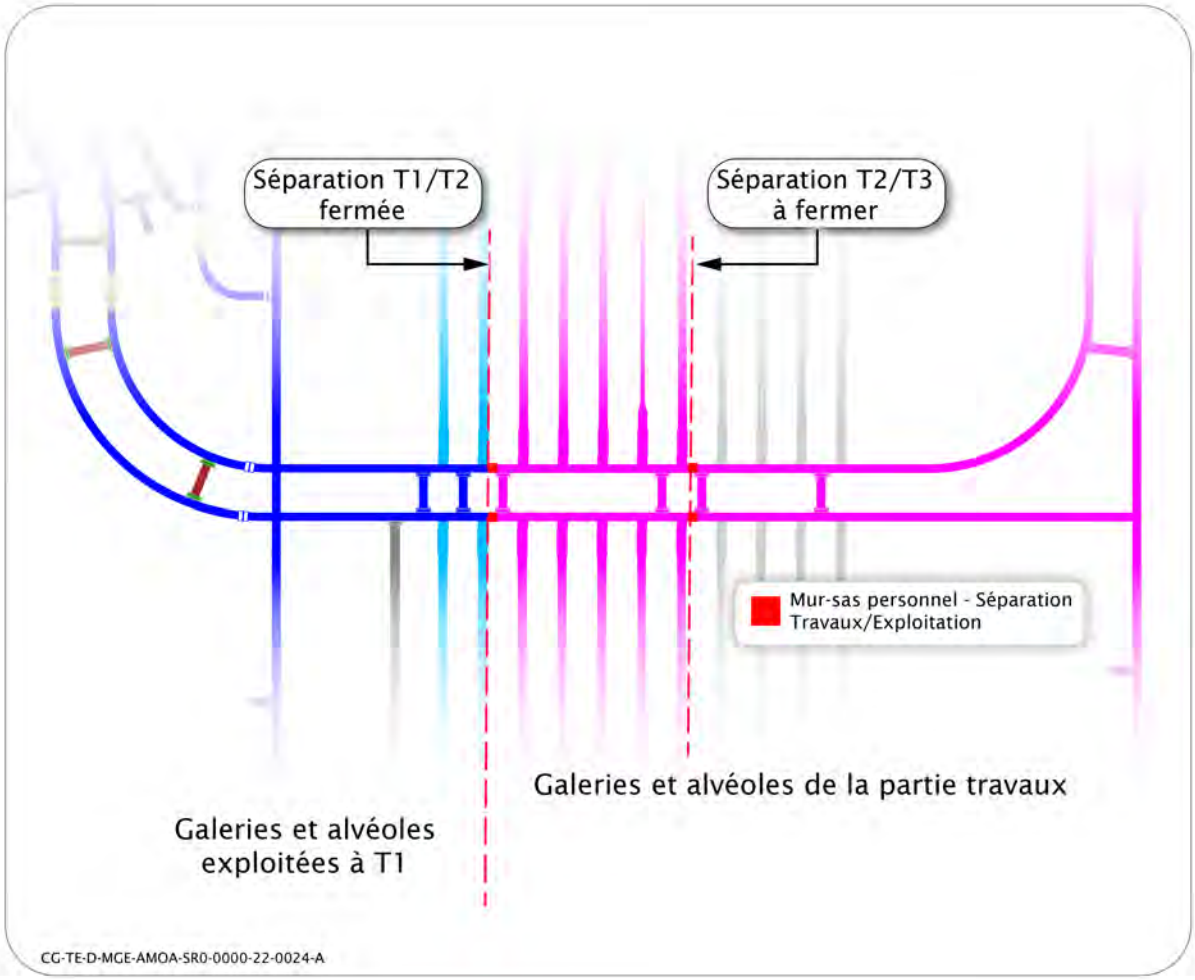


Figure 6-1 Illustration de l'état initial avant basculement de la zone travaux à la zone exploitation dans le quartier de stockage MA VL

À l'état intermédiaire, un nouveau sas refuge est construit au niveau de la tranche suivante. Après réalisation des essais phase 1 en zone essais, les gaines de ventilation sont obturées mais les utilités (réseau incendie, alimentation HTA, réseaux CFI travaux) sont maintenues depuis la zone travaux. Le nouveau sas est consigné. Après arrêt de l'exploitation en zone exploitation à proximité, l'ancien sas refuge est déconstruit. Les gaines de ventilation au droit du sas et la ventilation en zone essais depuis la zone exploitation sont ouvertes. L'accès du personnel d'intervention est désormais possible en zone d'essais par la zone exploitation. Le personnel pour les travaux est habilité à travailler en zone exploitation.

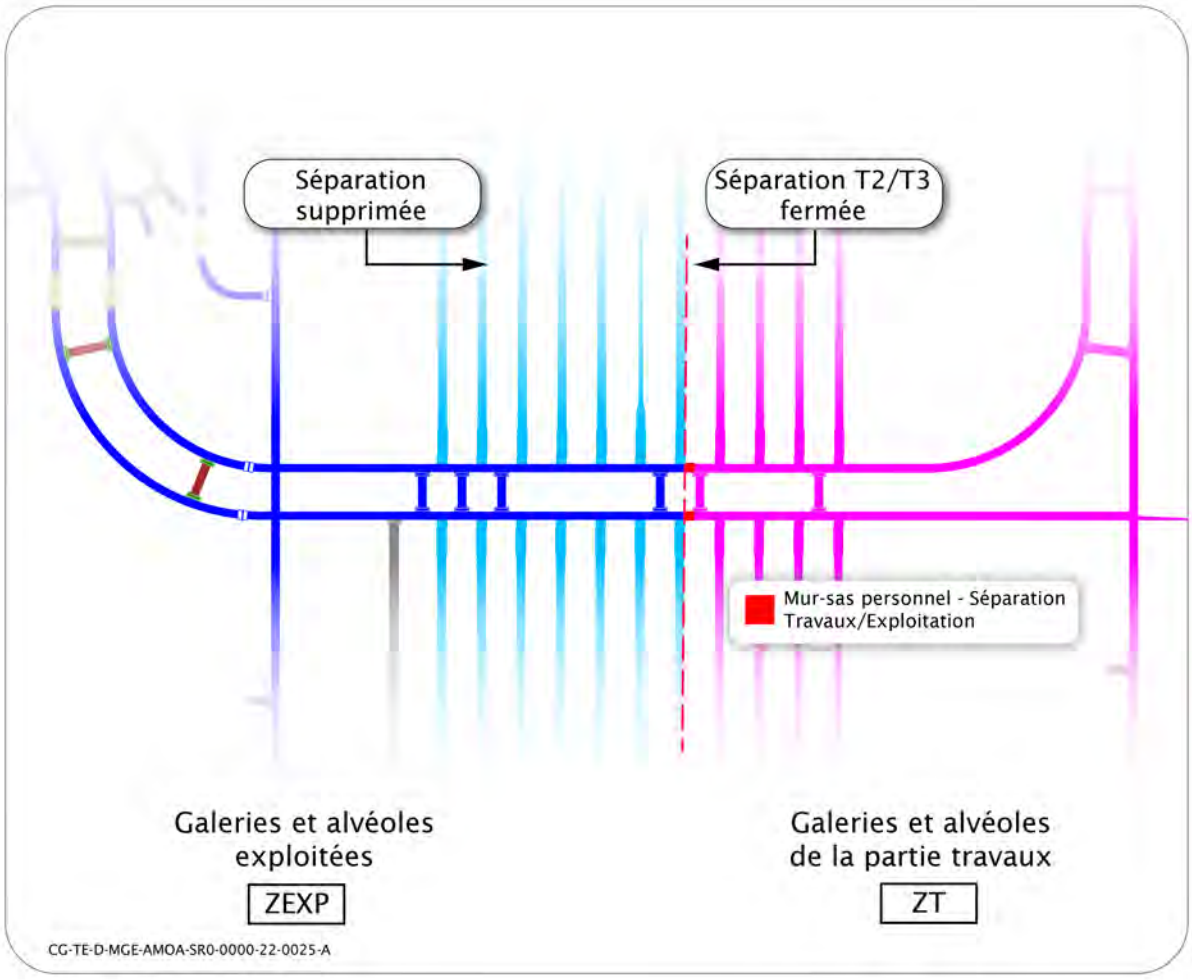


Figure 6-2 Illustration de l'état final après basculement de la zone travaux à la zone exploitation dans le quartier de stockage MA VL

À l'état final, les travaux de connexion au niveau de l'ancienne séparation sont effectués ainsi que le basculement progressif des réseaux CFO, CFI et fluides. Les réseaux sont prolongés depuis la zone exploitation vers la zone d'essais. Des essais de fonctionnement sont ensuite réalisés avant basculement définitif.

Une nouvelle zone d'exploitation est livrée en une seule fois avec l'ensemble des alvéoles conformément au déploiement par tranches. Les opérations d'équipements, d'essais et de basculement ne sont pas nécessairement continues dans le temps. Elles démarrent après la mise à disposition progressive d'ouvrages ou parties d'ouvrages, et sont planifiées de façon à respecter la livraison de la tranche d'un tenant. Le déroulement des opérations est donc principalement conditionné par les essais et qualifications à réaliser sur les équipements et systèmes associés.

6.3.2 Les risques induits par la coactivité exploitation/livraison et mise en service de nouveaux alvéoles

Les risques présents dans la zone travaux ont été identifiés et analysés de façon exhaustive selon les règles de l'art. Parmi ceux-ci, les principaux risques associés à la coactivité entre l'exploitation nucléaire d'alvéoles de stockage et la mise en service de nouveaux alvéoles sont :

- le risque de perte d'utilités, fluides et énergie lors des travaux de raccordement, lors des essais ou lors d'une phase de basculement ;
- le risque de perturbation de la ventilation nucléaire lors de la mise en service des nouveaux ouvrages et lors de la déconstruction de sas ;
- la génération de poussières par la construction et déconstruction de sas.

Les autres risques liés à la coactivité entre la zone travaux et la zone exploitation en fond ont été identifiés au chapitre 6.2.2 du présent volume. La séparation des activités entre ces deux zones est toujours maintenue par la présence de sas dimensionnés aux risques d'agressions mutuelles identifiés.

6.3.2.1 Les dispositions de prévention

La prévention des risques identifiés repose sur la présence de dispositions techniques et organisationnelles dans les deux zones en exploitation et travaux.

Le coordinateur sécurité protection santé (CSPS) de la zone travaux assure l'application des dispositions permettant d'éviter d'exporter les risques vers la zone en exploitation. Ces dispositions reposent sur l'application du plan général de coordination en matière de sécurité et de protection de la santé (PGCSPS). Préalablement aux opérations, des plans de prévention sont mis en place en application du code du travail, par le responsable sécurité du centre en exploitation qui s'assure de leur application parallèlement et en lien avec le CSPS de la zone travaux.

6.3.2.1.1 L'arrêt programmé de l'exploitation

Les travaux à risques de coactivité avec l'exploitation sont réalisés en considérant un arrêt des opérations d'exploitation. Cela permet d'éviter toute agression induite par de telles opérations en coactivité. Ainsi, les travaux nécessaires aux raccordements des nouveaux ouvrages sont effectués en arrêt programmé d'exploitation : l'installation souterraine ne réceptionne plus de colis et le process nucléaire est à l'arrêt outre les activités de surveillance de l'installation et l'alimentation en électricité des récepteurs nécessaires à la sûreté et la ventilation nucléaire (hors consignation et sectionnement des locaux en cours de raccordement).

6.3.2.1.2 La présence de séparations physiques

Les mesures permettant de prévenir l'atteinte de la zone exploitation par la zone travaux et inversement reposent en premier lieu sur les dispositions constructives (dimensionnement des séparations physiques) prises sur les sas aux interfaces (cf. Chapitre 6.2.2.2.1 du présent volume) et sont complétées des dispositions suivantes.

a) La position et fonction des recoupes

Les recoupes sont positionnées pour assurer à la fois les fonctions « Locaux Techniques (CFO ou CFI) » et « Évacuation/Secours » (évacuation des personnes et accès des véhicules d'intervention) et afin de respecter une certaine indépendance fonctionnelle entre zones travaux et exploitation. Pour chaque phase de déploiement, il est donc prévu une recoupe CFI et une évacuation/secours en début de tranche à déployer, et une recoupe CFO et une évacuation/secours en extrémité de tranche à déployer.

b) Les séparations physiques entre zones travaux, essais et exploitation

Les séparations entre zones travaux et exploitation ainsi que dans l'état intermédiaire, avec la zone d'essai au sein des ouvrages en souterrain sont déplacées dans le temps suivant le principe « chassant rabattant » pour suivre le déploiement graduel de la zone exploitée. La séparation des zones travaux, essais et exploitation par des sas dans le respect des exigences de sectorisation opérationnelle (séparation physique et sas personnel (avec prise en compte des scénarios d'évacuation et d'intervention)) garantit leur isolement.

6.3.2.1.3 La construction et la déconstruction des sas

La construction et la déconstruction des sas ne sont pas des opérations courantes. Il s'agit d'opérations occasionnelles nécessaires au déploiement progressif des différentes zones de l'installation souterraine. À titre d'illustration, pour la zone de stockage MA-VL, cela représente deux fois la construction et la déconstruction des sas pour la livraison de deux nouvelles tranches d'alvéoles MA-VL au cours de la phase de fonctionnement.

a) Les sas à l'interface entre zone essais et zone travaux

La construction du génie civil des séparations physiques (avec sas chantier et accès contrôlé) en limite de zone essais/zone travaux est réalisée depuis la zone travaux, sans impact sur l'exploitation. Compte tenu que la réalisation de ces sas va bloquer l'accès véhicule à la zone essais depuis la zone travaux, ces travaux sont calés au plus tard, une fois que tous les autres travaux et essais à réaliser dans la zone à déployer sont terminés.

b) Les sas à l'interface entre zone exploitation et zone essais

La déconstruction des séparations physiques à l'interface zone exploitation/zone essais est réalisée depuis la zone exploitation. L'amenée des engins, des personnels et l'évacuation des matériels et matériaux sont donc réalisées par la descenderie de service. Des dispositions sont prises dans l'organisation du chantier pour maîtriser les risques associés aux opérations de transfert et aux travaux de déconstruction. Elles permettent aussi de maintenir l'accessibilité au personnel de secours dans les différents quartiers de stockage et notamment les alvéoles contenant des colis de déchets.

La technique de découpe du béton induit un très faible niveau de vibration, le choix de la découpe de blocs de dimension réduite (de l'ordre de 1 m × 1 m par exemple) permet de limiter le poids des éléments à manutentionner et les moyens de manutention restent déployables facilement dans les galeries.

c) La génération de poussières par le chantier

Les opérations liées à la construction ou à la déconstruction de génie civil sont génératrices de poussières. Un sas ventilation équipé d'une ventilation de chantier avec dépoussiérage est installé pour limiter les nuisances. Dans le quartier de stockage MA-VL, en cas de mise en place d'un sas, il sera veillé à ce qu'il n'interfère pas avec la galerie d'accès de l'alvéole MA-VL adjacente ; le cas échéant, une ou plusieurs gaines de ventilation le traversent pour assurer le passage de l'air pour ventiler l'alvéole MA-VL.

6.3.2.1.4 Les équipements et les essais

Les essais de bon fonctionnement des composants et systèmes (essais de phase 2, cf. Chapitre 6.3.1 du présent volume) sont réalisés en mode isolé : les utilités desservant la zone essais (ventilation travaux, réseaux HTA travaux, réseau eau incendie) viennent de la zone travaux. Le basculement proprement dit, c'est à dire l'intégration de la zone essais à la zone exploitation, ne débute qu'une fois les séparations physiques mises en place à l'interface zone essais/zone travaux et la déconstruction du sas zone exploitation/zone essais. Les activités dans la zone essais et la mise en stockage sont arrêtées pendant la déconstruction du sas et préalablement aux raccordements de la zone essais aux utilités de la zone exploitation, à l'exception des activités de surveillance et du fonctionnement des utilités telles que l'alimentation en énergie et la ventilation de l'installation souterraine.

Aux interfaces zone exploitation/zone essais, les différents systèmes présents en zone essais (ex. Canalisation incendie, réseaux de refroidissement, réseaux de ventilation…) sont physiquement raccordés sur les réseaux de la zone exploitation laissés en attente au travers des cloisons de séparation entre zones. Des dispositifs d'isolement (vannes, trappes, registres), éventuellement doublés de part et d'autre de la cloison, sont prévus pour garantir l'indépendance des systèmes entre zones jusqu'au basculement. Les nouveaux équipements de la zone en cours de basculement sont raccordés progressivement aux utilités de la zone en exploitation (raccordement progressif des réseaux CFO, CFI, de la ventilation nucléaire et des réseaux fluides). Une analyse FOH des opérations de basculement des nouveaux ouvrages vers l'exploitation, pour préciser les critères et les conditions de passage d'un état à l'autre, est réalisée au travers du plan de prévention. Les essais de fonctionnement global (essais de phase 3) sont effectués après ces opérations, avant basculement définitif en zone exploitation.

6.3.2.1.5 La perturbation de la ventilation nucléaire

La mise en service de nouveaux alvéoles et leur raccordement sur la ventilation de la zone en exploitation va induire une perturbation de la ventilation lors du réglage des registres. Cette perturbation de la ventilation nucléaire, dont la durée est estimée à environ 12 heures à 24 heures, est couverte par les scénarios de perte de la ventilation nucléaire et des risques associés (dissémination de substances radioactives et production de gaz de radiolyse dans les alvéoles MA-VL).

Ainsi, lors de cette phase, la période de perturbation aéraulique est maîtrisée par la mise en confinement statique des alvéoles de stockage en exploitation afin de s'affranchir de tout risque de rétrodiffusion de substances radioactives dans les galeries. La durée de perturbation impliquant la mise en confinement statique des alvéoles est largement plus courte que les délais acceptables d'atteinte en concentration en gaz inflammables dans les alvéoles en fonctionnement normal. La perturbation de la ventilation lors de cette phase est maîtrisée.

6.3.2.2 Les dispositions de surveillance

La surveillance de l'installation et des interfaces zone travaux/zone exploitation (et zone essais/zone exploitation avant la déconstruction du sas) est réalisée depuis la salle de conduite centralisée. La géolocalisation des engins, les systèmes de vidéosurveillance et les rondes techniques régulièrement effectuées par le personnel participent à la surveillance globale des risques, car à la fois autonome et spécifique à chaque interface. La surveillance est également assurée par le PCS de la zone en exploitation du bâtiment sécurité/sûreté/environnement en surface où tout incident est remonté.

6.3.2.3 Les dispositions de limitation des conséquences en cas de situations accidentelles

Les dispositions de limitation de conséquences reposent sur la présence d'une cellule de gestion des secours dédiée aux travaux et capable d'intervenir rapidement. Les principales informations de statut des équipements et de sécurité de la zone travaux remontent au poste de lutte contre l'incendie et de secours aux victimes de la zone en exploitation de la zone puits. Dans tous les cas, ces informations sont reportées vers le poste central de sécurité (PCS) du bâtiment sûreté/sécurité/environnement de la zone descenderie, qui est en charge de la sécurité de l'ensemble du centre et de la supervision associée. La présence de véhicules spéciaux et de moyens de lutte de première intervention (mobiles, portables) permet de limiter le risque d'atteinte de la zone en exploitation, qui dispose aussi d'une cellule de gestion des secours.

6.4 La maîtrise des risques liés à la coactivité dans la zone en exploitation nucléaire

6.4.1 Les types de coactivité

6.4.1.1 Les maintenances

Du fait de leurs caractéristiques intrinsèques (matériaux, utilisation…), de leurs fonctions et des règles en vigueur, les équipements et composants des installations font l'objet de maintenances préventives voire correctives au cours de l'exploitation :

- la maintenance préventive et réglementaire est une maintenance programmée dont le but est de prévenir ou limiter les défaillances matérielles des ouvrages et équipements. Elle comprend les opérations de maintenance imposées par la réglementation applicable. Cette maintenance est organisée de façon à limiter au minimum la durée d'indisponibilité des équipements et de non-exploitation du système ;
- la maintenance corrective est une maintenance non programmée. Cette maintenance est organisée dans le but de restaurer les conditions opérationnelles des équipements sur détection de défaut ou d'indisponibilité.

6.4.1.2 Les jouvences

La jouvence comprend le remplacement programmé d'un équipement (ou d'un ensemble d'équipements) réalisé afin de pallier le vieillissement de celui-ci et de maintenir sa fonction opérationnelle. Elle consiste à un remplacement partiel ou totale des installations, des maintenances lourdes des grands équipements et équipements liés au process nucléaire. Les travaux de jouvence suivants sont envisagés :

- jouvence liée aux révisions décennales des INB : la révision décennale est préparée à l'avance et a pour but essentiel de remettre les installations concernées au niveau réglementaire en vigueur ;
- jouvence de remplacement de certains équipements sensibles au vieillissement ou aux altérations résultant des conditions d'exploitation (forts rayonnements…) ;
- jouvence de remplacement des équipements imposants (chariots, ventilateurs, ponts-roulants…).

Lors des jouvences, le remplacement des équipements se fait par des équipements nouveaux et éprouvés (REX des bonnes pratiques d'autres INB ou de recherche et développement).

6.4.1.3 Le démantèlement et la démolition

La mise à l'arrêt définitif du bâtiment nucléaire de surface EP1 est suivie d'un démantèlement et d'un assainissement des équipements et matériels de ce bâtiment en parallèle de l'exploitation du bâtiment nucléaire de surface EP2. Les démolitions finales de l'ensemble des bâtiments et ouvrages de la zone en exploitation de la zone descenderie après leur déclassement sont repoussées à la fin de la phase de fonctionnement. Ce principe est similaire pour les bâtiments de la zone puits. Toutes ces opérations sont donc sans risque de coactivité.

6.4.1.4 La fermeture et la surveillance

Dans l'installation souterraine, des périodes de coactivité exploitation/fermeture sont étudiées ; elles correspondent à la fermeture d'un quartier en même temps que l'exploitation en cours d'autres quartiers. Les flux liés aux opérations de fermeture transitent par les ouvrages de la zone en exploitation, notamment la zone de soutien logistique exploitation et la descenderie de service.

Durant les phases de fermeture, l'instrumentation de surveillance des différents ouvrages est maintenue et n'est pas affectée.

6.4.2 Les risques induits par la coactivité dans les zones d'exploitation en surface

Les activités réalisées par le personnel d'exploitation dans les bâtiments de l'installation nucléaire de surface peuvent conduire à des risques liés à la coactivité dans la zone exploitation tels que :

- les risques propres aux opérations de maintenance, de jouvence ou de démantèlement : les opérations réalisées au cours de ces activités induisent des conséquences potentielles sur les locaux et cellules adjacents dans lesquelles des cibles de sûreté (colis de déchets, EIP) peuvent être présentes ;
- le risque d'exposition externe et interne du personnel lors des opérations nécessitant leur intervention (surveillance, maintenance, jouvence et fermeture) en zone exploitation : en effet, les cellules adjacentes à la cellule faisant l'objet d'une intervention par du personnel peuvent contenir des colis de déchets et induire une exposition des travailleurs. De même, lorsque les interventions réalisées se déroulent dans une cellule du process nucléaire, il y a un risque potentiel d'introduction d'un colis de déchet par le procédé dans la cellule ou dans la cellule adjacente ainsi qu'un risque d'entrée d'un travailleur dans une cellule adjacente contenant des colis de déchets.

6.4.2.1 Les dispositions de prévention

6.4.2.1.1 Les dispositions techniques

La séparation entre les activités de maintenance, jouvence, démantèlement et les activités d'exploitation est facilitée par les principes de conception retenus pour l'implantation générale des ouvrages et bâtiments en surface des zones descenderie et puits, et en particulier :

- le positionnement des locaux techniques (locaux électriques, locaux de ventilation) en périphérie des installations. Ces locaux nécessitent des interventions régulières du personnel et leur accès est facilité afin de limiter toute interaction avec les zones d'exploitation ;
- la disposition de zones avant ou arrière autour des locaux du process nucléaire avec les sas associés, permettant de faciliter les interventions (accès…) ou d'isoler les zones d'intervention ;
- la constitution de zones de garage pour les gros équipements (ponts roulants) avec des trémies d'accès pour intervenir sur les gros équipements indépendamment de l'exploitation, et en particulier des colis de déchets ;
- la séparation des différents flux : restrictions d'accès à la zone d'opération (rôle des nombreux sas entre les zones nucléaires) avec la réservation d'un accès dédié des matériels et personnels pour les opérations à réaliser dans cette zone.

Les portes blindées des cellules et leurs parois sont conçues et dimensionnées afin de limiter les doses reçues par le personnel ; la démarche ALARA est mise en place dès la conception.

Ces activités sont réalisées sous couvert du décret n° 92-158 du 20 février 1992 (72) et font l'objet d'un plan de prévention.

6.4.2.1.2 Les dispositions organisationnelles

a) Les maintenances

Dans les ouvrages nucléaires de surface, la maintenance préventive dans les locaux techniques périphériques n'interfère pas avec le process nucléaire. La maintenance préventive d'équipements du procédé est, de fait, réalisée lors des périodes d'arrêt de fonctionnement. Concernant les opérations de maintenance corrective, elles sont effectuées durant les horaires d'exploitation sans nécessité d'un arrêt

de l'exploitation hormis lorsque la panne est située dans une zone de passage du process ou lorsque l'équipement n'est accessible qu'à partir d'une zone de passage du process.

b) Les jouvences

Le principe de séparation géographique et temporelle des activités est également appliqué lors des phases de travaux de jouvence dans les ouvrages nucléaires. Les travaux de jouvence associés aux révisions décennales et aux jouvences des gros équipements sont réalisés lors de phases d'arrêt de fonctionnement puisque de fait, ils immobilisent un équipement de manutention, de conditionnement ou de contrôle des colis du procédé. Les locaux du bâtiment nucléaire de surface ne contiennent pas de colis lors des opérations de jouvence, ce qui signifie que l'installation ne traite plus aucun colis, que ce soit en amont (réception des convois) ou en aval (entreposage tampon et contrôle des colis).

c) Le démantèlement et la démolition

Des mesures identiques aux périodes de jouvence sont prises pour le démantèlement des bâtiments nucléaires de surface EP1 et ETH durant l'exploitation d'EP2 et de la tête de descenderie colis. L'ensemble des opérations de démantèlement peut être réalisé en chantier clos et indépendant. EP2/Tête de descenderie colis et EP1/ETH sont des bâtiments distincts avec des réseaux distincts. Les travaux de démantèlement de EP1/ETH n'ont ainsi aucun impact sur l'installation EP2 qui est située à distance. Concernant l'impact sur la tête de descenderie colis, des dispositions seront prises au niveau de la galerie de raccordement avec EP1 pour limiter les risques d'interférences avec l'exploitation des bâtiments nucléaires de surface EP2 (arrêt exploitation, mise en place de sas).

La démolition finale du génie civil de l'ensemble des ouvrages nucléaires de surface n'est envisagée qu'à la fin de la phase de fonctionnement. Il n'y a donc pas de coactivité entre exploitation nucléaire et travaux de démolition.

6.4.2.2 Les dispositions de surveillance

Le plan de prévention permet d'identifier les risques spécifiques liés aux opérations à réaliser, propose des mesures de prévention adaptées et permet de définir les besoins complémentaires éventuels en matière de surveillance.

La surveillance de la coactivité en zone exploitation est assurée les systèmes de surveillance propres aux différents risques d'agressions internes (surveillance incendie, détection fluide, etc.) présents dans les nucléaires de surface. La surveillance est également assurée par le poste central de sécurité où tout incident est remonté. Des rondes spécifiques complètent la surveillance globale des risques liées à la coactivité.

Les dispositions de surveillance prévues au titre de la maîtrise des risques sont présentées de façon exhaustive dans ce volume. Parmi celles-ci, le risque d'exposition externe des intervenants est surveillé :

- le personnel intervenant en zone réglementée est muni de dosimètres passifs et opérationnels ;
- une surveillance différée (dosimètres d'ambiance) est mise en place dans les locaux et couloirs, afin de justifier l'absence de dérive par rapport au zonage établi.

6.4.2.3 Les dispositions de limitation des conséquences en cas de situations accidentelles

Les dispositions de limitation de conséquences reposent sur la présence d'une cellule de gestion des secours capable d'intervenir rapidement. Le poste central de sécurité où toute situation accidentelle est remontée permet l'organisation des secours et l'intervention du personnel formé. La présence de véhicules spéciaux, de moyens de lutte de première intervention (mobiles, portables) permet de limiter le risque d'atteinte de la zone en exploitation.

6.4.3 Les risques induits par les activités concomitantes en souterrain

Les activités réalisées par le personnel d'exploitation dans les zones et locaux de l'installation souterraine peuvent conduire à des risques liés à la coactivité dans la zone en exploitation tels que :

- les risques propres aux opérations de maintenance, de jouvence ou de démantèlement, et de fermeture ;
- les agressions internes (incendie, explosion, émission de projectiles, défaillance des équipements sous pression, inondation, collision et chute de charge, perte d'utilités, etc.) et les risques radiologiques associés ;
- le blocage du process nucléaire de mise en stockage ;
- le risque d'exposition externe et interne du personnel lors des opérations nécessitant leur intervention (surveillance, maintenance, jouvence et fermeture) en zone exploitation.

6.4.3.1 Les dispositions de prévention

6.4.3.1.1 Les dispositions techniques

Le choix de conception de deux descenderies distinctes permet de limiter fortement la coactivité entre les différents flux entre le souterrain et la surface et de limiter les risques sur les installations et les opérateurs :

- la descenderie colis dédiée au process nucléaire qui intègre le véhicule de transfert permet de transférer la hotte avec son colis de stockage entre les installations de surface et l'installation souterraine ;
- la descenderie de service, dédiée aux fonctions d'exploitation autres que le transfert des colis de déchets HA et MA-VL.

Cette séparation physique entre le flux du process nucléaire cheminant exclusivement par la descenderie colis et les autres flux transitant en descenderie de service (transit de personnels, de véhicules et de matériel/matériaux non nucléaires relatifs à la maintenance, aux secours, …) où un plan de circulation et des règles de circulation avec la présence de feux sont mises en place, a un impact fort en termes de maîtrise des risques radiologiques. La coactivité entre le flux procédé et les autres flux (maintenance, jouvence, fermeture, etc.) est par conséquent limitée au pied de la descenderie service. Des dispositions sont prises dans le plan de prévention, en coordination avec la salle de conduite, pour organiser en fonction des différents plannings et impératifs, le tronçon « commun » en pied de descenderie de service ainsi que pour gérer les accès des personnes par le puits dédié au niveau de la ZSLE.

Ce principe de duplicité existe également dans l'installation souterraine pour les galeries de liaison desservant les quartiers de stockage et pour les galeries d'accès du quartier de stockage HA. Il permet de lever les problématiques de coactivité en menant dans la galerie des activités de maintenance, de jouvence ou de fermeture, en parallèle des activités d'exploitation pouvant se poursuivre dans la galerie attenante, celles-ci étant reliées par des recoupes. Concernant les galeries d'accès du quartier de stockage MA-VL, elles constituent des zones enclavées situées hors des flux principaux. Les activités qui y sont menées peuvent donc s'effectuer indépendamment dans chacune de ces galeries sans entraver les activités menées sur les galeries adjacentes.

Les différentes activités sont réalisées référenen conformité avec les dispositions du code du travail et font l'objet d'un plan de prévention.

6.4.3.1.2 Les dispositions organisationnelles

La planification des opérations de maintenance/jouvence (plan de maintenance, plan de jouvence, etc.) permet de ne pas dégrader la disponibilité des installations, de prévenir le croisement de flux avec les hottes chargées de colis et avec les moyens de transfert des déchets d'exploitation, et de limiter l'exposition externe du personnel. La mise en place d'une démarche ALARA notamment pour les

opérations qui sont susceptibles d'être réalisées avec un risque d'exposition externe du personnel permet également de limiter ce risque. Les murs et portes de radioprotection des alvéoles MA-VL ainsi que les têtes d'alvéole HA sont conçus et dimensionnés afin de limiter les doses reçues par le personnel.

a) Les maintenances et les jouvences

Dans l'installation souterraine et les liaisons surface-fond, les opérations de maintenances préventive et corrective sont réalisées durant les horaires d'exploitation mis-à-part lorsque l'opération a lieu dans une zone de passage du procédé de mise en stockage, lorsque l'opération risque d'impacter le cycle de stockage ou lorsque l'équipement à maintenir est essentiel à la sûreté du process de mise en stockage. Dans ce cas, l'exploitation est arrêtée.

Concernant les opérations de jouvence, les phases de jouvence sont préparées à l'avance (plusieurs années en général) et sont associées à des arrêts programmés des installations, ce qui limite fortement les situations de coactivité. Le process nucléaire est à l'arrêt hors ventilation nucléaire des alvéoles et activités de surveillance.

b) La fermeture et la surveillance

Le schéma de fermeture proposé dans le dossier de demande d'autorisation de création de l'INB Cigéo n'est pas figé. Le développement progressif de l'exploitation (cf. article L. 542-10-1 du code de l'environnement) offre la possibilité de schémas de fermeture plus progressifs et anticipés ou, inversement, plus concentrés dans le temps à la fin du fonctionnement. Conformément à la décision du 21 février 2020 consécutive au débat public dans le cadre de la préparation de la cinquième édition du plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs (PNGMDR) (73), c'est le PNGMDR qui « *précisera les conditions de mise en œuvre de la réversibilité du stockage […], les jalons décisionnels du projet Cigéo ainsi que la gouvernance à mettre en œuvre afin de pouvoir réinterroger les choix effectués* ».

Les scénarios temporels considèrent des opérations de début de fermeture dès que l'ensemble des opérations de mise en stockage d'un quartier de stockage sont complétement terminées. Cette option de fermeture concerne les quartiers de stockage HA et MA-VL. Il n'y a donc pas, au sein de ces quartiers, de coactivité entre opérations de stockage et opérations de fermeture, hors activités de surveillance et de maintien de la ventilation. En ce qui concerne le quartier pilote HA, le scénario temporel conduit à réaliser les opérations de fermeture une trentaine d'années après la fin de son remplissage, afin d'effectuer des opérations d'observation et de surveillance sur les alvéoles.

Le principe de repousser la fermeture des quartiers à la fin du remplissage de ceux-ci, limite la coactivité exploitation/fermeture aux croisements de flux en pied de descenderie de service. L'activité de fermeture du quartier pilote HA et l'activité de mise en stockage du quartier de stockage MA-VL cheminent durant la même période dans la zone de soutien logistique exploitation, avec une coactivité en pied de descenderie de service. De même, les activités de fermeture du quartier de stockage MA-VL cheminent dans la descenderie service et dans le carrousel lorsque l'activité de mise en stockage du quartier de stockage HA est en cours. Le moyen de manutention chargé des matériaux de fermeture emprunte le carrousel dans le sens horaire sans empêcher la circulation des chariots à vide ou chargés d'une hotte contenant un colis HA. Afin de limiter la coactivité dans la zone de soutien logistique exploitation et de ne pas croiser les flux, pour la coactivité exploitation/fermeture du quartier pilote HA et du quartier de stockage MA-VL, il n'y a pas de passage de matériaux de fermeture par le carrousel durant les postes dédiés au stockage. Il est ainsi envisagé de transférer les matériaux nécessaires à la fermeture en dehors des heures d'exploitation et de les stocker dans des zones tampons.

6.4.3.2 Les dispositions de surveillance

Le plan de prévention permet d'identifier les risques spécifiques liés aux opérations à réaliser et permet de définir les besoins complémentaires éventuels en matière de surveillance.

La surveillance de la coactivité en zone exploitation est assurée par les systèmes de surveillance propres aux différents risques d'agressions internes (surveillance incendie, détection fluide, dispositifs anticollisions, etc.) présents dans les ouvrages souterrains.

La surveillance est également assurée par le poste central de sécurité où tout incident est remonté. La vidéosurveillance et les rondes spécifiques complètent la surveillance globale des risques liées à la coactivité.

Les dispositions de surveillance prévues au titre de la maîtrise des risques sont présentées de façon exhaustive dans ce volume. Parmi celles-ci, l'exposition externe des intervenants et les risques de collision sont surveillés de la façon suivante :

- vis-à-vis de l'exposition externe, le personnel intervenant en zone exploitation est muni de dosimètres passifs et opérationnels dans l'installation souterraine ; une surveillance différée (dosimètres d'ambiance) est mise en place dans les galeries de passage des hottes, afin de justifier l'absence de dérive par rapport au zonage établi ;
- vis-à-vis des risques de collision, les séquences de déplacement des hottes sont prévues, organisées et suivies depuis la salle de conduite centralisée et connues du personnel qui par ailleurs est géolocalisé ; de plus, les engins de transfert de hottes sont munis de systèmes de détections d'obstacles et de système de freinage à sécurité positive.

6.4.3.3 Les dispositions de limitation des conséquences en cas de situation accidentelle

Les dispositions de limitation de conséquences reposent sur la présence d'une cellule de gestion des secours capable d'intervenir rapidement. Le poste central de sécurité où toute situation accidentelle est remontée permet l'organisation des secours et l'intervention du personnel formé. La présence de véhicules spéciaux, de moyens de lutte de première intervention (mobiles, portables) permet de limiter le risque d'atteinte de la zone en exploitation.

7

Les risques liés aux facteurs organisationnels et humains

7.1 La démarche d'analyse des risques sous l'angle des FOH 420
7.2 Les activités sensibles liées aux opérations du process nucléaire 421
7.3 Les activités sensibles liées aux opérations de maintenance 426
7.4 Les activités sensibles liées aux opérations de gestion des effluents et des déchets induits 433
7.5 Les activités sensibles liées à la gestion des situations incidentelles/accidentelles 436
7.6 La synthèse des dispositions prévues pour maîtriser les risques liés aux FOH 439

7.1 La démarche d'analyse des risques sous l'angle des FOH

Pour assurer le fonctionnement de l'INB, différentes opérations d'exploitation, de maintenance, de manutention, de contrôle, de surveillance, etc. sont réalisées par des opérateurs.

L'accomplissement des tâches prescrites par l'Andra aux opérateurs, se traduit par une activité réelle de travail, qui est la réalisation par l'opérateur ou le collectif de travail concerné, d'un enchaînement d'actions notamment déterminées par les moyens techniques et organisationnels qui ont été mis à leur disposition.

Le déroulement d'une activité peut entraîner des conséquences dommageables sur les intérêts à protéger. Aussi, la maitrise de la protection de ces intérêts passe par le repérage et la fiabilisation des activités dites sensibles, c'est-à-dire des activités au cours desquelles des défaillances humaines et/ou organisationnelles peuvent conduire à une dégradation notamment de la sûreté, de la radioprotection et de la sécurité, de manière immédiate ou latente.

Le repérage des activités sensibles est réalisé à partir :

- de l'analyse des documents supports à la conception ;
- d'échanges entre les spécialistes FOH, les équipes de conception et de sûreté et des représentants des différents métiers (exploitation, maintenance, radioprotection, etc.) ;
- des analyses de sûreté ;
- des listes d'événements non souhaités au regard de divers risques ;
- des enseignements tirés du retour d'expérience ;
- d'une approche empirique permettant de présager que telle ou telle opération est susceptible de présenter des difficultés, soit en raison de son caractère prototypique, soit du fait des conditions sévères en matière d'environnement de travail ;
- des tâches en rapport avec la détection et la gestion des situations d'urgence, notamment le risque incendie.

L'analyse et la fiabilisation des activités sensibles sont menées selon la logique suivante :

- l'identification des contributions humaines aux activités analysées ;
- la caractérisation des défaillances humaines individuelles et collectives potentielles et de leurs conséquences ;
- l'élaboration des lignes de défense contribuant à prévenir, à détecter/surveiller et à limiter les conséquences des défaillances repérées (principe de la défense en profondeur) ; chaque ligne de défense est exprimée sous forme d'exigences pour la conception ou l'exploitation et est rattachée à l'une des quatre dimensions des situations de travail à savoir :
  - ✓ les dispositifs techniques ;
  - ✓ l'environnement de travail ;
  - ✓ l'organisation du travail ;
  - ✓ la gestion des compétences et la formation.

Les chapitres suivants présentent les activités sensibles et les risques de défaillance humaine identifiés. Ils sont répartis de la manière suivante :

- activités sensibles liées aux opérations du process nucléaire ;
- activités sensibles liées aux opérations de maintenance ;
- activités sensibles liées aux opérations de gestion des effluents et des déchets induits ;
- activités sensibles liées à la gestion des situations incidentelles et accidentelles.

Pour chacun de ces groupes d'activités, la description des activités identifiées comme sensibles et les défaillances humaines associées est restituée sous forme de tableau, qui indique également les principales dispositions spécifiques de maîtrise des risques, de nature aussi bien technique qu'organisationnelle.

À ces dispositions spécifiques s'ajoutent des dispositions génériques s'appliquant à l'ensemble des activités (*NB* : elles ne sont pas systématiquement mentionnées à chaque activité présentée dans les tableaux qui suivent). Ces dispositions concernent la gestion des compétences, la formation des opérateurs, l'accompagnement des primo-intervenants et la mise en place de pratiques de fiabilisation (communication sécurisée, contrôles croisés, *pre-job briefing*, etc.).

Toutes ces dispositions seront précisées pour la mise en service de l'INB et ce, dès que les activités sensibles seront établies avec un niveau de détail plus avancé.

7.2 Les activités sensibles liées aux opérations du process nucléaire

Les opérations du process nucléaire concernent la réception, la confection et le stockage en souterrain des colis de déchets radioactifs. Elles consistent en une grande variété d'opérations de différents types :

- des opérations de gestion des convois de colis primaires de déchets radioactifs sur le terminal ferroviaire ;
- des opérations de manutention des emballages de transport des colis primaires ;
- des opérations de manutention des colis primaires, des conteneurs de stockage, des colis de stockage et des hottes de transfert (séquences automatisées) ;
- des opérations de contrôle de la conformité des emballage de transports, des colis primaires, des colis de stockage et de la hotte ;
- des opérations de surveillance des opérations automatisées et des installations.

Dans le cadre de la réalisation de ces opérations, les activités considérées comme étant sensibles sont présentées avec les principales dispositions de maîtrise des risques associées dans le tableau ci-après.

Tableau 7-1 Activités sensibles liées aux opérations du process nucléaire

Activité sensible	Défaillance humaine potentielle	Causes	Conséquences	Principales dispositions de maîtrise des risques
Surveillance des opérations du process nucléaire par les opérateurs aux postes de conduite	Non détection d'un défaut Mauvaise appréciation de la situation Actions non conformes aux procédures existantes Erreur de lecture d'une information Erreur de manipulation de commandes Mauvaise gestion des différents modes de pilotage	Surconfiance, hypovigilance et difficulté de compréhension des opérateurs en raison notamment du haut niveau d'automatisation. Représentation mentale erronée de l'état de l'installation et des activités en cours. Sous-estimation des risques par les opérateurs, en raison du pilotage à distance, sans vision directe. Surcharge mentale des opérateurs (volume de signaux à surveiller trop important) Conception de la salle de conduite inadéquate (espace insuffisant, équipements inadaptés, ambiance physique inappropriée, etc.) Autres interfaces homme-machine inadaptées	Aggravation de la situation. Survenance d'un incident ou accident	**Dispositifs techniques** Conception de la salle de conduite et des systèmes de supervision centrée sur l'homme **Dispositions organisationnelles** Adéquation charge/ressource (vis-à-vis de la surcharge de travail), etc. Préparation/entrainement du collectif

Activité sensible	Défaillance humaine potentielle	Causes	Conséquences	Principales dispositions de maîtrise des risques
Manutention des emballages de transport (ET), des colis primaires (CP) et des colis de stockage (CS)	Utilisation d'un engin de levage non vérifié du point de vue de son bon fonctionnement Non vérification de l'absence d'un élément dans la zone de circulation de l'entité Erreur de manipulation des commandes	Mauvaise connaissance du mode opératoire ou de la procédure IHM inadaptées Opération effectuée dans des délais contraints	Choc de l'entité manutentionné sur un équipement Chute de l'entité manutentionné Dissémination de substance radioactive Exposition interne et externe	**Dispositifs techniques** Ponts nucléarisés adaptés Système de vidéo-contrôle permettant aux opérateurs de contrôler visuellement **Dispositions organisationnelles** Développement de collectifs de travail opérateurs au contact/opérateurs en salle de conduite
Contrôles de conformité des emballages de transport (ET), des colis primaires (CP) et des colis de stockage (CS)	Non détection d'anomalies	Dispositifs de contrôle inadaptés aux opérateurs pour leur permettre des analyses sans erreur Compétence insuffisante des opérateurs pour détecter des anomalies	Perte d'une barrière de confinement statique Fragilisation de CS Points chauds	**Dispositifs techniques** Qualification des dispositifs et de leur adéquation avec les limites de la perception humaine, sur des maquettes pleine échelle des emballages de transport (ET), des colis primaires (CP) et des colis de stockage (CS)
Adaptation du volume interne d'une hotte MA-VL aux dimensions d'une famille de colis de stockage par la mise en place de cales à l'intérieur (opération effectuée dans le local de maintenance des hottes)	Absence de contrôle de non-contamination de la hotte avant l'intervention d'un opérateur à proximité ou à l'intérieur	Les opérateurs ne contactent pas le personnel de prévention des risques ou démarrent les opérations sans attendre son accord	Exposition interne des opérateurs	**Dispositions organisationnelles** Sécurisation de la préparation d des activités d'adaptation des hottes afin de prévenir les risques Ajout d'un point d'arrêt sécurité (RP) : Les opérations d'adaptation ne peuvent commencer sans une autorisation formelle du personnel de prévention des risques.

Activité sensible	Défaillance humaine potentielle	Causes	Conséquences	Principales dispositions de maîtrise des risques
Mise en stockage de colis	Erreur de colis mis en hotte ou erreur de destination du colis	Ordre de départ non vérifié ou mal vérifié	Règles de co-stockages physico-chimiques non respectées	**Dispositifs techniques** Les différents types de hottes MA-VL sont adaptées à la géométrie des colis et une hotte est associé à chaque colis de stockage : les opérateurs en salle de conduite peuvent détecter l'erreur en fonction de la hotte et du colis de stockage en place et de leur connaissance du procédé. La position du grappin sur les hottes HA est remontée au contrôle-commande, donnant aux opérateurs une indication sur la longueur du colis introduit dans la hotte. Les colis et les hottes sont marqués avec des identifiants lisibles par les opérateurs.

Activité sensible	Défaillance humaine potentielle	Causes	Conséquences	Principales dispositions de maîtrise des risques
Opération de stockage (automatisée) effectuée en parallèle de travaux souterrains (coactivité exploitation/travaux)	Égarement d'un opérateur de travaux en zone exploitation	Passage d'un opérateur de travaux en zone exploitation, sans autorisation Incident ou accident en zone travaux conduisant les opérateurs de travaux à être évacués par la zone exploitation	Exposition interne ou externe d'un opérateur Heurt d'un opérateur de travaux avec un mobile en mouvement	**Dispositifs techniques** Séparation physique entre la zone en travaux et la zone en exploitation, ainsi que des flux de personnel, de matériels et de matériaux entre les deux zones (seule une porte dans les refuges permet le passage de l'une à l'autre) Mobiles circulant à vitesse limitée et équipés de signaux sonores et lumineux, ainsi que de systèmes de détection d'obstacle déclenchant leur arrêt Signalétique claire et balisage indiquant la voie d'évacuation et l'échappatoire pour les piétons **Dispositions organisationnelles** Ouverture de la porte d'évacuation de la zone travaux vers la zone exploitation commandée par le Poste central de sécurité Procédure claire et testée d'évacuation *via* la zone d'exploitation des opérateurs de travaux en cas d'incident/accident en zone travaux

7.3 Les activités sensibles liées aux opérations de maintenance

Les opérations de maintenance servent à maintenir ou à rétablir les équipements dans un état assurant les fonctions requises dans des conditions sûres. À l'instar d'autres installations industrielles, les opérations de maintenance relèvent de trois types :

- la maintenance programmée, qui inclut la maintenance réglementaire, consiste en interventions d'entretien des équipements planifiées plusieurs semaines, voire plusieurs mois, en amont, à partir des durées de vie estimées, des normes ou des recommandations fournies par les fabricants ;
- la maintenance préventive comprend les activités d'inspection et de révision des équipements ;
- la maintenance corrective fait suite à la défaillance d'un équipement, afin de réparer ou remplacer celui-ci : elle est par conséquent imprévisible ; si la défaillance de l'équipement entraine l'arrêt du process nucléaire, une intervention immédiate de l'équipe de maintenance est nécessaire (maintenance corrective d'urgence) ; autrement, elle pourra être effectuée lors d'une période prévue d'arrêt de l'exploitation (maintenance corrective différée).

Globalement, les opérations de maintenance ont en commun :

- de requérir une forte interaction du personnel avec des systèmes d'informations et de commandes (interfaces homme-machine en salle de conduite et en local) ;
- de devoir être réalisées dans le respect des règles d'exploitation décrites dans les référentiels ;
- d'exiger la coopération de nombreux métiers (par exemple, électricité, électronique, mécanique et électromécanique, hydraulique et pneumatique, radioprotection, automatisme, chaudronnerie et tuyauterie, ventilation et chauffage) pour organiser, réaliser et surveiller les interventions ;
- de concerner des équipements très différents implantés en surface ou au fond.

Aussi, les opérations de maintenance présentent :

- des risques de défaillance humaine, individuelle ou collective, pouvant impacter les fonctions de protection des intérêts (par exemple, non détection d'une alarme, sous-estimation d'une dégradation dans l'évolution d'un paramètre, interventions humaines inadéquates par rapport à la situation, problèmes de communication entre métiers, méconnaissance de certains équipements, etc.) ;
- des risques induits par de la coactivité exploitation/maintenance dans les installations souterraines (réalisation simultanée d'opérations d'exploitation nucléaire et d'opérations de maintenance) ;
- des risques radiologiques, si des opérateurs sont amenés à intervenir :
  - ✓ à proximité de colis ou de hottes de transfert contenant un colis ;
  - ✓ auprès de sources de rayonnement comme les systèmes de filtration susceptibles de capter des aérosols radioactifs, ainsi que les sources scellées présentes dans les équipements de surveillance radiologique ou prévues pour la maintenance des équipements de radioprotection.

Les activités sensibles du point de vue des FOH concernent les situations suivantes, dont les caractéristiques et les principales dispositions de maîtrise des risques associés sont résumées dans le tableau ci-après :

- consignation des équipements avant une opération de maintenance ;
- interventions sur des EIP : contrôles et essais périodiques, opérations de maintenance programmée ou corrective ;
- opérations de maintenance se déroulant pendant le fonctionnement du process nucléaire, sans concerner celui-ci.

Tableau 7-2 Activités sensibles liées aux opérations de maintenance

Activité sensible	Défaillance humaine potentielle	Causes	Conséquences	Principales dispositions de maîtrise des risques
Consignation des équipements avant maintenance	Oubli de consigner des équipements Consignation des mauvais équipements	Pression temporelle Mauvaise coordination	Risque d'accident d'un opérateur Risque d'incendie	**Dispositions organisationnelles** Procédures d'intervention de maintenance, de délivrance des autorisations de travail et de consignation/déconsignation Contrôle de la bonne consignation par les intervenants de maintenance Adéquation charge/ressources
Contrôles et essais périodiques, maintenance préventive ou corrective d'un EIP	Mauvaise appréciation de l'état de l'EIP lors de son contrôle Modalités de contrôle inapproprié à ce qui doit être vérifié Périodicité non respectée. Défaillance dans la réalisation des contrôles et essaie des opérations de maintenance Omission d'actions à la remise en exploitation de l'équipement (qualification de l'équipement, remise en position normale, etc.)	Faible visibilité. Mauvaise accessibilité des équipements et des pièces	Dégradation d'une fonction de sûreté (défaillance d'un EIP)	**Dispositifs techniques** Accessibilité et inspection aisées des équipements Ambiance physique permettant les activités (éclairement suffisant, ambiance thermique pas trop chaude, volume sonore pas trop haut, etc.) **Dispositions organisationnelles** Mise en place de pratiques de fiabilisation de type « communication sécurisée » entre les opérateurs Mise en place de pratiques de fiabilisation de type autocontrôle ou double contrôle

Activité sensible	Défaillance humaine potentielle	Causes	Conséquences	Principales dispositions de maîtrise des risques
Opérations de maintenance se déroulant pendant le fonctionnement du process nucléaire, sans concerner celui-ci (coactivité maintenance/exploitation)	Passage à proximité d'un colis ou d'une hotte de transfert chargée Croisement d'un mobile en mouvement	Mauvaise connaissance des lieux par un intervenant Absence d'information d'un intervenant sur les opérations du process nucléaire en cours Manque de vigilance d'un intervenant par rapport à l'environnement du travail	Exposition externe Collision avec un mobile en mouvement	**Dispositifs techniques** Exclusion physique de la présence humaine près de colis ou d'une hotte chargée (ex : portes d'accès à ces zones verrouillées en position fermée) Mobiles circulant à vitesse limitée et équipés de signaux sonores et lumineux, ainsi que de systèmes de détection d'obstacle déclenchant leur arrêt Caméras de surveillance dans les zones accidentogènes **Dispositions organisationnelles** Procédure d'autorisation d'accès aux zones d'exclusion (déverrouillage des portes d'accès par la salle de conduite)

Le tableau suivant décrit plus finement les activités sensibles notables dans les situations identifiées ci-dessus, en raison des risques radiologiques ou des risques de collision/choc associés. Elles concernent particulièrement les opérations de changement de filtre à Très Haute Efficacité, de maintenance sur le funiculaire et de maintenance des écrans de radioprotection des alvéoles MA-VL, ainsi que les opérations de maintenance dans la descenderie et les opérations de pilotage d'un équipement pour sa maintenance, en situation de coactivité avec d'autres opérations de maintenance.

Tableau 7-3 Description d'activités sensibles particulières liées aux opérations de maintenance

Activité sensible	Défaillance humaine potentielle	Causes	Conséquences	Principales dispositions de maîtrise des risques
Changement d'un filtre Très Haute Efficacité (THE)	Chute du filtre usagé Déchirement du sac vinyle contenant le filtre usagé Erreur de manipulation	Espace de travail étroit Ambiance physique pénalisante (lumineuse, thermique, sonore ou atmosphérique) Tenue vestimentaire gênante Équipements/outils inadaptés Opération effectuée dans des délais contraints	Dissémination de matière radioactive Exposition externe et interne	**Dispositifs techniques** Caissons de filtration et filtres dotés de systèmes de détrompage Conception ergonomique du poste de travail (espace disponible, hauteur de travail, éclairage, etc.) Tenue de travail ne gênant pas les intervenants **Dispositions organisationnelles** Mode opératoire ergonomique (cf. Utilisable par l'opérateur) Réalisation de l'opération par un binôme d'opérateurs, avec contrôles croisés
Dépannage des équipements du funiculaire, en cas de blocage, lorsque la hotte contient un colis.	Difficulté de réalisation de l'opération	Faible accessibilité des équipements concernés Port de charges lourdes	Aggravation de la panne conduisant à la défaillance d'un EIP (si la panne concerne un EIP) Exposition externe	**Dispositifs techniques** Moyen d'acheminement des pièces lourdes au niveau de la zone d'intervention en descenderie (ex. : brouette à chenilles) Potence de manutention des pièces lourdes : manipulable manuellement et rapidité de mise en œuvre Accessibilité aisée des équipements

Activité sensible	Défaillance humaine potentielle	Causes	Conséquences	Principales dispositions de maîtrise des risques
Dépannage/maintenance d'un écran de radioprotection d'alvéole MA-VL (en cellule de manutention)	Opération mal réalisée entraînant ou aggravant des défaillances techniques Omission d'actions avant la remise en service	Espace contraint et encombré Mauvaise accessibilité des équipements et des pièces Faible visibilité Température ambiante élevée Pression temporelle	Expositions interne et externe Incendie Atteinte à l'intégrité physique des intervenants	**Dispositifs techniques** Accessibilité aisée à l'ensemble des équipements avec les outils adaptés Poste de conduite local de l'alvéole MA-VL équipé de moyens pour communiquer avec les intervenants en cellule de manutention et les équipes de surveillance et de sécurité en surface Moyens de communication portatifs pour les intervenants en cellule de manutention. Éclairement suffisant Ventilation pour maintenir une température acceptable

Activité sensible	Défaillance humaine potentielle	Causes	Conséquences	Principales dispositions de maîtrise des risques
Manutention d'objets dans la descenderie (outils, galets de rechange…) lors d'une opération de maintenance	Chute d'objet/galet dans la descenderie Oubli d'un objet dans la descenderie	Mauvaise manipulation Faible visibilité	Collision entre l'objet/le galet et un opérateur présent en aval Dégradation d'un équipement pouvant participer à la protection des intérêts	**Dispositifs techniques** Dispositif de transport des outils et des galets en descenderie service jusqu'à la zone d'intervention Dispositif de soulèvement sécurisé du câble facilitant l'accès au galet et son retrait Masse limitée des galets Véhicule adapté permettant de transporter les galets ou l'outillage jusqu'à la zone d'intervention Éclairement suffisant **Dispositions organisationnelles** Inventaire/comptage du matériel avant et après intervention

Activité sensible	Défaillance humaine potentielle	Causes	Conséquences	Principales dispositions de maîtrise des risques
Pilotage d'un équipement depuis un poste de conduite local dédié à un équipement, lors d'une intervention de maintenance, en situation de coactivité d'opérations de maintenance.	Non détection de la présence d'un opérateur en local Non détection d'un élément en mouvement	Visibilité limitée depuis le PCE Perception des sons utiles masqués par le bruit ambiant Zones d'intervention non sécurisées	Heurt entre un élément en mouvement et un opérateur	**Dispositifs techniques** Poste de conduite local dédié et implanté à proximité de l'équipement à contrôler Sécurisation et aménagement des zones d'intervention Limitation du niveau de bruit pour permettre l'audition des signaux sonores et la communication entre opérateurs **Dispositions organisationnelles** Mise en place de pratiques de fiabilisation de type « communication sécurisée » entre les opérateurs

7.4 Les activités sensibles liées aux opérations de gestion des effluents et des déchets induits

La gestion des déchets liquides et solides induits par le fonctionnement et les opérations d'exploitation est globalement une activité sensible. En effet, la possible contamination radioactive de ces déchets entraînent des risques d'exposition interne ou externe, ainsi que de dissémination de substances radioactives.

Les effluents potentiellement contaminés sont collectés en cuve mobile et font l'objet d'un contrôle de l'activité globale bêta-gamma. En cas de contrôle positif, les effluents sont évacués vers les cuves d'entreposage d'effluents radioactifs. Les effluents potentiellement contaminés sont les eaux d'exhaure des alvéoles HA ou encore les eaux d'extinction incendie d'une zone nucléaire.

Les déchets solides potentiellement contaminés sont regroupés dans un local dédié dans l'installation nucléaire en surface, où ils sont contrôlés, conditionnés, puis entreposés jusqu'à leur expédition. Les déchets provenant de l'installation nucléaire souterraine sont d'abord regroupés dans un local souterrain, situé dans la zone de soutien logistique, avant d'être transportés par camion électrique jusqu'au local de l'installation nucléaire en surface, en remontant par la descenderie de service.

Le tableau suivant présente les activités sensibles identifiées en rapport avec ces opérations.

Tableau 7-4 Activités sensibles liées à des opérations de gestion des effluents et des déchets induits

Activité sensible	Défaillance humaine potentielle	Causes	Conséquences	Principales dispositions de maîtrise des risques
Dépotage et manutention de cuves mobiles d'effluents potentiellement contaminés	Mauvaise manutention ou manipulation entraînant des fuites Absence de vigilance conduisant à des débordements	Espace de travail étroit Ambiance physique pénalisante (lumineuse, thermique, sonore ou atmosphérique) Tenue vestimentaire gênante Équipements/outils inadaptés Opération effectuée dans des délais contraints Procédure inadaptée	Exposition interne Dissémination de substances radioactives	**Dispositifs techniques** Encuvement des zones de dépotage d'effluents Installation de détecteurs de niveau haut et de limiteurs sur les cuves Pose de détrompeurs et étiquetage des raccordements Surfaces du local décontaminables Moyens de contrôle et de décontamination rapidement accessibles **Dispositions organisationnelles** Réalisation des opérations par un binôme d'opérateurs avec contrôles croisées Mode opératoire ergonomique (cf. Utilisable) Procédure de contrôle par la salle de conduite

Activité sensible	Défaillance humaine potentielle	Causes	Conséquences	Principales dispositions de maîtrise des risques
Manutention de déchets solides induits potentiellement contaminés	Mauvaise manutention ou manipulation entraînant la chute de déchets au sol	Espace de travail étroit Ambiance physique pénalisante (lumineuse, thermique, sonore ou atmosphérique) Tenue vestimentaire gênante Équipements/outils inadaptés Opération effectuée dans des délais contraints Mode opératoire confus ou inadapté	Exposition interne/externe Dissémination de substances radioactives	**Dispositifs techniques** Conception adaptée du poste de travail, des équipements et de la tenue de travail **Dispositions organisationnelles** Réalisation des opérations par un binôme d'opérateurs, avec contrôles croisées Mode opératoire ergonomique (cf. Utilisable)

7.5 Les activités sensibles liées à la gestion des situations incidentelles/accidentelles

La gestion d'une situation incidentelle ou accidentelle consiste à réaliser les actions nécessaires pour ramener l'installation dans un état sûr. Ces actions dépendent de la nature de l'évènement survenu (le terme « événement » désigne ici tout événement considéré dans les analyses de sûreté), mais comprennent une évacuation *a minima* locale du personnel, dans le cas d'une situation accidentelle.

Le contexte et le stress liés à ces situations, la nécessité de prendre rapidement les bonnes décisions, d'appliquer sans erreur les bonnes procédures ont pour corollaire d'augmenter la probabilité d'erreur humaine, et doivent donc être particulièrement étudiés sous l'angle des facteurs organisationnels et humains.

La stratégie de conduite dans ces situations, l'organisation mise en œuvre pour la mettre en pratique, ainsi que la formation et l'entraînement du personnel concerné doivent permettre d'obtenir une réactivité maximale des acteurs et une fiabilisation importante des actions à réaliser. L'association des opérateurs à la conception des modes de conduite et des procédures dans ces situations est indispensable pour atteindre cet objectif.

Des scénarios représentatifs de situations accidentelles sont présentés dans le chapitre 9 du présent volume. Le tableau ci-après dresse les activités sensibles identifiées en lien avec la gestion accidentelle.

Tableau 7-5 Activités sensibles liées à la gestion des situations accidentelles

Activité sensible	Défaillance humaine potentielle	Causes	Conséquences	Principales dispositions de maîtrise des risques
Détection et diagnostic d'une situation incidentelle/accidentelle	Réaction tardive Diagnostic erroné et actions déclenchées inappropriées	Alarmes non entendues Informations remontées insuffisantes ou fournissant une restitution incorrecte de la situation Absence de coordination entre les différents opérateurs devant intervenir (levée de doute, décisions, etc.) Panique causée par une incompréhension de la situation	Installation non mise rapidement dans un état sûr Absence de maîtrise de l'accident et atteinte à des intérêts protégés	**Dispositifs techniques** Alarmes hiérarchisées, avec signaux sonores ou lumineux perceptibles et reconnaissables en fonction de l'urgence Informations fiables et pertinentes remontant en salle de conduite et au PCS sur l'installation et le personnel présent Moyens de communication entre PCS, salle de conduite et personnel en local **Dispositions organisationnelles** Conception des dispositifs de gestion d'un accident sur la base de retour d'expérience précis et validation de ces dispositifs à l'aide de simulations Stratégie de conduite claire, définissant les rôles des divers lieux de supervision (salle de conduite, poste de sécurité, poste de conduite local, etc.) et les missions des divers opérateurs en cas d'alarme ou d'incident/accident **Gestion des compétences** Sélection des opérateurs ayant les aptitudes adéquates Préparation et entraînement des opérateurs à affronter les situations prévues dans le PUI et imprévues

Activité sensible	Défaillance humaine potentielle	Causes	Conséquences	Principales dispositions de maîtrise des risques
Évacuation du personnel présent dans l'installation	Ordre d'évacuation non entendu Égarement pour sortir de l'installation ou rejoindre un refuge	Signaux d'alerte et d'évacuation non perceptibles en tout point de l'installation Absence de signalétique claire et de balisage des voies d'évacuation	Exposition interne ou externe Heurt d'un opérateur avec des engins ou des équipements Entrée d'un opérateur dans une zone d'incendie	**Dispositifs techniques** Système d'alerte sonore audible dans toute l'installation Moyens de communication adaptés pour alerter les intervenants en environnement bruyant Signalétique claire et balisage indiquant la voie d'évacuation et l'échappatoire pour les piétons Mobiles circulant à vitesse limitée et équipés de signaux sonores et lumineux, ainsi que de systèmes de détection d'obstacle déclenchant leur arrêt **Dispositions organisationnelles** Procédure d'évacuation claire et testée Exercices de simulation
Opération de récupération d'équipements pour ramener l'installation dans un état sûr (par exemple, à la suite d'une panne d'un engin mobile dans une zone à risque radiologique, d'une panne d'un dispositif de confinement, etc.)	Erreurs lors du pilotage manuel d'un équipement en mode récupération Mauvaise coordination des actions par les intervenants en local/à distance	Interface homme-machine mal conçue Procédure inexistante ou confuse Communication difficile entre opérateurs en local et à distance	Installation non mise rapidement dans un état sûr Absence de maîtrise de l'accident et atteinte à des intérêts protégés	**Dispositifs techniques** Prise en compte du mode « récupération » dans la conception des équipements Moyens de communication entre opérateurs en local et à distance efficaces et pour certains intégrés à l'équipement Systèmes de vidéosurveillance pour compenser l'éloignement entre l'équipement et le poste de conduite **Dispositions organisationnelles** Procédures de récupération ergonomiques (cf. Utilisables)

7.6 La synthèse des dispositions prévues pour maîtriser les risques liés aux FOH

Une attention particulière est portée à la fiabilisation des activités humaines, dès la conception des installations et des équipements, en facilitant leur exploitation et leur maintenance, ainsi que la gestion d'une éventuelle situation accidentelle. La conception des équipements et des espaces de travail respecte ainsi les exigences formulées pour garantir leur accessibilité, leur utilisabilité et leur maintenabilité. L'ergonomie des interfaces homme-machine fera l'objet d'études détaillées ultérieurement.

En outre, l'identification et l'analyse des activités sensibles a permis de définir, dès la présente version préliminaire du rapport de sûreté, des dispositions particulières pour maîtriser les risques présents dans les situations de travail propres à chaque activité (exploitation, maintenance, etc.).

Ces dispositions sont d'ordre :

- technique (ex. : moyens de communication entre opérateurs, systèmes de géolocalisation du personnel, développement d'outils facilitant la réalisation ou réduisant la pénibilité d'opérations, etc.) ;
- organisationnel (ex. : procédures d'intervention et d'autorisation de travail, points d'arrêt sûreté, pratiques d'autocontrôle, de contrôles croisés et de communication sécurisée par les opérateurs, etc.).

Enfin, des dispositions organisationnelles générales à l'ensemble des activités complètent les mesures pour maîtriser les risques liés aux FOH :

- la rédaction de documents d'exploitation et de maintenance (procédures, modes opératoires) adaptés aux situations réellement rencontrées par les opérateurs ;
- la formation des opérateurs pour leur permettre d'acquérir les compétences requises en lien avec les tâches à effectuer ;
- la mise en place de pratiques de fiabilisation (communication sécurisée, contrôles croisés, *pre-job briefing*, etc.) ;
- l'accompagnement des primo-intervenants ;
- des dispositions organisationnelles permettant la transmission des compétences ;
- la préparation et l'entraînement des opérateurs à faire face aux situations prévues et imprévues ;
- une organisation générale du travail propice au développement d'une culture de sûreté (cf. Chapitre 2 du volume 6 du présent rapport),
- un management des équipes favorisant la remontée des dysfonctionnements et la discussion sur les contraintes du travail.

8

L'étude des situations de fonctionnement

8.1	La présentation du domaine de fonctionnement normal et dégradé	442
8.2	Les méthodes d'évaluation des impacts radiologiques et chimiques en situations accidentelles	451
8.3	Les situations du domaine de dimensionnement	470
8.4	Les situations accidentelles d'extension du dimensionnement	487
8.5	Les situations exclues	507

8.1 La présentation du domaine de fonctionnement normal et dégradé

8.1.1 L'introduction

L'article 4.1.5 de l'annexe à la décision n° 2015-DC-0532 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 17 novembre 2015 relative au rapport de sûreté des INB (4) dispose : « *le rapport de sûreté explicite les limites du domaine de fonctionnement normal et du domaine de fonctionnement en mode dégradé de l'INB. Il comporte également les justifications techniques de ces domaines vis-à-vis de la sûreté nucléaire, notamment au regard des conditions initiales prévues par les études d'incidents ou d'accidents et des dispositions retenues pour prévenir ces incidents ou accidents, les détecter et en limiter la probabilité et les effets* ».

Le chapitre suivant a pour objet de présenter les domaines de fonctionnement associés aux fonctions de de protection. Les dispositions de surveillance du domaine de fonctionnement permettent, en situation dégradée, de déclencher les actions associées à la remise à l'état sûr de l'installation.

Les domaines de fonctionnement associés aux substances dangereuses et aux actes de malveillance sont respectivement traités dans des chapitres dédiés aux chapitres 5 et 12 du présent volume.

8.1.2 Le domaine de fonctionnement associé aux fonctions de sûreté nucléaires et dispositions de surveillance

8.1.2.1 La maîtrise du risque de dissémination de substances radioactives

8.1.2.1.1 Le domaine de fonctionnement

La maîtrise de ce risque, pour le fonctionnement normal, repose sur la présence et l'efficacité des systèmes de confinement mis en place autour des substances radioactives présentes dans l'INB. Ces systèmes sont constitués d'une ou plusieurs barrières de confinement statique complétées, le cas échéant, d'un confinement dynamique.

Les états dégradés correspondent à l'occurrence de situations temporaires et maîtrisées pouvant conduire à une sortie contrôlée du domaine de fonctionnement normal. L'acceptabilité de ces états dégradés est justifiée au travers de modalités d'exploitation particulières : interruption du process, interdiction de levage des colis, etc. Cette tolérance n'est applicable qu'aux systèmes de confinement portés par l'installation.

a) Les colis de déchets radioactifs

Les colis de déchets radioactifs HA et MA-VL constituent le premier système de confinement des substances radioactives. Ce premier système de confinement des substances radioactives est décrit dans le chapitre 2.1 du présent volume.

b) Les ouvrages de génie civil

Les locaux des ouvrages au sein desquels transitent ou sont entreposés les colis de déchets radioactifs constituent, avec leur système de ventilation, le second système de confinement. Ce système vient en complément du premier système et vise à prévenir les rejets non contrôlés de substances radioactives à l'environnement en cas d'occurrence d'un incident ou accident impliquant un colis de déchets HA ou MA-VL.

Les états dégradés sont les situations pour lesquelles la garantie de préservation du confinement des colis de déchets est apportée, permettant alors de transiger sur la permanence de fonctionnement ou d'efficacité du second système de confinement.

Cette garantie implique que, dans un délai défini en cohérence avec la démonstration de sûreté et le process, soient suspendues notamment toutes les opérations dont le dysfonctionnement est susceptible de conduire à un risque de dégradation de la fonction de confinement des colis de déchets. Ces opérations sont généralement associées à la manipulation des colis ou aux interventions sur ces derniers. Dans ce cas, les états dégradés correspondent aux situations entrainant une suspension de tout ou partie du procédé afin de s'affranchir des risques d'atteindre ou d'endommager le premier système de confinement.

Les interventions effectuées sur les composants assurant une fonction de confinement portée par le génie civil et les équipements de second œuvre associés (portes, traversées, hublots, façades, etc.) des cellules en surface et de la cellule de manutention des alvéoles de stockage MA-VL, ainsi que les systèmes de ventilation nucléaire associés, sont envisageables sous couvert d'états dégradés. Ces états conduisent à suspendre tout ou partie du procédé de l'installation afin de permettre de mener les opérations de réparations nécessaires à la poursuite de son exploitation.

NOTE IMPORTANTE

Le remplacement des filtres de très haute efficacité (THE) des systèmes de ventilation est une opération courante d'entretien qui ne nécessite pas l'interruption du procédé. Cette situation ne correspond pas à un état dégradé mais relève bien du fonctionnement normal de l'installation.

c) Les systèmes de ventilation nucléaire

Au titre de la maîtrise du risque de dissémination, la ventilation nucléaire porte une fonction de confinement, en agissant de manière dynamique pour pallier les défauts d'étanchéité du génie civil et des équipements de second œuvre associés en instaurant des cascades de dépression et d'épuration, en dirigeant les gaz collectés et contrôlés vers des points de rejets définis (rejets aux émissaires pour les réseaux C2/C4** ou en façade/toiture pour les réseaux NC/C1).

La conduite normale de la ventilation nucléaire de l'installation de surface et de l'installation souterraine est automatique et supervisée depuis la salle de conduite centralisée. Un basculement en mode manuel est possible pour permettre de mener certaines opérations particulières de maintenance et d'essais.

Concernant le bâtiment nucléaire de surface (EP1, la tête de descenderie colis et l'ouvrage de déchargement des emballages à déchargement horizontal), le fonctionnement normal des réseaux C2/C4** est assuré par le maintien en permanence de la ventilation nucléaire à l'aide de ventilateurs pour le soufflage et de ventilateurs pour l'extraction. Un ventilateur de réserve assurant la même capacité de ventilation est présent pour le soufflage et un autre pour l'extraction pour pallier un dysfonctionnement ou pour maintenir la capacité nominale de la ventilation en situation de maintenance. Pour les réseaux NC/C1, le fonctionnement normal s'appuie sur des ventilateurs pour le soufflage et des ventilateurs pour l'extraction.

Les états dégradés sont ceux pour lesquels les plages de débit ne sont pas nécessairement respectées mais pour lesquels la performance requise est le maintien du confinement dynamique (conservation des cascades de dépression) et l'absence d'inversion des flux d'air entre locaux de classes de confinement différentes.

Concernant l'installation souterraine, le fonctionnement normal du réseau C1/C2 s'appuie sur un maintien en permanence de la ventilation nucléaire à l'aide de ventilateurs pour le soufflage et ventilateurs pour l'extraction. Un ventilateur de réserve assurant la même capacité de ventilation est présent pour le soufflage et un autre pour l'extraction pour pallier un dysfonctionnement ou pour maintenir la capacité nominale de la ventilation en situation de maintenance.

Au titre du maintien de la fonction de confinement, des états dégradés comparables à ceux retenus pour l'installation de surface sont envisageables, à savoir le maintien du confinement dynamique (conservation des cascades de dépression) et l'absence d'inversion des flux d'air entre locaux de classes de confinement différentes. Des exigences plus contraignantes sont toutefois requises au titre de la maîtrise des risques liés à la production de gaz de radiolyse par les colis de déchets.

8.1.2.1.2 Les dispositions de surveillance du domaine de fonctionnement

a) La surveillance des colis de déchets radioactifs

La surveillance des barrières de confinement des colis de déchets radioactifs repose sur une surveillance de leur niveau de contamination surfacique ainsi que sur une surveillance de la contamination atmosphérique des locaux au sein desquels sont présents ces colis.

b) La surveillance de la contamination surfacique des colis

La spécification des colis primaires sur l'installation niveau de contamination surfacique labile 4 Bq/cm² en émetteurs béta gamma et 0,4 Bq/cm² en émetteurs alpha. Ces limites sont applicables à l'ensemble de l'installation.

Au sein de l'installation, la surveillance de ce critère est réalisée par des contrôles effectués aux différentes étapes du procédé, de la réception des colis à leur mise en hotte, en passant par leur mise en configuration de stockage.

Tableau 8-1 Critères associés aux contrôles de premier niveau des colis HA et MA-VL

Contrôle colis		Critères (fonctionnement normal)
C2 C3	Contamination surfacique labile emballage Débit de dose emballage Contrôle visuel emballage de transport	Respect de la réglementation transport sur la voie publique Intégrité emballage, présence des scellés
C4	Contrôle air cavité emballage	Activité globale des émetteurs bêta gamma et des émetteurs alpha des aérosols et des gaz présents dans la cavité de l'emballage Contrôle présence de tritium, radon, gaz rares Pression interne, concentration H_2
C5	Contamination surfacique non fixée CP Débit de dose CP Masse CP Contrôle compatibilité dimensionnelle CP Contrôle visuel et identification CP	≤4 Bq/cm² en émetteurs béta gamma bêta gamma ≤0,4 Bq/cm² en émetteurs alpha Débit de dose et masse conformes aux spécifications colis
C6-MA-VL	Débit de dose CS Masse CS Contrôle visuel CS	Débit de dose conforme aux spécifications d'acceptation colis Intégrité mécanique Absence : éraflures, chocs, fissurations couvercle, défauts de mise en place

Contrôle colis		Critères (fonctionnement normal)
C6 HA	Débit de dose CS Contrôle visuel CS Contrôle non destructif par US Contrôle non destructif par courant de Foucault	Débit de dose conforme aux spécifications d'acceptation colis Intégrité des patins du colis et de la soudure Détection des défauts de surface et en profondeur de la soudure
C7	Contamination surfacique labile CS Débit de dose CS Masse CS Contrôle visuel et identification CS	≤4 Bq/cm² en émetteurs bêta gamma ≤0,4 Bq/cm² en émetteurs alpha (avec un objectif d'absence de contamination non fixée pour les CS confectionnés) Débit de dose conforme aux spécifications d'acceptation colis Absence de défauts, de n° d'identification

Les états dégradés sont ceux pour lesquels le dépassement de ces critères de contamination peut être atteint (colis non conformes). Dans cette situation, la non-conformité est traitée conformément au chapitre 6.4 du volume 3 du présent rapport.

c) La surveillance de la contamination atmosphérique des locaux

La surveillance de la contamination atmosphérique des locaux est effectuée en temps réel par des balises et en temps différé *via* des appareils de prélèvements atmosphériques. Les critères d'activité volumique maximale pour les mesures en temps réel sont un nombre de LDCA (limite pratique de concentration dans l'air) inférieur ou égal à 1 LDCA pour les locaux C2 Famille IIA et C4** Famille IIIB, et 0,01 LDCA pour les locaux C1 Famille I. Le critère d'activité volumique maximale pour les mesures en différé à l'aide de filtres, analysés en laboratoire pour caractériser l'échantillon, est un nombre de LDCA inférieur ou égal à 0,01 LDCA.

Dans le bâtiment nucléaire de surface, les équipements de mesure en temps réel et en différé sont implantés directement dans les locaux, en cellules chaudes notamment, et/ou dans les gaines d'extraction de ces locaux. Dans l'installation souterraine, les équipements de mesure sont implantés dans la gaine d'extraction en amont de la filtration, ainsi que directement dans les cellules de manutention desservant les alvéoles de stockage MA-VL[66].

Des alarmes sont associées aux mesures en temps réel et remontées au niveau du TCR.

d) La surveillance des ouvrages de génie civil et équipements associés

La surveillance des ouvrages de génie civil et des équipements associés s'effectue *via* des mesures mises en place pour certains équipements et traversées. Il s'agit par exemple des éléments suivants :

- le confinement de la hotte de transfert MA-VL est assurée par un système de fermeture. Une détection de la position « hotte confinante » de ces motorisations permet de déterminer si le mouvement de fermeture assurant le confinement a bien été réalisé. Un indicateur de choc permet par ailleurs d'indiquer si la hotte a subi une accélération ou une décélération supérieure à 1 g qui aurait pu dégrader sa fonction de confinement ou celle du colis qu'elle contient ;

[66] Il est à noter que, conformément à l'analyse menée au chapitre 2.1 du présent rapport, le confinement des déchets HA est assuré par le colis primaire uniquement. Compte tenu de la robustesse du colis de stockage, une surveillance spécifique de l'atmosphère des galeries de liaison et d'accès HA n'est pas nécessaire.

- concernant les façades d'accostage MA-VL et les systèmes de fermeture des cellules procédé, une mesure de pression des joints gonflables permet de surveiller la fonction « confinante » de la façade d'accostage ou le maintien du confinement statique des cellules. En cas de perte de pression des joints ou de défaut sur l'alimentation en air comprimé, l'information est reportée en salle de conduite centralisée. Dans cette situation, si la perte de pression/le défaut constaté perdure au-delà d'un délai acceptable vis-à-vis de la démonstration de sûreté, tout ou partie du procédé de l'installation est suspendue afin de permettre de mener les opérations de réparations nécessaires à la poursuite de l'exploitation.

e) La surveillance des systèmes de ventilation nucléaire

La surveillance des systèmes de ventilation nucléaire (surface et souterrain) est réalisée par le réseau courant fort industriel ventilation nucléaire (CFI VN). Ces systèmes assurent le pilotage et la régulation des systèmes de ventilation, et remontent les défaillances ou défauts qui pourraient traduire un dysfonctionnement du confinement dynamique des installations.

D'un point de vue général, et au-delà du confinement dynamique uniquement, les principaux paramètres de fonctionnement des systèmes de ventilation sont les suivants :

- surveillance de la prise d'air ;
- surveillance de la température et de l'hygrométrie au soufflage ;
- surveillance de l'état des ventilateurs de soufflage et d'extraction ;
- surveillance des cascades de dépression (pression relative des locaux) ;
- surveillance de l'encrassement des filtres (par mesure de perte de charge) ;
- surveillance du débit d'air dans différents endroits de l'installation.

8.1.2.2 La maîtrise du risque d'exposition externe et interne

8.1.2.2.1 Le domaine de fonctionnement

La maîtrise de ce risque, pour le fonctionnement normal, repose sur la présence des systèmes de confinement vis-à-vis de l'exposition interne[67] et l'intégrité des protections radiologiques vis-à-vis de l'exposition externe.

Les protections radiologiques sont constituées par le blindage des emballages de transport, des hottes de transfert, le génie civil des cellules en surface et des alvéoles de stockage en souterrain, ainsi que par l'ensemble des équipements permettant de disposer d'une continuité de ces protections séparant les locaux où des colis cheminent des locaux où peuvent être présents des travailleurs. Les états dégradés correspondent à l'occurrence de situations pouvant conduire à une exposition externe des travailleurs supérieure à celle prévue dans le cadre normal de leur activité (par exemple en cas d'intervention : déblocage d'une façade, d'une hotte, etc.).

8.1.2.2.2 Les dispositions de surveillance du domaine de fonctionnement

a) La surveillance de l'exposition des travailleurs

Les travailleurs sont équipés de dosimètres passifs et opérationnels.

Des contrôles de non-contamination sont par ailleurs réalisés en sortie de locaux à risque de contamination et en sortie de zone réglementée. Ils sont réalisés au moyen de dispositifs portables et/ou de dispositifs fixes (contrôleurs mains/pieds et sondes à demeure, portiques).

[67] Ce risque est déjà traité à travers la maîtrise du risque de dissémination de substances radioactives.

b) La surveillance du matériel et des déchets d'exploitation

Le matériel potentiellement contaminé utilisé par les opérateurs fait l'objet d'un contrôle de non-contamination réalisé en sortie de locaux à risque de contamination et en sortie de zone réglementée.

Les déchets d'exploitation font l'objet d'un contrôle de non-contamination permettant de vérifier l'absence de contamination surfacique de l'enveloppe des fûts qui les contiennent (contamination surfacique labile inférieure ou égale à 0,4 Bq/cm² en radionucléides bêta-gamma et à 0,04 Bq/cm² en radionucléides alpha).

c) La surveillance de l'ambiance radiologique des locaux

La surveillance de l'irradiation et de la contamination atmosphérique est effectuée en temps réel par des sondes et balises (fixes) et en différé *via* des appareils de prélèvements atmosphériques et des dosimètres passifs. Elle repose sur :

- des mesures de l'irradiation gamma et neutron ou gamma uniquement selon les locaux ;
- des mesures de contamination atmosphérique alpha et bêta-gamma selon les locaux.

Des seuils d'alerte et d'alarme des balises de surveillance en temps réel sont présentés à titre indicatif vis-à-vis de l'exposition externe (cf. Tableau 8-2).

Tableau 8-2 Paramètres de surveillance de l'exposition externe des travailleurs

Local	Seuil d'alerte	Seuil d'alarme
Locaux en zone surveillée	3 µSv/h	7,8 µSv/h
Locaux en zone contrôlée verte (excepté les ZAV et ZAR des cellules)	3 µSv/h	25 µSv/h
Zones Avants et Zones Arrières en zone contrôlée verte	3 à 15 µSv/h selon le local	25 µSv/h
Cellule de manutention en alvéole de stockage MA-VL (maintenance) :	15 µSv/h	25 µSv/h ou 2 mSv/h selon le zonage radiologique

Les critères du domaine de fonctionnement normal concernant la contamination atmosphérique des locaux sont les suivants :

- nombre de LDCA dans les locaux C1 : 0,01 LDCA ;
- nombre de LDCA dans les locaux C2/C4** : 1 LDCA.

Ces critères correspondent à une contamination atmosphérique des locaux de l'installation couverte par le respect de critères de contamination surfacique labile externe des colis primaires et des colis de stockage limités à 4 Bq/cm² en radionucléides bêta-gamma et à 0,4 Bq/cm² en radionucléides alpha.

Des consignes en exploitation définissent la conduite à tenir en cas de dépassement d'un seuil d'alerte ou d'alarme des appareils de contrôle de l'exposition externe et de contrôle de la contamination atmosphérique ou de défaut du matériel.

Cas particulier de la surveillance du radon

La surveillance de la concentration en radon est assurée par :

- la mise en place de balises d'ambiance Radon à haute sensibilité assurant un contrôle en continu de la teneur volumique en radon afin de prévenir d'une concentration anormale dans les zones de circulation des travailleurs au sein de l'installation souterraine ;
- la réalisation des campagnes périodiques de mesures au sein de l'installation souterraine dans les zones moins fréquentées notamment.

Le seuil d'alarme pour le radon est fixé à la valeur de référence de 300 Bq/m³.

8.1.2.3 La maîtrise du risque de criticité

8.1.2.3.1 Le domaine de fonctionnement

Le domaine de fonctionnement associé à ce risque s'appuie sur des dispositions constructives et organisationnelles propres à chaque unité de criticité (UC).

Le respect des limites associées à la sûreté-criticité repose sur l'organisation mise en place pour effectuer les contrôles et le suivi des colis de déchets dans l'INB. Les modes de contrôle de la criticité retenus dans l'ensemble de l'installation sont :

- la limitation de la masse de matières fissiles (ou du taux d'oxyde résiduel) par colis ;
- la géométrie valorisée dans les analyses et calculs de criticité, essentiellement celle des colis (primaires et de stockage) margée par rapport aux plans mais aussi des zones d'entreposage et de stockage.

Les modes de contrôle et/ou règles d'exploitation particulières sont définis dans le tableau ci-dessous.

Tableau 8-3 Modes de contrôle et règles d'exploitation des différentes UC

Unité de Criticité (UC)	Modes de contrôle	Règles d'exploitation
UC n° 1 : Réception et mise à disposition des ET	Masse de matières fissiles dans la géométrie de l'emballage de transport	Respect des indices de sûreté criticité transport (ISC)
UC n° 2 : Déchargement des ET et entreposage tampon CP	Masse de matières fissiles dans les géométries des CP et de l'entreposage	Entreposage tampon limité à 49 CP et non mixité des familles de colis Manutention unitaire des CP et interdiction de survol et de gerbage
UC n° 3 : Chargement des CP en CS	Masse de matières fissiles dans les géométries des CP et des CS	Manutention unitaire des CP et interdiction de survol et de gerbage
UC n° 4 : Entreposage et confection des CS	Masse de matières fissiles dans les géométries des CP et des CS	Sans objet
UC n° 5 : Transfert en hotte des CS	Masse de matières fissiles dans la géométrie de la hotte de transfert	Sans objet
UC n° 6 : Alvéole de stockage	Masse de matières fissiles dans les géométries des CS et des alvéoles	Sans objet
UC n° 7 : Cellule de déconditionnement des CS	Masse de matières fissiles dans les géométries des CP et/ou des CS	Manutention unitaire des CP et interdiction de survol et de gerbage
UC n° 8 : Contrôles hors flux	Masse de matières fissiles dans les géométries des CP et/ou des CS	Manutention unitaire des CP et interdiction de survol et de gerbage

Aucune disposition n'est prise sur la modération, ainsi toutes les configurations sont étudiées à l'optimum de modération. Pour autant, la présence fortuite d'eau au sein d'une unité de criticité peut être considérée comme relevant d'un état dégradé de l'installation.

8.1.2.3.2 Les dispositions de surveillance du domaine de fonctionnement

Les colis de déchets font l'objet d'un contrôle de la masse de matière fissile avant expédition vers l'INB. En outre, l'exploitant de l'INB Cigéo s'assure de la fiabilité de la déclaration de la masse de matières fissiles par l'intermédiaire d'audits basés sur des conventions expéditeur-destinataire.

Il n'est pas prévu d'installer de système de surveillance dédié au risque de criticité. Le réseau de surveillance radiologique présenté au chapitre 8.1.2.2.2 du présent volume permet de détecter toute sortie du domaine de fonctionnement normal ou dégradé.

8.1.2.4 La maîtrise des risques liés aux dégagements thermiques des colis

8.1.2.4.1 Le domaine de fonctionnement

Les risques associés au dégagement thermique des colis de déchets sont principalement maitrisés au sein de l'INB par la limitation de la puissance thermique admissible par famille de colis (cf. Chapitre 2.4 du présent volume). Ces limites sont définies dans les spécifications d'acceptation des colis.

Pour les alvéoles MA-VL contenant les familles de colis C1PG^{SP} et CSD-C, en plus de la limitation de la puissance thermique admissible par famille de colis, la valorisation de la ventilation et de la décroissance thermique des colis pendant le temps de chargement est nécessaire afin de vérifier que les critères thermiques ne sont jamais dépassés en fonctionnements normal et dégradé. La limitation de la puissance thermique des colis HA et MA-VL contenus au sein des autres alvéoles HA et MA-VL permet l'évacuation passive de cette puissance thermique.

8.1.2.4.2 Les dispositions de surveillance du domaine de fonctionnement

a) L'installation nucléaire de surface

La température des locaux est surveillée par des capteurs de température disposés au sein des locaux.

Leur implantation est effectuée en tenant compte du volume des locaux surveillés.

L'évacuation de la puissance thermique s'effectuant de manière passive au sein des hottes de transfert (hotte HA et hotte MA-VL), aucun dispositif de surveillance de la température n'est nécessaire.

b) Les alvéoles de stockage MA-VL

Pour la plupart des alvéoles de stockage, la thermique issue des colis stockés se diffuse de façon passive dans le massif de la roche hôte. Pour ces alvéoles, aucune exigence spécifique liée à la ventilation n'est nécessaire. L'évolution au sein de ces alvéoles est toute de même surveillée afin de disposer des informations relatives à la cinétique de montée en température à la suite de la perte de la ventilation ou du refroidissement.

La prise en compte de la ventilation de certaines alvéoles du quartier de stockage MA-VL contenant des colis C1PG^{SP} et CSD-C est nécessaire afin de ne pas dépasser les critères de température définis au niveau des différentes cibles, notamment au niveau du béton du génie civil ou des colis de stockage (cf. Chapitre 2 du présent volume). Aussi, la surveillance du débit d'air dans les alvéoles de stockage fait l'objet d'un suivi. La surveillance est assurée en continu et en temps réel *via* la mise en place d'alarmes.

Une surveillance de la température dans les alvéoles de stockage est également mise en place et fait l'objet d'un suivi.

8.1.2.5 La maîtrise des risques liés aux gaz inflammables formés par radiolyse

8.1.2.5.1 Le domaine de fonctionnement

Le maintien d'une concentration en hydrogène inférieure à 25 % de la LIE (1 % d'hydrogène dans l'air) dans les cellules contenant des colis, les hottes et les alvéoles de stockage MA-VL constitue le domaine de fonctionnement normal de l'installation.

Les états dégradés sont ceux pour lesquels l'origine du dépassement de la concentration limite en hydrogène est identifiée et contrôlée au travers d'actions permettant un retour dans le domaine de fonctionnement normal.

8.1.2.5.2 Les dispositions de surveillance du domaine de fonctionnement

a) L'installation nucléaire de surface

Lors de l'ouverture des emballages de transport, le risque de formation d'une atmosphère explosive est maîtrisé par la réalisation du contrôle C4 en amont de l'ouverture. Il consiste à réaliser des mesures de l'atmosphère de l'emballage avant son ouverture, dont une mesure de la concentration en hydrogène.

Par ailleurs, des capteurs d'hydrogène sont implantés dans les cellules de l'installation pouvant contenir des colis ainsi que dans les gaines d'extraction associées. Ils permettent de mesurer périodiquement la concentration en H_2. L'implantation en cellule permet de répartir la surveillance pour les locaux de taille importante, d'assurer une surveillance dans les zones où le brassage de la ventilation est moins efficace et d'assurer le maintien de la surveillance en cas de coupure de la ventilation.

b) Les hottes de transfert MA-VL

En fonctionnement normal, lors du transfert d'un colis MA-VL, la maîtrise des risques liés au dégagement de gaz de radiolyse repose principalement sur la maîtrise des temps de transfert et la surveillance, à tout moment, de la hotte dans l'installation, depuis la salle de conduite centralisée.

Le temps de séjour d'un colis dans une hotte MA-VL en l'absence d'interruption d'exploitation est de moins de quatre heures. Toutefois, le domaine de fonctionnement normal retenu est un arrêt inférieur à quatre jours induit par une interruption normale du procédé (week-end, jours fériés).

Les états dégradés correspondent également à des arrêts d'exploitation n'excédant pas quatre jours mais dont l'interruption est induite par la défaillance ou le dysfonctionnement d'un matériel requérant sa maintenance ou son remplacement.

c) L'alvéole de stockage MA-VL

La maîtrise des risques liés au dégagement de gaz de radiolyse dans les alvéoles de stockage MA-VL est assurée par le maintien et la surveillance du fonctionnement de la ventilation des alvéoles de stockage MA-VL (suivi du paramètre débit de ventilation en alvéole avec remontée de l'information en salle de conduite centralisée).

En outre, une surveillance du taux d'hydrogène est mise en place en sortie d'alvéole, dans la gaine d'extraction, *via* une mesure périodique de la teneur en hydrogène (capteur hydrogène).

8.1.2.6 La maîtrise des risques liés aux gaz inflammables formés par corrosion

8.1.2.6.1 Le domaine de fonctionnement

La corrosion des aciers des conteneurs HA et du chemisage interne des alvéoles HA est à l'origine d'un dégagement de dihydrogène.

La présence d'hydrogène dans l'alvéole HA ne pouvant être écartée, la maîtrise du risque d'apparition d'atmosphère explosive dans l'alvéole repose sur la maîtrise de la concentration en oxygène à l'intrados du chemisage.

En fonctionnement normal, le maintien d'une concentration en dioxygène inférieure à 1 % dans les alvéoles de stockage HA constitue le paramètre admissible vis-à-vis des risques liés aux gaz de corrosion.

8.1.2.6.2 Les dispositions de surveillance du domaine de fonctionnement

La concentration en oxygène est contrôlée *via* un dispositif de surveillance, le seuil haut à ne pas dépasser en fonctionnement normal étant de 1 % d'O_2 (correspondant à 25 % de la concentration maximale en oxygène interdisant l'apparition d'une atmosphère explosive).

Sur détection d'un seuil haut d'oxygène (analyseur), un dispositif d'inertage, fixe ou mobile, permet d'injecter de l'azote dans l'alvéole.

8.2 Les méthodes d'évaluation des impacts radiologiques et chimiques en situations accidentelles

La démarche d'évaluation d'impact en fonctionnement normal est détaillée dans le volume 6 de la « Pièce 6 – Étude d'impact du projet global Cigéo » du dossier de demande d'autorisation de création (15). Plusieurs hypothèses et choix sont communs entre les évaluations de risque sanitaire en fonctionnement normal ou dégradé et en situations accidentelles notamment le choix et les caractéristiques des groupes exposés.

Les chapitres ci-dessous présentent les spécificités de la démarche d'évaluation du risque sanitaire pour les situations accidentelles.

8.2.1 L'évaluation de l'impact radiologique aux populations

8.2.1.1 La démarche et les outils

La démarche d'évaluation du risque sanitaire fondée sur la méthodologie internationale, développée pour les stockages, issue du programme BIOMASS de l'AIEA (1998-2001) (74) se décline en cinq étapes qui sont rappelées ci-dessous :

- définition du contexte de l'évaluation ;
- choix et description des biosphères types à retenir pour l'évaluation ;
- choix des exutoires et des groupes de référence ;
- construction du modèle conceptuel de biosphère permettant de visualiser les voies de transfert potentielles vers l'Homme ;
- sélection du modèle numérique (code et valeurs de paramètres retenus) pour la quantification des transferts et du risque.

8.2.1.1.1 L'étape 1 : Le contexte de l'évaluation

a) Les éléments radioactifs considérés

Les données qualitatives et quantitatives d'inventaire des déchets ont été fournies par les producteurs qui renseignent dans des dossiers de connaissance par colis la nature et l'activité massique pour chaque radionucléide parmi une liste de 144 radionucléides.

Les émissions radioactives potentielles varient selon les scénarios envisagés.

Parmi les 144 radionucléides retenus par l'Andra, les producteurs de déchets déclarent ceux présents dans les colis de déchets du projet global Cigéo par l'intermédiaire de dossiers de connaissances. 139 radionucléides de demi-vie supérieure à six mois sont considérés par défaut pour les simulations numériques effectuées avec le code de calcul CERES®. Il a été vérifié que les valeurs de dose de ces cinq radionucléides manquants dans CERES sont négligeables en terme d'impact (valeur de coefficient de dose par inhalation faible d'après l'arrêté du 1er septembre 2003 (75) : ^{92}Nb, ^{150}Gd, ^{154}Dy, ^{163}Ho et ^{252}Es.

La forme chimique retenue correspond à la classe ou vitesse d'absorption pulmonaire (lente S, moyenne M ou rapide F) recommandée, en absence de connaissance sur la forme chimique, dans l'annexe 1.3 de l'arrêté du 1er septembre 2003.

Le tableau 8-4 classes pulmonaires (s, m ou f) retenues pour les évaluations de l'impact radiologique aux populations selon l'arrêté du 1er septembre 2003 (75) présente les formes chimiques considérées, les cases bleues indiquent une forme gazeuse ou vapeur, les autres étant sous forme aérosol.

Tableau 8-4 Classes pulmonaires (S, M ou F) retenues pour les évaluations de l'impact radiologique aux populations selon l'arrêté du 1er septembre 2003 (75)

Ac	F	**Cs**	F	**Mo**	M	**Rb**	F
Ag	M	**Es**	M	**Na**	F	**Sb**	M
Al	F	**Eu**	M	**Nb**	M	**Se**	F
Am	M	**Fe**	M	**Ni**	M	**Si**	F
Ar	M	**Gd**	F	**Np**	M	**Sm**	M
Au	F	**Ge**	F	**Os**	F	**Sn**	F
Ba	M	**Hf**	M	**Pa**	M	**Sr**	M
Be	M	**Hg**	F	**Pb**	M	**Ta**	M
Bi	M	**Ho**	M	**Pd**	F	**Tb**	M
Bk	M	**HTO**		**Pm**	M	**Tc**	M
C14CO2		**I**		**Po**	M	**Th**	S
Ca	M	**Ir**	F	**Pr**	M	**Ti**	F
Cd	F	**K**	F	**Pt**	F	**Tl**	F
Ce	M	**Kr**		**Pu**	M	**Tm**	M
Cf	M	**La**	F	**Ra**	M	**U**	M
Cl	M	**Lu**	M	**Re**	F	**V**	F
Cm	M	**Mn**	F	**Rh**	F	**Zn**	M
Co	M			**Ru**	M	**Zr**	M

b) L'échelle spatiale étudiée

Dans la majorité des cas traités dans le domaine industriel, l'échelle spatiale ne dépasse pas quelques kilomètres, au plus une dizaine de kilomètres comme l'indique le guide Inéris (76).

Le retour d'expérience des calculs menés sur d'autres installations de stockage de l'Andra tel que le CSA en particulier montre que les activités volumiques et les dépôts au sol les plus importants sont toujours mesurés ou calculés à l'intérieur d'un rayon de quelques kilomètres autour du point de rejet atmosphérique.

Plusieurs émissaires sont identifiés pour les situations accidentelles et sont localisés soit sur la zone puits soit sur la zone descenderie. Les groupes exposés étudiés sont représentés par les populations des villages voisins et un promeneur à proximité de l'INB.

c) Les échelles de temps

Conformément à l'arrêté du 7 février 2012 (3), trois durées d'exposition sont étudiées pour les évaluations de risque sanitaire radiologique aux populations, représentées par un groupe d'habitants ou un promeneur, qui sont :

- court terme (un jour) ;
- moyen terme (un an) ;
- long terme (50 ans d'exposition aux dépôts, 70 ans pour les enfants plus jeunes au moment de l'accident).

Dans le cas du promeneur, l'évaluation de l'impact est réalisée à court terme (exposition pendant le passage du panache).

d) Les indicateurs étudiés

L'indicateur retenu est la dose efficace engagée calculée pour le public.

Pour les produits agro-alimentaires, les éléments de doctrine ASN pour la gestion post accidentelle d'un accident nucléaire parus le 5 octobre 2012 indiquent qu'au niveau européen (77), en cas d'accident nucléaire, sera mis en vigueur le règlement Euratom qui fixe des niveaux maximaux admissibles (NMA) de contamination des denrées alimentaires après un accident nucléaire. Les NMA sont des niveaux préétablis permettant la commercialisation des aliments. L'indicateur sera alors les activités massiques dans les produits agro-alimentaires exprimés en Bq/kg.

8.2.1.1.2 L'étape 2 : biosphère et données environnementales disponibles

Cette étape permet de rassembler les données disponibles et nécessaires pour les évaluations de risque sanitaire aux populations.

L'ensemble des données disponibles pour décrire la biosphère tempérée actuelle se trouve dans l'étude d'impact pour l'évaluation de risque sanitaire en fonctionnement normal. Seules sont présentées ici les données propres aux évaluations de risque des situations accidentelles.

Pour les situations accidentelles, chaque cas de calcul correspond à une situation météorologique définie forfaitairement. Les émissions suivent une seule direction de vent et donc seule la distance à l'émission est considérée. Les conditions météorologiques à considérer sont retenues arbitrairement selon la circulaire du 10 mai 2010 (78). Elles correspondent aux différentes classes de stabilité de Pasquill, de la vitesse de vent considéré et dépendent de la nature du rejet (au niveau du sol ou en hauteur).

Parmi les situations météorologiques recommandées par la circulaire de 2010, les moins probables observées à la station de Houdelaincourt et les moins pénalisantes, sont exclues des simulations numériques à réaliser (79).

Les scénarios accidentels considérés conduisent à une émission des substances radioactives soit par les cheminées à plus de 10 mètres de hauteur, soit au niveau du sol pour les rejets en façade (0 mètre du sol).

Pour un rejet vertical en hauteur issu d'une cheminée, six conditions météorologiques sont alors étudiées :

- classe D, avec une vitesse de vent de 5 m/s sans pluie ;
- classe D, avec une vitesse de vent de 5 m/s avec pluie ;
- classe D, avec une vitesse de vent de 10 m/s sans pluie ;
- classe D, avec une vitesse de vent de 10 m/s avec pluie ;
- classe E, avec une vitesse de vent de 3 m/s sans pluie ;
- classe F, avec une vitesse de vent de 3 m/s sans pluie.

Pour un rejet horizontal, à 0 mètre du sol, la circulaire de 2010 recommande d'étudier les trois conditions météorologiques suivantes :

- classe D, avec une vitesse de vent de 5 m/s sans pluie ;
- classe D, avec une vitesse de vent de 5 m/s avec pluie ;
- classe F, avec une vitesse de vent de 3 m/s sans pluie.

8.2.1.1.3 L'étape 3 : choix des exutoires et des groupes exposés

Deux choix importants sont réalisés dans le cadre de cette troisième étape : le choix des exutoires biosphère c'est-à-dire la partie de l'environnement accessible aux activités humaines et le choix des groupes exposés ou populations cibles. L'exutoire biosphère s'entend ici comme le point d'entrée du flux de radionucléides dans la biosphère.

Les accidents ont lieu dans des locaux ventilés. Les émissions associées aux situations accidentelles sont rejetées *via* les cheminées de ventilation ou les grilles d'extraction des façades de bâtiment.

a) La localisation des émissions

Quatre localisations conduisant à des rejets radioactifs sont définies pour les scénarios accidentels :

- la cheminée de ventilation de l'installation souterraine sur la zone puits ;
- la cheminée de ventilation de l'installation nucléaire de surface EP1 localisée sur la zone descenderie ;
- les grilles d'extraction sur la façade du bâtiment nucléaire de surface EP1 ;
- la grille d'extraction sur la façade du bâtiment de la descenderie de service sur la zone descenderie.

Ces localisations sont présentées sur la figure 8-1.

Figure 8-1 Illustration de la localisation des émissaires en situations accidentelles pour l'évaluation de l'impact aux populations

Les caractéristiques détaillées de ces émissaires sont présentées à l'étape 5 sur les données numériques à prendre en compte.

b) Les groupes exposés

En réponse à l'arrêté du 7 février 2012 (3) fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base, les calculs doivent être raisonnablement pessimistes et les scénarios d'exposition fondés sur des paramètres réalistes.

Une étude sur différentes localisations de groupes de population exposés a montré que les localisations les plus pertinentes à considérer sont Bure pour un rejet de l'émissaire de l'installation souterraine au niveau de la zone puits et Saudron, Mandres et Bure pour un rejet *via* la cheminée ou façade du bâtiment nucléaire de surface EP1 localisé sur la zone descenderie (79). De même, plusieurs distances du promeneur à l'émissaire ont été étudiées, la distance de 500 m est la plus pertinente.

Les populations retenues sont :

- le groupe de référence multi-activités (groupe de référence cumulant les différentes activités locales, ayant un comportement moyen) ;
- le promeneur aux abords du site.

En situation accidentelle, les points de calcul et distances considérés sont situés à :

- pour le point de rejet de la cheminée de l'émissaire souterrain à 12 mètres de hauteur :
  - ✓ 500 mètres pour un promeneur (inhalation et exposition externe) ;
  - ✓ 2 120 mètres pour l'habitant de Bure ;
- pour le point de rejet de la cheminée du bâtiment nucléaire de surface EP1 à 30 mètres de hauteur (EP1) :
  - ✓ 500 mètres pour un promeneur (inhalation et exposition externe) ;
  - ✓ 1 020 mètres de EP1 pour l'habitant de Saudron ;
  - ✓ 2 510 mètres de EP1 pour l'habitant de Bure ;
  - ✓ 3 820 mètres de EP1 pour l'habitant de Mandres en Barrois ;
- pour le point de rejet à 0 mètre de hauteur du bâtiment nucléaire de surface EP1 à 0 mètre de hauteur (grille d'extraction) :
  - ✓ 500 mètres pour un promeneur (inhalation et exposition externe) ;
  - ✓ 1 020 mètres de EP1 pour l'habitant de Saudron ;
- pour le point de rejet de la descenderie de service à 0 mètre de hauteur (grille d'extraction) :
  - ✓ 500 mètres pour un promeneur (inhalation et exposition externe) ;
  - ✓ environ 800 mètres à 1 000 mètres de la descenderie de service pour un habitant à Saudron.

Les lieux d'exposition potentiels sont identifiés ci-dessous.

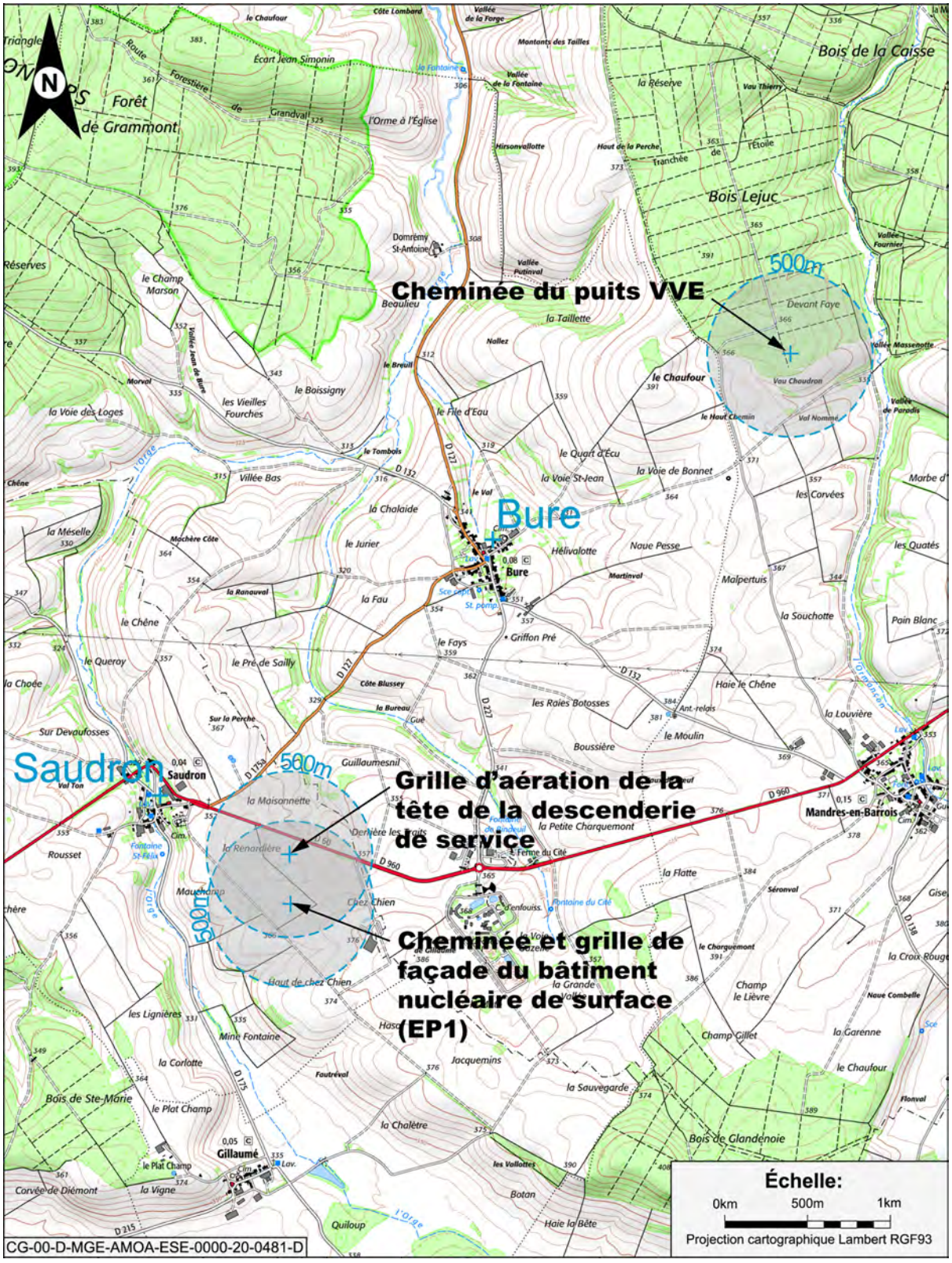


Figure 8-2 Illustration de la localisation des points cibles en situations accidentelles pour l'évaluation de l'impact aux populations

L'article 3.7 de l'arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base demande des évaluations de conséquences sur trois classes d'âge de la population (adulte, enfant de 10 ans et enfant de 1 an).

Les points cibles appelés aussi points récepteurs correspondent aux centres des villages et sont listés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 8-5 Coordonnées géographiques des émissaires et des points cibles

Lambert II étendu (mètres)	X	Y
Émissaires surface EP1	822035	23911742
Émissaire de la descenderie de service	822013	2392001
Émissaire souterrain	825038	2395072
Bure	823249	2393933
Saudron	821254	2392372
Mandres en Barrois	825855	2391742

Pour chacun des quatre émissaires considérés pour les situations accidentelles (présentés au chapitre 8.2.1.1.3 du présent volume), les calculs sont réalisés pour le village présentant les impacts maximaux parmi l'ensemble des villages étudiés. Ces villages et distances aux émissaires associées sont présentés dans le tableau 8-6.

Tableau 8-6 *Villages et distances retenus présentant les doses maximales pour des émissions aux différentes émissaires*

Émissaire hauteur Groupe	VVE_12 m	EP1_30 m D5	EP1_30 m E3	EP1_30 m F3	EP1_0 m	DS62_0 m
Groupe multi-activités, habitant	Bure (2 120 m)	Saudron (1 020 m)	Bure (2 510 m)	Mandres-en-Barrois (3 820 m)	Saudron (1 020 m)	Saudron (environ 1 000 m)
Promeneur	500 m	500 m	500 m	500 m	500 m	500 m

À des distances plus éloignées, les impacts calculés sont inférieurs comme indiqué dans le document justifiant les choix et hypothèses en situation accidentelle (79).

On considère un temps de présence maximal pour les groupes de référence multi-activités ou habitants, égal à 100 % à chaque point étudié. En ce qui concerne le calcul du promeneur (2 h/jour), les voies d'exposition sont l'irradiation externe par le panache, ainsi que la voie inhalation pendant le passage du panache (principale voie d'exposition).

8.2.1.1.4 L'étape 4 : voies de transfert et d'exposition

Cette étape consiste à représenter des interrelations entre les composantes de l'environnement jusqu'à l'homme, soit sous forme d'un schéma, soit sous la forme d'une matrice d'interactions.

À la fin de l'étape précédente, les caractéristiques des composantes de la biosphère, considérées comme pertinentes vis-à-vis du contexte de l'évaluation à conduire, sont retenues dans le modèle conceptuel en fonction des groupes exposés.

a) Les voies de transfert

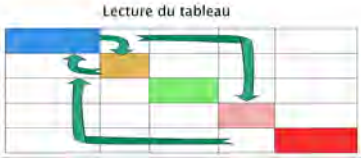
Les composantes représentent alors « les compartiments » du modèle et constituent les éléments diagonaux d'un tableau matriciel. Ensuite, la démarche consiste à identifier les interrelations (transferts possibles) entre les compartiments du modèle conceptuel qui conduisent à une exposition de l'Homme. Les éléments non diagonaux de la matrice d'interaction sont alors renseignés en fonction des voies de transfert possibles entre chacun des compartiments.

Le tableau se lit dans le sens des aiguilles d'une montre, c'est-à-dire que le compartiment peut contaminer le compartiment suivant par la droite (case en bas à droite) qui, lui-même peut contaminer le compartiment suivant en haut à gauche.

Pour un rejet atmosphérique, les voies d'expositions comprennent les voies directes par exposition au panache (exposition externe et inhalation) ainsi que les voies de transferts indirectes *via* les dépôts au sol.

Les dépôts au sol résultent de mécanismes de diffusion, d'impaction et de sédimentation sur la surface du sol par temps sec, et du lavage de l'atmosphère par temps de pluie. Par temps sec, la vitesse de dépôt est considérée indépendante de la distance au point de rejet et égale à 5×10^{-3} m.s^{-1} pour les aérosols, nulle pour les gaz et 3×10^{-3} m.s^{-1} pour l'eau tritiée (HTO). Ces facteurs, combinés avec les paramètres de diffusion (hauteur du rejet, vitesse du vent, écart-type de diffusion verticale) permettent d'évaluer les coefficients d'appauvrissement des constituants du panache ainsi que les dépôts au sol.

Atmosphère	Dépôt	Dépôt Transfert foliaire	*Inhalation du panache*	Inhalation Exposition externe Passage transcutané
Remise en suspension *Volatilisation*	**Sol**	Transfert racinaire	Ingestion	*Ingestion* *Inhalation* Exposition externe
Transpiration	*Feuilles mortes* *Exportation par les récoltes*	**Végétaux**	Ingestion	Ingestion
Emissions entériques	*Excrétion*		**Animaux**	Ingestion
				Individu représentatif



Légende :
Voie modélisée
Voie non modélisée
Compartiment

CG-00-D-MGE-AMOA-ESE-0000-20-0483-A

Figure 8-3 Illustration de la matrice d'interaction entre les compartiments de la biosphère – Voies de transfert

Le transfert d'activité aux végétaux s'effectue, soit directement, par captation des aérosols et des gouttes de pluie par le couvert végétal, soit indirectement, par voie racinaire à partir du sol. Lorsque l'organe consommé est un fruit, un tubercule ou une racine, il est tenu compte des transferts internes à la plante.

L'activité présente dans les organes consommés de la plante se déduit du débit de dépôt au sol en considérant les rapports de captation (fraction interceptée par la partie aérienne du végétal), le temps de croissance des végétaux, le rendement de culture et des facteurs de transfert interne au végétal (facteurs de « translocation de la partie aérienne à la partie consommée »).

Le transfert indirect de l'activité du sol aux végétaux prend en compte les dépôts au sol, les facteurs d'élimination de ces dépôts (lixiviation, exportation), eux-mêmes dépendant de la nature du sol (densité, profondeur racinaire), les facteurs de transfert aux végétaux et des durées de croissance de ceux-ci. L'activité des végétaux résultant du transfert racinaire dépend de l'activité du sol.

L'exposition interne, résultant de l'ingestion de végétaux, est obtenue à partir de l'activité dans ou sur les parties consommées au moment de la récolte.

L'incorporation par les animaux de l'activité rejetée s'effectue essentiellement par l'ingestion de végétaux (herbe et céréales). Les facteurs de transfert, rapport des activités transférées au produit animal sur les activités quotidiennement ingérées.

b) Les voies d'exposition

L'exposition aux rayonnements ionisants peut être externe, par contact, ou interne. Lors d'une exposition externe, les paramètres importants à prendre en compte sont la durée de l'exposition, la distance et l'activité de la source, la présence éventuelle d'écrans. L'exposition interne dépend de la voie d'incorporation (ingestion ou inhalation), des atomes radioactifs et de l'organe cible.

Les différentes voies d'exposition de l'Homme à la suite de rejets de substances radioactives émis par une installation sont les suivantes :

- l'irradiation/exposition externe par immersion dans le panache (extérieur et intérieur des habitations) ;
- l'inhalation durant le passage dans le panache (présence extérieure) ;
- l'irradiation/exposition externe secondaire due à l'activité des sols suite aux dépôts atmosphériques en extérieur ;
- l'ingestion de produits végétaux pour lesquels l'activité résulte principalement des dépôts d'aérosols et gouttes de pluie (voie directe) mais aussi des transferts racinaires à partir du sol (voie indirecte ou racinaire), et qui conduit à une exposition interne par ingestion ;
- l'ingestion de produits provenant d'animaux, qui ont consommé des aliments exposés.

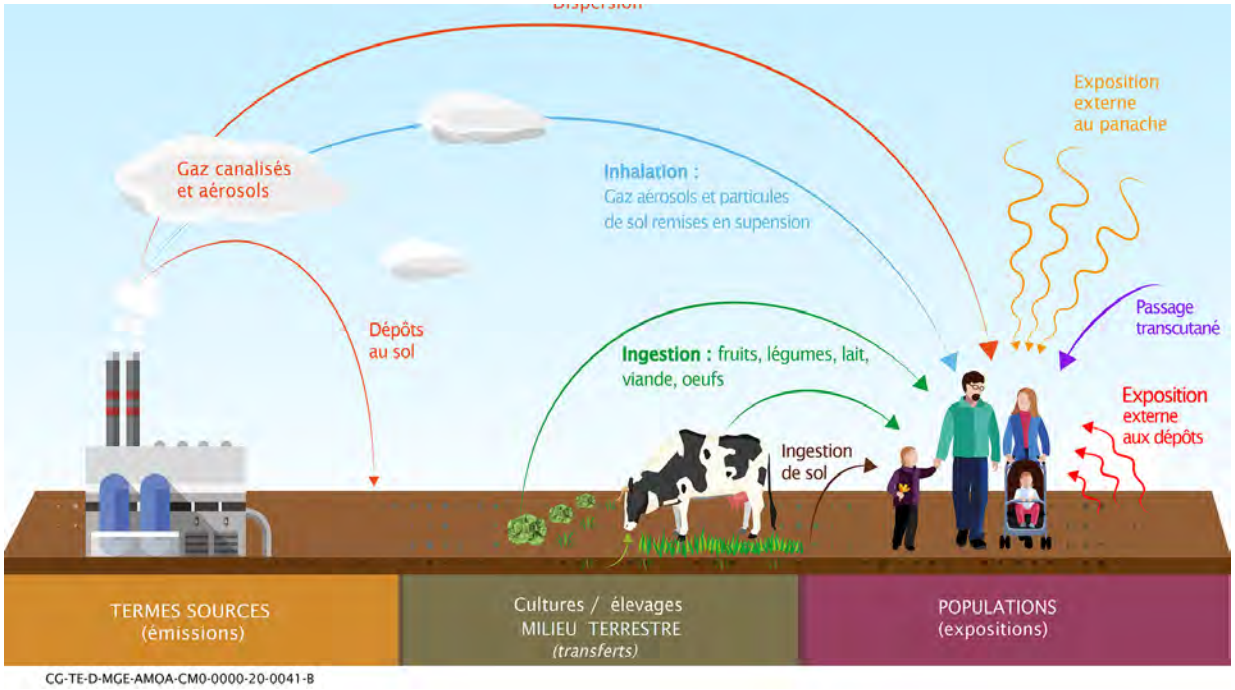


Figure 8-4 Schéma illustratif des voies de transfert et d'exposition

À l'intérieur de l'habitation, la dose par inhalation est considérée équivalente entre l'intérieur et l'extérieur (pas de prise en compte de facteur de protection).

8.2.1.1.5 L'étape 5 : modèle numérique

Cette étape ultime comprend le choix du code et/ou des logiciels utilisés, ainsi que la détermination des valeurs des différents paramètres. Ces paramètres concernent les données nécessaires à la modélisation de la dispersion atmosphérique, les habitudes de vie (comportements alimentaires, budgets temps, débits respiratoires) et les paramètres agricoles (rations alimentaires des animaux d'élevage, paramètres culturaux…).

Les calculs d'évaluation de doses dépendent de trois types de paramètres (cf. Figure 8-5) :

- les paramètres de transfert dans la biosphère, variables d'un radionucléide à l'autre ;
- les facteurs de dose, qui représentent la dangerosité du radionucléide selon leur voie d'exposition ;
- les paramètres d'exposition, ou scénario incluant les paramètres d'habitudes de vie.

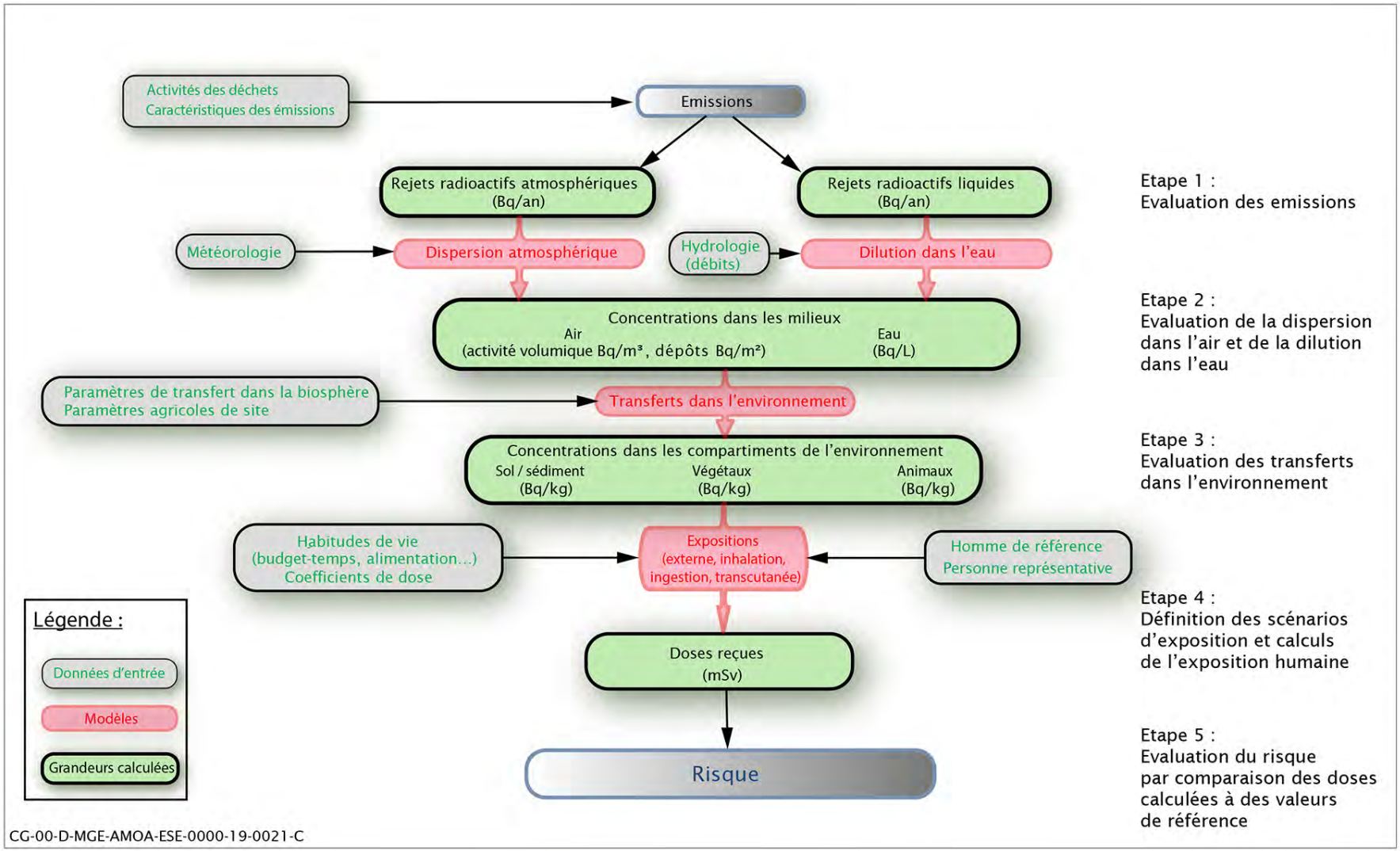


Figure 8-5 Illustration des paramètres et modèles nécessaires aux calculs de doses

Les paramètres de transfert dans la biosphère, facteurs de transfert/coefficients de concentration entre deux composantes de l'environnement et coefficient de distribution eau/sol, sont le plus souvent indépendants du site et adoptés conformément aux recommandations internationales du *Technical Report Series* n° 472 de l'AIEA (80).

Les facteurs ou coefficients de dose utilisés pour le calcul des doses efficaces par incorporation, ingestion et inhalation, proviennent de l'arrêté du 1er septembre 2003 (75). Les coefficients de dose utilisés pour le calcul des doses efficaces par exposition externe proviennent du rapport de l'agence américaine de l'environnement (US-EPA) Federal Guidance n° 12 de 1993 (81).

a) Le code de calcul

Le code CERES (Code d'Évaluations Rapides Environnementales et Sanitaires) (82), développé par le CEA et qualifié par des tests d'intercomparaisons (83, 84) et les nombreux retours d'instructions (notamment des installations du CEA), est valide pour des distances entre 100 mètres et 10 km environ et est utilisé pour les évaluations d'impacts au public à l'extérieur du centre de stockage pour les distances comprises entre 500 m et quelques kilomètres (distances entre l'émissaire et les villages les plus proches). Les calculs de dispersion atmosphérique et de conséquences de situations accidentelles sont réalisés à l'aide du module MITHRA-EA de la plateforme CERES®.

Les écarts types de distribution gaussienne des concentrations sont définis selon la formule de Pasquill (option-Turner dans CERES).

Le calcul de la surhauteur est pris en compte pour les rejets en cheminée du fait de la ventilation des bâtiments. La hauteur effective des rejets est égale à la somme de la hauteur physique de la cheminée et de la surhauteur. Le modèle de dispersion retient le débit de ventilation des installations (bâtiment de surface et installation souterraine) en considérant une surhauteur (selon la formule de Holland). Ceci induit une estimation plus large de l'étendue des zones susceptibles d'être affectées. Les débits retenus sont les débits minima sur la période de fonctionnement pour un calcul enveloppe. En effet, moins le débit est élevé et moins la dispersion est importante. Une étude de sensibilité a confirmé ce principe.

b) Les caractéristiques des émissaires

Émissaire du puits de ventilation air vicié exploitation (VVE)

Les caractéristiques du point de rejet sont présentées dans le tableau ci-après. Le débit considéré correspond au débit minimal pendant la durée de fonctionnement.

Tableau 8-7 Caractéristiques de l'émissaire de l'installation souterraine (VVE)

Paramètre	Unité	Valeur retenue
Coordonnées X en L93	m	875 915,1
Coordonnées Y en L93	m	6 826 534,4
Coordonnées X en L II étendu	m	825 038
Coordonnées Y en L II étendu	m	2 395 072
Hauteur par rapport au sol	m	12
Diamètre de cheminée	m	2,2
Surface émettrice	m²	3,80

Paramètre	Unité	Valeur retenue
Température des rejets	°C	20
Débit des gaz	m^3/s	128
	m^3/h	461 000

Bâtiment nucléaire de surface EP1

Des scénarios accidentels considérant deux hauteurs différentes de rejet sont étudiés pour l'émissaire de surface : un rejet au niveau du sol ou la hauteur moyenne de la cheminée par rapport au niveau du sol à savoir 30 mètres.

Tableau 8-8 Caractéristiques de l'émissaire de l'installation nucléaire de surface (EP1)

Paramètre	Unité	Valeur retenue
Coordonnées X en L93	m	872 897,3
Coordonnées Y en L93	m	6 823 213,6
Coordonnées X en L II étendu	m	822 035
Coordonnées Y en L II étendu	m	2 301 742
Hauteur par rapport au sol	m	30
Diamètre de cheminée	m	2,00
Surface émettrice	m^2	3,13
Température des rejets	°C	20
Débit des gaz	m^3/s	40
	m^3/h	$1,5 \times 10^5$

Grille d'aération de la tête de descenderie de service

La localisation de cet émissaire est présentée sur la Figure 8-6 et ses caractéristiques détaillées dans le tableau 8-9.

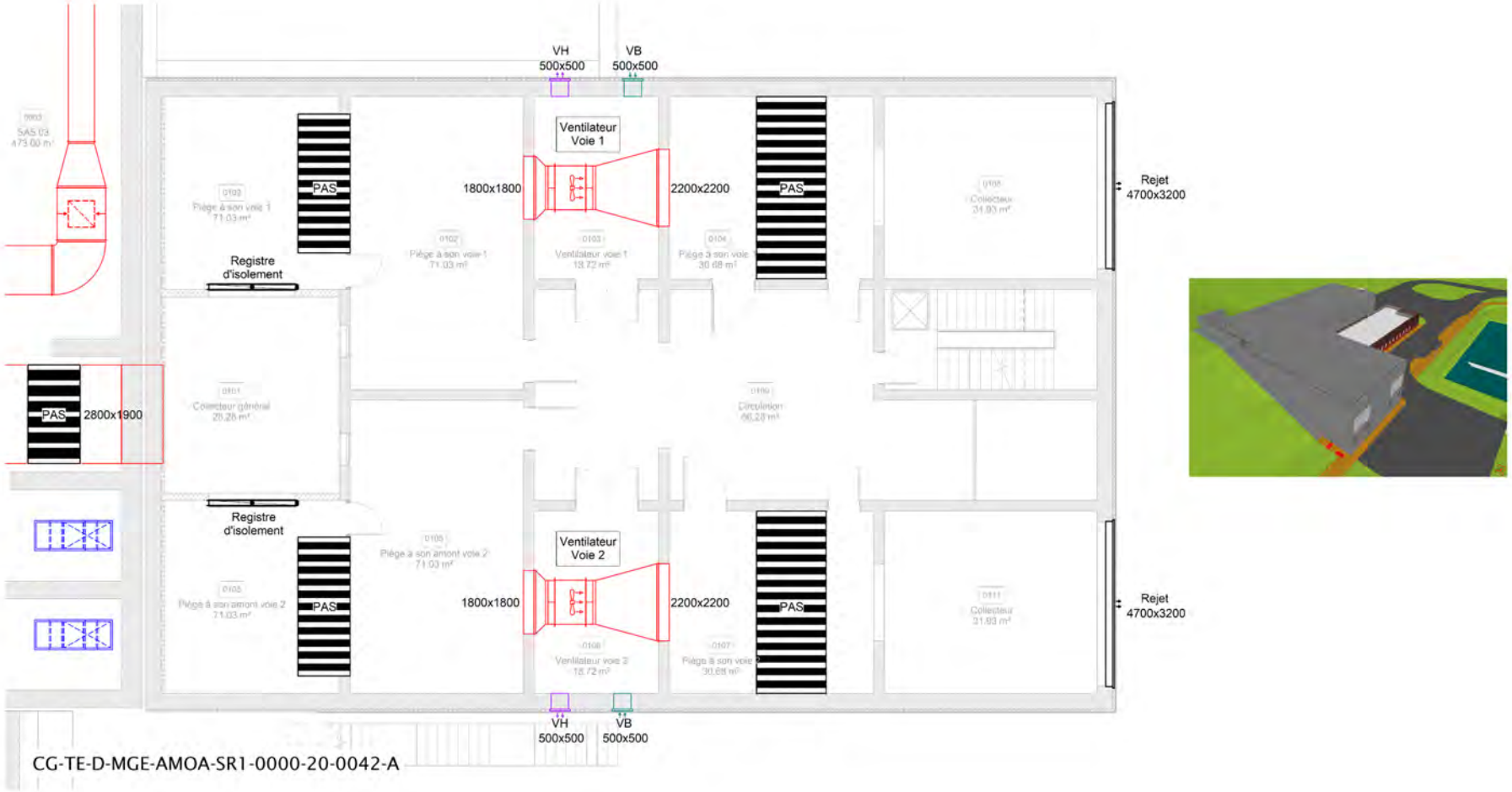


Figure 8-6 Illustration de la localisation de la grille d'extraction de la tête de descenderie de service

Tableau 8-9 Caractéristiques de l'émissaire de la descenderie de service

Paramètre	Unité	Valeur retenue
Coordonnées X en L93	m	872 866,8920
Coordonnées Y en L93	m	6 823 491,7 135
Coordonnées X en L II étendu	m	822 013
Coordonnées Y en L II étendu	m	2 392 001
Hauteur par rapport au sol	m	0
Température des rejets	°C	20

c) Les paramètres liés à la dispersion atmosphérique

La forme chimique retenue correspond à la classe pulmonaire recommandée en absence de connaissance sur la forme chimique dans l'annexe 1.3 de l'arrêté du 1er septembre 2003 (75).

d) Les paramètres d'exposition

L'exposition aux émissions radioactives dépend des habitudes de vie des individus. Elle est calculée pour trois classes d'âge : l'adulte (correspondant aux coefficients de dose du public adulte, 17 ans et plus), l'adolescent de 10 ans (représentatif de la tranche 6 ans à 15 ans) et l'enfant de 1 an à 2 ans.

Conformément à l'article 3.7 de l'arrêté du 7 février 2012, l'Andra distingue en effet plusieurs classes d'âge (adulte, enfant de 10 ans et enfant de 1 an) car les enfants sont plus radiosensibles que les adultes. Ces âges sont ceux au moment de l'accident supposé. La dose efficace engagée associée tient compte des effets de l'exposition sur leur vie entière par l'utilisation de coefficients de dose prenant en compte l'effet d'une exposition sur la durée de vie. Par ailleurs, on considère une durée d'exposition de 70 ans pour les enfants après accident, exposition indirecte post accidentelle correspondant à l'ingestion de produits contaminés à la suite des dépôts au sol ayant eu lieu durant l'évènement. Les coefficients de dose enfants restent inchangés durant la durée d'exposition ce qui est peu réaliste mais enveloppe.

Les consommations alimentaires des populations résidentes proviennent d'une enquête locale réalisée en 2013 sur le territoire de Meuse-Haute-Marne. Sont prises en compte dans l'évaluation de l'exposition toutes les denrées alimentaires susceptibles d'être produites localement. Les valeurs de consommations et autoconsommations sont présentées dans la « Pièce 6 - Étude d'impact du projet global de Cigéo » du présent dossier de demande d'autorisation de création de l'INB (15).

Les valeurs de débits respiratoires correspondant à une activité physique modérée sont issus de la CIPR Publication 66 (85). Elles sont respectivement de 1,2 $m^3.h^{-1}$ pour l'adulte, de 0,9 $m^3.h^{-1}$ pour l'enfant de 10 ans et de 0,3 $m^3.h^{-1}$ pour l'enfant âgé de 1 à 2 ans.

8.2.2 L'évaluation de l'impact aux populations des substances toxiques chimiques contenus dans les colis de déchets

En situation de fonctionnement normal, grâce à leurs propriétés de confinement les colis de déchets radioactifs ne sont pas une source d'émissions de substances toxiques chimiques. L'évaluation de l'impact chimique aux populations en fonctionnement normal est détaillée dans le chapitre 3 du volume 6 de la « Pièce 6 - Étude d'impact du projet global de Cigéo » du présent dossier de demande d'autorisation de création de l'INB (15).

Ce chapitre ne concerne que les situations accidentelles conduisant à une dispersion des substances toxiques chimiques contenus dans le colis primaires à la suite d'une rupture de confinement de ces derniers.

Le colis primaire est dans cette évaluation considéré dans son ensemble : le déchet lui-même, la matrice d'accueil des déchets, et le conteneur primaire.

La méthode d'évaluation du risque sanitaire associé aux substances toxiques chimiques consiste, conformément à l'arrêté du 7 février 2012 (3), à réaliser, à partir des situations accidentelles retenues, une analyse de risque et à évaluer les conséquences sanitaires potentielles. Elle est réalisée suivant quatre étapes :

- la caractérisation de l'inventaire en substances toxiques chimiques (cf. Chapitre 8.2.2.1 du présent volume) ;
- la définition des scénarios accidentels de dispersion des substances toxiques chimiques contenues dans les colis de déchets primaires (cf. Chapitre 8.2.2.2 du présent volume) ;
- le calcul de l'exposition des populations (cf. Chapitre 8.2.2.3 du présent volume) ;
- l'analyse des résultats de l'évaluation de l'impact chimique et la conclusion quant à son acceptabilité (cf. Chapitres 8.3.4.1.4 et 8.4.2.1.5 du présent volume).

8.2.2.1 L'inventaire en toxiques chimiques dans les colis

La caractérisation de l'inventaire chimique initial s'appuie sur la liste des substances toxiques à étudier (inventaire qualitatif) et les masses initiales de substances toxiques chimiques contenues dans le déchet considéré (inventaire quantitatif).

8.2.2.1.1 L'inventaire qualitatif

L'inventaire qualitatif est réalisé sur la base de l'analyse croisée des données transmises par les producteurs de déchets présentées dans le chapitre 3 du volume 3 du présent rapport, de l'état des lieux réglementaire des composés chimiques à considérer prioritairement au regard de leur toxicité et de l'existence d'une toxicité aigüe.

Il ressort de cette analyse la liste suivante de substances toxiques chimiques à étudier en phase en situations accidentelles en phase de fonctionnement : antimoine (Sb), arsenic (As), béryllium (Be), bore (B), cadmium (Cd), Chrome (Cr), cyanure (CN-), mercure (Hg), nickel (Ni), plomb (Pb), sélénium (Se), uranium (U).

8.2.2.1.2 L'inventaire quantitatif initial

Un inventaire quantitatif initial est réalisé sur la base des données transmises par les producteurs de déchets *via* les dossiers de connaissance. Cet inventaire répertorie pour chaque toxique chimique de l'inventaire qualitatif les masses de toxiques chimiques contenus dans les colis primaires.

Alors que l'inventaire radiologique du colis découle entièrement des caractéristiques du déchet, l'inventaire chimique correspond, lorsque les données sont disponibles, à la somme des inventaires chimiques :

- du déchet en lui-même ;
- de la matrice d'immobilisation ou d'enrobage du déchet (si elle existe) ;
- de l'enveloppe constituant le colis primaire (enveloppe généralement métallique ou cimentaire).

De manière pénalisante, il est retenu d'effectuer le calcul d'impact en tenant compte de l'ensemble des inventaires chimiques associées à chaque compartiment, lorsque les données sont disponibles. La somme des masses du toxique chimique associées à chaque compartiment est considérée comme la « masse de toxique chimique mobilisable ».

En fonction des données disponibles, la masse du toxique chimique retenue pour chaque compartiment du colis primaire correspond soit à la valeur maximale obtenue pour une famille de colis primaire ou soit, par défaut, à la valeur maximale des moyennes obtenues pour une famille de colis primaire.

8.2.2.1.3 L'inventaire quantitatif mobilisé

À partir de l'inventaire quantitatif chimique initial est déterminé l'inventaire quantitatif mobilisé pour un colis primaire pris individuellement ou pour une famille de colis primaire. Dans un premier temps, est estimée la masse de l'inventaire chimique initial pouvant être remise en suspension : la masse de toxique mobilisable.

La masse de toxique chimique mobilisée lors d'une situation accidentelle est ensuite déterminée par le produit du couple « masse de toxique chimique mobilisable » et « facteur de remise en suspension du toxique chimique ». Ce produit permet d'estimer la masse de toxique chimique mobilisée (en $g.colis^{-1}$). Le facteur de remise en suspension affecté au toxique chimique est identique à celui utilisé pour calculer le relâchement de ses éléments radioactifs.

8.2.2.2 Les scénarios de dispersion des toxiques chimiques

8.2.2.2.1 Les situations accidentelles

Seules les situations accidentelles ayant pour conséquence une perte de confinement de colis primaire avec dispersion des toxiques chimiques contenus dans les colis de déchets sont retenues pour l'évaluation des risques non radiologiques. Ainsi, les deux situations les plus pénalisantes sont identifiées :

- la situation accidentelle A1 présentée au chapitre 8.3.4.1 du présent volume : chute d'un colis primaire suite à une défaillance d'un pont nucléarisé en cellule de déchargement des emballages de transport ;
- la situation accidentelle E1 présentée au chapitre 8.4.2.1 du présent volume : chute d'un emballage de transport dans la fosse du hall de déchargement suite à une défaillance du pont de manutention sécurisé et du matelas amortisseur.

Ces situations sont aussi étudiées pour les impacts radiologiques.

8.2.2.2.2 Les localisations des émissions et les groupes exposés

Pour les scénarios accidentels présentés ci-avant, les localisations des émissions des toxiques chimiques susceptibles d'atteindre les populations sont :

- la cheminée de ventilation du bâtiment nucléaire de surface EP1 localisée sur la zone descenderie (scénario accidentel A1) ;
- la façade du bâtiment nucléaire de surface EP1 (scénario accidentel E1).

Pour les deux scénarios, les groupes exposés sont :

- le promeneur à la clôture du site à 500 mètres de EP1 ;
- l'habitant de Saudron à 1 020 mètres de EP1.

Les localisations des émissions chimiques et les groupes exposés sont présentés le chapitre 8.2.1.1.3 du présent volume.

8.2.2.3 Le calcul de l'exposition

Seule le la voie d'exposition directe par inhalation est considérée en cas de dispersion atmosphérique en situation accidentelle. L'estimation de l'exposition des groupes exposés correspond à la concentration du toxique chimique considéré calculée par dispersion atmosphérique.

Le calcul de l'exposition chimique aux groupes exposés comprend deux composantes :

- la caractérisation du terme source ;
- le calcul de la dispersion atmosphérique.

8.2.2.3.1 La caractérisation du terme source

- notion de « colis enveloppe »

  En fonction de la situation accidentelle retenue est recherché pour chaque toxique chimique le colis enveloppe. Il peut s'agir d'un colis pris individuellement, d'une famille. Le « colis enveloppe » est un colis qui conduit à la masse de toxique chimique la plus importante mobilisée lors de la situation accidentelle compte-tenu du nombre de colis. Par exemple, pour la situation E1 la masse mobilisée de nickel la plus importante correspond à la perte de confinement simultanée de 36 COG-070[68] pouvant être contenus dans un emballage de transport. Dans la situation accidentelle E1, le colis enveloppe pour le nickel est le COG-070. Pour la même situation accidentelle, un autre colis enveloppe pourra être retenu pour un autre toxique chimique.

- quantification du terme source

  Le terme source du toxique chimique est égale au produit de la masse mobilisée par le colis enveloppe du toxique chimique considéré ($g.colis^{-1}$) et du nombre de colis enveloppes (n) susceptibles de perdre leurs confinement lors de la situation accidentelle.

  Pour le nickel, le terme source correspond à 36 fois la masse maximale mobilisée de nickel contenue dans un colis enveloppe COG-070.

  En présence d'un dispositif de filtration (ex. THE) au niveau de la localisation d'émission (émissaire), la quantité émise (g) par le terme source est pondérée par un taux filtration.

8.2.2.3.2 Le calcul de la dispersion atmosphérique

L'exposition au public consiste à déterminer les concentrations du toxique chimique au niveau des groupes exposés à partir d'un calcul modélisant la dispersion atmosphérique du terme source.

- code de calcul

  Les calculs de dispersion atmosphérique qui permettent d'obtenir les concentrations de toxique chimique aux groupes exposés sont réalisés à l'aide du logiciel ARIA impact™ (86).

  Les écarts types de distribution gaussienne des concentrations sont définis selon la formule de Pasquill.

  Le calcul de la surhauteur, selon la formule de Holland, est pris en compte pour les rejets en cheminée du fait de la ventilation importante des bâtiments. La hauteur effective des rejets est égale à la somme de la hauteur physique de la cheminée et de la surhauteur. Le modèle de dispersion retient le débit de ventilation du bâtiment nucléaire de surface EP1 (selon la formule de Holland). Ceci induit une estimation plus large de l'étendue des zones susceptibles d'être affectées. Les débits retenus sont les débits minima sur la période de fonctionnement pour un calcul enveloppe. En effet, moins le débit est élevé et moins la dispersion est importante. Une étude de sensibilité a confirmé ce principe (79).

- caractéristiques des sources d'émission

  Pour représenter les localisations des émissions, la cheminée du bâtiment nucléaire de surface EP1 est considérée comme la source de rejets des émissions chimiques pour les deux situations retenues A1 (cf. Chapitre 8.3.4.1 du présent volume) et E1 (cf. Chapitre 8.4.2.1 du présent volume).

  Ainsi, deux hauteurs de rejets distincts pour l'émissaire de surface EP1 sont considérées :

  - ✓ un rejet à la hauteur moyenne de la cheminée de 30 mètres par rapport au niveau du sol pour la situation A1 ;
  - ✓ un rejet au niveau du sol pour simuler un rejet à la façade du bâtiment nucléaire de surface EP1 pour la situation E1.

[68] Cette famille de colis est retenue de manière conservative bien que la perte de confinement du COG-070 est exclue de par sa hauteur de qualification à la chute de 9 mètres.

Le rejet est considéré comme vertical pour la situation A1 et horizontal pour la situation E1. La durée d'émission des termes sources pour les deux situations considérées est de 10 minutes.

Les caractéristiques des sources d'émissions pour l'installation nucléaire de surface (EP1) sont présentées dans le chapitre 8.2.1.1.3 du présent volume.

- données météorologiques

  Les conditions météorologiques retenues pour l'évaluation des risques radiologique sont également appliquées aux cas calculs de dispersion atmosphérique pour les émissions chimiques. Elles sont présentées dans le chapitre 8.2.1.1.2 du présent volume.

8.2.3 L'évaluation de l'impact radiologique aux travailleurs

L'impact radiologique des situations incidentelles, accidentelles et en extension du dimensionnement sur les travailleurs est présenté ci-après pour les différents scénarios retenus dans le cadre de l'analyse des risques liés à l'exposition interne et externe référencée (13). Pour l'ensemble des scénarios présentés dans la suite du chapitre, le détail des calculs est donné dans le document (13).

Les calculs d'exposition interne sont réalisés sous Excel sur la base du calcul de Limites pratiques de concentration dans l'air (LPCA) et donc de l'arrêté du 1er septembre 2003 (75) et les calculs d'exposition externe sont réalisés sur la base de codes de calculs qualifiés (MCNP, microshield, mercurad).

8.3 Les situations du domaine de dimensionnement

Dans le cadre de la démarche de sûreté, les dispositions mises en place dans le cadre des analyses de risques sont vérifiées afin de s'assurer de leur suffisance et en vue de garantir le respect des fonctions de protection.

Plusieurs situations incidentelles et accidentelles de dimensionnement sont donc étudiées. Toutes ces situations ainsi que les impacts radiologiques à court (24 heures), moyen (1 an) et long termes (50/70 ans) sont présentées dans le document référencé « Note scénarios, hypothèses et résultats des calculs de conséquences » (87).

Les situations présentées ci-après sont les situations enveloppes vis-à-vis des potentiels impacts pour le public et/ou le travailleur. Leurs conséquences et les mesures permettant de les limiter sont également présentées dans ce chapitre.

8.3.1 La présentation des situations incidentelles de dimensionnement enveloppes

La définition des situations incidentelles de dimensionnement est présentée au chapitre 1.3.2 du présent volume.

Les situations incidentelles de dimensionnement enveloppes sont présentées dans le tableau 8-10.

Tableau 8-10 Présentation des situations incidentelles de dimensionnement retenues

Numéro	Localisation	Situation incidentelle de dimensionnement	Chapitre
I1	Locaux Filtration du bâtiment nucléaire de surface EP1	Chute d'un filtre THE usagé lors de son remplacement dans les locaux de filtration (premier niveau de filtration et dernier niveau de filtration) du bâtiment nucléaire de surface EP1	8.3.3.1
I2	Locaux Filtration de l'installation souterraine	Chute d'un filtre THE usagé lors de son remplacement dans un local de filtration (dernier niveau de filtration) d'un alvéole MA-VL	8.3.3.2

8.3.2 La présentation des situations accidentelles de dimensionnement enveloppes

La définition des situations accidentelles de dimensionnement est présentée au chapitre 1.3.2 du présent volume.

Les situations accidentelles de dimensionnement enveloppes sont présentées dans le tableau 8-11.

Tableau 8-11 Présentation des situations accidentelles de dimensionnement retenues

Numéro	Localisation	Situation accidentelle de dimensionnement	Chapitre
A1	Cellule de déchargement des emballages de transport	Chute d'un colis primaire suite à une défaillance d'un pont nucléarisé en cellule de déchargement des emballages de transport	8.3.4.1
A2	Cellule de déchargement des emballages de transport	Incendie de l'huile d'un motoréducteur du pont nucléarisé de la cellule de déchargement des emballages de transport avec défaillance du système d'extinction	8.3.4.2
A3	Cellule de contrôles des colis	Incendie du robot au poste de contrôle des colis avec défaillance du système d'extinction	8.3.4.3
A4	Cellule de préparation des colis de stockage	Chute d'un colis suite à une défaillance d'un pont nucléarisé en cellule de préparation des colis de stockage	8.3.4.4
A5	Cellules process du bâtiment nucléaire de surface EP1	Incendie d'un chariot de transfert des colis en cellule process du bâtiment nucléaire de surface EP1avec défaillance du système d'extinction embarqué	8.3.4.5
A6	Galeries de l'installation souterraine Descenderie Service	Collision impliquant le véhicule de transport de fûts de déchets d'exploitation en galerie de l'installation souterraine ou en descenderie service avec incendie du véhicule	8.3.4.6
A7	Partie utile d'un alvéole de stockage MA-VL	Incendie d'un chariot ou pont stockeur en partie utile d'un alvéole de stockage MA-VL avec défaillance du système d'extinction embarqué	8.3.4.7
A8	Alvéole de stockage HA	Incendie d'un robot-pousseur ou robot tireur en alvéoles de stockage HA	8.3.4.8
A9	INB	Séisme de dimensionnement	8.3.4.9

Les situations accidentelles de dimensionnement d'incendie intègrent la défaillance d'un système d'extinction. Cette défaillance, indépendante de l'évènement déclencheur considéré, est la défaillance la plus défavorable vis-à-vis d'un incendie.

Concernant les situations accidentelles de dimensionnement de chute de colis de déchets A1 et A4, il est considéré, de manière pénalisante, que la filtration du premier niveau de filtration n'est pas opérante.

8.3.3 Les études des situations incidentelles de dimensionnement

8.3.3.1 La situation incidentelle I1 : Chute d'un filtre THE usagé lors de son remplacement dans les locaux de filtration (premier niveau de filtration et dernier niveau de filtration) du bâtiment nucléaire de surface EP1

8.3.3.1.1 La présentation de la situation incidentelle

Certains locaux ou cellules du bâtiment nucléaire de surface EP1 sont classées C2 Famille IIA ou C4** Famille IIIB au sens de la norme ISO 17873 de 2006 (7). À ce titre une filtration THE est mise en place à l'extraction des cellules et locaux ainsi qu'au soufflage des cellules.

Lors des phases de maintenance des systèmes de filtration, composés de plusieurs demi-cellules filtrantes, la chute d'une demi-cellule est envisagée. Chaque demi–cellule d'un système de filtration contient une activité identique. Lors d'une telle chute, l'activité interne d'une demi-cellule est remise en suspension dans le local où est réalisée la maintenance. Cet évènement engendrerait des rejets de substances radioactives à l'environnement ainsi qu'un risque d'exposition interne du travailleur présent à proximité.

Les principales dispositions de sûreté associées à cette situation incidentelle sont les suivantes :

- mode opératoire de remplacement des filtres permettant de réduire autant que possible le risque de chute ;
- travailleur chargé du remplacement des filtres THE bénéficiant d'une formation spécifique adaptée à cette opération ;
- système de changement des filtres conçu pour faciliter son changement.

En cas de chute, le travailleur met ses équipements de protection individuelle (masque) et évacue le local dans les plus brefs délais. Une sonde de mesure de la contamination atmosphérique est mise en place dans les locaux filtration lors des opérations de maintenance. Celle-ci alerte le travailleur et la salle de conduite d'une dissémination de substances radioactives.

Les locaux où sont présents les systèmes de filtration sont des locaux dont la classe de ventilation et de confinement est adaptée et dimensionnée au risque de chute d'un filtre THE en situation accidentelle (C2 Famille IIA au sens de la norme NF ISO 17873 de 2006.

8.3.3.1.2 Les hypothèses de la situation incidentelle

Les hypothèses considérées sont les suivantes :

- terme source contenu dans une demi-cellule filtrante correspondant à la contamination labile des colis potentiellement présents dans les locaux et léchés pendant cinq ans (Facteur de léchage $10^{-5}.h^{-1}$). L'activité est estimée 2,23 MBq ;
- spectre d'activité dans les filtres THE : 9 % en alpha (^{239}Pu) et 91 % en béta gamma (^{90}Sr) ;
- facteur de remise en suspension retenu : 10^{-4} :
  - ✓ facteur de remise en suspension instantané lié à une chute : 10^{-3} ;
  - ✓ facteur de rétention associé au sac vinyle contenant la demi-cellule : 10^{-1} ;

- facteur de filtration : 10^{-3} (Local classé C2 Famille IIA au sens de la norme NF ISO 17873 de 2006 (7) ;
- temps d'exposition du travailleur : 60 sec ;
- hauteur de rejet : 30 mètres (cheminée du bâtiment nucléaire de surface EP1).

8.3.3.1.3 Les impacts radiologiques de la situation incidentelle

La dose efficace maximale engagée pour un opérateur dans cette situation est inférieure à 1 µSv.

L'impact radiologique maximal au public est négligeable (inférieur au nanosievert).

8.3.3.2 La situation incidentelle I2 : Chute d'un filtre THE usagé lors de son remplacement dans un local de filtration (DNF) d'un alvéole MA-VL

8.3.3.2.1 La présentation de la situation incidentelle

Les alvéoles de stockage MA-VL sont classées C2 Famille IIA au sens de la norme NF ISO 17873 de 2006 (7). À ce titre, à l'extraction des alvéoles de stockage, une filtration THE est mise en place. Le système de filtration est implanté dans un local dédié. Un local de filtration est présent à l'extraction de chaque alvéole de stockage MA-VL.

Lors des phases de maintenance du système de filtration, composé de plusieurs demi-cellules filtrantes, une chute d'une demi-cellule est envisagée. Chaque demi–cellule d'un système de filtration contient une activité identique. Lors d'une telle chute, l'activité interne d'une demi-cellule est remise en suspension dans le local. Cet évènement engendrerait des rejets de substances radioactives à l'environnement ainsi qu'un risque d'exposition interne du travailleur présent à proximité.

Les principales dispositions de sûreté associées à cette situation incidentelle sont les suivantes :

- mode opératoire de remplacement des filtres permettant de réduire autant que possible le risque de chute ;
- travailleur chargé du remplacement des filtres THE bénéficiant d'une formation spécifique adaptée à cette opération ;
- système de changement des filtres conçu pour faciliter son changement.

En cas de chute, le travailleur met ses équipements de protection individuelle (masque) et évacue le local dans les plus brefs délais. Une sonde de mesure de la contamination atmosphérique est mise en place dans les locaux filtration lors des opérations de maintenance. Celle-ci alerte le travailleur et la salle de conduite d'une dissémination.

Les locaux filtration sont des locaux dont la classe de ventilation et de confinement est adaptée et dimensionnée au risque de chute d'un filtre THE en situation incidentelle (C2 Famille IIA au sens de la norme ISO 17873 de 2006.

8.3.3.2.2 Les hypothèses de la situation incidentelle

Les hypothèses considérées sont les suivantes :

- terme source contenu dans une demi-cellule filtrante correspondant à la contamination labile de tous les colis MA-VL d'un alvéole léchés pendant cinq ans (Facteur de léchage $10^{-5}.h^{-1}$) : 80,8 MBq ;
- contamination du filtre THE : 9 % en émetteurs alpha (^{239}Pu) et 91 % en émetteurs béta gamma (^{90}Sr) ;
- facteur de remise en suspension retenu : 10^{-4} :
  - ✓ facteur de remise en suspension instantané lié à une chute : 10^{-3} ;
  - ✓ facteur de rétention associé au sac vinyle contenant la demi-cellule : 10^{-1} ;

- facteur de filtration : 10^{-3} (Local classé C2 Famille IIA au sens de la norme ISO 17873 de 2006 (7) ;
- temps d'exposition du travailleur : 60 sec ;
- hauteur de rejet : 12 mètres (Émissaire de l'usine de ventilation d'extraction du puits ventilation air vicié exploitation).

8.3.3.2.3 Les impacts radiologiques de la situation incidentelle

La dose efficace maximale engagée pour un opérateur pour cette situation est inférieure à 10 µSv.

L'impact radiologique maximal au public est négligeable (inférieur au nanosievert).

8.3.4 Les études des situations accidentelles de dimensionnement

8.3.4.1 La situation accidentelle A1 : chute d'un colis primaire suite à une défaillance d'un pont nucléarisé en cellule de déchargement des emballages de transport

8.3.4.1.1 La présentation de la situation accidentelle

Le déchargement des emballages de transport est réalisé au moyen d'un pont nucléarisé. Cette opération est effectuée dans la cellule de déchargement des emballages de transport une fois l'emballage de transport accosté à la cellule. Le déchargement consiste à lever au pont un colis primaire et le transférer vers une zone appropriée dans la cellule de déchargement des emballages de transport.

La présente situation accidentelle de chute se déroule lors de la phase de levage. Le colis de déchets manutentionné est situé au-dessus de l'emballage de transport ouvert. En fonction de l'emballage de transport et des colis de déchets transportés, plusieurs colis de déchets peuvent être présents dans l'emballage. Dans ces conditions, il est considéré qu'un autre colis primaire peut être présent à l'aplomb du colis de déchets manutentionné lors de la chute.

Les conséquences sont une perte de confinement du colis de déchets manutentionné et de celui situé à l'aplomb (si présent). L'activité interne des colis primaires, dont la hauteur de qualification est inférieure à la hauteur de chute, est remise en suspension.

Seuls certains colis primaires de déchets MA-VL sont susceptibles de perdre leur confinement lors des opérations de levage dans cette cellule. En effet les hauteurs de manutention sont inférieures à la hauteur de qualification des colis primaires HA et de certaines familles de colis primaires MA-VL tels que les colis CSD-C.

Cet évènement engendrerait des rejets de substances radioactives à l'environnement. Il n'entraine cependant pas de risque d'exposition interne du travailleur car aucun travailleur n'est présent en cellule lors de l'exploitation de l'installation.

Les principales dispositions de sûreté associées à cette situation accidentelle sont les suivantes :

- conception robuste de la chaîne de levage des ponts nucléarisés ;
- limitation de la vitesse et de la hauteur de manutention au strict nécessaire (*via* contrôle-commande procédé représenté par le système de conduite et le système de sécurité) ;
- balise de contamination atmosphérique en temps réel ;
- présence d'un second système de confinement avec maintien de son intégrité en cas de chute. La cellule concernée par cette situation est classée C4** Famille IIIB au sens de la norme ISO 17873 de 2006 (7).

8.3.4.1.2 Les hypothèses de la situation accidentelle

Les hypothèses considérées sont les suivantes :

- terme source retenu :
  - ✓ pour les colis primaires reçus dans le bâtiment nucléaire de surface EP1 en phase de première mise en service, deux colis primaires de la famille COG-030 :
    - activité d'un colis primaire : $1{,}04.10^{14}$ Bq ;
    - spectre radiologique de l'activité interne du colis primaire COG-030 ;
    - facteur de remise en suspension : 10^{-5} ;
  - ✓ pour les colis primaires reçus dans le bâtiment nucléaire de surface EP1 en phases de mise en service ultérieure, un colis primaire MA-VL de la famille COG-560[69] ;
    - activité d'un colis primaire : $5{,}49.10^{14}$ Bq ;
    - spectre radiologique de l'activité interne du colis primaire COG-560 ;
    - facteur de remise en suspension : 10^{-4} ;
  - ✓ pour les colis primaires reçus dans le bâtiment de réception des emballages de transport à déchargement horizontal ETH, deux colis primaires de la famille CEA-060 :
    - activité d'un colis primaire : $1{,}46.10^{15}$ Bq ;
    - spectre radiologique de l'activité interne du colis primaire CEA-060 ;
    - facteur de remise en suspension : 10^{-5} ;
- facteur de filtration : 10^{-3}[70] ;
- hauteur de rejet : 30 mètres (rejets à la cheminée du bâtiment nucléaire de surface EP1).

8.3.4.1.3 Les impacts radiologiques de la situation accidentelle

Les impacts radiologiques maximaux au public sont les suivants :

- pour les colis primaires reçus dans le bâtiment nucléaire de surface EP1 en phase de première mise en service : inférieur à 1 µSv pour l'enfant de 10 ans à Saudron sur une durée d'exposition de 70 ans ;
- pour les colis primaires reçus dans le bâtiment nucléaire de surface phases de mise en service ultérieure: inférieur à 10 µSv pour l'enfant de 10 ans à Saudron sur une durée d'exposition de 70 ans ;
- pour les colis primaires reçus dans le bâtiment de réception des emballages de transport à déchargement horizontal ETH : inférieur à 50 µSv pour l'enfant de 1 an à Saudron sur une durée d'exposition de 70 ans.

8.3.4.1.4 Les impacts aux populations des toxiques chimiques de la situation accidentelle

Les concentrations de toxiques chimiques maximales auxquelles seraient exposés le public (habitant de Saudron et le promeneur à 500 mètres de l'émissaire) sont inférieures aux indicateurs de risque chimique avec au moins six ordres de grandeur.

---

69 Le choix de ne retenir qu'un colis primaire de la famille COG-560 provient du mode de transport des colis. En effet les colis primaires COG-560 sont transportés unitairement.

70 Seul le filtre THE du dernier niveau de filtration est valorisé dans ce scénario. Ainsi, de manière pénalisante, le filtre THE du premier niveau de filtration n'est pas retenu pour l'évaluation des impacts à la population.

8.3.4.2 La situation accidentelle A2 : Incendie de l'huile d'un motoréducteur du pont nucléarisé de la cellule de déchargement des emballages de transport avec défaillance du système d'extinction

8.3.4.2.1 La présentation de la situation accidentelle

Lors d'une opération de manutention d'un colis primaire dans la cellule de déchargement des emballages de transport, un incendie du pont de manutention nucléarisé est envisagé.

La situation accidentelle retenue concerne un départ de feu sur un équipement du pont avec incendie de l'huile d'un motoréducteur (moteur électrique couplé à un réducteur) au sein de son bac de rétention. Le système fixe d'extinction à mousse à haut foisonnement est considéré inopérant. Les températures atteintes dans cette situation d'incendie ne remettent pas en cause la première barrière de confinement statique des déchets (cf. Chapitre 3.2.9 du présent volume). Ainsi, les conséquences se limitent à une remise en suspension de l'activité labile présente sur un colis primaire en cours de manutention et sur ceux présents dans l'emballage de transport.

Cet évènement engendrerait des rejets de substances radioactives à l'environnement ainsi qu'un risque d'exposition interne des travailleurs éventuellement présents à proximité[71].

Les principales dispositions de sûreté associées à cette situation accidentelle sont les suivantes :

- limitation des charges calorifiques dans la cellule, choix des matériaux vis-à-vis de leur réaction au feu et déport des motorisations en ZAR ;
- détection incendie dans la cellule de déchargement des emballages de transport ;
- résistance au feu des ouvrages et équipements (stabilité au feu R120) ;
- cellule de déchargement des emballages de transport classée zone de feu et équipée d'un secteur de confinement ;
- robustesse des colis primaires à l'échauffement dû à l'incendie envisagé (cf. Chapitre 3.2.9 du présent volume).

8.3.4.2.2 Les hypothèses de la situation accidentelle

Les hypothèses considérées sont les suivantes :

- terme source retenu : contamination surfacique labile associée à 36 colis primaires de la famille COG-100 présents dans l'emballage de transport, soit $2,82.10^6$ Bq (surface totale de $6,41.10^5$ cm^2 et contamination surfacique labile de 4 $Bq.cm^{-2}$ pour les émetteurs béta gamma et 0,4 $Bq.cm^{-2}$ pour les émetteurs alpha). La famille de colis COG-100 est retenue, de manière enveloppe, compte tenu de la surface externe des colis et du nombre de colis primaires susceptibles d'être présents dans un emballage de transport ;
- spectre de répartition de la contamination labile : 91 % en béta gamma (^{137}Cs) et 9 % en alpha (^{239}Pu) ;
- fraction remise en suspension : 1 pour le ^{137}Cs et 5.10^{-3} pour le ^{239}Pu ;
- facteur de filtration : 10^{-3} (Présence d'un secteur de confinement) ;
- taux de transfert d'activité vers le secteur de confinement :10^{-1} ;
- temps d'exposition du travailleur : 5 min[71] ;
- hauteur de rejet : 30 mètres (rejets à la cheminée du bâtiment nucléaire de surface EP1).

[71] Dans l'éventualité d'une absence d'évacuation du personnel situé à proximité du local siège de l'incendie.

8.3.4.2.3 Les impacts radiologiques de la situation accidentelle

La dose efficace maximale engagée pour le travailleur qui n'aurait pas évacué est inférieure à 50 µSv.

Les impacts radiologiques maximaux au public sont inférieurs à 1 µSv quelle que soit la population considérée sur une durée d'exposition de 50 ans pour l'adulte et 70 ans pour l'enfant de 1 an et l'enfant de 10 ans.

8.3.4.3 La situation accidentelle A3 : Incendie du robot au poste de contrôle des colis avec défaillance du système d'extinction

8.3.4.3.1 La présentation de la situation accidentelle

À la suite du déchargement des emballages de transport, les colis primaires sont transférés dans la cellule de contrôle des colis (contrôle C5) pour réalisation de contrôles non destructifs sur colis. Chaque colis primaire est transféré unitairement pour la réalisation de ces contrôles.

Lors des opérations de contrôle au poste de contrôle, un incendie du robot de contrôle est envisagé.

La situation accidentelle retenue concerne un départ de feu sur un équipement du robot. Le système fixe d'extinction à mousse à haut foisonnement est considéré inopérant. Les températures atteintes dans cette situation d'incendie ne remettent pas en cause la première barrière de confinement statique des déchets (cf. Chapitre 3.2.9 du présent volume).

Ainsi, les conséquences se limitent à une remise en suspension de l'activité labile du colis primaire en cours de contrôle.

Cet évènement engendrerait des rejets de substances radioactives à l'environnement ainsi qu'un risque d'exposition interne des travailleurs éventuellement présents à proximité[71].

Les principales dispositions de sûreté associées à cette situation accidentelle sont les suivantes :

- limitation des charges calorifiques dans la cellule, choix des matériaux vis-à-vis de leur réaction au feu et déport des motorisations en zone arrière ;
- détection automatique d'incendie dans la cellule de contrôle des colis ;
- résistance au feu des ouvrages et équipements (stabilité au feu R120) ;
- cellule de contrôle des colis classée zone de feu et équipée d'un secteur de confinement ;
- robustesse des colis primaires à l'échauffement dû à l'incendie envisagé (cf. Chapitre 3.2.9 du présent volume).

8.3.4.3.2 Les hypothèses de la situation accidentelle

Les hypothèses considérées sont les suivantes :

- terme source retenu : contamination surfacique labile associée à un colis primaire de la famille CEA-231, soit $9{,}24.10^5$ Bq (surface totale de $2{,}1.10^5$ cm^2 et contamination surfacique labile de de 4 $Bq.cm^{-2}$ pour les émetteurs béta-gamma et 0,4 $Bq.cm^{-2}$ pour les émetteurs alpha). La famille de colis CEA-231 est retenue du fait qu'il s'agisse du colis primaire ayant la surface externe la plus importante ;
- spectre de répartition de la contamination labile : 91 % en béta gamma (^{137}Cs) et 9 % en alpha (^{239}Pu) ;
- fraction de remise en suspension : 1 pour le ^{137}Cs et 5.10^{-3} pour le ^{239}Pu ;
- facteur de filtration : 10^{-3} (Présence d'un secteur de confinement) ;
- taux de transfert vers le secteur de confinement :10^{-1} ;
- temps d'exposition du travailleur : 5 min[72] ;
- hauteur de rejet : 30 mètres (rejets à la cheminée du bâtiment nucléaire de surface EP1).

[72] Dans l'éventualité d'une absence d'évacuation du personnel situé à proximité du local siège de l'incendie.

8.3.4.3.3 Les impacts radiologiques de la situation accidentelle

La dose efficace maximale engagée pour le travailleur qui n'aurait pas évacué est inférieure à 50 µSv.

Les impacts radiologiques maximaux au public sont inférieurs à 1 µSv quelle que soit la population considérée sur une durée d'exposition de 50 ans pour l'adulte et 70 ans pour l'enfant d'un an et l'enfant de 10 ans.

8.3.4.4 La situation accidentelle A4 : Chute d'un colis à la suite d'une défaillance d'un pont nucléarisé en cellule de préparation des colis de stockage

8.3.4.4.1 La présentation de la situation accidentelle

À la suite des contrôles C5, les colis primaires sont transférés en cellule de préparation des colis de stockage puis sont manutentionnés au pont pour être mis en place dans leur conteneur de stockage ou sur palette suivant la solution de stockage attribuée au colis concerné.

La présente situation accidentelle se déroule dans la cellule de de préparation des colis de stockage, lors de la phase de mise en conteneur de stockage colis primaire est situé au-dessus du conteneur de stockage. À la suite d'une défaillance du pont de manutention nucléarisé, le colis manutentionné chute dans le conteneur de stockage.

Les conséquences sont une perte de confinement du colis primaire manutentionné. Seuls certains colis primaire MA-VL sont susceptibles de perdre leur confinement. En effet les hauteurs de manutention sont inférieures à la hauteur de qualification des colis primaires HA et de certaines familles de colis primaires MA-VL tels que les CSD-C. Par ailleurs, seuls les colis primaires nécessitant une mise en conteneur de stockage sont concernés. Les colis primaires stockés directement en alvéoles ne sont pas concernés par cet évènement.

L'activité interne des colis primaires, dont la hauteur de qualification est inférieure à la hauteur de chute, est alors remise en suspension.

Cet évènement engendrerait des rejets de substances radioactives à l'environnement. Il n'entraine cependant pas de risque d'exposition interne du travailleur car aucun travailleur n'est présent en cellule lors de l'exploitation de l'installation.

Les principales dispositions de sûreté associées à cette situation accidentelle sont les suivantes :

- conception robuste de la chaîne de levage des ponts nucléarisés ;
- limitation de la vitesse et de la hauteur de manutention de manutention au strict nécessaire (*via* contrôle-commande procédé représenté par le système de conduite et le système de sécurité) ;
- balise de contamination atmosphérique en temps réel ;
- présence d'un second système de confinement avec maintien de son intégrité en cas de chute. La cellule concernée par cette situation est classée C4** Famille IIIB au sens de la norme NF ISO 17873 de 2006 (7).

8.3.4.4.2 Les hypothèses de la situation accidentelle

Les hypothèses considérées sont les suivantes :

- pour les colis primaires reçus dans le bâtiment nucléaire de surface EP1 en phase de première mise en service, un colis primaire de la famille COG-050 :
  - ✓ activité d'un colis primaire : $3{,}61.10^{13}$ Bq ;
  - ✓ spectre radiologique de l'activité interne du colis primaire COG-050 ;
  - ✓ facteur de remise en suspension : 10^{-5} ;

- pour les colis primaires reçus dans le bâtiment nucléaire de surface EP1 en phases de mise en service ultérieure, un colis primaire MA-VL de la famille COG-560 :
  - ✓ activité d'un colis primaire : $5{,}49.10^{14}$ Bq ;
  - ✓ spectre radiologique de l'activité interne du colis primaire COG-560 ;
  - ✓ facteur de remise en suspension : 10^{-4} ;
- pour les colis primaires reçus dans de réception des emballages de transport à déchargement horizontal ETH, un colis primaire de la famille CEA-060 :
  - ✓ activité d'un colis primaire : $1{,}46.10^{15}$ Bq ;
  - ✓ spectre radiologique de l'activité interne du colis primaire CEA-060 ;
  - ✓ facteur de remise en suspension : 10^{-5} ;
- facteur de filtration : 10^{-3}[73] ;
- hauteur de rejet : 30 mètres (rejets à l'émissaire du bâtiment nucléaire).

8.3.4.4.3 Les impacts radiologiques de la situation accidentelle

Les impacts radiologiques maximaux au public sont les suivants :

- pour les colis primaires reçus dans le bâtiment nucléaire de surface EP1 en phase de première mise en service : inférieur à 1 µSv pour l'adulte à Bure sur une durée d'exposition de 50 ans ;
- pour les colis primaires reçus dans le bâtiment nucléaire de surface EP1 : inférieur à 10 µSv pour l'enfant de 10 ans à Saudron sur une durée d'exposition de 70 ans ;
- pour les colis primaires reçus dans le bâtiment de réception des emballages de transport à déchargement horizontal ETH : inférieur à 20 µSv pour l'enfant de 1 an à Saudron sur une durée d'exposition de 70 ans.

8.3.4.5 La situation accidentelle A5 : Incendie d'un chariot de transfert des colis en cellule process du bâtiment nucléaire de surface EP1 avec défaillance du système d'extinction embarqué

8.3.4.5.1 La présentation de la situation accidentelle

En vue de la confection des colis de stockage ou du transfert des colis de stockage pour leur mise en hotte par exemple, des opérations de transfert au sol sont réalisées. Ces transferts de colis sont effectués au moyen d'un chariot de transfert des colis ou d'un transbordeur (transférant le chariot de transfert des colis).

Lors des opérations de transfert de colis au moyen d'un chariot de transfert des colis au sein du bâtiment nucléaire de surface EP1, un incendie du chariot est envisagé.

La situation accidentelle retenue concerne un départ de feu sur équipement du chariot dans la zone tampon principale des colis de stockage. Le système d'extinction embarqué sur le chariot est considéré inopérant. Les températures atteintes dans cette situation d'incendie ne remettent pas en cause la première barrière de confinement statique des déchets (cf. Chapitre 3.2.9 du présent volume). Ainsi, les conséquences se limitent à une remise en suspension de la contamination labile du colis présent sur la palette en cours de transfert ainsi que de colis potentiellement situés à proximité.

Il est considéré qu'un total de cinq colis de stockage contenant des colis primaires sont concernés par la présente situation accidentelle.

Cet évènement engendrerait des rejets de substances radioactives à l'environnement ainsi qu'un risque d'exposition interne des travailleurs éventuellement présents à proximité.

[73] Seul le filtre THE du dernier niveau de filtration est valorisé dans ce scénario. Ainsi, de manière pénalisante, le filtre THE du premier niveau de filtration n'est pas retenu pour l'évaluation des impacts à la population.

Les principales dispositions de sûreté associées à cette situation accidentelle sont les suivantes :

- limitation des charges calorifiques, choix des matériaux vis-à-vis de leur réaction au feu ;
- détection automatique d'incendie ;
- résistance au feu des ouvrages et équipements (stabilité au feu R120) ;
- système d'extinction d'ambiance de type déluge ;
- zone tampon classée zone de feu et équipée d'un secteur de confinement ;
- robustesse des colis primaires à l'échauffement dû à l'incendie envisagé (cf. Chapitre 3.2.9 du présent volume).

8.3.4.5.2 Les hypothèses de la situation accidentelle

Les hypothèses considérées sont les suivantes :

- terme source retenu : contamination surfacique labile associée à cinq colis de stockage de type CS7 ayant la surface externe la plus importante, soit $6{,}2.10^{6}$ Bq (Surface totale de $1{,}41.10^{6}$ cm^{2} et contamination surfacique labile de de 4 $Bq.cm^{-2}$ pour les émetteurs béta-gamma et 0,4 $Bq.cm^{-2}$ pour les émetteurs alpha)[74] ;
- spectre de répartition de la contamination labile :91 % en béta gamma (^{137}Cs) et 9 % en alpha (^{239}Pu) ;
- fraction de remise en suspension : 1 pour le ^{137}Cs et 5.10^{-3} pour le ^{239}Pu ;
- facteur de filtration : 10^{-3} (Présence d'un secteur de confinement) ;
- taux de transfert vers le secteur de confinement :10^{-1} ;
- temps d'exposition du travailleur : 5 min[75] ;
- hauteur de rejet : 30 mètres (rejets à l'émissaire du bâtiment nucléaire de surface EP1).

8.3.4.5.3 Les impacts radiologiques de la situation accidentelle

La dose efficace maximale engagée pour le travailleur qui n'aurait pas évacué est inférieure à 50 µSv.

Les impacts radiologiques maximaux au public sont inférieurs à 1 µSv quelle que soit la population considérée sur une durée d'exposition de 50 ans pour l'adulte et 70 ans pour l'enfant d'un an et l'enfant de 10 ans.

8.3.4.6 La situation accidentelle A6 : Collision impliquant le véhicule de transport de fûts de déchets d'exploitation en galerie de l'installation souterraine ou en descenderie service avec incendie du véhicule

8.3.4.6.1 La présentation de la situation accidentelle

L'exploitation de l'installation souterraine implique la production de déchets d'exploitation contaminés. Il s'agit en particulier des déchets de type demi-cellules filtrantes produits lors de la maintenance de la filtration THE à l'extraction de la ventilation des alvéoles de stockage MA-VL.

Ces déchets radioactifs induits sont transférés dans le local d'entreposage des déchets puis évacués de l'installation souterraine *via* la descenderie service au moyen d'un véhicule de transport sur lequel ils sont arrimés. Ce véhicule de transport a une capacité de six fûts de déchets d'exploitation.

Lors de l'évacuation de fûts de déchets induits, une collision impliquant le véhicule de transport des fûts est envisagée. Les conséquences d'une telle collision seraient la rupture des barrières statiques de confinement des filtres THE assurées par les parois des fûts de déchets et les saches vinyles conduisant à une remise en suspension de l'activité interne contenue dans les demi-cellules filtrantes.

---

[74] Le choix de retenir cinq colis correspond à un colis en cours de manutention exposé à l'incendie ainsi que quatre colis situés à proximité exposés à l'incendie.
[75] Dans l'éventualité d'une absence d'évacuation du personnel situé à proximité du local siège de l'incendie.

Il est considéré un départ de feu sur le véhicule induit par la collision. Ce départ de feu n'affecte pas l'activité présente dans les fûts de déchets compte tenu de la mise en place d'un caisson de protection incendie protégeant les fûts de déchets.

Cet évènement engendrerait des rejets de substances radioactives à l'environnement ainsi qu'un risque d'exposition interne des travailleurs présents à proximité.

Les conséquences radiologiques pour le public sont supérieures dans le cas d'une collision en descenderie service. En effet, les conséquences radiologiques consécutives à des rejets en façade sont enveloppes des conséquences d'un rejet *via* la cheminée du puits de ventilation air vicié exploitation.

Les principales dispositions de sûreté associées à cette situation accidentelle sont les suivantes :

- limitation de la vitesse du véhicule ;
- interdiction de présence de plus d'un véhicule dans la descenderie service ;
- fûts de déchets arrimés et présence d'un caisson de transport assurant la protection incendie des fûts de déchets ;
- qualification des fûts pour une chute d'une hauteur inférieure ou égale à 1,20 mètre.

La qualification des fûts à la chute n'est pas valorisée dans la présente situation accidentelle.

8.3.4.6.2 Les hypothèses de la situation accidentelle

Les hypothèses considérées sont les suivantes :

- terme source retenu : Activité totale des 6 fûts contenant chacun une demi-cellule filtrante ayant assuré la filtration de l'air extrait d'un alvéole de stockage MA-VL soit 484,8 MBq (cf. Chapitre 8.3.3.2 du présent volume). Il est à noter que cette estimation d'activité est enveloppe des alvéoles de stockage MA-VL pour la phase de première mise en service et les phases de mise en service ultérieure ;
- contamination du filtre THE : 9 % en alpha (^{239}Pu) et 91 % en béta gamma (^{90}Sr) ;
- facteur de remise en suspension : 10^{-3} ;
- facteur de rétention : 10^{-2} par :
  - ✓ le facteur de rétention associé au fût de déchets contenant les demi-cellules : 10^{-1} ;
  - ✓ le facteur de rétention associé à la présence du caisson : 10^{-1} ;
- facteur de filtration : 1 ;
- temps d'exposition du travailleur : 5 min ;
- hauteur de rejet : 0 mètre (rejets en façade de la tête de descenderie service).

8.3.4.6.3 Les impacts radiologiques de la situation accidentelle

La dose efficace maximale engagée pour le travailleur pour cette situation accidentelle est de 25 µSv.

Les impacts radiologiques maximaux au public sont de 16 nSv pour l'adulte situé à 500 mètres du point de rejet sur une durée d'exposition de 24 heures. Il est à noter que l'impact pour l'adulte à Saudron est de l'ordre de 8 nSv pour un temps d'exposition de 50 ans.

8.3.4.7 La situation accidentelle A7 : Incendie d'un chariot ou pont stockeur en partie utile d'un alvéole de stockage MA-VL avec défaillance du système embarqué

8.3.4.7.1 La présentation de la situation accidentelle

Dans l'installation souterraine la mise en stockage des colis de déchets MA-VL consiste à transférer le colis de déchets dans la cellule de manutention pour y être repris et manutentionné au pont stockeur jusqu'à son emplacement dans la partie utile de l'alvéole de stockage. La procédure inverse est réalisée lors des phases de retrait des colis de déchets.

Un chariot stockeur est également utilisé pour la manutention de certains types de colis de déchets.

Lors de ces opérations de mise en stockage ou de retrait des colis de déchets MA-VL dans la partie utile d'un alvéole MA-VL, un incendie du chariot ou du pont stockeur est envisagé.

La situation accidentelle retenue concerne un départ de feu sur un équipement du moyen de manutention situé dans la partie utile de l'alvéole MA-VL lors d'une phase de manutention d'un colis. Le système d'extinction embarqué est considéré inopérant. Les températures atteintes dans cette situation d'incendie ne remettent pas en cause la première barrière de confinement statique des déchets (cf. Chapitre 3.2.9 du présent volume). Ainsi, les conséquences se limitent à une remise en suspension de la contamination labile du colis de déchets MA-VL en cours de manutention ainsi que celle des surfaces exposées des colis préalablement stockés présents à proximité du lieu de départ de feu.

Cet évènement engendrerait des rejets de substances radioactives à l'environnement ainsi qu'un risque d'exposition interne des travailleurs éventuellement présents à proximité[76].

Dans le cas spécifique d'un incendie en alvéole de stockage MA-VL, le secteur de confinement est confondu avec le secteur de feu au niveau de la façade d'accostage MA-VL. Il est considéré que 10 % de l'activité remise en suspension dans l'alvéole de stockage MA-VL est transférée dans la galerie d'accès MA-VL. La galerie d'accès étant classé C1 Famille I au sens de la norme ISO 17873 de 2006 (7), aucune filtration n'est valorisée dans cette situation accidentelle.

L'activité transférée vers le local de filtration en aval de l'alvéole est quant à elle filtrée.

Les principales dispositions de sûreté associées à cette situation accidentelle sont les suivantes :

- limitation des charges calorifiques dans l'alvéole MA-VL, choix des matériaux vis-à-vis de leur réaction au feu ;
- détection automatique d'incendie à l'extraction de l'alvéole MA-VL ;
- résistance au feu des ouvrages et équipements (stabilité au feu R120) ;
- partie utile d'alvéole de stockage MA-VL (avec sa cellule de manutention) classée secteur de feu et équipé d'un secteur de confinement ;
- robustesse des colis MA-VL à l'échauffement dû à l'incendie envisagé (cf. Chapitre 3.2.9 du présent volume).

8.3.4.7.2 Les hypothèses de la situation accidentelle

Les hypothèses considérées sont les suivantes :

- terme source retenu : contamination surfacique labile associée à un colis MA-VL de type CS22 en panier en cours de manutention et aux faces de colis CS22 en panier exposées à l'incendie. Une évaluation enveloppe conduit à considérer une contamination surfacique labile totale exposée à l'incendie de $2{,}64.10^6$ Bq (Surface maximale de 6.10^5 cm^2 et contamination surfacique labile de 4 $Bq.cm^{-2}$ pour les émetteurs béta-gamma et 0,4 $Bq.cm^{-2}$ pour les émetteurs alpha). Il est à noter que cette estimation d'activité est enveloppe des alvéoles de stockage MA-VL à la phase de première mise en service et aux phases de mise en service ultérieure ;
- spectre de répartition de la contamination labile : 91 % en béta gamma (^{137}Cs) et 9 % en alpha (^{239}Pu) ;

- fraction de remise en suspension : 1 pour le ^{137}Cs et 5.10^{-3} pour le ^{239}Pu ;
- facteur de filtration :
  - ✓ 1 pour l'activité transférée en galerie d'accès MA-VL ;
  - ✓ 10^{-3} pour l'activité transférée dans le local filtration ;
- taux de transfert d'activité vers la galerie d'accès MA-VL et le local filtration :10^{-1} ;
- temps de d'exposition du travailleur : 5 min[76] ;
- hauteur de rejet : 12 mètres (Cheminée de l'usine de ventilation d'extraction du puits ventilation air vicié exploitation).

8.3.4.7.3 Les impacts radiologiques de la situation accidentelle

La dose efficace maximale engagée pour le travailleur qui n'aurait pas évacué est inférieure à 10 µSv.

Les impacts radiologiques maximaux au public sont inférieurs à 1 µSv pour l'adulte à Bure sur une durée d'exposition de 50 ans.

8.3.4.8 La situation accidentelle A8 : Incendie d'un robot-pousseur ou robot tireur en alvéoles de stockage HA

8.3.4.8.1 La présentation de la situation accidentelle

La mise en stockage des colis de stockage HA consiste à insérer les colis en alvéole de stockage et à les pousser au moyen d'un robot-pousseur pour les positionner. Le retrait de ces colis de déchets HA est effectué au moyen d'un robot tireur.

Lors des opérations de stockage ou de retrait d'un colis de stockage HA un départ de feu du robot pousseur ou tireur est envisagé. Cet évènement entraine l'agression thermique de colis de stockage HA et la remise en suspension de la contamination surfacique labile de ces derniers.

Compte tenu des caractéristiques des colis HA et de la configuration de l'alvéole de stockage HA en cas d'incendie, seule la contamination surfacique des colis HA serait potentiellement remise en suspension et peut représenter un risque de dissémination de substances radioactives (cf. Chapitre 3.2.9.4.3c) du présent volume).

Cet évènement engendrerait des rejets de substances radioactives à l'environnement ainsi qu'un risque d'exposition interne des travailleurs éventuellement présents à proximité[78].

Les principales dispositions de sûreté associées à cette situation accidentelle sont les suivantes :

- les matériaux utilisés visent les meilleures performances de réaction au feu, y compris l'ombilical et les matériaux du pousseur. La température interne de l'alvéole, potentiellement plus élevée que celle de l'ambiance en galerie d'accès HA, est prise en compte dans les requis de réaction au feu ;
- la charge calorifique embarquée est réduite au juste besoin et en particulier la charge calorifique introduite dans le volume de l'alvéole par le pousseur ;
- sondes de température robot pousseur ou tireur permettant de détecter l'évènement ;
- colis de stockage HA robuste vis-à-vis de l'élévation en température (cf. Chapitre 3.2.9 du présent volume) ;
- inertage possible de l'alvéole par la FdS.

[76] Dans l'éventualité d'une absence d'évacuation du personnel situé à proximité du local siège de l'incendie.

8.3.4.8.2 Les hypothèses de la situation accidentelle

Les hypothèses considérées sont les suivantes :

- terme source retenu : contamination surfacique labile associée à dix colis de stockage HA[77] présents dans un alvéole HA, soit 1,55.10^{6} Bq (Surface maximale de 3,52.10^{5} cm^{2} et contamination surfacique labile de 4 Bq.cm^{-2} pour les émetteurs béta-gamma et 0,4 Bq.cm^{-2} pour les émetteurs alpha) ;
- Spectre de répartition de la contamination labile : 91 % en béta gamma (^{137}Cs) et 9 % en alpha (^{239}Pu) ;
- fraction de remise en suspension : 1 pour le ^{137}Cs et 5.10^{-3} pour le ^{239}Pu ;
- facteur de filtration : 1 ;
- temps d'exposition du travailleur : 5 min[78] ;
- hauteur de rejet : 12 mètres (cheminée de l'usine de ventilation d'extraction du puits ventilation air vicié exploitation).

8.3.4.8.3 Les impacts radiologiques de la situation accidentelle

La dose efficace maximale engagée pour le travailleur pour cette situation est inférieur à 1 µSv.

Les impacts radiologiques maximaux au public sont inférieurs à 1 µSv pour l'adulte situé à Bure sur une durée d'exposition de 50 ans.

8.3.4.9 La situation accidentelle A9 : Séisme de dimensionnement dans l'INB

8.3.4.9.1 La présentation de la situation accidentelle

Il est postulé un séisme de dimensionnement lors du fonctionnement de l'INB. Compte tenu des dispositions retenues dans le cadre de l'analyse des risques liés au séisme (cf. Chapitre 4.3 du présent volume), la première barrière de confinement statique des déchets MA-VL reste maintenue. En effet, les équipements et structures susceptibles de remettre en cause le confinement des déchets font l'objet d'un dimensionnement à un séisme de dimensionnement. Par ailleurs les systèmes d'extraction des locaux dont la classe de confinement est C2 Famille IIA ou C4** Famille IIIB sont dimensionnés afin de rester fonctionnel en cas de séisme de dimensionnement. Ainsi, l'air extrait de ces locaux reste filtré avant rejet à l'environnement.

Les conséquences sont une remise en suspension de la contamination labile des colis de déchets ou des emballages de transport présents dans l'INB.

Cet évènement engendrerait des rejets de substances radioactives à l'environnement. Il n'entraine cependant pas de risque d'exposition interne du travailleur car les travailleurs ne sont pas présents à proximité des colis de déchets lors des opérations d'exploitation.

8.3.4.9.2 Les hypothèses de la situation accidentelle

Les hypothèses considérées sont les suivantes :

- terme source retenu :
  - ✓ contamination surfacique labile associée aux colis de déchets présents dans l'INB[79] :
    - pour les bâtiments nucléaires de surface, inférieure à 5.10^{8} Bq ;
    - pour l'installation souterraine, inférieure à 6.10^{10} Bq ;
  - ✓ spectre de répartition de la contamination labile : 9 % en alpha (^{239}Pu) et 91 % en béta gamma (^{90}Sr) ;

[77] Le nombre de colis retenu est enveloppe de la situation où la montée en température très localisée.
[78] Dans l'éventualité d'une absence d'évacuation du personnel situé à proximité de l'incendie.
[79] L'activité remise en suspension dans l'installation souterraine correspond aux phases ultérieures avec tous les alvéoles MA-VL pleins. Cette approche conservative est complétée par une remise en suspension de l'activité surfacique associée à l'ensemble des colis HA pouvant être stockés en alvéoles HA

- ✓ fraction de remise en suspension : 10^{-4}.
- facteur de filtration :
  - ✓ 1 pour les locaux classés C1 Famille I contenant des colis de déchets et emballages de transport ;
  - ✓ 10^{-3} pour les locaux classés C2 Famille IIA et C4** Famille IIIB ;
- hauteur de rejet :
  - ✓ bâtiments nucléaires de surface :
    - 0 mètre retenu pour les rejets en façade ;
    - 30 mètres retenu pour les rejets à l'émissaire (pour air extrait des locaux C2 Famille IIA et C4** Famille IIIB) ;
  - ✓ installation souterraine : 12 mètres (cheminée de l'usine de ventilation d'extraction du puits ventilation air vicié exploitation).

8.3.4.9.3 Les impacts radiologiques de la situation accidentelle

Les impacts radiologiques maximaux au public sont inférieurs à 1 µSv pour l'adulte sur une durée d'exposition de 50 ans. Cette estimation tient compte des impacts maximaux au public pour les rejets issus des bâtiments nucléaires de surface cumulés aux impacts maximaux au public pour les rejets issus de l'installation souterraine.

8.3.5 La synthèse des évaluations d'impacts pour les situations incidentelles et accidentelles de dimensionnement enveloppes

8.3.5.1 La synthèse des impacts radiologiques pour les situations incidentelles et accidentelles de dimensionnement enveloppes

Le tableau 8-12 présente la synthèse des impacts radiologiques liés aux situations incidentelles et accidentelles de dimensionnement étudiées aux chapitres 8.3.3 et 8.3.4 du présent volume.

Tableau 8-12 Synthèse des impacts radiologiques des situations incidentelles et accidentelles de dimensionnement

Numéro	Situation accidentelle	Impact maximal au travailleur (mSv)	Impact maximal aux populations à long terme
I1	Chute d'un filtre THE usagé lors de son remplacement dans les locaux de filtration (premier niveau de filtration et dernier niveau de filtration) du bâtiment nucléaire de surface EP1	<1 µSv	<1 nSv
I2	Chute d'un filtre THE usagé lors de son remplacement dans un local de filtration (dernier niveau de filtration) d'un alvéole MA-VL	<10 µSv	<1 nSv
A1	Chute d'un colis primaire suite à une défaillance d'un pont nucléarisé en cellule de déchargement des emballages de transport	Sans objet	EP1 première mise en service : <1 µSv EP1 Phases de mise en service ultérieure : <10 µSv ETH : <50 µSv

Numéro	Situation accidentelle	Impact maximal au travailleur (mSv)	Impact maximal aux populations à long terme
A2	Incendie de l'huile d'un motoréducteur du pont nucléarisé de la cellule de déchargement des emballages de transport avec défaillance du système d'extinction	<50 µSv	<1 µSv
A3	Incendie du robot au poste de contrôle des colis avec défaillance du système d'extinction	<50 µSv	<1 µSv
A4	Chute d'un colis suite à une défaillance d'un pont nucléarisé en cellule de chargement des colis primaire en colis de stockage	Sans objet	EP1 première mise en service : <1 µSv EP1 Phases de mise en service ultérieure : <10 µSv ETH : <20 µSv
A5	Incendie d'un chariot de transfert des colis en cellule process du bâtiment nucléaire de surface EP1avec défaillance du système d'extinction embarqué	<50 µSv	<1 µSv
A6	Collision impliquant le véhicule de transport de fûts de déchets d'exploitation en galerie de l'installation souterraine ou en descenderie service avec incendie du véhicule	<25 µSv	<1 µSv
A7	Incendie d'un chariot ou pont stockeur en partie utile d'un alvéole de stockage MA-VL avec défaillance du système d'extinction embarqué	<10 µSv	<1 µSv
A8	Incendie d'un robot-pousseur ou robot tireur en alvéoles de stockage HA	<1 µSv	<1 µSv
A9	Séisme de dimensionnement	Sans objet	<1 µSv

Les impacts aux travailleurs sont inférieurs aux objectifs de radioprotection tels que présentés dans le Volume 2 du présent rapport.

Par ailleurs, les impacts au public sont également inférieurs aux critères associés aux situations incidentelles et accidentelles de dimensionnement. Concernant les situations incidentelles, les conséquences au public sont négligeables. Les impacts liés aux situations accidentelles de dimensionnement restent inférieurs à 50 µSv vis-à-vis d'une exposition à long terme. Les objectifs de radioprotection sont donc respectés quelle que soit la durée d'exposition du public (cf. Volume 2 du présent rapport). Les résultats d'impacts à court, moyen et long terme sont présentés dans la « Note scénarios, hypothèses et résultats des calculs de conséquences » (87).

8.3.5.2 La synthèse des impacts des toxiques chimiques pour les situations incidentelles et accidentelles de dimensionnement enveloppes

Les concentrations de toxiques chimiques maximales auxquelles seraient exposés le public (habitant de Saudron et le promeneur à 500 mètres de l'émissaire) sont inférieures aux indicateurs de risque chimique avec au moins 10^6 ordres de grandeur quelle que soit la situation incidentelle ou accidentelle enveloppe étudiée.

Synthèse de l'étude des situations incidentelles et accidentelles de dimensionnement

Dans le cadre de la démarche de sûreté, une étude des situations incidentelles et accidentelles enveloppe a été menée.

Cette étude a eu pour objectif de s'assurer que les dispositions mises en place sont suffisantes pour garantir le respect des objectifs de protection définis au volume 2 du présent rapport.

L'étude des situations incidentelles et accidentelles de dimensionnement ainsi menée présente les situations enveloppes en termes d'impacts aux populations ainsi qu'au travailleur.

Pour chacune de ces situations, les dispositions de sûreté mises en place y sont présentées et les conséquences associées sont estimées de manière enveloppe.

Ainsi compte tenu de ces dispositions, les estimations des conséquences permettent de conclure au respect des objectifs de sûreté présentées au volume 2 du présent rapport (quelle que soit la durée d'exposition du public) ainsi que de valider la démarche de sûreté retenue.

8.4 Les situations accidentelles d'extension du dimensionnement

8.4.1 La présentation des situations accidentelles en extension de dimensionnement

Le domaine d'extension du dimensionnement est composé de situations peu vraisemblables pouvant survenir à la suite de défaillances multiples de systèmes de sûreté ou d'événements cumulés, y compris des événements extrêmes de type ECS. Ces situations sont susceptibles de conduire à une dégradation significative de l'état de l'installation et/ou compromettre l'intégrité de plusieurs ou de l'ensemble des barrières faisant obstacle au relâchement des substances radioactives. L'analyse de ces situations permet de vérifier la robustesse de l'installation et de déterminer celles pour lesquelles des dispositions de protection peuvent être identifiées en cas d'effet falaise.

L'analyse des situations extrêmes (ECS) est présentée au chapitre 10 du présent volume.

Nota : Les risques associés aux colis de déchets bitumés ainsi que les situations accidentelles sont traités dans le volume 11 du présent rapport. Ainsi ce volume traite des deux voies de gestion des déchets bitumés envisagés (stockage des colis des déchets en l'état et stockage des colis de déchets ayant fait l'objet d'un traitement). À titre indicatif, l'impacts radiologique maximal au public associé à la situation accidentelle d'extension de dimensionnement enveloppe retenue pour ce type de déchets est inférieur à 10 mSv en 24heures.

Les situations enveloppes accidentelles en extension du dimensionnement identifiées pour l'INB sont présentées dans le tableau 8-13.

Tableau 8-13 Présentation des situations accidentelles en extension de dimensionnement retenues et leur localisation

Numéro	Localisation	Situation accidentelle d'extension de dimensionnement	Chapitre
E1	Hall de déchargement des emballages de transport du bâtiment nucléaire de surface EP1	Déconfinement d'un emballage de transport et des colis primaires qu'il contient résultant d'une chute dans la fosse du hall de déchargement suite à une défaillance du pont de manutention sécurisé et du matelas amortisseur	8.4.2.1
E2	Local d'entreposage des déchets d'exploitation de l'installation souterraine	Mobilisation de l'activité interne des fûts de déchets d'exploitation en cas d'incendie dans le local d'entreposage des déchets d'exploitation	8.4.2.2
E3	Alvéole de stockage MA-VL	Déconfinement d'un ou plusieurs colis MA-VL stockés en alvéole de stockage dû à une défaillance du colis primaire et du conteneur de stockage (si présent) en tant que premier système de confinement des substances radioactives	8.4.2.3
E4	Galerie d'accès HA	Exposition externe du travailleur situé à proximité d'un alvéole de stockage HA dépourvu du bouchon de radioprotection suite à une défaillance du procédé	8.4.2.4

En complément de ces situations, le tableau 8-14 présente les situations accidentelles en extension de dimensionnement associées aux cumuls d'évènements indépendants.

Il est à noter que dans le cadre d'une démarche prudente vis-à-vis du risque d'incendie, des situations ont d'ores et déjà été définies en tenant compte d'une ou plusieurs défaillances de dispositions associées au niveau 3 de la défense en profondeur telles que la perte des capacités d'extinction.

Tableau 8-14 Présentation des situations de cumuls d'évènements indépendants

Numéro	Localisation	Situation de cumul d'évènements indépendants	Chapitre
E5	Cellule de déchargement des emballages de transport	Cumul du déconfinement d'un colis primaire résultant d'une défaillance d'un pont et d'un incendie en cellule	8.4.2.5
E6	Cellule de déchargement des emballages de transport	Cumul d'un incendie du pont nucléarisé de la cellule de déchargement des emballages de transport et défaillance de la sectorisation incendie	8.4.2.6
E7	Bâtiment nucléaire de surface EP1	Cumul d'un incendie d'un chariot de transfert des colis en cellules process du bâtiment nucléaire de surface EP1 avec défaillance des systèmes d'extinction et défaillance de la sectorisation incendie	8.4.2.7
E8	Bâtiments nucléaires de surface	Cumul d'un séisme de dimensionnement conduisant à la mobilisation de l'ensemble de la contamination surfacique et d'une chute d'un colis primaire en cellule avec déconfinement	8.4.2.8

Numéro	Localisation	Situation de cumul d'évènements indépendants	Chapitre
E9	Installation souterraine/descenderie service	Cumul d'une collision impliquant le véhicule de transport des fûts de déchets d'exploitation avec incendie du véhicule de transport et d'une défaillance du caisson de protection incendie	8.4.2.9
E10	Alvéole de stockage MA-VL	Cumul d'un incendie du pont stockeur en alvéole MA-VL conduisant à une mobilisation de la contamination surfacique des colis MA-VL présents à proximité et d'une défaillance de la sectorisation incendie	8.4.2.10
E11	Bâtiment nucléaire de surface et Installation souterraine	Cumul de deux départs de feu en zone d'exploitation (surface-fond)	8.4.2.11

Pour rappel, conformément aux objectifs de radioprotection présentés au volume 2 du présent rapport, les impacts estimés au public sont estimés afin d'évaluer les besoins de mesures de protection du public à court terme. Dans ces conditions, les estimations sont effectuées en tenant compte d'une durée d'exposition de 24 heures. Ces estimations sont confrontées à un objectif de 10 mSv pour le public.

Concernant les situations accidentelles impliquant des rejets longs, l'objectif est de 10 mSv sur une année d'exposition du public.

8.4.2 Les études des situations accidentelles en extension de dimensionnement

8.4.2.1 La situation accidentelle en extension de dimensionnement E1 : Déconfinement d'un emballage de transport et des colis primaires qu'il contient résultant d'une chute dans la fosse du hall de déchargement suite à une défaillance du pont de manutention sécurisé et du matelas amortisseur

8.4.2.1.1 La présentation de la situation accidentelle en extension de dimensionnement

Lors de l'opération de descente d'un emballage de transport dépourvu de capot(s) amortisseur(s) dans la fosse du hall de déchargement des emballages de transport, une chute de l'emballage est envisagée. En complément, une défaillance du matelas amortisseur est considérée.

Dans ces conditions, compte tenu des hauteurs de manutention, il est considéré qu'à la fois l'emballage de transport et les colis primaires qu'il contient perdent leur confinement. Seuls certains colis primaires MA-VL sont susceptibles de perdre leur confinement. En effet les hauteurs de manutention sont inférieures à la hauteur de qualification des colis primaires HA et de certaines familles de colis primaires MA-VL tels que les CSD-C.

L'activité interne des colis primaires, dont la hauteur de qualification est inférieure à la hauteur de chute, est alors remise en suspension.

Cet évènement engendrerait des rejets de substances radioactives et toxiques chimiques à l'environnement ainsi qu'un risque d'exposition interne des travailleurs présents à proximité.

Les principales dispositions de sûreté associées à cette situation accidentelle en extension de dimensionnement sont les suivantes :

- conception robuste de la chaîne de levage du pont sécurisé ;
- dimensionnement des matelas amortisseurs aux chutes de charges d'emballage de transport afin de maintenir leur confinement ;
- présence de travailleur apte à détecter l'évènement ;
- détection par remontée d'erreurs ou d'anomalie dans l'exécution des séquences du process ;
- évacuation des travailleurs.

8.4.2.1.2 Les hypothèses de la situation accidentelle en extension de dimensionnement pour l'évaluation des impacts aux populations

Les hypothèses considérées sont les suivantes :

- terme source retenu :
  - ✓ pour les colis primaires reçus dans le bâtiment nucléaire de surface EP1 en phase de première mise en service, les trois colis primaires de la famille COG-050 présents dans l'emballage de transport :
    - activité d'un colis primaire : $3{,}61.10^{13}$ Bq ;
    - spectre radiologique de l'activité interne du colis primaire COG-050 ;
    - facteur de remise en suspension : 10^{-5} ;
  - ✓ pour les colis primaires reçus dans le bâtiment nucléaire de surface EP1 en phases de mise en service ultérieure, les six colis primaires de la famille COG-430 présents dans l'emballage de transport :
    - activité d'un colis primaire : $1{,}78.10^{13}$ Bq ;
    - spectre radiologique de l'activité interne du colis primaire COG-430 ;
    - facteur de remise en suspension : 10^{-5} ;
  - ✓ pour les colis primaires reçus dans le bâtiment de réception des emballages de transport à déchargement horizontal ETH, les quatre colis primaires de la famille CEA-050 présents dans l'emballage de transport :
    - activité d'un colis primaire : $7{,}8.10^{14}$ Bq ;
    - spectre radiologique de l'activité interne du colis primaire CEA-050 ;
    - facteur de remise en suspension : 10^{-5} ;
- facteur de rétention de l'emballage de transport : 10^{-1} ;
- facteur de filtration : 1 (rejet *via* la ventilation de classe C1 Famille I au sens de la norme ISO 17873 de 2006 (7)) ;
- hauteur de rejet : 0 mètre (rejets en façade du bâtiment nucléaire de surface EP1 ou du bâtiment ETH) ;
- temps d'exposition du travailleur : 1 min.

8.4.2.1.3 Les impacts radiologiques de la situation accidentelle en extension de dimensionnement

La dose efficace engagée pour le travailleur pour cette situation est de l'ordre de 20 mSv.

Les impacts radiologiques maximaux au public sont les suivants :

- pour les colis primaires reçus dans le bâtiment nucléaire de surface EP1 en phase de première mise en service : inférieur à 1 mSv pour l'adulte situé à 500 mètres du point de rejet sur une durée d'exposition de 24 heures ;
- pour les colis primaires reçus dans le bâtiment nucléaire de surface EP1 en phases de mise en service ultérieure : inférieur à 1 mSv pour l'adulte situé à 500 mètres du point de rejet sur une durée d'exposition de 24 heures ;
- pour les colis primaires reçus dans le bâtiment de réception des emballages de transport à déchargement horizontal ETH : inférieur à 9 mSv pour l'adulte situé à 500 mètres du point de rejet sur une durée d'exposition de 24 heures.

Le détail des impacts radiologiques en fonction de la distance vis-à-vis du point de rejet pour la situation la plus sévère, compte tenu de la situation atmosphérique la plus défavorable, est présenté dans le tableau 8-15.

Tableau 8-15 Dose maximale à 24 heures pour l'adulte en conditions météorologiques les plus défavorables pour la situation accidentelle en extension de dimensionnement dans le cadre de l'évaluation des impacts aux populations

Distance au point de rejet (m)	500	1 000 Saudron	2 000	3 000	4 000	5 000
Dose à 24 h (mSv)	8,2	2,3	0,7	0,33	0,18	0,14

La Figure 8-7 illustre les impacts radiologiques maximaux associés à la situation la plus sévère.

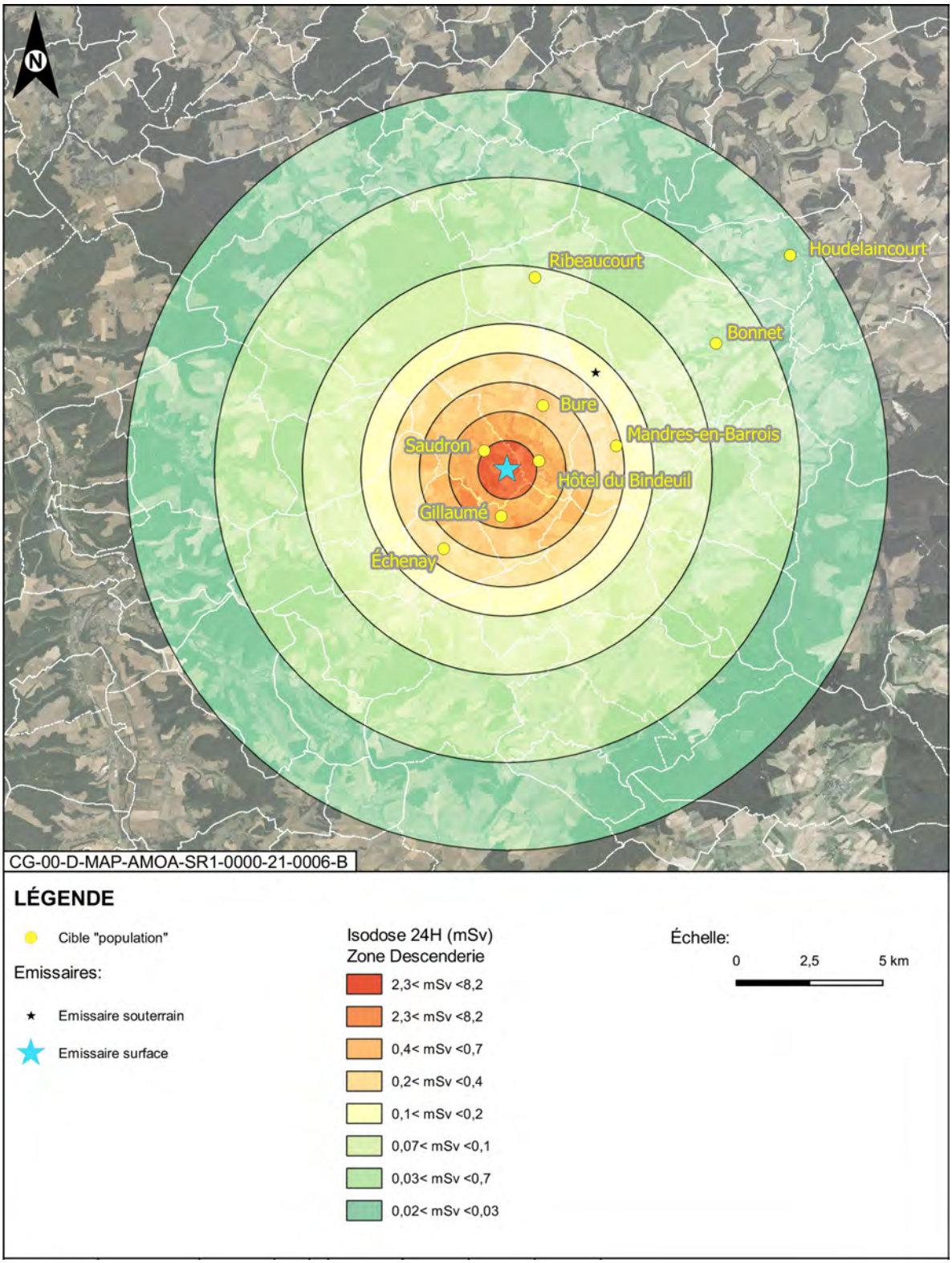


Figure 8-7 *Illustration des doses maximales autour de la zone descenderie pour l'adulte pour une exposition de 24 heures pour la situation accidentelle en extension de dimensionnement dans le cadre de l'évaluation des impacts aux populations*

8.4.2.1.4 Les impacts en termes de pollution radiologique des sols

a) Les hypothèses de la situation accidentelle en extension de dimensionnement pour l'évaluation de la contamination des sols

Les hypothèses considérées pour les évaluations de la contamination au sol sont les suivantes :

- terme source retenu : quatre colis primaires de la famille CEA-050 présents dans l'emballage de transport :
  - ✓ activité d'un colis primaire : $7{,}8.10^{14}$ Bq ;
  - ✓ spectre radiologique de l'activité interne du colis primaire CEA-050 ;
  - ✓ facteur de remise en suspension : 10^{-5} ;
- facteur de rétention de l'emballage de transport : 10^{-1} ;
- facteur de filtration : 1 (rejet *via* la ventilation de classe C1 Famille I au sens de la norme ISO 17873 de 2006 (7)) ;
- hauteur de rejet : 0 mètre (rejets en façade du bâtiment nucléaire de surface EP1 ou du bâtiment ETH).

b) Les résultats des impacts de pollution radiologique des sols

La contamination des sols (*via* les dépôts surfaciques au sol) est consécutive a des rejets associés à la situation accidentelle.

Dépôts surfaciques au sol

Le Tableau 8-16 présente les concentrations maximales en émetteurs alpha et émetteurs bêta gamma à un an autour du périmètre INB de la zone descenderie dans les conditions météorologiques les plus défavorables (F3).

Tableau 8-16 Présentation de la concentration maximale dans le sol à un an en Bq/Kg autour de la zone descenderie pour la situation accidentelle en extension de dimensionnement dans le cadre de l'évaluation des impacts aux populations

Distance	500 m	1 000 m	2 000 m	5 000 m	Radionucléides contributeurs
Émetteurs alpha	2,28	0,64	0,19	0,03	^{244}Cm, ^{238}Pu, ^{241}Am
Émetteurs bêta et gamma	179	50,5	15,2	2,99	^{60}Co, ^{63}Ni, ^{137}Cs, ^{55}Fe, ^{108m}Ag

À noter que la contamination du sol à 50 ans est très inférieure due à la décroissance du ^{60}Co.

Impact sur les produits agroalimentaires

La contamination des salades est évaluée et comparée aux limites de commercialisation Euratom. Les salades sont considérées comme un végétal pénalisant par sa surface foliaire importante pouvant capter la radioactivité dans l'air.

Le Tableau 8-17 restitue la contamination des salades à différentes distances autour de la zone descenderie à un an (nouveau cycle végétatif) et la limite de commercialisation associée.

Tableau 8-17 Présentation de la contamination des salades à un an en Bq/kg autour de la zone descenderie

Contamination des salades à un an en Bq/kg	500 m	1 000 m	2 000 m	5 000 m	Limite de commercialisation Euratom ($Bq.kg^{-1}$)
Isotopes de périodes supérieures à 10 jours (sauf ^{3}H, ^{14}C et ^{40}K)	25,8	7,26	2,19	0,43	1250
Isotopes du plutonium et transplutoniens émetteurs alpha	0,00015	0,00004	0,00001	0,000002	80
Isotopes du strontium	0,4	0,11	0,03	0,006	750

les résultats de contamination indiquent un respect des niveaux maximaux admissibles en vigueur dans le règlement Euratom permettant la commercialisation des aliments (88).

Les activités massiques maximales des produits agro-alimentaires resteraient largement inférieures aux limites de commercialisation et l'activité massique calculée ajoutée dans le sol serait très faible.

8.4.2.1.5 Les impacts aux populations des toxiques chimiques de la situation accidentelle en extension de dimensionnement

Les concentrations de toxiques chimiques maximales auxquelles seraient exposés le public (habitant de Saudron et le promeneur à 500 mètres de l'émissaire) sont inférieures aux indicateurs de risque chimique avec au moins trois ordres de grandeur.

8.4.2.2 La situation accidentelle en extension de dimensionnement E2 : Mobilisation de l'activité interne des fûts de déchets d'exploitation en cas d'incendie dans le local d'entreposage des déchets d'exploitation

8.4.2.2.1 La présentation de la situation accidentelle en extension de dimensionnement

Lors des opérations de gestion des déchets d'exploitation de l'installation souterraine, il est envisagé un départ de feu d'un engin de manutention dans le local d'entreposage des déchets d'exploitation. Il est postulé un incendie généralisé à tout le local.

Les conséquences pour cette situation sont une mobilisation de l'activité interne de 50 fûts d'exploitation présents dans le local. Il est considéré que chaque fût comporte une demi-cellule filtrante assurant la filtration de l'air extrait des alvéoles de stockage MA-VL.

Cet évènement engendrerait des rejets de substances radioactives à l'environnement ainsi qu'un risque d'exposition interne des travailleurs présents à proximité.

Les principales dispositions de sûreté associées à cette situation accidentelle en extension de dimensionnement sont les suivantes :

- charges calorifiques fixes dans le local réduites autant que possible ;
- armoires électriques déportées dans un local dédié, ou protégées par un extincteur automatique autonome ;
- système de détection automatique d'incendie ;
- utilisation d'équipements manuels de manutention ;
- mesure de contamination atmosphérique en temps réel dans le local E29 ;

- local d'entreposage des déchets classé secteur de feu ;
- parois et planchers situés dans le local coupe-feu EI60 ;
- résistance au feu des ouvrages et équipements (stabilité au feu R120) ;
- moyens d'extinction automatiques en ambiance de type extinction à mousse haut foisonnement.

8.4.2.2.2 Les hypothèses de la situation accidentelle en extension de dimensionnement

Les hypothèses considérées sont les suivantes :

- terme source retenu : activité totale des 50 fûts, soit $4{,}04.10^{9}$ Bq (Il est considéré que les fûts contiennent chacun une demi-cellule filtrante ayant assuré la filtration d'un alvéole de stockage MA-VL). Il est à noter que cette estimation d'activité est enveloppe des alvéoles de stockage MA-VL à la phase de première mise en service et aux phases de mise en service ultérieure ;
- contamination des demi-cellules THE : 91 % en béta gamma (^{137}Cs) et 9 % en alpha (^{239}Pu) ;
- fraction de remise en suspension: 2.10^{-1} pour le ^{137}Cs et 1.10^{-3} pour le ^{239}Pu ;
- facteur de filtration: 1 ;
- hauteur de rejet: 12 mètres (cheminée de l'usine de ventilation d'extraction du puits ventilation air vicié exploitation).

8.4.2.2.3 Les impacts radiologiques de la situation accidentelle en extension de dimensionnement

La dose efficace engagée pour le travailleur présent est d'inférieure à 1 mSv.

Les impacts radiologiques maximaux au public sont inférieurs à 10 µSv pour l'adulte situé à Bure sur une durée d'exposition de 24 heures.

8.4.2.3 La situation accidentelle en extension de dimensionnement E3 : déconfinement d'un ou plusieurs colis MA-VL stockés en alvéole dû à une défaillance du colis primaire et du conteneur de stockage (si présent) en tant que premier système de confinement des substances radioactives

8.4.2.3.1 La description de la situation accidentelle en extension de dimensionnement

Dans le cadre d'une approche conservative, il est postulé une défaillance de la première barrière de confinement statique assurée par le colis primaire MA-VL stocké en alvéole de stockage MA-VL. En cas de stockage des colis primaires en conteneur de stockage, il est considéré en complément une défaillance du conteneur de stockage dans son rôle de rétention des substances radioactives.

Ainsi malgré les dispositions retenues pour la production des colis primaires, et le cas échéant, des conteneurs de stockage ainsi que les contrôles menés tout au long du processus de stockage dans le bâtiment nucléaire de surface EP1 ou le bâtiment de réception des emballages de transport à déchargement horizontal ETH, la perte de confinement d'un ou plusieurs colis de déchets est considérée en phase de fonctionnement des alvéoles de stockage MA-VL.

Les colis de déchets stockés suivant la solution de stockage en conteneur de stockage renforcé vis-à-vis du confinement ne sont pas concernés par la présente situation. En effet, la défaillance du colis primaire est déjà envisagée afin de dimensionner le conteneur de stockage.

Les conséquences seraient une remise en suspension de l'activité interne des colis de déchets ayant perdu leur confinement dans un alvéole de stockage MA-VL.

Cet évènement engendrerait des rejets de substances radioactives à l'environnement. Il n'entraine cependant pas de risque d'exposition interne du travailleur. Les principales dispositions de sûreté associées à cette situation en extension de dimensionnement sont les suivantes :

- respect des spécifications d'acceptation des colis ;
- maîtrise des bonnes conditions d'ambiance en alvéoles de stockage MA-VL de par une conception robuste de la ventilation souterraine et des systèmes de conditionnement de l'air ;
- contrôles des colis de déchets réalisés avant leur mise en stockage en alvéole de stockage MA-VL ;
- balise de contamination atmosphérique en temps réel à l'extraction de l'alvéole de stockage MA-VL et dans la cellule de manutention ;
- présence d'un second système de confinement. L'alvéole MA-VL est classée C2 Famille IIA au sens de la norme ISO 17 873 de 2006 (7).

8.4.2.3.2 Les hypothèses de la situation accidentelle en extension de dimensionnement

Les hypothèses considérées sont les suivantes :

- terme sources :
  - ✓ soit, un colis de déchets MA-VL de la famille CEA-050 (colis primaire stocké directement en alvéole MA-VL) :
    - activité d'un colis primaire : $7{,}80.10^{14}$ Bq ;
    - spectre radiologique de l'activité interne du colis primaire CEA-050 ;
    - activité remise en suspension correspondant l'activité volumique du colis primaire appliquée à un volume équivalent à un cylindre creux d'un centimètre d'épaisseur dont le diamètre externe est égal au diamètre externe du colis primaire de la famille CEA-050 ;
  - ✓ soit, deux colis primaires MA-VL de la famille CEA-060 en conteneur de stockage CS 2.3 :
    - activité d'un colis primaire : $1{,}46.10^{15}$ Bq ;
    - spectre radiologique de l'activité interne du colis primaire CEA-060 ;
    - estimation de l'activité remise en suspension par léchage de la ventilation par prise en compte de :

      l'activité volumique équivalente à l'activité de deux colis primaires CEA-060 répartie sur l'ensemble du volume du colis de stockage ;

      activité surfacique concernée par le léchage de la ventilation définie par l'activité totale d'un volume équivalent à un pavé d'un centimètre d'épaisseur, de longueur et de largeur maximales du conteneur de stockage.
- facteur de remise en suspension de la contamination surfacique : $10^{-5}.h^{-1}$;
- facteur de filtration : 10^{-3} ;
- hauteur de rejet : 12 mètres (Émissaire de l'usine de ventilation d'extraction du puits de ventilation air vicié exploitation) ;
- durée de rejet : 1 an.

8.4.2.3.3 Les impacts radiologiques de la situation accidentelle en extension de dimensionnement

Les impacts radiologiques maximaux sont de :

- pour un colis primaire de la famille CEA-050 :
  - ✓ inférieur à 10 µSv pour l'adulte situé à Bure sur une durée d'exposition d'un an ;
- pour deux colis primaire de la famille CEA-060 en conteneur de stockage (colis de stockage CS 2.3) :
  - ✓ inférieur à 10 µSv pour l'enfant d'un an situé à Bure sur une durée d'exposition d'un an.

8.4.2.4 La situation accidentelle en extension de dimensionnement E4 : Exposition externe du travailleur situé à proximité d'un alvéole de stockage HA dépourvu du bouchon de radioprotection à la suite d'une défaillance du procédé

8.4.2.4.1 La description de la situation accidentelle en extension de dimensionnement

En cas de maintenance préventive, de mauvais alignement de la hotte HA avec la façade d'accostage, ou pour les opérations de mise en place ou de retrait semi-automatique des brides pour les alvéoles de stockage HA, le travailleur est susceptible d'intervenir en galerie d'accès HA.

Il est envisagé pour cette situation une défaillance du procédé entrainant un mauvais positionnement ou une absence du bouchon de radioprotection provisoire.

Ainsi, les opérateurs susceptibles d'être présents seraient exposés aux rayonnements ionisants des colis HA.

Néanmoins, le contrôle commande n'autorise pas les équipements de stockage HA à quitter l'accostage avec le bouchon de radioprotection provisoire, à l'exception de la hotte robot pousseur après avoir introduit le bouchon de radioprotection définitif. La hotte robot pousseur est en effet autorisée à prendre le bouchon de radioprotection provisoire afin de l'amener à la prochaine alvéole à desservir.

Par ailleurs, les dispositions de sûreté suivantes sont également retenues pour cette situation :

- la hotte HA dispose d'un d'interverrouillage (automate de sécurité indépendant du contrôle commande) interdisant son désaccostage si elle recule avec le bouchon de radioprotection provisoire dans sa cavité (bouchon non remis en alvéole) ;
- la hotte HA et le robot bride disposent d'une sonde de mesure de débit de dose interdisant le désaccostage de la façade en cas d'un débit de dose non-conforme (absence de protection radiologique) ;
- une balise d'irradiation et une balise de comptage à haut flux neutronique est implantée face à l'alvéole HA en cours de chargement.

8.4.2.4.2 Les hypothèses de la situation accidentelle en extension de dimensionnement

Les hypothèses retenues pour le calcul de conséquences radiologiques sont les suivantes :

- passage du travailleur devant l'alvéole à une vitesse de 4 km/h ;
- distance entre le travailleur et le colis de stockage HA de 1 mètre (hypothèse pénalisante compte-tenu de la hauteur à laquelle se situe le centre de l'alvéole : 3 mètres par rapport au sol et que la configuration géométrique de l'alvéole permet de limiter l'exposition du travailleur) ;
- doses dues aux autres colis entreposés dans l'alvéole négligeables par rapport à la dose due au colis déposé en tête d'alvéole du fait de leur entreposage à plus de 7 mètres depuis l'entrée de l'alvéole de stockage HA.

8.4.2.4.3 Les impacts radiologiques de la situation accidentelle en extension de dimensionnement

La dose reçue par un opérateur passant devant un alvéole de stockage HA sans protection radiologique serait inférieure à 10 mSv.

8.4.2.5 La situation accidentelle en extension de dimensionnement E5 : cumul du déconfinement d'un colis primaire résultant d'une défaillance d'un pont et d'un incendie en cellule de déchargement des emballages de transport

8.4.2.5.1 La description de la situation accidentelle en extension de dimensionnement

La situation accidentelle en extension de dimensionnement E5 est une situation de cumul d'une chute de colis telle que décrite à la situation accidentelle de dimensionnement A1 présentée au chapitre 8.3.4.1 du présent volume cumulé à un incendie dans la cellule de déchargement des emballages de transport.

Dans ces conditions de cumul, l'activité interne des colis ayant perdu leur confinement est remise en suspension sous incendie. Il est considéré dans une approche enveloppe que la remise en suspension des substances radioactives est comptabilisée en deux étapes successives. Premièrement, de manière identique au scénario A1, l'activité interne est remise en suspension lors de la chute. Deuxièmement, l'activité interne de ces colis de déchets ayant perdu leur confinement lors de la chute est remise en suspension par l'incendie. En complément, l'activité surfacique labile des autres colis présents dans l'emballage de transport mais n'ayant pas perdu leur confinement est également remise en suspension.

Cet évènement engendrerait des rejets de substances radioactives à l'environnement. Il n'est pas considéré, dans cette situation de cumul, une absence d'évacuation des travailleurs à proximité. L'évènement n'entraine donc pas de risque d'exposition interne du travailleur.

8.4.2.5.2 Les hypothèses de la situation accidentelle en extension de dimensionnement

Les hypothèses considérées sont les suivantes :

- terme source retenu :
  - ✓ pour les colis primaires reçus dans le bâtiment nucléaire de surface EP1 en phase de première mise en service :
    - deux colis primaire MA-VL de la famille COG-040 perdant leur confinement :
      - activité d'un colis primaire : $2{,}43.10^{14}$ Bq ;
      - spectre radiologique de l'activité interne du colis primaire COG-040 ;
      - facteur de remise en suspension consécutif à la chute : 10^{-6} ;
    - un colis primaire MA-VL de la famille COG-040 dont l'activité surfacique est remise en suspension :
      - contamination surfacique labile associée à un colis primaire présent dans l'emballage de transport, soit $2{,}75.10^{5}$ Bq (Surface totale de $6{,}24.10^{4}$ cm^2 et contamination surfacique labile de 4 $Bq.cm^{-2}$ pour les émetteurs béta-gamma et 0,4 $Bq.cm^{-2}$ pour les émetteurs alpha) ;
      - spectre de répartition de la contamination labile : 91 % en béta gamma (^{137}Cs) et 9 % en alpha (^{239}Pu) ;
      - fraction remise en suspension : 1 pour le ^{137}Cs et 5.10^{-3} pour le ^{239}Pu ;
  - ✓ pour les colis primaires reçus dans le bâtiment nucléaire de surface EP1 en phases de mise en service ultérieure, un colis primaire MA-VL de la famille EDF-080[80] :
    - activité d'un colis primaire : $2{,}56.10^{15}$ Bq ;
    - spectre radiologique de l'activité interne du colis primaire EDF-080 ;
    - facteur de remise en suspension consécutif à la chute : 10^{-5}.

[80] À ce stade, il est fait l'hypothèse de ne retenir qu'un colis primaire de la famille EDF-080 dans un emballage de transport.

- ✓ pour les colis primaires reçus dans le bâtiment de réception des emballages de transport à déchargement horizontal ETH :
  - deux colis primaire MA-VL de la famille CEA-060 perdant leur confinement :
    - activité d'un colis primaire : $1,4610^{15}$ Bq ;
    - spectre radiologique de l'activité interne du colis primaire CEA-060 ;
    - facteur de remise en suspension consécutif à la chute : 10^{-5} ;
  - deux colis primaires de la famille CEA-060 dont l'activité surfacique est remise en suspension :
    - contamination surfacique labile associée à deux colis primaires présents dans l'emballage de transport, soit $2,7.10^{5}$ Bq (Surface totale de $3,14.10^{4}$ cm^2 et contamination surfacique labile de 4 $Bq.cm^{-2}$ pour les émetteurs béta-gamma et 0,4 $Bq.cm^{-2}$ pour les émetteurs alpha) ;
    - spectre de répartition de la contamination labile : 91 % en béta gamma (^{137}Cs) et 9 % en alpha (^{239}Pu) ;
    - fraction remise en suspension : 1 pour le ^{137}Cs et 5.10^{-3} pour le ^{239}Pu ;

- facteur de remise en suspension associé à l'incendie dépendant du comportement du RN (prise en compte des coefficients associés à des supports non combustibles) ;
- facteur de filtration : 10^{-3} (secteur de confinement adjacent à la zone de feu concerné par l'incendie) ;
- hauteur de rejet : 30 mètres (rejets à l'émissaire du bâtiment nucléaire).

8.4.2.5.3 Les impacts radiologiques de la situation accidentelle en extension de dimensionnement

Les impacts radiologiques maximaux au public sont les suivants :

- pour les colis primaires reçus dans le bâtiment nucléaire de surface EP1 en phase de première mise en service : inférieur à 10 µSv pour l'adulte situé à Bure sur une durée d'exposition de 24 heures ;
- pour les colis primaires reçus dans le bâtiment nucléaire de surface EP1 en phases de mise en service ultérieure : inférieur à 20 µSv pour l'adulte situé à Bure sur une durée d'exposition de 24 heures ;
- pour les colis primaires reçus dans le bâtiment de réception des emballages de transport à déchargement horizontal ETH : inférieur à 50 µSv pour l'adulte situé à Mandres sur une durée d'exposition de 24 heures.

8.4.2.6 La situation accidentelle en extension de dimensionnement E6 : Cumul d'un incendie de l'huile d'un motoréducteur du pont nucléarisé de la cellule de déchargement des emballages de transport avec défaillance du système d'extinction et de la sectorisation incendie

8.4.2.6.1 La description de la situation accidentelle en extension de dimensionnement

La situation accidentelle en extension de dimensionnement E6 est une situation de cumul d'un incendie en cellule de déchargement des emballages de transport (cf. Situation accidentelle de dimensionnement A2 étudiée au chapitre 8.3.4.2 du présent volume) et d'une défaillance de la sectorisation incendie telle qu'une absence de fermeture d'un clapet coupe-feu. Cette défaillance implique une absence de rétention des fumées produites dans le local siège de l'incendie.

Ainsi, il est considéré que l'intégralité du terme source remis en suspension est transféré vers le secteur de confinement adjacent.

Cet évènement engendrerait des rejets de substances radioactives à l'environnement. Il n'est pas considéré, dans cette situation de cumul, une absence d'évacuation des travailleurs à proximité. L'évènement n'entraine donc pas de risque d'exposition interne du travailleur.

8.4.2.6.2 Les hypothèses de la situation accidentelle en extension de dimensionnement

Les hypothèses considérées sont les suivantes :

- terme source retenu : contamination surfacique labile associée à 36 CP de la famille COG-100 présents dans l'ET, soit $2,82.10^6$ Bq (surface totale de $6,41.10^5$ cm^2 et contamination surfacique labile de 4 $Bq.cm^{-2}$ pour les émetteurs béta-gamma et 0,4 $Bq.cm^{-2}$ pour les émetteurs alpha) ;
- spectre de répartition de la contamination labile : 91 % en béta gamma (^{137}Cs) et 9 % en alpha (^{239}Pu) ;
- fraction de remise en suspension : 1 pour le ^{137}Cs et 5.10^{-3} pour le ^{239}Pu ;
- facteur de filtration : 10^{-3} ;
- hauteur de rejet : 30 mètres (rejets à la cheminée du bâtiment nucléaire de surface EP1).

8.4.2.6.3 Les impacts radiologiques de la situation accidentelle en extension de dimensionnement

L'impact radiologique maximal au public est inférieur à 1 µSv pour l'adulte situé à Saudron sur une durée d'exposition de 24 heures.

8.4.2.7 La situation accidentelle en extension de dimensionnement E7 : Cumul d'un incendie d'un chariot de transfert des colis en cellules process du bâtiment nucléaire avec défaillance du système d'extinction embarqué et défaillance de la sectorisation incendie

8.4.2.7.1 La description de la situation accidentelle en extension de dimensionnement

La situation accidentelle en extension de dimensionnement E7 est une situation de cumul d'un incendie d'un chariot de transfert des colis en cellule process du bâtiment nucléaire de surface EP1 (cf. Situation accidentelle de dimensionnement A5 étudié au chapitre 8.3.4.5 du présent volume) et d'une défaillance de la sectorisation incendie telle qu'une absence de fermeture d'un ouvrant. Cette défaillance implique une absence de rétention des fumées produites dans le local siège de l'incendie.

Ainsi, il est considéré que l'intégralité du terme source remis en suspension est transféré vers le secteur de confinement adjacent.

Cet évènement engendrerait des rejets de substances radioactives à l'environnement. Il n'est pas considéré, dans cette situation de cumul, une absence d'évacuation des travailleurs à proximité. L'évènement n'entraine donc pas de risque d'exposition interne du travailleur.

8.4.2.7.2 Les hypothèses de la situation accidentelle en extension de dimensionnement

Les hypothèses considérées sont les suivantes :

- terme source retenu : contamination surfacique labile associée à cinq colis de stockage de type CS7, soit $6,2.10^6$ Bq (Surface totale de $1,41.10^6$ cm^2 et contamination surfacique labile de 4 $Bq.cm^{-2}$ pour les émetteurs béta-gamma et 0,4 $Bq.cm^{-2}$ pour les émetteurs alpha) ;
- spectre de répartition de la contamination labile : 91 % en béta gamma (^{137}Cs) et 9 % en alpha (^{239}Pu) ;
- fraction de remise en suspension : 1 pour le ^{137}Cs et 5.10^{-3} pour le ^{239}Pu ;
- facteur de filtration : 10^{-3} ;
- hauteur de rejet : 30 mètres (rejets à la cheminée du bâtiment nucléaire de surface EP1).

8.4.2.7.3 Les impacts radiologiques de la situation accidentelle en extension de dimensionnement

L'impact radiologique maximal au public est inférieur à 1 µSv pour l'adulte situé à Saudron sur une durée d'exposition de 24 heures.

8.4.2.8 La situation accidentelle en extension de dimensionnement E8 : cumul d'un séisme de dimensionnement conduisant à la mobilisation de l'ensemble de la contamination surfacique et d'une chute d'un CP en cellule avec déconfinement

8.4.2.8.1 La description de la situation accidentelle en extension de dimensionnement

La situation accidentelle en extension de dimensionnement E8 est une situation de cumul de séisme de dimensionnement (cf. Situation accidentelle de dimensionnement A9 étudié au chapitre 8.3.4.9 du présent volume) et de chute d'un colis de déchets dans une cellule de process du bâtiment nucléaire. La situation de chute d'un colis retenu est la chute d'un colis primaire en cellule de déchargement des emballages de transport telle qu'étudiée dans la situation accidentelle de dimensionnement A1 (cf. Chapitre 8.3.4.1 du présent volume).

Il est considéré dans cette approche de cumul une défaillance d'un pont de manutention nucléarisé entrainant une perte de sa capacité de maintien de la charge en cas de séisme.

8.4.2.8.2 Les hypothèses de la situation accidentelle en extension de dimensionnement

Les hypothèses considérées relatives au scénario de séisme sont identiques à celles présentées pour la situation A9 (cf. Chapitre 8.3.4.9 du présent volume).

Les hypothèses retenues vis-à-vis de la situation de chute sont les suivantes :

- terme source retenu :
  - ✓ pour les colis primaires reçus dans le bâtiment nucléaire de surface EP1 en phase de première mise en service, deux colis primaires de la famille COG-050 :
    - activité d'un colis primaire : $3{,}61.10^{13}$ Bq ;
    - spectre radiologique de l'activité interne du colis primaire COG-050 ;
    - facteur de remise en suspension : 10^{-5} ;
  - ✓ pour les colis primaires reçus dans le bâtiment nucléaire de surface EP1 en phases de mise en service ultérieure, un colis primaire MA-VL de la famille EDF-080 :
    - activité d'un colis primaire : $2{,}56.10^{15}$ Bq ;
    - spectre radiologique de l'activité interne du colis primaire EDF-080 ;
    - facteur de remise en suspension : 10^{-5} ;
  - ✓ pour les colis primaires reçus dans le bâtiment de réception des emballages de transport à déchargement horizontal ETH, deux colis primaires de la famille CEA-050 :
    - activité d'un colis primaire : $7{,}80.10^{15}$ Bq ;
    - spectre radiologique de l'activité interne du colis primaire CEA-050 ;
    - facteur de remise en suspension : 10^{-5} ;
- facteur de filtration : 10^{-3}[81] ;
- hauteur de rejet : 30 mètres (rejets à l'émissaire du bâtiment nucléaire de surface EP1).

[81] Seul le filtre THE du dernier niveau de filtration est valorisé dans ce scénario. Ainsi, de manière pénalisante, le filtre THE du premier niveau de filtration n'est pas retenu pour l'évaluation des impacts à la population.

8.4.2.8.3 Les impacts radiologiques de la situation accidentelle en extension de dimensionnement

L'impact radiologique maximal au public à court terme est inférieur à 1 µSv quel que soit le colis retenu pour le cas de chute en cellule de déchargement des emballages de transport.

8.4.2.9 La situation accidentelle en extension de dimensionnement E9 : cumul d'une collision impliquant le véhicule de transport des fûts de déchets d'exploitation avec incendie du véhicule de transport et d'une défaillance du caisson de protection incendie

8.4.2.9.1 La description de la situation accidentelle en extension de dimensionnement

La situation accidentelle en extension de dimensionnement E9 est une situation de cumul d'une collision impliquant le véhicule de transport des fûts de déchets d'exploitation (cf. Situation accidentelle de dimensionnement A6 étudié au chapitre 8.3.3.1 du présent volume) et d'une défaillance du caisson de protection incendie.

En cas de collision impliquant le véhicule de transport, l'activité interne des fûts de déchets d'exploitation est remise en suspension due à l'agression mécanique. En effet, la collision aurait pour conséquence de remettre en cause les barrières de confinement statiques des déchets d'exploitation. Par ailleurs, il est considéré que le caisson de protection incendie des fûts de déchets d'exploitation a perdu ses performances de protection l'incendie.

Dans cette situation, un éventuel incendie entrainerait en complément de l'agression mécanique une agression thermique des fûts et conduirait des impacts radiologiques pour le travailleur à proximité lors de l'évènement et pour le public.

8.4.2.9.2 Les hypothèses de la situation accidentelle en extension de dimensionnement

Les hypothèses considérées sont les suivantes :

- terme source retenu : activité totale des 6 fûts, soit 484,8 MBq ;
- contamination du filtre THE : 9 % en alpha (^{239}Pu) et 91 % en béta gamma (^{137}Cs) ;
- facteur de remise en suspension :
  - ✓ en situation de chute : 10^{-5} ;
  - ✓ en situation d'incendie :
    - pour les émetteur béta gamma 2.10^{-1} ;
    - pour les émetteurs alpha : 10^{-3} ;
- facteur de filtration : 1 ;
- temps d'exposition du travailleur : 120 secondes ;
- hauteur de rejet : 0 mètre (rejets en façade de la tête de descenderie service).

8.4.2.9.3 Les impacts radiologiques de la situation accidentelle en extension de dimensionnement

La dose efficace maximale engagée pour le travailleur pour cette situation est inférieure à 10 mSv.

L'impact radiologique maximal au public à court terme est inférieur à 1 µSv pour l'adulte situé à 500 mètres du point de rejet sur une durée d'exposition de 24 heures.

8.4.2.10 La situation accidentelle en extension de dimensionnement E10 : Cumul d'un incendie du pont stockeur en alvéole MA-VL avec défaillance du système d'extinction embarqué et d'une défaillance de la sectorisation incendie

8.4.2.10.1 La description de la situation accidentelle en extension de dimensionnement

La situation accidentelle en extension de dimensionnement E10 est une situation de cumul d'un incendie d'un pont stockeur en alvéole de stockage MA-VL (cf. Situation accidentelle de dimensionnement A7 étudiée au chapitre 8.3.4.7 du présent volume) et d'une défaillance de la sectorisation incendie telle qu'une absence de fermeture d'un clapet coupe-feu. Cette défaillance implique une absence de rétention des fumées produites dans le local siège de l'incendie.

Cet évènement engendrerait des rejets de substances radioactives à l'environnement. Il n'est pas considéré, dans cette situation de cumul, une absence d'évacuation des travailleurs à proximité. L'évènement n'entraine donc pas de risque d'exposition interne du travailleur.

8.4.2.10.2 Les hypothèses de la situation accidentelle en extension de dimensionnement

Les hypothèses considérées sont les suivantes :

- terme source retenu : contamination surfacique labile associée à un Colis de Stockage de type CS22 en panier en cours de manutention et aux faces de colis CS22 en panier exposées à l'incendie. Une évaluation enveloppe conduit à considérer une contamination surfacique labile totale exposée à l'incendie de $2{,}64.10^{6}$ Bq (surface totale de 6.10^{5} cm^{2} et contamination surfacique labile de de 4 $Bq.cm^{-2}$ pour les émetteurs béta-gamma et 0,4 $Bq.cm^{-2}$ pour les émetteurs alpha) ;
- spectre de répartition de la contamination labile : 91 % en béta gamma (^{137}Cs) et 9 % en alpha (^{239}Pu) ;
- fraction de remise en suspension : 1 pour le ^{137}Cs et 5.10^{-3} pour le ^{239}Pu ;
- Taux de fuite de la façade d'accostage : 1 ;
- facteur de filtration : 1 ;
- hauteur de rejet : 12 mètres (Émissaire de l'usine de ventilation d'extraction du puits ventilation air vicié exploitation).

8.4.2.10.3 Les impacts radiologiques de la situation accidentelle en extension de dimensionnement

L'impact radiologique maximal au public à court terme est inférieur à 1 µSv pour l'adulte situé à Bure sur un temps d'exposition de 24 heures.

8.4.2.11 La situation accidentelle en extension de dimensionnement E11 : Cumul de deux départs de feu en zone d'exploitation (surface-fond)

8.4.2.11.1 La description de la situation accidentelle en extension de dimensionnement

La situation accidentelle en extension de dimensionnement E11 est une situation de cumul d'un départ de feu dans le bâtiment nucléaire et d'un départ de feu dans l'installation souterraine.

Il est donc considéré deux départs de feu simultanés.

Le cumul de deux départs de feu implique potentiellement la mobilisation de moyens d'intervention identiques pour chaque évènement indépendant.

Néanmoins, les moyens d'intervention mis en place et les effectifs disponibles sur le site sont suffisants pour assurer le traitement de deux incendies simultanés. En effet, les dispositions retenues sont les suivantes :

- du personnel des forces de sécurité répartis en deux demi-piquets sont affectés à la mission - incendie en permanence. Un premier demi-piquet est situé en zone descenderie et un deuxième demi-piquet est situé en zone puits. Cette disposition est retenue pour minimiser les temps d'intervention sur les deux zones d'exploitation et assurer un délai de moins de 15 min entre le déclenchement d'une alarme au poste centralisé de sécurité et l'arrivée sur zone des premiers personnels de secours ;
- les moyens à disposition de la force de sécurité-incendie sont dédiés pour chaque zone d'exploitation.

Le dimensionnement des réseaux incendie et pomperies est suffisant pour deux incendies indépendants en zone descenderie ou en zone puits. Les matériels d'intervention prévus pour l'installation souterraine et les bâtiments de surface sont également suffisant pour armer deux équipes distinctes.

Concernant les moyens humains, des renforts peuvent être mis à disposition. Ces renforts seraient :

- les services d'incendie extérieur (le SDIS) ;
- en interne, des équipiers des forces de sécurité formés incendie (personnel mobilisable dans le cadre de différents types d'astreintes).

8.4.2.11.2 Les hypothèses de la situation accidentelle en extension de dimensionnement

Dans le cas d'une situation où deux départs de feu auraient lieu, les situations suivantes sont retenues en termes de calculs d'impacts radiologiques au public :

- situation accidentelle de dimensionnement A5 : Incendie d'un chariot de transfert des colis en cellule process avec défaillance du système d'extinction embarqué ;
- situation accidentelle de dimensionnement A7 : Incendie d'un chariot ou pont stockeur en alvéole MA-VL avec défaillance du système embarqué.

Les hypothèses considérées sont identiques à chaque situation présentée aux chapitres 8.3.4.5 et 8.3.4.7 du présent volume. Ces hypothèses sont rappelées ci-dessous :

- pour la situation accidentelle de dimensionnement A5 :
  - ✓ terme source retenu : contamination surfacique labile associée à cinq colis de stockage de type CS7, soit $6{,}2.10^{6}$ Bq (Surface totale de $1{,}41.10^{6}$ cm^{2} et contamination surfacique labile de 4 $Bq.cm^{-2}$ pour les émetteurs béta-gamma et 0,4 $Bq.cm^{-2}$ pour les émetteurs alpha) ;
  - ✓ spectre de répartition de la contamination labile : 91 % en béta gamma (^{137}Cs) et 9 % en alpha (^{239}Pu) ;
  - ✓ fraction de remise en suspension : 1 pour le ^{137}Cs et 5.10^{-3} pour le ^{239}Pu ;
  - ✓ facteur de filtration : 10^{-3} (Présence d'un secteur de confinement) ;
  - ✓ hauteur de rejet : 30 mètres (rejets à l'émissaire du bâtiment nucléaire) ;
- pour la situation accidentelle de dimensionnement A7 :
  - ✓ terme source retenu : contamination surfacique labile associée à un colis de stockage de type CS22 en panier en cours de manutention et aux faces de colis CS22 en panier exposées à l'incendie. Une évaluation enveloppe conduit à considérer une contamination surfacique labile totale exposée à l'incendie de $2{,}64.10^{6}$ Bq (Surface totale de 6.10^{5} cm^{2} et contamination surfacique labile de 4 $Bq.cm^{-2}$ pour les émetteurs béta-gamma et 0,4 $Bq.cm^{-2}$ pour les émetteurs alpha) ;
  - ✓ spectre de répartition de la contamination labile : 91 % en béta gamma (^{137}Cs) et 9 % en alpha (^{239}Pu) ;
  - ✓ fraction de remise en suspension : 1 pour le ^{137}Cs et 5.10^{-3} pour le ^{239}Pu ;

- ✓ taux de fuite de la façade d'accostage : 10^{-1} ;
- ✓ facteur de filtration : 1 ;
- ✓ hauteur de rejet : 12 mètres (Émissaire de l'usine de ventilation d'extraction du puits ventilation air vicié exploitation).

8.4.2.11.3 Les impacts radiologiques de la situation accidentelle en extension de dimensionnement

L'impact radiologique maximal au public à court terme est inférieur à 1 µSv sur 24 heures d'exposition quelle que soit la population concernée ou la distance au point de rejet.

8.4.3 La synthèse des évaluations d'impacts pour les situations accidentelles en extension de dimensionnement enveloppes

8.4.3.1 La synthèse des impacts radiologiques pour les situations accidentelles en extension de dimensionnement enveloppes

Le tableau 8-18 présente la synthèse des impacts radiologiques liés aux situations accidentelles en extension de dimensionnement.

Tableau 8-18 Synthèse des impacts radiologiques au travailleur et aux populations des situations accidentelles en extension de dimensionnement

Numéro	Situation accidentelle en extension de dimensionnement	Impact radiologique maximal au travailleur	Impact radiologique maximal aux populations à court terme *(Impact radiologique à moyen terme pour les situations de rejets longs)*[82]
E1	Déconfinement d'un emballage de transport et des colis primaires qu'il contient résultant d'une chute dans la fosse du hall de déchargement suite à une défaillance du pont de manutention sécurisé et du matelas amortisseur	20 mSv	EP1 première mise en service : <1 mSv EP1 Phases de mise en service ultérieure : <1 mSv ETH : <9 mSv
E2	Mobilisation de l'activité interne des fûts de déchets d'exploitation en cas d'incendie dans le local d'entreposage des déchets d'exploitation	<1 mSv	<10 µSv
E3	Déconfinement d'un ou plusieurs colis MA-VL stockés en alvéole de stockage dû à une défaillance du colis primaire et du conteneur de stockage (si présent) en tant que premier système de confinement des substances radioactives	Sans objet	<10 µSv
E4	Exposition externe du travailleur situé à proximité d'un alvéole de stockage HA dépourvu du bouchon de radioprotection suite à une défaillance du procédé	<10 mSv	Sans objet

[82] Concernant les rejets longs, le critère de radioprotection associé à ce type de situation en extension du dimensionnement est retenu à 10 mSv pour un temps d'exposition du public d'un an (volume 2 du présent rapport).

Numéro	Situation accidentelle en extension de dimensionnement	Impact radiologique maximal au travailleur	Impact radiologique maximal aux populations à court terme *(Impact radiologique à moyen terme pour les situations de rejets longs)*[82]
E5	Cumul du déconfinement d'un colis primaire résultant d'une défaillance d'un pont et d'un incendie en cellule	Sans objet	EP1 première mis en service : <10 µSv EP1 Phases de mise en service ultérieure : <20 µSv ETH : <50 µSv
E6	Cumul d'un incendie du pont nucléarisé de la cellule de déchargement des emballages de transport et défaillance de la sectorisation incendie	Sans objet	<1 µSv
E7	Cumul d'un incendie d'un chariot de transfert des colis en cellules process du bâtiment nucléaire de surface EP1 avec défaillance des systèmes d'extinction et défaillance de la sectorisation incendie	Sans objet	<1 µSv
E8	Cumul d'un séisme de dimensionnement conduisant à la mobilisation de l'ensemble de la contamination surfacique et d'une chute d'un colis primaire en cellule avec déconfinement	Sans objet	<1 µSv
E9	Cumul d'une collision impliquant le véhicule de transport des fûts de déchets d'exploitation avec incendie du véhicule de transport et d'une défaillance du caisson de protection incendie	<10 mSv	<1 µSv
E10	Cumul d'un incendie du pont stockeur en alvéole MA-VL conduisant à une mobilisation de la contamination surfacique des colis MA-VL présents à proximité et d'une défaillance de la sectorisation incendie	Sans objet	<1 µSv
E11	Cumul de deux départs de feu en zone d'exploitation (surface-fond)	Sans objet	<1 µSv

8.4.3.2 La synthèse des impacts des toxiques chimiques pour les situations accidentelles en extension de dimensionnement enveloppes

Les concentrations de toxiques chimiques maximales auxquelles seraient exposés le public (habitant de Saudron et le promeneur à 500 m de l'émissaire) sont inférieures aux indicateurs de risque chimique avec au moins 10^3 ordres de grandeur quelle que soit la situation incidentelle ou accidentelle enveloppe étudiée.

Synthèse de l'étude des situations accidentelles en extension de dimensionnement

L'étude des situations accidentelles en extension de dimensionnement a pour objectif d'analyser la robustesse de la démonstration de sûreté vis-à-vis de situations peu vraisemblables compte tenu des dispositions de sûreté mises en place.

Ces situations intègrent les situations de cumuls d'évènement indépendants plausibles susceptibles de remettre en cause cette robustesse.

L'analyse des situations accidentelles en extension de dimensionnement enveloppes en termes d'impacts à court terme sur les populations démontre que les objectifs de radioprotection retenus (cf. Volume 2 du présent rapport) sont respectés et conduit à ne pas considérer le besoin de mise à l'abri du public.

Compte tenu de cette analyse, il est démontré le caractère robuste de la démarche de sûreté retenue.

8.5 Les situations exclues

Le présent chapitre présente les situations exclues. Il s'agit de situations accidentelles pour lesquelles un nombre important de dispositions sont cumulées et dont la robustesse est avérée (situation extrêmement improbable avec un haut degré de confiance) ou de situations physiquement impossibles.

8.5.1 Les situations exclues vis-à-vis de la fonction de protection « Confinement des substances radioactives »

Le tableau 8-19 présente les situations exclues principalement vis-à-vis de la fonction « Confinement des substances radioactives ».

Tableau 8-19 Situations exclues vis-à-vis de la fonction de protection « Confinement des substances radioactives »

Localisation	Situation	Dispositions de prévention
Zone Terminal Ferroviaire	Déconfinement d'un emballage de transport en cas d'incendie sur le locotracteur hybride impliquant des emballages de transport sur les wagons d'un convoi	Qualification des emballages de transport à un feu de 800 °C d'une durée de 30 min

Localisation	Situation	Dispositions de prévention
Local de préparation des emballages de transport	Déconfinement d'un emballage de transport et des colis primaires qu'il contient par renversement suite à un choc ou une collision du chariot et/ou du transbordeur des emballages de transport	Conception des chariots et transbordeur : Alimentation électrique du chariot assuré par le transbordeur empêchant son mouvement en absence du transbordeur Capteurs de positionnement du transbordeur Mise en place de bords sensibles stoppant tout mouvement en cas de détection d'obstacles Mise en place d'amortisseur de chocs afin de prévenir toute chute Dimensionnement des équipements de transfert aux chocs sans renversement à pleine vitesse Mises en place de butées basculantes anti chute en bout de voie de roulement du chariot et en limite de fosse du transbordeur
Parc à Hottes	Déconfinement d'une hotte de transfert MA-VL en cas d'incendie d'une navette positionnée sur une table tournante de navette avec défaillance du système d'extinction embarqué	Dimensionnement de la hotte de transfert MA-VL afin de garantir une enceinte de confinement coupe-feu deux heures (EI120) sous incendie conventionnel
		Dimensionnement des équipements de manutention et ouvrages de génie civil stables au feu R120
Gare Haute/Basse Descenderie Colis	Déconfinement d'une hotte de transfert MA-VL et des colis MA-VL qu'elle contient suite à la chute d'une navette ou d'un chariot dans la descenderie colis	Système de conduite gérant les accès de la navette ou du chariot au funiculaire
		Interface de sécurité câblée coupant l'alimentation électrique des rails en cas de funiculaire non présent ou non prêt à réception de la navette
		Gestion sécurisée de l'ouverture de la zone d'accès au funiculaire et mise en place d'un système anticollision sur la navette ou le chariot empêchant l'accès à la fosse de la descenderie colis si la zone d'accès est fermée
Gare Haute/Basse Descenderie Colis	Déconfinement d'une hotte de transfert MA-VL en cas d'incendie d'une navette (gare haute) ou d'un chariot (gare basse) positionné sur le véhicule funiculaire avec défaillance du système d'extinction embarqué	Dimensionnement de la hotte de transfert MA-VL afin de garantir une enceinte de confinement coupe-feu deux heures (EI120) sous incendie conventionnel
		Dimensionnement des équipements de manutention et ouvrages de génie civil stables au feu R120
Descenderie Colis	Déconfinement d'une hotte MA-VL en cas d'incendie du véhicule funiculaire en transfert avec défaillance du système d'extinction embarqué	Dimensionnement de la hotte de transfert MA-VL afin de garantir une enceinte de confinement coupe-feu deux heures (EI120) sous incendie conventionnel
		Dimensionnement des équipements de manutention et ouvrages de génie civil stables au feu R120

Localisation	Situation	Dispositions de prévention
Descenderie Colis	Déconfinement d'une hotte de transfert MA-VL et des colis MA-VL qu'elle contient suite à la dérive du funiculaire dans la descenderie colis	Dimensionnement des composants du funiculaire aux agressions
		Mise en place d'un freinage d'arrêt d'urgence (FAU)
		Mise en place d'un système d'arrêt d'ultime secours (AUS)
		Mise en place de butées de fin de voie arrêtant le funiculaire
		Dimensionnement des équipements de manutention et ouvrages de génie civil stables au feu R120
Galeries de l'installation souterraine	Perte de confinement en cas de collision entre un chariot chargé et une hotte de transfert HA ou MA-VL posée à l'intersection GA/GL	Séquençage du contrôle commande procédé
		Système de détection anticollision
		Amortisseurs de chocs et limitation de la vitesse aux intersections (lieu de pose des hottes de transfert)
		Dimensionnement des équipements de manutention et ouvrages de génie civil stables au feu R120
Alvéole MA-VL	Déconfinement de colis MA-VL suite à une défaillance d'un chariot ou pont stockeur	Conception robuste de la chaîne de levage du pont stockeur
		Limitation de la hauteur de levage des colis MA-VL par conception des équipements du pont stockeur
		Mise en place de platelages en cellule de manutention limitant la hauteur de chute inférieure à 1,20 m
		Qualification des colis MA-VL à une chute d'une hauteur de 1,20 m
Alvéole MA-VL	Déconfinement de colis MA-VL en cas d'incendie d'un chariot ou pont stockeur en partie utile de l'alvéole MA-VL avec défaillance du système d'extinction embarqué	Limitation des charges calorifiques dans l'alvéole MA-VL, choix des matériaux vis-à-vis de leur réaction au feu
		Résistance au feu des ouvrages et équipements (stabilité au feu R120)
		Robustesse des Colis de stockage à l'échauffement dû à l'incendie envisagé

8.5.2 Les situations exclues vis-à-vis de la fonction de protection « Protection des personnes contre les rayonnements ionisants »

Le tableau 8-20 présente quelques situations exclues principalement vis-à-vis de la fonction « Protection des personnes contre les rayonnements ionisants ».

Tableau 8-20 Situations exclues vis-à-vis de la fonction de protection « Protection des personnes contre les rayonnements ionisants »

Localisation	Scénario	Dispositions de prévention
Toute installation	Exposition interne/externe suite à l'agression mécanique des infrastructures des installations	Dimensionnement du génie civil aux chutes de charges pour maintenir une stabilité avec dommages faibles
		Limitation de la vitesse de transfert des moyens de manutention
		Limitation de la hauteur de levage des charges
		Conception robuste de la chaîne de levage des ponts
		Règles de circulation et formation du travailleur
Toute installation	Exposition externe suite à la non-fermeture d'une hotte de transfert MA-VL	Hotte de transfert MA-VL entièrement passive. Ouverture/fermeture réalisée uniquement par une façade d'accostage ou par le poste de maintenance
		Mouvement de recul de la table d'accostage possible uniquement si la porte de la hotte de transfert MA-VL et la porte de la façade d'accostage solidarisées sont fermées et verrouillées
		Interverrouillage (brochage mécanique de l'alimentation électrique de la table d'accostage lors de la fermeture des deux portes) mis en place rendant physiquement impossible un recul de la table tant que les portes ne sont pas fermées et verrouillées
		Asservissement au niveau de l'automate de sécurité de la table d'accostage ne pouvant débloquer les freins si la hotte n'est pas fermée et verrouillée
		Absence de travailleur
Toute installation	Exposition externe suite à la non-fermeture d'une hotte de transfert HA	Hotte de transfert HA alimentée uniquement lors des phases d'accostage et mouvement de fermeture assuré en interne *via* son API
		En absence de bouchon de radioprotection provisoire de la cavité de l'alvéole ou de la façade d'accostage (chargement d'un colis en cours), l'alimentation de la motorisation de la table d'accostage est coupée *via* une logique câblée
		Alimentation de la table permettant l'ouverture des freins est coupée si la table XY de la hotte HA n'est pas en position de transfert
		Absence de travailleur

8.5.3 Les situations exclues vis-à-vis de la fonction de protection « Maîtrise des réactions nucléaires en chaîne »

Le tableau 8-21 présente les situations exclues principalement vis-à-vis de la fonction « Maîtrise des réactions nucléaires en chaîne ».

Tableau 8-21 Situations exclues vis-à-vis de la fonction de protection « Maîtrise des réactions nucléaires en chaîne »

Localisation	Scénario	Dispositions de prévention
Bâtiment nucléaire de surface EP1	Accident de criticité dans la zone tampon générale	Limitation des masses de matières fissiles conformément aux spécifications d'acceptation des colis primaires
		Absence d'agression susceptible de remettre en cause la géométrie spécifiée des colis primaires
		Absence d'agression susceptible de remettre en cause la géométrie spécifiée des conteneurs de stockage et paniers
Alvéoles de stockage MA-VL	Accident de criticité dans la partie utile d'un alvéole de stockage	Limitation des masses de matières fissiles conformément aux spécifications d'acceptation des colis primaires
		Absence d'agression susceptible de remettre en cause la géométrie spécifiée des colis primaires (colis de déchets en stockage direct)
		Absence d'agression susceptible de remettre en cause la géométrie spécifiée des conteneurs de stockage et paniers

8.5.4 Les situations exclues vis-à-vis de la fonction de protection « Évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives et des réactions nucléaires »

Le tableau 8-22 présente les situations exclues principalement vis-à-vis de la fonction « Évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives et des réactions nucléaires ».

Tableau 8-22 Situations exclues vis-à-vis de la fonction de protection « Évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives et des réactions nucléaires »

Localisation	Scénario	Dispositions de prévention
Bâtiment nucléaire de surface EP1	Perte de la maîtrise des dégagements thermiques dans la zone tampon principale due à une perte de refroidissement de l'air	Limitation de la puissance thermique des colis de déchets conformément aux spécifications d'acceptation des colis
		Délai de montée en température compatible avec une remise en service de la ventilation
Alvéoles de stockage MA-VL	Perte de la maîtrise des dégagements thermiques dans un alvéole de stockage contenant des colis de déchets les plus exothermiques due à une perte de la ventilation un alvéole	Limitation de la puissance thermique des colis de déchets conformément aux spécifications d'acceptation des colis
		Délai de montée en température compatible avec une remise en service de la ventilation

8.5.5 Les situations exclues vis-à-vis de la fonction de protection « Maîtrise des gaz inflammables produits par radiolyse ou par corrosion »

Le tableau 8-23 présente les situations exclues principalement vis-à-vis de la fonction « Maîtrise des gaz inflammables produits par radiolyse ou par corrosion ».

Tableau 8-23 Situations exclues vis-à-vis de la fonction de protection « Maîtrise des gaz inflammables produits par radiolyse ou par corrosion »

Localisation	Scénario	Dispositions de prévention
Toute installation	Accumulation excessive de gaz de radiolyse dans une hotte de transfert MA-VL suite à un séisme affectant un moyen de transfert	Dimensionnement des équipements de transfert et de la hotte de transfert MA-VL stables et intègres au séisme
		Dimensionnement du génie civil stable au séisme
		Limitation à la source des débits d'hydrogène émis par les colis MA-VL de manière à disposer de délais d'atteinte du taux limite en hydrogène fixé à 3 % en situation accidentelle compatibles avec le délai nécessaire pour la mise en œuvre du dispositif de balayage de la cavité interne de la hotte MA-VL
		Surveillance du délai d'immobilisation de la hotte en transfert
		Mise en service d'un système de balayage de l'atmosphère de la hotte de transfert MA-VL dans un délai court (délai inférieur aux délais d'atteinte des niveaux de concentration inacceptables en hydrogène)
Alvéoles MA-VL	Accumulation de gaz de radiolyse dans les alvéoles MA-VL suite à la défaillance d'un ventilateur de soufflage ou d'extraction	Conception robuste du système de ventilation
		Limitation à la source des débits d'hydrogène émis par les colis MA-VL de manière à disposer de délais d'atteinte du taux limite en hydrogène fixé à 3 % en situation accidentelle compatibles avec le délai nécessaire pour la remise en service de la ventilation nucléaire en alvéoles MA-VL
Alvéoles MA-VL	Accumulation excessive de gaz de radiolyse en alvéole MA-VL suite à séisme entrainant la perte de la ventilation	Dimensionnement au séisme des organes de ventilation fonctionnels post-séisme des équipements actifs (ventilateurs d'extraction, clapets coupe-feu, registres de réglage et d'isolement)
		Dimensionnement du génie civil de l'ensemble des locaux traversés par le flux d'air
		Dimensionnement au séisme des équipements passifs du réseau de ventilation (gaines, vis de ventilation, caissons de filtration THE)
		Réseau d'alimentation électrique secouru (groupes électrogènes) fonctionnels post-séisme
Alvéoles HA	Accumulation excessive d'oxygène en alvéole HA suite à la défaillance du dispositif de d'inertage à l'azote	Dispositif permettant de contrôler de manière périodique l'évolution de la concentration en oxygène et en hydrogène dans l'alvéole HA
		Dispositif d'inertage à l'azote prévu pour chasser l'oxygène et l'hydrogène présents et écarter un éventuel risque de formation d'atmosphère explosive

9

9

La gestion des situations accidentelles/post-accidentelles

9.1 Les définitions 516

9.2 Les moyens matériels disponibles pour la gestion accidentelle et post accidentelle 518

9.3 La dosimétrie prévisionnelle et durée de gestion des situations accidentelles associée 520

9.4 La gestion accidentelle et post accidentelle des scénarios représentatifs 523

9.1 Les définitions

9.1.1 L'état sûr

La gestion des situations accidentelles passe par l'identification des états sûrs de l'installation.

L'état sûr d'une installation est un état dans lequel toutes les fonctions nécessaires à la protection des intérêts, issues de l'arrêté du 7 février 2012 (3) sont assurées afin de protéger le personnel, l'installation, la population et l'environnement.

L'état sûr est obtenu avec les conditions associées suivantes :

- les termes sources sont affalés au sol ou maintenus en position sécurisée sur les moyens de transport sur rail, position non susceptible d'aggravation de la situation et ;
- les fonctions de sûreté de l'installation sont assurées et ;
- la surveillance de l'installation est assurée (radioprotection, incendie, radiolyse…) et ;
- les rejets radiologiques et non radiologiques sont maitrisés, ils ne doivent pas remettre en cause le respect des objectifs de protection en fonctionnement normal et dégradé.

9.1.2 La mise et le maintien à l'état sûr de l'installation

La mise et le maintien à l'état sûr de l'installation consistent à mettre en place différentes actions à la suite d'un accident ayant entrainé une sortie de l'installation de son domaine de fonctionnement normal ou dégradé. Ces actions permettent le rétablissement et/ou la conservation des fonctions de sûreté. Le rétablissement et/ou la conservation des fonctions de sûreté peut découler de la mise en place de dispositions compensatoires. Ces différentes actions sont définies en fonction de la nature, de la localisation et de l'intensité des phénomènes accidentels qui surviennent.

Mise à l'état sûr :

La mise à l'état sûr de l'installation est un état transitoire dans lequel la maîtrise des fonctions de sûreté n'est que temporaire.

Maintien à l'état sûr :

Le maintien à l'état sûr correspond à des conditions stables et contrôlées de l'installation pouvant être maintenues indéfiniment avec la garantie de la maîtrise des fonctions de sûreté.

9.1.3 La gestion accidentelle et post accidentelle

NOTE IMPORTANTE

- Gestion accidentelle :

  La gestion accidentelle correspond à toutes les actions effectuées depuis la survenue d'une situation venant sortir l'installation de ses conditions de fonctionnement nominales et dégradées jusqu'à la justification du maintien à l'état sûr de l'installation.
- Gestion post accidentelle :

  La gestion post accidentelle correspond, le cas échéant, aux actions de retour à l'exploitation de l'installation nucléaire à la suite de la justification du maintien à l'état sûr de l'installation.

Sont présentées dans ce chapitre, la gestion accidentelle et post accidentelle associées à des scénarios représentatifs de l'éventail des situations accidentelles susceptibles de se produire.

NOTE : RETRAIT HYPOTHETIQUE DES COLIS EN GESTION ACCIDENTELLE/POST ACCIDENTELLE

Dans l'hypothèse d'une situation accidentelle affectant le fonctionnement, l'installation est d'abord placée dans un état sûr, notamment par le maintien ou le rétablissement des fonctions de sûreté.

Une fois cette mise à l'état sûr réalisée, l'exploitant doit examiner les différentes dispositions de gestion post accidentelle à mettre en œuvre pour pérenniser la sûreté de l'installation et reprendre son fonctionnement. Le retrait de colis constitue dans ce cadre l'une des actions possibles, sans pour autant devoir être envisagé systématiquement. Le maintien en stockage de colis, même endommagés, ou leur éventuel retrait est décidé au regard des enjeux de sûreté sur l'ensemble des phases de vie du stockage.

Les dispositions de gestion post accidentelle que l'exploitant met en œuvre afin de pérenniser la sûreté de l'installation et de reprendre son fonctionnement se basent sur le diagnostic de la situation accidentelle rencontrée ainsi que sur une analyse multicritère dont les principaux sont :

- la position, le nombre et l'état des colis accidentés (intégrité du confinement des colis MA-VL) ;
- la présence de colis contaminés[83] et le cas échéant leur nombre, leur position et leur niveau de contamination ;
- l'activité remise en suspension et son impact sur l'activité volumique en alvéole de stockage MA-VL ainsi que sur les doses reçues par les populations ;
- la manutentionnabilité du colis accidenté (intégrité des interfaces de manutention) ;
- l'intégrité des équipements de manutention et l'état du génie civil ;
- l'impact des différentes dispositions de gestion post-accidentelle sur la sûreté d'exploitation, la sûreté à long terme et l'exploitation ;
- le nombre de colis stockés dans l'alvéole ainsi que la phase d'exploitation de l'alvéole (alvéole en cours de remplissage ou en attente de fermeture) ;
- la disponibilité d'une zone d'entreposage tampon pour accueillir les colis MA-VL non contaminés retirés de l'alvéole afin d'atteindre les colis contaminés ;
- le temps, le coût et la complexité de mise en œuvre des différentes dispositions de gestion post-accidentelle ;
- l'impact de ces dispositions de gestion post-accidentelle sur le temps de remise en service de l'alvéole ;
- le taux de vide à respecter dans l'alvéole de stockage MA-VL accidenté pour la mise en place des opérations de fermeture.

[83] Niveau de contamination supérieur aux valeurs seuils de 4 Bq/cm² pour les émetteurs béta et 0,4 Bq/cm² pour les émetteurs alpha.

9.2 Les moyens matériels disponibles pour la gestion accidentelle et post accidentelle

9.2.1 Les moyens matériels disponibles dans l'installation lors d'une situation accidentelle

À l'exception des zones rouges non déclassées (les moyens matériels disponibles spécifiquement pour la gestion accidentelle au sein d'une zone rouge sont présentés au chapitre 9.2.2 du présent volume), toutes les autres zones des installations sont accessibles aux équipes d'intervention.

En cas de survenue d'une situation accidentelle, ces équipes peuvent se rendre sur la zone accidentée afin de participer à la gestion accidentelle puis post accidentelle.

Les équipes d'intervention disposent de matériels spécialisés adaptés à la situation, notamment :

- du matériel de balisage permettant de délimiter des zones d'exclusion ;
- du matériel de mesure d'une contamination surfacique ;
- du matériel de mesure d'un débit d'équivalent de dose ;
- du matériel de décontamination ;
- du matériel permettant le prélèvement d'échantillons pour mesures ou analyses ;
- des sas montables d'entrée et de sortie de zones ;
- des équipements de lutte contre l'incendie (cf. Les équipements fixes liés à la maîtrise du risque incendie sont présentés dans le chapitre 3.2 du présent volume) ;
- des véhicules locotracteurs permettant le remorquage des équipements de manutention sur rails.

L'acheminement sur zone de ces équipes et de ces matériels se fait *via* des véhicules adaptés selon la situation. Les véhicules à disposition pour la gestion de crise sont :

- des véhicules incendie pour l'intervention en surface dans chaque zone (zone descenderie et zone puits) ainsi que des véhicules léger et des véhicules berce prévus pour l'acheminement des matériels spécifiques ;
- des véhicules incendie pour l'intervention en souterrain, ces véhicules comprennent :
  - ✓ l'ensemble des équipements nécessaires à l'intervention en milieu souterrain (y compris lances conventionnelles et hautes pression, tuyaux souples, dévidoirs, etc.) ;
  - ✓ les pompes et réserve d'eau ;
  - ✓ ainsi que l'ensemble des équipements nécessaires à l'autoprotection du véhicule et du personnel de secours ;
- des véhicules d'acheminement des renforts au fond pour la zone exploitation ;
- des véhicules de service présents en zone de soutien logistique exploitation (ZSL) qui pourront être utilisés pour l'acheminement des équipes d'intervention et de leurs matériels (hors personnels FdS : Forces de Sécurité) ;
- des véhicules de secours et d'assistance à victime (VSAV) dont *a minima* un véhicule dans chaque zone (zone descenderies et zone puits).

9.2.2 Les moyens matériels disponibles lors d'une situation accidentelle en zone rouge non déclassée

En cas de survenue d'une situation accidentelle dans une zone rouge non déclassée, l'ambiance radiologique ne permet pas l'intervention *in situ* de personnel. De ce fait, les opérations de reconnaissance et d'analyse de la situation, de reprise du ou des colis accidentés ainsi que l'évacuation de tout terme source de la zone accidentée doivent être réalisées par des moyens matériels déportés ou téléopérés.

Les zones rouges non déclassées, inaccessibles aux équipes d'intervention et aux opérateurs sont :

- les cellules process du bâtiment nucléaire de surface ;
- les zones process du bâtiment nucléaire de surface dans lesquels les colis de déchets ne sont pas en emballage de transport ou en hotte de transport ;
- la partie utile de l'alvéole de stockage MA-VL ;
- la cellule de manutention des alvéoles de stockage MA-VL en cas de présence d'un colis en son sein ;
- les alvéoles de stockage HA.

9.2.2.1 Les cellules process

Les cellules process sont munies de balises de surveillance de la contamination atmosphérique. Ces dispositifs permettent d'analyser de manière préliminaire la situation au sein des cellules.

De surcroit, des outils téléopérés de cartographie sont déployés afin d'obtenir une représentation en trois dimensions de l'état et du positionnement du terme source au sein de la cellule. Cette cartographie permet l'étude numérique précise de la situation afin de développer et de concevoir, si nécessaire, un outil adapté à la reprise et à l'évacuation du colis de déchets de la cellule.

Pour les cellules dont le process prévoit la manutention en hauteur des colis de déchets, celles-ci sont munies de ponts nucléarisés pouvant être utilisés pour la gestion de la situation accidentelle. Ces ponts sont munis de motorisations de secours et de dispositifs de déplacement manuel déporté. Ces dispositifs sont décrits dans le chapitre 3.1.2.1.1 du présent volume. Des interventions manuelles de réparation ou d'adaptation sur les ponts sont possibles en zone arrière pont (ZAR Pont), zone dans laquelle l'ambiance radiologique permet l'intervention humaine.

Les cellules process disposent également de bras téléopérés ou de bras robotisés pour la réalisation de contrôle de contamination, de fixation de la contamination ou encore de manipulation de petits matériels et équipements.

Au besoin, des robots téléopérés mobiles peuvent être déployés au sein des cellules process.

9.2.2.2 Les autres zones du process nucléaire

Dans les zones process, aucune opération de manutention en hauteur n'est présente, le transfert des colis s'effectue *via* des équipements de transfert sur rails. Aucune situation de chute ou de renversement du colis n'est possible.

De manière similaire aux cellules process, les zones process sont munies de balises de surveillance de la contamination atmosphérique. Ces dispositions permettent d'analyser la situation au sein de la zone où la situation accidentelle s'est produite. Des outils de cartographie 3D peuvent également être déployés au besoin.

S'agissant des moyens de transfert des colis, ils sont dimensionnés afin d'être fonctionnels en cas de défaillance ou de blocage d'un composant. Ces dispositifs sont décrits dans les chapitres 3.1.2.1.2a) et 3.1.2.3 du présent volume.

Le cas échéant, des robots téléopérés mobiles ainsi que des équipements de transfert sur rails spécifiques peuvent être déployés afin d'évacuer l'équipement de transfert sur rails non fonctionnel.

9.2.2.3 L'alvéole MA-VL

Les alvéoles MA-VL disposent chacun d'équipements de manutention (table de chargement, élévateur, pont ou chariot stockeur), pouvant être utilisés pour la gestion d'une situation accidentelle. Ces équipements disposent de motorisations de secours et/ou décalées en façade d'accostage, côté galerie d'accès. Ces dispositifs sont décrits dans le chapitre 3.1.2.11 du présent volume.

Les alvéoles MA-VL sont munis de balises de surveillance de la contamination atmosphérique permettant d'analyser la situation au sein de l'alvéole en cas d'accident. Des outils de cartographie 3D peuvent également être déployés au besoin.

Sous réserve de l'absence de terme source (colis de stockage) en cellule de manutention (CM), celle-ci permet l'intervention humaine sur les équipements présents (pont et chariot compris). Au besoin, un robot téléopéré mobile, entreposé dans un local dédié en zone de soutien logistique dans la zone « exploitation » peut également être déployé au sein de la cellule de manutention en cas d'impossibilité d'une intervention humaine.

Chaque cellule de manutention est munie de deux réservations permettant en cas de besoin, la mise en place de deux bras robotisés, entreposés dans un local dédié en zone de soutien logistique et utilisés pour des opérations de contrôle et de fixation de la contamination sur les colis de déchets.

De plus, pour des cas spécifiques, l'utilisation d'un robot téléopéré d'inspection pouvant être déployé en partie utile de l'alvéole est prévue afin de contrôler l'état de colis stockés en alvéole (dégradation du colis, contrôles de contamination).

9.2.2.4 L'alvéole HA

En cas d'une situation accidentelle au sein des alvéoles HA, les équipements prévus pour la gestion accidentelle des situations sont identiques à ceux utilisés pour la mise en stockage/retrait d'exploitation des colis HA.

Si la source de la situation accidentelle est l'équipement de stockage ou de retrait en lui-même, celui-ci est accosté au droit de l'alvéole et permet par sa présence la continuité de la protection radiologique.

Dans cette configuration, les dispositions permettant la gestion de la situation accidentelle sont des actions manuelles en local, directement sur l'équipement défaillant du robot pousseur permettant sa remise en configuration de transfert. Ces dispositifs sont décrits dans le chapitre 3.1.2 du présent volume.

9.3 La dosimétrie prévisionnelle et durée de gestion des situations accidentelles associée

S'agissant de l'estimation dosimétrique prévisionnelle de la gestion post accidentelle, les deux scénarios pénalisants concernant l'impact aux travailleurs sont :

- le déconfinement d'un emballage de transport dans le hall de réception des emballages de transport ;
- le déconfinement d'un colis primaire en cellule process.

En cas de survenue d'une situation accidentelle, les opérations de gestion sont adaptées à la situation et l'exposition des intervenants optimisée selon le principe ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*) présentés dans le chapitre 2.24.3.2.1.2 du présent volume.

9.3.1 Le déconfinement d'un emballage de transport

Le premier scénario concerne le déconfinement d'un emballage de transport à la suite de sa chute dans le hall de déchargement et à la défaillance du matelas amortisseur.

Les opérations de gestion accidentelle et post accidentelle de ce scénario se décomposent en :

- des opérations de reconfinement et de reprise de l'emballage (opérations nécessaires à la mise et au maintien à l'état sûr de l'installation) ;
- des opérations de contrôle et de décontamination du hall de déchargement.

La présence d'opérateurs dans le hall et au plus près de l'emballage accidenté pour les opérations de gestion accidentelle et post accidentelle est rendu possible en raison du zonage radiologique du hall de déchargement sous réserve toutefois que l'ambiance radiologique soit compatible avec l'intervention humaine envisagé. Pour mémoire, le hall est classé en zone contrôlée au plus près des emballages de transport, en zone surveillée dans le cas contraire.

Hypothèses pour l'estimation de la dosimétrie prévisionnelle des opérations de reconfinement de l'emballage de transport :

- terme source retenu : un colis EDF-80 (il est fait l'hypothèse à ce stade de ne retenir qu'un colis primaire de la famille EDF-080 dans un emballage de transport). Cette famille de colis est considérée comme étant la plus pénalisante vis-à-vis de l'exposition externe parmi les familles de colis sujettes à déconfinement lors d'une chute (cf. Volume 3 du présent rapport) :
  - ✓ activité d'un colis primaire : $2{,}56.10^{15}$ Bq ;
  - ✓ spectre radiologique de l'activité interne du colis primaire EDF-80 ;
  - ✓ facteur de remise en suspension : 10^{-5}.
- facteur de rétention de l'emballage de transport : 10^{-1} ;
- débit d'équivalent de dose sur la base des limites de la réglementation transport (Bien qu'ayant perdu ses propriétés confinante, la protection biologique de l'emballage de transport est considérée comme intègre), soit :
  - ✓ 2 mSv/h au contact ;
  - ✓ 1,6 mSv/h à 50 cm ;
  - ✓ 0,1 mSv/h à 1 mètre ;
- débit d'équivalent de dose au centre du hall de déchargement lié à l'exposition externe des substances radioactives relâchées et redéposées sur les surfaces du hall de déchargement : 0,37 μSv/h ;
- temps d'exposition estimé pour les opérations de récupération de l'emballage de transport :
  - ✓ 1 semaine dans l'ambiance du hall ;
  - ✓ 2 jours à 1 mètre de l'emballage de transport ;
  - ✓ 1 jour à 50 cm de l'emballage de transport ;
  - ✓ 1 heure au contact de l'emballage de transport.

La dosimétrie collective totale estimée pour les opérations de reconfinement est estimée à environ 16 H.mSv en dose corps entier.

Hypothèses pour l'estimation de la dosimétrie prévisionnelle des opérations de décontamination du hall de déchargement :

- terme source retenu : un colis EDF-80 (il est fait l'hypothèse de ne retenir qu'un colis primaire de la famille EDF-080 dans un emballage de transport). Cette famille de colis est la plus pénalisante vis-à-vis de l'exposition externe parmi les familles de colis sujettes à déconfinement lors d'une chute ;
  - ✓ activité d'un colis primaire : $2{,}56.10^{15}$ Bq ;
  - ✓ spectre radiologique de l'activité interne du colis primaire EDF-80 ;
  - ✓ facteur de remise en suspension : 10^{-5} ;
- facteur de rétention de l'emballage de transport : 10^{-1} ;
- débit d'équivalent de dose au centre du hall de déchargement lié à l'exposition externe des substances radioactives relâchées et redéposées sur les surfaces du hall de déchargement : 0,37 μSv/h ;
- temps estimé pour les opérations de décontamination : quatre semaines.

La dosimétrie collective totale estimée pour les opérations de décontamination est estimée inférieure à 0,1 H.mSv en dose corps entier.

La dose collective totale maximale pour la gestion post accidentelle d'une chute avec déconfinement d'un emballage de transport est évaluée à environ 16 H.mSv corps entier.

9.3.2 La chute avec déconfinement d'un colis primaire en cellule process

Le second scénario pénalisant en termes de dosimétrie opérationnel pour la gestion d'une situation accidentelle concerne la chute avec déconfinement d'un colis primaire MA-VL en cellule blindée.

Les opérations de gestion post accidentelle de ce scénario se décomposent en :

- des opérations de changement du filtre THE de la cellule process ;
- des opérations de reconfinement et de reprise du colis primaire (opérations nécessaires au maintien à l'état sûr de l'installation) ;
- des opérations de contrôle et de décontamination de la cellule process.

Au vu du zonage radiologique des cellules process (zone contrôlée rouge), les opérations de reconfinement et de reprise du colis primaire s'effectuent de manière déportée par les opérateurs avec l'utilisation de moyens téléopérés. Seules les opérations de changement des filtres et de décontamination de la cellule process (après évacuation des termes sources) sont effectuées par le personnel.

Hypothèses pour l'estimation de la dosimétrie prévisionnelle de changement de filtres THE de la cellule process :

- terme source retenu : un colis EDF-80 (il est fait l'hypothèse à ce stade de ne retenir qu'un colis primaire de la famille EDF-080 dans un emballage de transport ou par cellule process). Cette famille de colis est la plus pénalisante vis-à-vis de l'exposition externe parmi les familles de colis sujettes à déconfinement lors d'une chute (cf. Volume 3 du présent rapport) ;
  - ✓ activité d'un colis primaire : $2{,}56.10^{15}$ Bq ;
  - ✓ spectre radiologique de l'activité interne du colis primaire EDF-80 ;
  - ✓ facteur de remise en suspension : 10^{-5} ;
- Suite à la chute du CP en cellule, sur la base d'une répartition de l'activité sur 8 demi-cellules filtrantes, le débit d'équivalent de dose au contact des filtres est d'environ 3 mSv/h et le débit de dose à 50 cm est d'environ 0,5 mSv/h ;
- Temps estimé nécessaire pour l'opération de changement des filtres : 2 heures.

La dosimétrie collective prévisionnelle pour les opérations de changement de filtres est estimée à environ 1 H.mSv, dose corps entier.

Hypothèses pour l'estimation de la dosimétrie prévisionnelle des opérations de reconfinement et de reprise du colis primaire :

Pour les opérations de reconfinement et de reprise du colis primaire, leur durée estimée est de l'ordre de plusieurs mois. Aucune surexposition pour les opérateurs n'est attendue lors de ces opérations.

Hypothèses pour l'estimation de la dosimétrie prévisionnelle des opérations de décontamination de la cellule process :

- terme source retenu : un colis EDF-80 (il est fait l'hypothèse à ce stade de ne retenir qu'un colis primaire de la famille EDF-080 dans un emballage de transport). Cette famille de colis est la plus pénalisante vis-à-vis de l'exposition externe parmi les familles de colis sujettes à déconfinement lors d'une chute ;
  - ✓ activité d'un colis primaire : $2{,}56.10^{15}$ Bq ;
  - ✓ spectre radiologique de l'activité interne du colis primaire EDF-80 ;
  - ✓ facteur de remise en suspension : 10^{-5} ;
- cellule process considérée : cellule de préparation des colis de stockage (filière 5). Il s'agit de la cellule process, dans laquelle un scénario de perte de confinement d'un colis à la suite d'une chute, avec le plus faible volume libre, maximisant de fait la dose liée à l'exposition externe ;
- débit d'équivalent de dose au centre de la cellule de la cellule de préparation des colis de stockage (filière 5) : 34,6 μSv/h ;
- temps estimé pour les opérations de décontamination : deux semaines.

La dosimétrie collective prévisionnelle pour les opérations de décontamination de la cellule est ainsi de 2,8 H.mSv, dose corps entier.

La dose collective totale maximale pour la gestion post accidentelle d'une chute avec déconfinement d'un colis primaire en cellule process est évaluée à environ 4 H.mSv corps entier.

9.4 La gestion accidentelle et post accidentelle des scénarios représentatifs

Les scénarios présentés au sein de chapitre ont été choisis pour être représentatifs des opérations réalisées par le process nucléaire et non pas en fonction des enjeux de sûreté en termes d'impact au travailleur et à l'environnement.

9.4.1 La chute d'un emballage de transport dans le hall de déchargement

Ce scénario, classé en extension de dimensionnement, considère une chute d'emballage de transport d'une hauteur supérieure à sa hauteur de qualification (manutention sans capot amortisseur à plus de 1,20 mètre). Le déconfinement de l'emballage et des colis primaires (le déconfinement des colis primaires n'est postulé que pour les colis de déchets MA-VL) à la suite d'une chute est envisagé en considérant une défaillance du système d'amortissement placé sous l'emballage.

L'état de l'installation et des termes sources suite à la survenue de cette situation accidentelle et permettant la définition des principes de sa gestion sont :

- l'emballage est immobilisé au sol et reste manutentionnable ;
- les motorisations des ponts sécurisés du hall de déchargement sont fonctionnelles (cf. Chapitre 3.1.2.1.1 du présent volume).

La gestion accidentelle de cette situation est réalisée par :

- l'arrêt du process suite à la détection de la situation ;
- l'évaluation de la situation radiologique ainsi que la cartographie de la zone ;
- des opérations de réparation, si nécessaire, du pont sécurisé ;
- l'évaluation et la reconstitution de l'intégrité du confinement de l'emballage (contrôles de non-contamination, vinylage des joints si nécessaire…).

À la suite de la reconstitution du confinement de l'emballage, l'état de l'installation est le suivant :

- l'emballage de transport et les colis qu'il contient sont affalés au sol sans possibilité d'aggravation de la situation accidentelle ;
- le confinement des substances radioactives est garanti de manière pérenne (la barrière de confinement statique assurée par l'emballage de transport est reconstituée suite au vinylage des joints) ;
- les autres fonctions de sûreté de l'installation sont assurées de manière pérenne ;
- la surveillance de l'installation est assurée.

L'installation est mise à l'état sûr et le maintien de cet état est assuré.

La gestion post-accidentelle de ce scénario est assurée par :

- l'évacuation de l'emballage par un pont sécurisé vers une zone dédiée ;
- la décontamination du hall de déchargement.

9.4.2 L'incendie impliquant un emballage de transport

Lors de leur transfert depuis le hall de déchargement jusqu'aux locaux d'accostage, les emballages de transport sont manutentionnés par un pont sécurisé et des engins de transfert sur rails (transbordeur et chariot). En cas d'incendie d'un de ses moyens de manutention, l'emballage de transport est impacté.

Ce scénario est classé en accidentel de dimensionnement.

L'état de l'installation et des termes sources suite à la survenue de cette situation accidentelle de dimensionnement et permettant la définition des actions pour sa gestion sont :

- les dispositions de prévention qui limitent l'intensité du feu et sa durée (cf. Chapitre 3.2.3 du présent volume) ;
- le colis primaire (HA ou MA-VL) qui est intègre suite à l'incendie (cf. Chapitre 3.2.9 du présent volume) ;
- les moyens de manutention des emballages de transport, étant à l'origine de l'incendie (départ de feu dans un coffret électrique de l'équipement ou échauffement de la motorisation), ne sont plus fonctionnels ; ils sont néanmoins dimensionnés pour être stables suite à un incendie.

La gestion accidentelle de cette situation est réalisée par :

- l'arrêt du process suite à la détection de la situation ;

- la gestion de la situation d'incendie par les actions et principes définis dans le chapitre 3.2 du présent volume ;
- le traitement des fumées et suies par la ventilation nucléaire ;
- parallèlement à ces actions, l'emballage de transport est mis en configuration sûre :
  - ✓ s'il est en cours de manutention au pont, son affalage dans une zone dédiée est réalisé ; le déplacement et l'affalage peuvent être effectués par des moyens de secours (treuils de halage, affalage par gravité) ;
  - ✓ s'il est en cours de manutention sur un engin de transfert sur rail, son maintien sécurisé en position sûre par celui-ci est acquis.

À la suite de l'extinction de l'incendie, l'état de l'installation est le suivant :

- l'emballage de transport est affalé au sol dans une zone dédiée ou maintenu de manière sécurisée par un engin de transport sur rails. Aucune possibilité d'aggravation de la situation n'est à redouter ;
- l'incendie est éteint, les fumées ainsi que l'activité surfacique remise en suspension sont gérées par la ventilation nucléaire ;
- les fonctions de sûreté sont assurées de manière pérenne ;
- la surveillance de l'installation est assurée.

L'installation est mise à l'état sûr et le maintien de cet état est assuré.

La gestion post-accidentelle de cette situation est réalisée par :

- la récupération et l'analyse des effluents incendie avant leur évacuation ;
- la réalisation de contrôles de non-contamination et d'opérations de décontamination de la zone concernée, des équipements et de l'emballage ;
- la remise en état des équipements et des structures si nécessaire ;
- l'évacuation de l'emballage par les équipements de manutention à disposition.

9.4.3 La chute d'un colis primaire ou de stockage MA-VL dans une cellule process

Pour les colis primaires MA-VL, deux cas sont distingués :

- la hauteur de manutention des colis primaires MA-VL est inférieure à leur hauteur de qualification. De ce fait, le déconfinement des colis primaires n'est pas retenu ;
- la hauteur de manutention des colis primaires MA-VL est supérieure à leur hauteur de qualification : leur déconfinement suite à une chute est envisageable en cas de chute (cf. Chapitre 3.1.2.1.1 du présent volume) ; les cellules du bâtiment nucléaire de surface, où un risque de déconfinement des colis de déchets suite à une chute est identifié, sont :
  - ✓ la cellule de déchargement des emballages de transport ;
  - ✓ les cellules de préparation des colis de stockage ;
  - ✓ la cellule de réouverture des colis de stockage MA-VL.

Pour les colis de déchets MA-VL en configuration de stockage, leur manutention s'effectue toujours en dessous de leur hauteur de qualification (cf. Chapitre 3.1.2.1.1 du présent volume). Le déconfinement de ces colis n'est donc pas retenu en cas de chute.

Le scénario de perte du confinement de colis primaire MA-VL à la suite de leur chute est classé en accidentel de dimensionnement.

Le zonage radiologique des cellules process ne permet pas l'intervention humaine en présence d'un colis de déchets, la reprise et l'évacuation de la totalité des colis de déchets présents dans la cellule où a lieu la situation d'accident est réalisées par des moyens téléopérés.

Les hypothèses de l'état de l'installation et des termes sources à la suite de la survenue de cette situation accidentelle permettant la définition de sa gestion sont :

- les colis de déchets non impliqués dans la situation d'accident restent manutentionnable avec les équipements de manutention disponibles ;
- lors de la chute d'un colis primaire MA-VL à une hauteur supérieure à sa hauteur de qualification, il est considéré que ses organes de manutention restent intègres ;
- le second système de confinement des colis de déchets MA-VL apporté par le génie civil des cellules process associé à la ventilation nucléaire reste intègre (cf. Chapitre 3.1.2.1.1 du présent volume).

La gestion accidentelle de perte de confinement d'un colis primaire consiste en :

- l'arrêt du process ;
- le maintien de la ventilation du volume de la cellule process afin d'assainir l'atmosphère en cellule.

Outre le rejet initial lié à la remise en suspension d'une portion de l'activité interne du colis accidenté, un phénomène de léchage lié au fonctionnement de la ventilation nucléaire est à recenser, entrainant une remise en suspension faible mais continue de l'activité interne du colis accidenté tant que le premier système de confinement, assuré par le colis primaire, n'est pas rétabli.

Dû à la présence du second système de confinement, seule une fraction de cette activité est rejetée à l'environnement et permet d'assurer que l'impact du rejet continu aux populations respecte les objectifs de protection en fonctionnement normal et dégradé (cf. Chapitre 1 du présent volume).

À la suite de l'assainissement de l'atmosphère en cellule process, l'état de l'installation est le suivant :

- le colis de déchets accidenté est situé à même le sol de la cellule process, configuration non susceptible d'aggraver la situation accidentelle ;
- le confinement des substances radioactives est assuré de manière pérenne par un second système de confinement intègre et fonctionnel composé par les parois et traversées des cellules process associé à une ventilation nucléaire ;
- les autres fonctions de sûreté sont maitrisées de manière pérenne ;
- les rejets et les impacts liés à la chute et au déconfinement du colis de déchets sont maîtrisés par la présence du second système de confinement ;
- la surveillance de l'installation est assurée.

L'installation est mise à l'état sûr et le maintien de cet état est assuré.

La gestion post accidentelle de la situation consiste en :

- le déploiement, si nécessaire, d'outils téléopérés de cartographie afin d'obtenir une représentation en trois dimensions de l'état et du positionnement du terme source au sein de la cellule ;
- des interventions manuelles sur le pont nucléarisé en zone arrière pont (ZAR Pont) ;
- l'évacuation des colis non accidentés présents dans la cellule process par le pont nucléarisé ;
- la reprise du colis de déchets accidenté par le pont nucléarisé ou par un équipement développé spécifiquement ;
- l'évaluation de l'intégrité du confinement du colis et sa reconstitution si nécessaire avant évacuation. En cas de perte de confinement du colis de déchets, un sur conteneur spécifique permet la reconstitution du confinement au plus près des substances radioactives ;
- la décontamination et la remise en état de la cellule ;
- le changement des filtres THE.

À noter que pour tout besoin de communication entre une cellule C4** Famille IIIB siège de l'accident (avec perte de confinement d'un colis de déchets) et le local C2 Famille IIA adjacent, la mise en place d'un sas tampon ventilé et filtré est nécessaire.

En cas de besoin d'intervention humaine dans les locaux adjacents à la cellules C4** Famille IIIB siège de l'accident (pour la mise en place du sas par exemple), il est nécessaire de s'assurer que l'ambiance radiologique de ces locaux adjacents sont compatibles avec une présence de personnel. En cas de présence de termes sources dans ces locaux, leur évacuation est effectuée en priorité avant l'envoi de personnel.

9.4.4 L'incendie d'un pont nucléarisé en cellule process du bâtiment nucléaire impactant un colis de déchets en manutention

En cas d'incendie d'un pont nucléarisé en cours de manutention dans une cellule process, le colis manutentionné (HA ou MA-VL) est impacté par l'incendie. Ce scénario est classé en accidentel de dimensionnement.

Les hypothèses de l'état de l'installation et des termes sources à la suite de la survenue de cette situation accidentelle de dimensionnement et permettant la définition de sa gestion sont :

- les dispositions de prévention limitent l'intensité du feu et sa durée (cf. Chapitre 3.2.3 du présent volume) ;
- le colis primaire ou de stockage est intègre suite à l'incendie (cf. Chapitre 3.2.9 du présent volume) ;
- les motorisations principales des moyens de manutention en cellule, étant à l'origine de l'incendie (départ de feu dans un coffret électrique de l'équipement ou échauffement de la motorisation), ne sont plus fonctionnels. Les moyens de manutention des colis en cellule sont dimensionnés pour être stables à la suite d'un incendie.

La gestion accidentelle de cette situation est réalisée par :

- l'arrêt du process suite à la détection de la situation ;
- la gestion de la situation d'incendie par les actions et principes définis dans le chapitre 3.2 du présent volume ;
- parallèlement à ces actions, l'affalage du colis de déchets manutentionné par le ponts nucléarisé de la cellule, dans une zone dédiée est réalisé. Le déplacement et l'affalage peuvent être effectués par des moyens de secours ;
- le remplacement des filtres THE afin de traiter les fumées et suies par la ventilation nucléaire.

À la suite de l'extinction de l'incendie, l'état de l'installation est le suivant :

- le terme source est affalé au sol, configuration non susceptible d'aggraver la situation accidentelle ;
- l'incendie est éteint et les fumées ainsi que l'activité surfacique remise en suspension sont gérées par la ventilation nucléaire ;
- le confinement apporté :
  - ✓ par le colis primaire puis le colis de stockage est intègre de manière pérenne ;
  - ✓ par les parois et traversées des cellules process associés à une ventilation nucléaire est intègre et fonctionnel de manière pérenne (cf. Chapitre 3.2.5.3 du présent volume) ;
- les autres fonctions de sûreté sont assurées de manière pérenne ;
- la surveillance de l'installation est assurée.

L'installation est mise à l'état sûr et le maintien de cet état est assuré.

La gestion post-accidentelle de cette situation est réalisée par :

- le rapatriement du pont en ZAR Pont pour des opérations de maintenance corrective. Les ponts nucléarisés disposent de systèmes manuels de secours dont les mécanismes sont dimensionnés pour rester fonctionnels post incendie ;
- l'évacuation des termes sources de la cellule process pour contrôles avec les moyens de manutention à disposition ;
- la récupération et l'analyse des effluents incendie avant leur évacuation ;
- la réalisation de contrôles de non-contamination et d'opérations de décontamination de la cellule si nécessaire ;
- la remise en état des équipements et des structures si nécessaire.

9.4.5 L'incendie lors du transfert en hotte des colis de stockage (hors descenderie colis)

Lors de leur transfert depuis le parc à hottes jusqu'aux alvéoles de stockage, les colis de déchets HA et MA-VL sont manutentionnés par des engins de transfert sur rails (chariots et navettes). En cas d'incendie d'un de ses moyens de manutention, la hotte ainsi que les colis de déchets sont impactées.

Ce scénario est classé en accidentel de dimensionnement. Les hypothèses de l'état de l'installation et des termes sources à la suite de la survenue de cette situation accidentelle de dimensionnement et permettant la définition de sa gestion sont :

- les dispositions de prévention limitent l'intensité du feu et sa durée (cf. Chapitre 3.2.3 du présent volume) ;
- les hottes de transfert sont robustes à l'incendie ; le confinement apporté par la hotte MA-VL et les colis de stockage est assuré suite à l'incendie (cf. Chapitre 3.2.9 du présent volume) ;
- la motorisation principale du moyen de transfert sur rails, étant à l'origine de l'incendie (départ de feu dans un coffret électrique de l'équipement ou échauffement de la motorisation), n'est plus fonctionnelle.

La gestion accidentelle de cette situation est réalisée par :

- l'arrêt du process suite à la détection de la situation, se traduisant par l'immobilisation du moyen de transfert. Les moyens de transfert sur rails assurent un maintien sécurisé des hottes de transfert à la suite du scénario d'incendie de référence ;
- la gestion de la situation d'incendie par les actions et principes définis dans le dans le chapitre 3.2 du présent volume ;
- la gestion des fumées et suies par la ventilation nucléaire.

À la suite de l'extinction de l'incendie, l'état de l'installation est le suivant :

- la hotte est maintenue en position sécurisée sur son moyen de transfert, configuration non susceptible d'aggraver la situation accidentelle ;
- les fumées et l'activité surfacique remise en suspension sont gérées par la ventilation nucléaire ;
- le confinement apporté :
  - ✓ par le colis de stockage est intègre de manière pérenne ;
  - ✓ par la hotte MA-VL est intègre de manière pérenne ;
- les autres fonctions de sûreté sont assurées de manière pérenne ;
- la surveillance de l'installation est assurée.

L'installation est mise à l'état sûr et le maintien de cet état est assuré.

La gestion post-accidentelle de cette situation est réalisée par :

- l'affalage de la hotte manutentionnée. En fonction de l'intégrité du système d'affalage, cette opération peut être réalisée manuellement ;
- l'évacuation du moyen de transfert. En fonction de son état, l'utilisation d'un locotracteur est nécessaire ;
- l'acheminement du moyen de transfert jusqu'à son local de maintenance pour contrôle de contamination et réparation ;
- la prise en charge de la hotte par un autre moyen de transfert pour évacuation ;
- la récupération et l'analyse des effluents incendie avant leur évacuation ;
- la réalisation de contrôles de non-contamination et d'opérations de décontamination du moyen de transfert, de la hotte et de la zone concernée ;
- l'évaluation des dégâts sur les structures et leur réparation si nécessaire.

9.4.6 L'incendie lors du transfert des colis de stockage dans la descenderie colis

En cas d'incendie du funiculaire lors d'un transfert d'une hotte dans la descenderie colis, la hotte ainsi que les colis de déchets sont impactées par l'incendie.

Ce scénario est classé en accidentel de dimensionnement.

Les hypothèses de l'état de l'installation et des termes sources à la suite de la survenue de cette situation accidentelle de dimensionnement et permettant la définition de sa gestion sont :

- les dispositions de prévention limitent l'intensité du feu et sa durée (cf. Chapitre 3.2.3 du présent volume) ;
- les hottes de transfert sont robustes à l'incendie : le confinement apporté par la hotte MA-VL et les colis de stockage sont intègres suite à l'incendie (cf. Chapitre 3.2.9 du présent volume) ;
- la motorisation principale du funiculaire, étant à l'origine de l'incendie (départ de feu dans un coffret électrique de l'équipement ou échauffement de la motorisation), n'est plus fonctionnelle.

La gestion accidentelle de cette situation est réalisée par :

- l'arrêt du process suite à la détection de la situation se traduisant par l'arrêt et l'affaissement du funiculaire sur les rails. Le funiculaire assure un maintien sécurisé des hottes de transfert à la suite du scénario d'incendie de référence ;
- la gestion de la situation d'incendie par les actions et principes définis dans le chapitre 3.2 du présent volume ;
- le traitement des fumées et suies par la ventilation nucléaire.

À la suite de l'extinction de l'incendie, l'état de l'installation est le suivant :

- le funiculaire est affalé dans la descenderie colis et maintient la hotte de manière sécurisée ;
- les fumées et l'activité surfacique remise en suspension sont gérées par la ventilation nucléaire ;
- l'évacuation des gaz de radiolyse au sein de la hotte est effectuée *via* un dispositif mobile venant permettre le balayage de l'atmosphère interne de la hotte ;
- la surveillance de l'installation est assurée.

La mise à l'état sûr de l'installation est assurée.

La suite de la gestion accidentelle de cette situation est réalisée par :

- la remise en état *in situ* des équipements du funiculaire et des rails nécessaires pour l'évacuation de la hotte de transfert ;
- le rapatriement du funiculaire en gare pour évacuation de la hotte.

À la suite de l'évacuation de la hotte, l'état de l'installation est le suivant :

- la hotte est maintenue en position sécurisée sur un moyen de transfert dans une zone dédiée, configuration non susceptible d'aggraver la situation accidentelle ;
- le confinement est apporté :
  - ✓ par le colis de stockage qui est intègre de manière pérenne ;
  - ✓ par la hotte MA-VL qui est intègre de manière pérenne ;
- la surveillance de l'installation est assurée.

La gestion post-accidentelle de cette situation est réalisée par :

- la collecte et l'analyse des effluents incendie avant leur évacuation ;
- la réalisation de contrôles de non-contamination et d'opérations de décontamination du moyen du funiculaire, de la hotte et de la zone concernée ;
- l'évaluation des dégâts sur les structures et leur réparation si nécessaire.

9.4.7 La collision entre deux moyens de transfert sur rails de hottes dont l'un transporte une hotte pleine

Ce scénario est classé en accidentel de dimensionnement.

Les hypothèses de l'état de l'installation et des termes sources à la suite de la survenue de cette situation accidentelle de dimensionnement et permettant la définition de sa gestion sont :

- la collision s'effectue à petite vitesse en raison de la présence de systèmes anticollision, de freinage et d'amortisseurs sur les moyens de transfert ; les moyens de transferts sont considérés comme intègres structurellement suite à la collision et la hotte continue à être manutentionnée de manière sécurisée (cf. Chapitre 3.1.2.8 du présent volume) ;
- la protection radiologique apportée par les hottes est considérée comme intègre (cf. Chapitre 3.1.2.8 du présent volume) ;
- le confinement des substances radioactives est conservé (cf. Chapitre 3.1.2.8 du présent volume).

La gestion accidentelle de cette situation consiste en l'arrêt du process.

À la suite de l'arrêt du process, l'état de l'installation est le suivant :

- la hotte est maintenue sur le moyen de transfert de manière sécurisée, configuration non susceptible d'aggraver la situation accidentelle ;
- les fonctions de sûreté de l'installation sont assurées de manière pérenne ;
- les rejets liés à la collision du colis de stockage sont maîtrisés par la présence de systèmes de confinement intègres ;
- l'évacuation des gaz de radiolyse au sein de la hotte est effectuée via un dispositif mobile venant permettre le balayage de l'atmosphère interne de la hotte ;
- la surveillance de l'installation est assurée.

La mise et le maintien à l'état sûr de l'installation sont assurés.

La gestion post-accidentelle de cette situation est réalisée par :

- l'affalage des hottes manutentionnées ; en fonction de l'intégrité du système d'affalage, cette opération peut être réalisée manuellement ;
- l'évacuation des moyens de transfert ; en fonction de leur état, l'utilisation d'un locotracteur est nécessaire ;
- la prise en charge des hottes de transfert par d'autres moyens de transfert pour être transférées jusqu'à la façade d'accostage du parc à hotte du bâtiment nucléaire pour évacuation du colis de stockage pour contrôle de contamination ;
- l'acheminement des moyens de transfert impliqués dans l'accident jusqu'à leur local de maintenance respectif pour des contrôles de contamination et réparation.

9.4.8 La chute d'un colis de stockage en alvéole MA-VL lors de sa manutention par le pont ou le chariot stockeur

Ce scénario est classé en accidentel de dimensionnement.

Les hypothèses de l'état de l'installation et des termes sources à la suite de la survenue de cette situation accidentelle et permettant la définition de sa gestion sont :

- la manutention des colis de stockage en alvéole de stockage MA-VL s'effectue à une hauteur de quelques dizaines de centimètres ; en cas de chute d'un colis de stockage, le confinement ainsi que l'intégrité de ses organes de préhension sont intègres (cf. Chapitre 3.1.2.11 du présent volume). Le colis est donc manipulable à la suite de sa chute ;
- la motorisation du pont ou du chariot stockeur des alvéoles de stockage MA-VL est considérée comme fonctionnelle post accident.

Deux cas sont à distinguer pour cette situation accidentelle :

- le colis chute en partie utile de l'alvéole de stockage ;
- le colis chute en cellule de manutention ; ce second cas se distingue du premier par l'impossibilité d'envoyer du personnel d'intervention en cellule de manutention avant évacuation du terme source de la cellule de manutention.

La gestion accidentelle de cette situation consiste en l'arrêt du process de mise en stockage à la suite de la détection de la situation.

À la suite de l'arrêt du process, l'état de l'installation est le suivant :

- le colis de stockage est situé sur le radier de l'alvéole ou sur un colis de déchets de la couche inférieure, configuration non susceptible d'aggraver la situation accidentelle ;
- le confinement apporté :
  - ✓ par le colis de stockage est intègre de manière pérenne ;
  - ✓ par les parois et traversées de l'alvéole de stockage MA-VL associées à une ventilation nucléaire est intègre et fonctionnel de manière pérenne ;
- les fonctions de sûreté de l'installation sont assurées de manière pérenne ;
- les rejets liés à la remise en suspension de la contamination surfacique du colis accidenté sont maîtrisés par la présence du second système de confinement (confinement dynamique) ;
- la surveillance de l'installation est assurée.

La mise et le maintien à l'état sûr de l'installation sont assurés.

La gestion post-accidentelle de cette situation est réalisée tout d'abord par le déploiement, si nécessaire, d'outils téléopérés de cartographie afin de d'obtenir une représentation en trois dimensions de l'état et du positionnement du terme source au sein de la cellule.

Si le colis a chuté en cellule de manutention, la récupération du colis est privilégiée pour la gestion post accidentelle de la situation.

La gestion post-accidentelle de cette situation est réalisée par :

- la reprise du colis : l'utilisation de robots téléopérés spécifiques est nécessaire pour toute opération réalisée en cellule de manutention ; ces opérations comprennent la réparation et l'adaptation du pont ou du chariot stockeur en vue de la reprise du colis accidenté voire la reprise du colis en lui-même ;
- l'évacuation du colis de la cellule de manutention en vue des opérations de reconfiguration de la cellule de manutention vers le bâtiment de surface pour des contrôles complémentaires ;
- la reconfiguration de la cellule de manutention pour l'installation de bras téléopérés permettant la réalisation d'opérations de contrôles et de fixation de la contamination ;
- le rapatriement du colis accidenté en cellule de manutention ;
- le contrôle de la contamination, sur le colis accidenté ainsi que la fixation de celle-ci si jugé nécessaire, par les bras téléopérés ;
- en fonction de l'évaluation de la situation, le colis repris est évacué de l'alvéole de stockage pour inspection complémentaire dans le bâtiment nucléaire ou est stocké en l'état dans l'alvéole.

Si le colis a chuté en zone utile de l'alvéole, trois solutions sont envisagées pour la gestion post-accidentelle de la situation :

- la mise en place d'opérations en vue de la fermeture anticipée de l'alvéole ;
- le retrait du ou des colis impactés par la chute ;
- le maintien en l'état du colis accidenté et la reprise des opérations de stockage dans l'alvéole.

Le processus de décision d'opter pour l'une de ces solutions est basé sur l'analyse de la situation (cf. Chapitre 9.1 du présent volume).

9.4.8.1 En cas de fermeture anticipée de l'alvéole

La gestion post-accidentelle de la situation consiste à laisser le colis accidenté en l'état et à mettre en place les opérations de fermeture au sein de l'alvéole.

Les opérations de fermeture, permettant d'isoler l'alvéole MA-VL du reste de l'installation souterraine, comprennent notamment :

- le comblement de l'alvéole ;
- le démantèlement de la cellule de manutention ;
- le remblayage de la cellule de manutention ;
- le remblayage de la jonction de retour d'air.

Concernant l'étape de comblement de l'alvéole, en fonction niveau de remplissage de l'alvéole en colis de stockage au moment de l'occurrence de la situation accidentelle et de la localisation du colis accidenté, des dispositions techniques permettant de venir combler les vides dans l'alvéole eu égard aux exigences de sûreté après fermeture doivent être mises en place.

Les dispositions techniques envisagées dépendent de la zone à traiter, en amont ou en aval du colis accidenté (par convention la zone amont est située en amont du flux d'air de ventilation donc de la zone d'accostage vers le fond d'alvéole) :

- en amont du colis, les vides pourraient être comblés en utilisant des blocs de comblements au gabarit des colis afin de garantir un taux de vide compatible avec les exigences de sûreté à long terme ;ces blocs seraient manutentionnable par le pont ou le chariot stockeur ;
- en aval du colis, l'injection d'un matériau de remplissage est envisagée.

À la suite de la réalisation des opérations de fermeture de l'alvéole, en cohérence avec les études de sûreté à long terme telles que décrites dans le volume 8 « la démonstration de sûreté après fermeture » du présent rapport, une chute de colis en alvéole ne remet pas en cause la sûreté à long terme du stockage. Il est également rappelé qu'aucune situation de chute de dimensionnement ou d'extension du dimensionnement ne remet en cause l'intégrité du confinement des substances, apportée par le colis de stockage.

9.4.8.2 En cas de retrait d'un ou de colis impliqués dans la situation accidentelle

Dans l'optique du retrait du colis accidenté, la gestion post-accidentelle de cette situation est réalisée par :

- le rapatriement et la réparation du pont ou du chariot stockeur en cellule de manutention suite à la fermeture de l'écran de radioprotection ; le rapatriement du pont ou chariot est effectué *via* l'utilisation de lièvres de manutention ;
- la reconfiguration de la cellule de manutention pour l'installation de bras téléopérés permettant la réalisation d'opérations de contrôles et de fixation de la contamination si jugés nécessaires ;
- la reprise du colis. Pour ces opérations :
  - ✓ au vu de la hauteur de manutention des colis de déchets en cellule et en alvéole, la situation la plus probable suite à la chute du colis est son désaxement. Un outil spécifique orientable permet la reprise d'un colis désaxé (de l'ordre d'une dizaine de degré) ;
  - ✓ si le positionnement du colis ne permet pas sa récupération *via* cet outil, la cartographie réalisée permet l'étude numérique précise de la situation afin de développer et de concevoir un outil adapté à sa reprise ;
- le rapatriement du colis accidenté en cellule de manutention ;
- le contrôle de la contamination sur le colis accidenté ainsi que la fixation de celle-ci, si jugé nécessaire, par les bras téléopérés ;
- en fonction de l'évaluation de la situation, le colis repris est évacué de l'alvéole de stockage pour inspection complémentaire dans le bâtiment nucléaire ou est stocké en l'état dans l'alvéole.

9.4.8.3 En cas du maintien en alvéole du colis accidenté et de reprise des opérations de stockage dans l'alvéole.

Dans l'optique du maintien en alvéole du colis accidenté et de reprise des opérations de stockage dans l'alvéole, la gestion post-accidentelle de cette situation est réalisée par le rapatriement et la réparation du pont ou du chariot stockeur en cellule de manutention à la suite de la fermeture de l'écran de radioprotection. Le rapatriement du pont ou chariot est effectué *via* leurs systèmes de motorisation principaux ou de secours, voire par l'utilisation de lièvres de manutention.

À la suite de ces opérations, le process de stockage en alvéole en aval du colis accidenté peut être repris.

De la même manière que pour la solution de fermeture de l'alvéole, en fonction de la localisation du colis accidenté et du taux de vide acceptable vis-à-vis des exigences de sûreté à long terme, un comblement de la zone aval de l'alvéole devra être réalisé *via*, par exemple, l'injection d'un matériau de remplissage.

9.4.9 L'incendie en alvéole MA-VL

Lors de leur transfert depuis la cellule de manutention jusqu'à leur position de stockage en alvéole MA-VL, les colis de stockage MA-VL sont manutentionnés par plusieurs équipements (table de déchargement, élévateur, pont ou chariot stockeur). En cas d'incendie d'un de ses moyens de manutention, le colis de stockage en cours de manutention ainsi que ceux en configuration de stockage sont impactés[84].

Ce scénario est classé en accidentel de dimensionnement.

Les hypothèses de l'état de l'installation et des termes sources à la suite de la survenue de cette situation accidentelle et permettant la définition de sa gestion sont :

- les dispositions de prévention limitent l'intensité du feu et sa durée (cf. Chapitre 3.2.3 du présent volume) ;
- le colis de stockage est intègre suite à l'incendie (cf. Chapitre 3.2.9 du présent volume) ;
- la motorisation principale de l'équipement de manutention, étant à l'origine de l'incendie (départ de feu dans un coffret électrique de l'équipement ou échauffement de la motorisation), n'est plus fonctionnelle.

La gestion accidentelle de cette situation est réalisée par :

- l'arrêt du process de mise en stockage suite à la détection de la situation ;
- la gestion de la situation d'incendie et son extinction par les actions et principes définis dans le dans le chapitre 3.2 du présent volume ;
- en parallèle à ces actions, la mise du colis de stockage dans une configuration sûre par l'affalage du colis de stockage par le pont/chariot stockeur ou l'élévateur ; l'affalage peut être effectué par des moyens de secours et pour la table de chargement, le colis est maintenu en position sûre lors de sa manutention par celle-ci ;
- le remplacement des filtres THE et la remise en fonctionnement de la ventilation nucléaire pour le traitement des fumées et suies.

À la suite de l'extinction de l'incendie et à la remise en fonctionnement de la ventilation nucléaire, l'état de l'installation est le suivant :

- le colis de stockage est affalé au sol ou maintenu en position sécurisée sur la table de chargement ;
- les systèmes de confinement des déchets sont intègres et fonctionnels de manière pérenne ;
- les autres fonctions de sûreté sont assurées de manière pérenne ;
- les fumées et les rejets liés à la remise en suspension de la contamination surfacique du colis accidenté sont maîtrisés par la présence du second système de confinement (confinement dynamique) ;
- la surveillance de l'installation est assurée.

L'installation est mise à l'état sûr et le maintien de cet état est assuré.

À la suite de l'atteinte du maintien à l'état sûr de l'installation, trois solutions sont envisagées pour la gestion post-accidentelle de la situation :

- la mise en place d'opérations en vue de la fermeture anticipée de l'alvéole ;
- le retrait du ou des colis impactés par l'incendie de l'alvéole ;
- le maintien en l'état des colis impactés par l'incendie et la reprise des opérations de stockage dans l'alvéole.

[84] Les colis de fûts bitumés ne sont pas considérés dans le cadre de la gestion de ce scénario. Leur traitement est réalisé au sein du volume 11 du présent rapport.

Le processus de décision d'opter pour l'une de ces solutions est basé sur l'analyse de la situation (cf. Chapitre 9.1 du présent volume). Cette analyse est basée notamment sur le déploiement d'outils de cartographie en alvéole, permettant d'avoir une représentation en trois dimensions de la situation.

9.4.9.1 En cas de fermeture anticipée de l'alvéole

Dans l'optique de la fermeture anticipée de l'alvéole, la gestion post-accidentelle de cette situation est réalisée par :

- la récupération et l'analyse des effluents incendie en cellule de manutention avant évacuation ;
- la réalisation de contrôles de non-contamination et d'opérations de décontamination de la cellule de manutention et des équipements présents ;
- en cas d'occurrence d'un incendie en partie utile de l'alvéole, la réalisation de contrôles du génie civil ainsi que des opérations de consolidation si besoin ;
- la mise en place des opérations de fermeture de l'alvéole ; ces opérations, permettent d'isoler l'alvéole MA-VL du reste de l'installation souterraine, comprennent notamment :
  - ✓ le comblement de l'alvéole ;
  - ✓ le démantèlement de la cellule de manutention ;
  - ✓ le remblayage de la cellule de manutention ;
  - ✓ le remblayage de la jonction de retour d'air ;
- en fonction niveau de remplissage de l'alvéole en colis de stockage au moment de la situation accidentelle de l'alvéole, des dispositions techniques permettant de venir combler les vides dans l'alvéole eu égard aux exigences de la sûreté après fermeture, pourraient être mises en place ;
- les dispositions techniques envisagées dépendent de la zone à traiter, en amont ou en aval du colis affalé (par convention la zone amont est située en amont du flux d'air de ventilation donc de la zone d'accostage vers le fond d'alvéole) :
  - ✓ en amont du colis, les vides pourraient être comblés en utilisant des blocs de comblements au gabarit des colis afin de garantir un taux de vide compatible avec les exigences de sûreté à long terme. ; ces blocs seraient manutentionnable par le pont ou le chariot stockeur ;
  - ✓ en aval du colis, l'injection d'un matériau de remplissage est envisagée.

À la suite de la réalisation des opérations de fermeture de l'alvéole, en cohérence avec les études de sûreté à long terme telles que décrites dans le volume 8 « la démonstration de sûreté après fermeture » du présent rapport, l'incendie ne remet pas en cause la sûreté à long terme du stockage.

9.4.9.2 En cas de retrait du ou des colis impliqués dans la situation accidentelle

Dans l'optique du retrait du ou des colis impliqués dans la situation d'incendie, la gestion post-accidentelle de cette situation est réalisée par :

- la récupération et l'analyse des effluents incendie avant évacuation ;
- pour un colis en cellule de manutention, l'évacuation de celui-ci vers la hotte de transfert ou vers la partie utile de l'alvéole est réalisée en utilisant la motorisation principale ou de secours des différents moyens de manutention voire par l'envoi d'un robot téléopéré pour l'actionnement manuel des carrés de manœuvre des équipements de manutention en cellule de manutention ;
- pour un colis en partie utile de l'alvéole, suite à l'affalage de celui-ci par le pont ou le chariot stockeur, ces équipements sont rapatriés en cellule de manutention ; ce rapatriement est effectué *via* les lièvres de manutention du pont et du chariot stockeur voire par l'envoi d'un robot téléopéré en alvéole ;
- la remise en état des moyens de manutention ;
- la réalisation de contrôles du génie civil en cellule de manutention et en partie utile de l'alvéole ainsi que sa consolidation si nécessaire ;

- la reconfiguration de la cellule de manutention pour l'installation de bras téléopérés permettant la réalisation d'opérations de contrôles et de fixation de la contamination ;
- le rapatriement du colis de stockage impacté par la situation d'incendie en cellule de manutention (depuis la hotte ou depuis la partie utile de l'alvéole) ;
- le contrôle de la contamination sur le colis ainsi que la fixation de celle-ci si nécessaire par les bras téléopérés ;
- en fonction de l'évaluation de la situation :
  - ✓ l'évacuation du colis accidenté de l'alvéole de stockage pour inspection complémentaire dans le bâtiment nucléaire ;
  - ✓ la mise en stockage en l'état du colis accidenté dans l'alvéole ;
- la réalisation de contrôles de non-contamination et d'opérations de décontamination de la cellule de manutention et des équipements présents.

9.4.9.3 En cas du maintien en l'état des colis impactés par l'incendie et de reprise des opérations de stockage dans l'alvéole.

Dans l'optique du maintien en l'état des colis et de reprise des opérations de stockage dans l'alvéole, la gestion post-accidentelle de cette situation est réalisée de manière identique au cas précédent à l'exception des opérations d'évacuation du ou des colis. Dans le cas présent, celles-ci sont remplacées par des opérations de mise en stockage du colis manutentionné lors de l'occurrence de la situation accidentelle.

De la même manière que pour la solution de fermeture de l'alvéole, en fonction de la localisation de l'affalage du colis et du taux de vide acceptable vis-à-vis des exigences de sûreté à long terme, un comblement de la zone aval de l'alvéole devra être réalisé *via*, par exemple, l'injection d'un matériau de remplissage.

9.4.10 La défaillance du confinement d'un colis MA-VL en configuration de stockage

Il est postulé un scénario accidentel d'extension du dimensionnement de défaillance du 1er système de confinement d'un colis de stockage en alvéole (cf. Scénario E6 du chapitre 8.4.2.3 du présent volume).

Les hypothèses de l'état de l'installation et des termes sources à la suite de la survenue de cette situation accidentelle d'extension de dimensionnement et permettant la définition de sa gestion sont :

- le colis de déchets MA-VL concerné est en position de stockage en alvéole lors de la survenue de la situation accidentelle ;
- le second système de confinement des colis de déchets MA-VL apporté par le génie civil de l'alvéole de stockage MA-VL associé à la ventilation nucléaire reste intègre et fonctionnel ;
- les équipements de manutention de l'alvéole MA-VL sont fonctionnels.

La gestion accidentelle de cette situation passe par l'arrêt du process de mise en stockage suite à la détection de la situation et le maintien de la ventilation nucléaire.

La phénoménologie de ce scénario et le maintien de la ventilation nucléaire dans l'alvéole accidenté induisent un phénomène de léchage entrainant une remise en suspension faible mais continu de l'activité interne du colis accidenté. Due à la présence du second système de confinement seule une fraction de cette activité est rejetée à l'environnement et permet d'assurer la maitrise des rejets.

Avec l'arrêt du process de stockage, l'état de l'installation est le suivant :

- le colis de déchets accidenté est dans sa position de stockage, configuration non susceptible d'aggraver la situation accidentelle ;
- le confinement des substances radioactives est assuré de manière pérenne par un second système de confinement intègre et fonctionnel ;
- les autres fonctions de sûreté sont maitrisées de manière pérenne ;
- les rejets et les impacts liés au déconfinement de colis de déchets sont maîtrisés par la présence du second système de confinement ;
- la surveillance de l'installation est assurée.

La mise à l'état sûr de l'installation est assurée ainsi que le maintien de cet état.

La situation est ensuite analysée en prenant en compte la contamination atmosphérique dans l'alvéole accidenté, la quantification des rejets ainsi que la spécificité de la situation. En fonction de l'analyse ces éléments, la stratégie de gestion de la situation peut être :

- la reconfiguration du second système de confinement (mise en place de filtres THE supplémentaires en entrée et en sortie d'alvéole) et la poursuite de la mise en stockage ;
- la mise en place d'opérations en vue de la fermeture anticipée de l'alvéole ;
- le retrait du ou des colis défaillants de l'alvéole.

9.4.10.1 En cas de fermeture anticipée de l'alvéole

La gestion post-accidentelle de la situation consiste à laisser le colis accidenté en l'état et à mettre en place les opérations de fermeture au sein de l'alvéole.

Les opérations de fermeture, permettent d'isoler l'alvéole MA-VL du reste de l'installation souterraine, comprennent notamment :

- le comblement de l'alvéole ;
- le démantèlement de la cellule de manutention ;
- le remblayage de la cellule de manutention ;
- le remblayage de la jonction de retour d'air.

Concernant l'étape de comblement de l'alvéole, en fonction niveau de remplissage de l'alvéole en colis de stockage au moment de l'occurrence de la situation accidentelle, des dispositions techniques permettant de venir combler les vides dans l'alvéole eu égard aux exigences de la sûreté après fermeture, doivent être mises en place.

Les vides pourraient être comblés en utilisant des blocs de comblements au gabarit des colis afin de garantir un taux de vide compatible avec les exigences de sûreté à long terme. Ces blocs seraient manutentionnable par le pont ou le chariot stockeur.

De plus, vis-à-vis des exigences de rétention des radionucléides liées à la sûreté à long terme, bien que le premier système de confinement ne soit plus intègre, il n'y a pas d'incidence car celui-ci n'est pas considéré dans le modèle de migration des substances radioactives étudié pour la sûreté à long terme.

Compte tenu de la défaillance du confinement du colis de stockage, les opérations de fermeture de l'alvéole sont réalisées avec les équipements de protection appropriés à l'ambiance radiologique de la zone.

9.4.10.2 En cas de reconfiguration du système de filtration

La gestion post-accidentelle de la situation se compose d'opérations de modification sur les organes du réseau de ventilation de l'alvéole considéré. La conception actuelle dispose d'une certaine flexibilité concernant la modification et la mise en place d'équipements non prévus, notamment au niveau de la façade d'accostage côté galerie d'accès avec une réservation permettant, par exemple, la mise en place d'une filtration de l'air entrant en alvéole.

Lors de ces interventions, celles-ci sont réalisées avec les équipements de protection en adéquation avec l'ambiance radiologique de la zone où s'effectuent ces interventions.

Avec le maintien du colis défaillant en alvéole, bien que le 1er système de confinement des substances radioactives ne puisse plus être valorisé, cela ne remet pas en cause la possibilité d'engager les opérations de fermeture de l'alvéole accidenté.

En effet, dans les cas d'études les plus pénalisants pour la sûreté à long terme telles que décrites dans la pièce 7, volume 8 « La démonstration de sûreté à long terme » du présent rapport, la rétention apportée par le colis de stockage n'est pas considérée dans le modèle de migration des substances radioactives. La perte prématurée du 1er système de confinement d'un CS MA-VL stocké en alvéole ne remet donc pas en cause la sûreté à long terme du stockage.

Compte tenu de la défaillance du confinement du colis de stockage, les opérations de fermeture de l'alvéole sont réalisées avec les équipements de protection appropriés à l'ambiance radiologique de la zone.

9.4.10.3 En cas de décision de retrait du colis défaillant

Les opérations de gestion post-accidentelle de la situation sont :

- l'identification des colis contaminés au sein de l'alvéole de stockage ; la présence d'un taux de contamination sur les colis plus élevée que le seuil de propreté radiologique imposé lors de leur mise en stockage est liée :
  - ✓ à la défaillance du premier système de confinement ;
  - ✓ ou à la re-déposition de l'activité interne du colis de déchets dont le 1er système de confinement est défaillant ;
- l'identification de ces colis est réalisée *via* l'envoi d'un robot-téléopéré en partie utile de stockage pour la réalisation de contrôles de contamination sur les colis ;
- la récupération des colis : cette récupération s'effectue *via* le pont stockeur avec les mêmes équipements utilisés pour la mise en stockage ;
- la fixation de la contamination sur les colis de déchets le nécessitant par l'utilisation des bras téléopérés en cellule de manutention (nécessitant la reconfiguration de la cellule de manutention afin de les installer) ;
- l'évacuation des colis avec la hotte de transfert :
  - ✓ en fonction de l'emplacement de stockage du ou des colis contaminés, un certain nombre de colis non contaminés doit également être retiré de l'alvéole ; selon la configuration, ces colis non contaminés sont évacués et entreposés dans les zones tampons du bâtiment nucléaire ou dans un autre alvéole ;
  - ✓ la remontée des colis contaminés vers le bâtiment nucléaire s'effectue avec la mise en place de dispositions organisationnelles spécifiques permettant de limiter le risque de chocs pendant les opérations de transfert avec, notamment, l'arrêt de toute coactivité pendant le transfert des colis et l'imposition d'une vitesse de transfert réduite ;
- l'identification du colis ayant perdu son confinement au niveau du bâtiment de contrôle hors flux ;
- le reconditionnement du colis le nécessitant par l'utilisation d'un conteneur de stockage renforcé vis à vis du confinement permettant d'assurer la fonction de confinement ;
- les opérations de décontamination des colis contaminés n'ayant pas perdu leur confinement.

9.4.11 Le scénario conventionnel d'effondrement

À la suite de l'instruction des options de sûreté, l'Autorité de sûreté nucléaire a estimé (2018-Avis-D-13 issue de l'avis n° 2018-AV-0300 du 11 janvier 2018 de l'ASN (89)) qu'un scénario conventionnel d'effondrement doit être postulé.

L'analyse de ce scénario est présentée dans le document « Étude du scénario conventionnel d'effondrement dans les ouvrages souterrains » (90). Ce document traite les thématiques suivantes :

- la justification du caractère conventionnel d'un scénario d'effondrement dans un alvéole MA-VL se basant sur :
  - ✓ le dimensionnement des ouvrages souterrains s'appuyant sur une démarche éprouvée et conforme aux recommandations de l'AFTES visant à une robustesse du dimensionnement sur la durée d'exploitation d'ordre séculaire ;
  - ✓ le dimensionnement des ouvrages souterrains prenant en compte les sollicitations thermiques liées à l'incendie réel ainsi que les sollicitations mécaniques liés au séisme de référence ;
  - ✓ une connaissance approfondie du terrain et de son comportement liée au retour d'expérience de 20 ans du Laboratoire souterrain de Meuse/Haute-Marne ;
  - ✓ des contrôles réalisés sur tous les ouvrages, et de manière plus approfondie sur les alvéoles de stockage MA-VL pendant la construction et à la réception des ouvrages ;
  - ✓ une surveillance du génie civil mise en place dès la construction et poursuivie pendant l'exploitation. Associé à cette surveillance, des actions curatives peuvent être envisagées sur les ouvrages souterrains, exception faite de la partie utile des alvéoles de stockage MA-VL ;
  - ✓ la prise en compte du REX d'effondrements d'ouvrages souterrains en construction et en phase d'exploitation ;
- le scénario d'effondrement « postulé », sa localisation et ses caractéristiques;
- le traitement du scénario d'effondrement dans un alvéole MA-VL dont l'analyse est traitée sous les angles suivants ;
  - ✓ l'analyse de la possibilité de venir combler les vides ;
  - ✓ l'évaluation de l'épaisseur de la garde saine de Callovo-Oxfordien à très long terme après fermeture au droit d'un effondrement survenant dans un alvéole de stockage MA-VL ayant subi un effondrement avant son remplissage complet ;
  - ✓ les principes retenus pour la définition des cas pour l'évaluation d'impact à long terme après fermeture en cas d'effondrement en pendant l'exploitation et les résultats correspondants.

10

Les études de situations extrêmes (ex. ECS)

10.1 La méthodologie 542
10.2 Le risque de rejet massif 543
10.3 Les dispositions retenues pour les situations extrêmes 544
10.4 La gestion de crise en situation extrême 546

10.1 La méthodologie

10.1.1 Le contexte et rappel de la démarche

Au titre de la définition des situations de fonctionnement de l'installation, des situations extrêmes associées à des aléas naturels (séisme, pluie…) d'une intensité nettement supérieure à celle retenue dans le dimensionnement de l'installation ont été analysées. Ces aléas sont appelés aléas extrêmes dans la suite du chapitre.

La démarche retenue pour l'analyse de ces situations se base sur une approche semblable aux Évaluations complémentaires de sûreté (ECS) effectuées pour les installations nucléaires de base françaises (91), à la suite de l'accident qui a affecté la centrale nucléaire japonaise de Fukushima-Daiichi le 11 mars 2011.

Cette démarche repose sur :

- l'identification de situations susceptibles de survenir en cas d'aléa naturel extrême qui pourraient induire un rejet massif de substances radioactives ou dangereuses dans l'environnement[85]. Afin d'identifier ces situations, l'Andra retient un rejet conduisant à une dose efficace engagée pour la population (groupe de référence) supérieure à 10 mSv en 24 heures (seuil de mise à l'abri des populations) ;
- la définition de dispositions permettant de prévenir l'apparition de ces situations ou d'en limiter les conséquences, et d'assurer la gestion d'une crise[86].

Ces dispositions sont d'ordre technique et/ou organisationnel ; leur mise en œuvre doit être garantie (exigences de performances) en cas d'aléa extrême. Elles sont identifiées comme faisant partie du « noyau dur » de l'installation.

Pour les travailleurs, ce sont les objectifs de radioprotection associés aux situations d'extension du dimensionnement (cf. Volume 2 du présent rapport) qui sont considérés.

Les aléas naturels pris en compte pour l'analyse des situations extrêmes sont :

- le séisme ;
- l'inondation externe ;
- le cumul du séisme et de l'inondation externe induite ;
- d'autres phénomènes naturels extrêmes (vents violents et tornades, grêle, foudre, neige : aléas considérés unitairement ou en cumul).

De plus, une analyse des conséquences de la perte des alimentations électriques (y compris le cas de perte totale des alimentations électriques externes et internes) ainsi que la perte de systèmes fluides (ventilation, refroidissement/chauffage…) induite par un aléa extrême est effectuée au titre de l'analyse des situations extrêmes.

10.1.2 Les exigences retenues dans le cadre de l'étude des situations extrêmes

Les exigences attendues post évènement extrême sont en lien avec la possibilité d'accéder et de réparer les systèmes, structures et composants nécessaires à limiter les conséquences des situations extrêmes.

La poursuite d'exploitation ainsi que la récupérabilité des colis impactés n'est pas requise à la suite d'une situation extrême.

---

[85] Les substances dangereuses ne sont pas retenues dans la présente analyse. La justification est présentée au chapitre 10.2.1 du présent volume.

[86] La gestion de crise en cas de situations extrêmes conduit à la définition de disposition particulières.

10.2 Le risque de rejet massif

10.2.1 Les substances radioactives ou dangereuses mobilisables

La majorité des substances radioactives sont contenues dans les colis de déchets. En effet, en dehors du contenu de ces derniers, les autres sources de substances radioactives, telles que la contamination surfacique labile des conteneurs primaires ou des conteneurs de stockage ou celle piégée dans les filtres très haute efficacité des systèmes de ventilation ainsi que les déchets induits par l'exploitation, sont limitées.

Les substances dangereuses présentes (solvants, peintures, détergents, acides ou bases concentrés) utilisées pour l'entretien, la maintenance ou pour les besoins spécifiques relatifs au fonctionnement des laboratoires d'analyse se trouvent en quantité limitée (cf. « Note études complémentaires de sûreté » (92)). Leur dispersion, même dans des situations extrêmes, aurait un impact sanitaire limité.

10.2.2 L'identification des locaux et des scénarios susceptibles de conduire à un rejet massif

Seule une perte de confinement simultanée d'un nombre important de colis de déchets est susceptible d'entraîner un rejet massif de substances radioactives dans l'environnement. Les évaluations de conséquences radiologiques citées en référence « Note études complémentaires de sûreté » (92) permettent d'identifier les locaux concernés. Il s'agit :

- de l'entreposage tampon des colis primaires au sein de la cellule de déchargement des emballages de transport (ET) du bâtiment nucléaire de surface EP1 ;
- des entreposages tampons des colis de stockage au sein du bâtiment nucléaire de surface EP1 ;
- de la partie utile des alvéoles de stockage MA-VL.

Dans le cadre de cette analyse, deux événements sont susceptibles de conduire à un rejet massif :

- un premier évènement concerne, dans les locaux précités, une ruine du génie civil ou une chute d'un équipement massif sur les colis entreposés ou stockés ;
- un second événement concerne une explosion dans la partie utile des alvéoles MA-VL induisant une perte de confinement des colis de déchets stockés.

10.2.3 Les situations extrêmes et le risque de rejet massif

Différentes situations extrêmes associées aux aléas naturels mentionnés au chapitre 10.1 du présent volume ont fait l'objet d'une analyse afin d'évaluer le risque d'induire les événements précités (cf. Chapitre 10.2.2 du présent volume). L'ensemble de l'analyse est présenté dans le document support en référence « Note études complémentaires de sûreté » (92).

Un séisme extrême est susceptible de conduire à une ruine du génie civil ou à une chute d'un équipement massif sur les colis entreposés ou stockés. Cette situation serait aggravée, en termes de rejets, par la survenue d'un incendie induit par le séisme.

De plus, un séisme extrême ou une tornade extrême peuvent conduire à une perte prolongée de la capacité à ventiler les alvéoles MA-VL du fait de la ruine du génie civil, de la ruine d'équipements situés sur le chemin aéraulique de l'air depuis la surface vers l'alvéole MA-VL et de l'indisponibilité de certains équipements permettant la circulation de l'air dans les alvéoles (ventilateurs, vannes, gaines…).

Ces différentes structures et équipements sont situés dans les installations de surface ou dans l'installation souterraine. Si cette perte prolongée est d'une durée supérieure à la durée d'atteinte d'une atmosphère explosive (de l'ordre de 150 jours dans le cas de l'alvéole MA-VL le plus pénalisant), elle peut conduire à un risque d'explosion au sein des alvéoles MA-VL.

Concernant les autres situations extrêmes, l'analyse montre qu'elles ne conduisent pas à un rejet massif de substances radioactives dans l'environnement. Elles ne font donc pas l'objet de développement dans la suite de ce chapitre. Il s'agit :

- d'une inondation de niveau supérieur à l'inondation externe prise en compte pour le dimensionnement de l'INB ;
- d'une inondation externe induite par un séisme de niveau supérieur au séisme de dimensionnement de l'installation ;
- de différents aléas naturels de niveau supérieur à ceux considérés dans le dimensionnement de l'installation (aléas considérés seuls ou cumulés) :
  - ✓ pluie torrentielle ;
  - ✓ vent violent associé ou non à une pluie torrentielle ;
  - ✓ grêle associée ou non à une pluie torrentielle, associée ou non à un vent violent ;
  - ✓ foudre associée ou non à une pluie torrentielle ;
  - ✓ neige.

10.3 Les dispositions retenues pour les situations extrêmes

L'analyse restituée dans ce chapitre aboutit à la définition de dispositions techniques et/ou organisationnelles à mettre en place en vue de maîtriser les situations extrêmes pouvant conduire à un rejet massif sur les populations. Ces dispositions constituent le noyau dur de l'INB vis-à-vis de ces situations.

10.3.1 Le séisme extrême

Un séisme extrême est susceptible de conduire à une ruine du génie civil ou une chute d'un équipement massif sur les colis entreposés ou stockés. Cet événement conduirait à un rejet massif de substances radioactives dans l'environnement s'il se produisait dans un des locaux suivants :

- la cellule de déchargement des emballages de transport du fait de la présence d'un l'entreposage tampon des colis primaires ;
- les entreposages tampon des colis de stockage ;
- la partie utile des alvéoles de stockage MA-VL.

Le niveau de séisme extrême retenu afin d'analyser le comportement des structures et équipements dont la défaillance pourrait conduire à un risque de rejet massif est basé sur une majoration de 50 % du spectre majoré de sécurité (SMS) du site.

Pour ce niveau de séisme extrême, le résultat de cette analyse est le suivant :

- le dimensionnement du génie civil permet de garantir l'absence de ruine de ces locaux ;
- la stabilité des équipements lourds et situés en hauteur (ponts de manutention, batardeaux) au sein des locaux précités et des équipements manutentionnant au sol les emballages de transport est aussi vérifié y compris dans les locaux dans lesquels ces derniers cheminent.

Un séisme extrême pourrait également conduire à une perte prolongée de la capacité à ventiler les alvéoles MA-VL, et par conséquent, à un risque d'explosion au sein de ceux afférents à ce risque. En complément de la vérification de l'absence de ruine de la partie utile des alvéoles MA-VL, il est aussi vérifié que le dimensionnement de certaines structures et équipements permet de garantir l'atteinte d'exigences de non-ruine, de stabilité, ou de fonctionnalité à la suite d'un séisme extrême.

Ainsi, concernant la capacité d'extraction de l'air des alvéoles MA-VL, il est vérifié :

- l'absence de ruine en cas de séisme extrême de l'ensemble des structures de génie civil permettant le passage de l'air extrait ou contenant des équipements nécessaires au bon fonctionnement du réseau de ventilation d'extraction. Cette vérification concerne les structures allant du fond des alvéoles MA-VL jusqu'aux émergences du puits ventilation air vicié exploitation (VVE) ;
- la possibilité d'extraire l'air des alvéoles MA-VL dans des délais compatibles avec l'absence de de risque d'explosion. Cette exigence peut être atteinte, par exemple, par l'intermédiaire d'un dimensionnement de certains équipements actifs devant rester fonctionnels suite un séisme extrême (dimensionnement d'un ventilateur d'extraction et des organes de réglages du système de ventilation et possibilité de venir alimenter électriquement ce ventilateur d'extraction suite à un séisme extrême) ;
- l'extraction de l'air dans les alvéoles MA-VL est possible uniquement en l'absence d'obstruction du cheminement de l'apport d'air frais, il est par conséquent aussi vérifié :
  - ✓ l'absence de ruine en cas de séisme extrême de l'ensemble des structures de génie civil allant des émergences du puit ventilation air frais exploitation (VVF) jusqu'à l'entrée de l'alvéole MA-VL ;
  - ✓ que les équipements massifs susceptible d'entraver le cheminement de l'air restent stables sous séisme extrême.

Les dispositions permettant de s'affranchir du risque de rejet massif en cas de séisme extrême sont présentées de manière détaillée en référence « Note études complémentaires de sûreté » (92).

10.3.2 La tornade extrême

Conformément aux pratiques nationales vis-à-vis du risque lié aux tornades, une tornade extrême de niveau EF3 selon l'échelle améliorée de Fujita est retenue afin d'analyser le comportement des structures et équipements dont la défaillance pourrait conduire à un risque de rejet massif.

Une tornade extrême est susceptible de conduire à un risque d'explosion au sein des alvéoles MA-VL du fait de la ruine du génie civil et/ou de l'indisponibilité de certains équipements permettant la circulation de l'air dans les alvéoles. Ces structures et équipements se situent au niveau des installations de surface associées au fonctionnement de la ventilation de l'installation souterraine. L'analyse de cette situation montre que le dimensionnement du génie civil des émergences du puit de ventilation extraction air vicié exploitation (VVE) permet de garantir l'absence de ruine de ces ouvrages en cas de tornade extrême.

La possibilité d'extraire l'air des alvéoles MA-VL dans des délais compatibles avec l'absence de risque d'explosion est vérifié, par exemple, par l'intermédiaire d'un dimensionnement de certains équipements actifs devant rester fonctionnels suite une tornade extrême (dimensionnement d'un ventilateur d'extraction et des organes de réglages du système de ventilation et la possibilité de venir alimenter électriquement ce ventilateur d'extraction à la suite d'une tornade extrême).

En cas d'impact sur le génie civil ou les équipements associés à la fonction ventilation air frais situés au sein des émergences du puits ventilation air frais exploitation (VFE), un apport d'air frais secondaire depuis la descenderie de service est disponible et suffisant en cas de tornade extrême.

Les dispositions permettant de s'affranchir du risque de rejet massif en cas de tornade extrême sont présentées de manière détaillée en référence « Note études complémentaires de sûreté » (92).

10.3.3 La perte d'alimentation électrique et fluides

L'analyse des conséquences de la perte des alimentations électriques (y compris le cas de perte totale des alimentations électriques externes et internes) ainsi que la perte de systèmes fluides (refroidissement/chauffage…) montre l'absence de besoin d'identification de dispositions complémentaires appartenant au noyau dur de l'installation sur ce sujet par rapport à ce qui est déjà identifié au sein des chapitres précédents.

En effet, la perte totale d'alimentation électrique induirait la perte de la fonction ventilation. Hors, l'exploitant dispose d'un délai de 150 jours avant un éventuel phénomène d'explosion entraînant un rejet massif. Il peut, pendant cette durée, mettre en place des moyens mobiles permettant la réalimentation électrique des ventilateurs (cf. Chapitre 10.3.1 et 10.3.2 du présent volume).

La perte de systèmes fluides n'induit pas d'évènement susceptible de conduire à un rejet massif. La ventilation restante fonctionnelle, il n'y a pas de risque spécifique d'une éventuelle explosion.

10.4 La gestion de crise en situation extrême

Le bâtiment santé/sécurité/environnement (cf. Chapitre 8 du volume 5 du présent rapport) comprend les locaux dédiés à la gestion de crise. En particulier, le poste de commandement et de coordination (PCC) situé dans ce bâtiment permet l'accueil des acteurs externes pour les besoins de gestion des situations extrêmes et la mise à disposition des ressources qui leurs sont nécessaires. Il constitue l'entité directrice/coordinatrice de la gestion de crise.

La faisabilité de la gestion de crise dans de telles situations repose sur un dimensionnement adéquat du génie civil du bâtiment santé/sécurité/environnement et de ses accès aux aléas extrêmes.

Par ailleurs, afin de limiter les conséquences de certaines situations extrêmes et de permettre la gestion de crise à la suite de ces situations, les dispositions suivantes sont prises :

- mise en place d'un système de coupure électrique permettant, sur détection d'une accélération sismique supérieure à celle induite par le SMS, de couper l'alimentation électrique des équipements n'assurant pas la maîtrise d'une fonction de sûreté : cette disposition permet de limiter l'occurrence de départs de feux ;
- exigence de stabilité des accès aux zones contenant des colis en nombre (entreposages tampon dans le bâtiment nucléaire de surface EP1 et la partie utile des alvéoles MA-VL) afin de pouvoir mettre en œuvre des dispositions complémentaires d'intervention notamment en cas d'incendie dans ces zones ;
- possibilité d'acheminer des moyens et du personnel (par exemple, des groupes électrogènes de secours permettant la réalimentation des ventilateurs d'extraction : présence d'une piste d'atterrissage pour hélicoptère) ;
- possibilité de raccorder des groupes électrogènes supplémentaires aux systèmes assurant le fonctionnement de la ventilation (par extraction d'air) dans un délai compatible avec la nécessité de sa remise en service.

L'organisation et les dispositions mises en œuvre dans le cadre de la gestion de crise sont précisées au sein du chapitre 11 du présent volume.

En cas d'événement extrême, la transmission d'une alerte aux autorités et le secours aux personnes constituent des actions prioritaires de la gestion de crise. La caractérisation du site est la mission suivante à réaliser en support aux deux premières actions, dès que possible. Cette caractérisation concerne tant les moyens humains que les moyens techniques (état des bâtiments, des équipements, des systèmes de conduite, etc.). L'organisation de crise, y compris vis-à-vis d'événements extrêmes sera régulièrement testée aux moyens d'exercices.

Synthèse

Au titre de la définition des situations de fonctionnement de l'installation, des situations extrêmes associées à des aléas naturels (séisme, pluie...) d'une intensité nettement supérieure à celle retenue dans le dimensionnement ont été analysées.

Les événements susceptibles de conduire à un rejet massif au niveau des populations concernent la ruine du génie civil ou la chute d'un équipement massif sur ou à proximité des colis entreposés en surface ou stockés, ou une explosion dans les alvéoles MA-VL qui induirait une perte de confinement des colis de déchets stockés.

Afin de prévenir l'apparition de ces situations ou d'en limiter les conséquences, des dispositions techniques ou organisationnelles sont retenues en cas de situations extrêmes.

En cas de séisme extrême, il est vérifié que le dimensionnement du génie civil permet de garantir l'absence de ruine du génie civil de certains locaux. Les équipements lourds et situés en hauteur dans ces mêmes locaux et susceptibles d'agresser un nombre important de colis ont fait l'objet d'une vérification de leur stabilité. Il en est de même pour les équipements manutentionnant les emballages de transport (moyens de manutention au sol) et le génie civil dans lequel circulent ces moyens. Concernant la capacité d'extraction de l'air des alvéoles MA-VL, il est vérifié l'absence de ruine en cas de séisme extrême des structures de génie civil permettant le passage de l'air extrait ou contenant des équipements nécessaires au bon fonctionnement du réseau de ventilation d'extraction. De même, certains équipements actifs associés au système de ventilation de l'installation souterraine devront rester fonctionnels à la suite d'un séisme extrême.

En cas de tornade extrême, il est vérifié que le dimensionnement du génie civil des émergences du puit de ventilation extraction air vicié exploitation (VVE) permet de garantir l'absence de ruine de ces ouvrages. Par ailleurs, les ventilateurs d'extraction et les différents équipements en lien avec le fonctionnement de la ventilation d'extraction restent fonctionnels après passage de cette tornade (fonctionnement sur un ventilateur *a minima*).

Des dispositions particulières associées à la possibilité d'accès à certains locaux de l'installation ou la possibilité d'acheminement de certains équipements (tel que des groupes électrogènes mobiles) et de personnel sur le site sont définies afin d'assurer la gestion de crise en cas de situations extrêmes.

11

L'étude de dimensionnement du Plan d'urgence interne (PUI)

11.1 Les scénarios retenus pour le PUI 551
11.2 Les principes de déclenchement du PUI 554
11.3 Les objectifs retenus pour le dimensionnement du PUI 555
11.4 L'organisation en cas de crise 557

En cas d'occurrence d'une situation accidentelle considérée comme grave (cf. Chapitre 8 du présent volume), des dispositions de gestion de crise sont définies dans le cadre du Plan d'urgence interne (PUI) pour déployer, à temps, des moyens d'urgence adaptés (techniques, organisationnels et humains) afin de gérer la crise et d'en limiter les conséquences.

Les situations accidentelles présentées au chapitre 8 du présent volume et permettent d'identifier celles amenant au déclenchement d'un PUI.

Les objectifs d'un Plan d'urgence interne sont rappelés dans le tableau 11-1 ci-dessous.

Tableau 11-1 Objectifs d'un Plan d'urgence interne (PUI)

1	Maîtriser la situation d'urgence de façon à en prévenir et/ou limiter les conséquences
2	Alerter, informer et coopérer avec les autorités publiques et les services extérieurs compétents pour prévenir et/ou limiter les conséquences de la situation d'urgence
3	Alerter et protéger le personnel, porter secours aux victimes
4	Le cas échéant, caractériser l'état radiologique du site et caractériser l'état radiologique de l'environnement à l'extérieur du site
5	Informer les parties prenantes locales et les médias en liaison avec les pouvoirs publics

Le déclenchement d'un PUI est donc envisagé :

- si la situation est susceptible de nuire gravement à la protection des intérêts et nécessite une intervention immédiate de la part de l'exploitant. Cela concerne notamment :
  - ✓ les situations d'urgence radiologique, définies au titre de l'article L. 1333-3 du code de la santé publique soit toute situation impliquant une source de rayonnements ionisants et nécessitant une réaction rapide pour atténuer des conséquences négatives graves pour la santé, l'environnement ou les biens, ou un risque qui pourrait entraîner de telles conséquences négatives graves ;
  - ✓ les situations liées à l'émission de substances dangereuses dépassant les seuils d'effets toxiques en annexe II de l'arrêté du 29 septembre 2005 (66) ;
- si la situation nécessite des mesures de protection à l'extérieur du site ;
- si la situation nécessite l'information des autorités et la production d'éléments de communication externe.

Les situations éligibles au déclenchement d'un PUI sont donc des situations nécessitant la mise en œuvre d'une organisation et de moyens spécifiques qui se substituent à l'organisation et aux moyens habituels.

11.1 Les scénarios retenus pour le PUI

Les scénarios étudiés au sein de la démonstration de sûreté et retenus au titre de l'étude de dimensionnement du PUI sont présentés dans le tableau 11-2 ci-dessous.

Tableau 11-2 Scénarios retenus au titre de l'étude de dimensionnement du Plan d'urgence interne (PUI)

Intitulé scénario	Impacts potentiels et justifications
Déconfinement d'un emballage de transport et des colis primaires qu'il contient dans la fosse du hall de déchargement	• émission de substances radioactives à l'environnement amenant à des rejets radioactifs à l'environnement dont les impacts sont inférieurs aux niveaux d'intervention fixés par le code de la santé publique[87]) ; • un accident grave de personnes ; • un impact médiatique. **L'ensemble de ces impacts justifie la classification de ce scénario comme faisant partie du PUI.**
Acte de malveillance	• impacts destructeurs, amenant à des rejets radioactifs à l'environnement dont les impacts sont supérieurs aux niveaux d'intervention fixés par le code de la santé) ; • impacts médiatiques. **L'ensemble de ces impacts justifie la classification de ce scénario comme faisant partie du PUI**
Détection d'anomalie significative des rejets aux émissaires	Émission de substances radioactives à l'environnement amenant à des rejets radioactifs à l'environnement dont les impacts sont potentiellement supérieurs aux limites annuelles de doses[88]. **Cet impact justifie la classification de ce scénario comme faisant partie du PUI**
Incendie dans l'installation souterraine (zone nucléaire)	• un incendie (effet thermique) engendrant des risques sur les opérateurs au sein du périmètre INB ; • un rejet de substances radioactives à l'environnement dont les impacts sont inférieurs aux seuils de doses fixés par le code de la santé publique. Ce scénario est couvert, en termes d'évaluation des conséquences radiologiques et toxiques, par le scénario E2 (cf. Chapitre 8.4 du présent volume) ; • un endommagement du génie civil et des équipements à proximité du foyer de l'incendie ; • un accident grave de personnes ; • un impact médiatique ; • l'aggravation de ce scénario par le déclenchement d'un deuxième foyer d'incendie en surface en zone exploitation. **L'ensemble de ces impacts justifie le classement de ce scénario comme faisant partie du PUI**

[87] Ces niveaux d'intervention sont fixés dans l'article D. 1333-84 du code de la santé publique.
[88] Les limites de doses annuelles aux populations sont fixées dans l'article R. 1333-11 du code de la santé publique.

Intitulé scénario	Impacts potentiels et justifications
Chute d'un aéronef en zone puits et zone descenderie	• des rejets radiologiques à l'environnement issus de la remise en suspension de la contamination labile des colis liés aux vibrations induites par l'impact de l'aéronef. Ces rejets ont des impacts inférieurs aux seuils de doses fixés par le code de la santé publique. Ce scénario est couvert, en termes d'évaluation des conséquences radiologiques et toxiques, par le scénario E5 (cf. Chapitre 8.4 du présent volume) ; • une ruine des ouvrages et des équipements non essentiels pour la sûreté nucléaire situés au sein du périmètre INB (ouvrages non dimensionnés à la chute d'aéronef) ; • un incendie avec effet thermique engendrant des risques pour les opérateurs et les ouvrages non importants pour la sûreté nucléaire à proximité ; • un accident grave de personnes ; • un impact médiatique. **L'ensemble de ces impacts justifie le classement de ce scénario comme faisant partie du PUI.**
Séisme impactant les bâtiments de l'INB	• des rejets radiologiques à l'environnement issus de la remise en suspension de la contamination labile des colis liés au spectre vibratoire du séisme. Ces rejets ont des impacts inférieurs aux seuils de doses fixés par le code de la santé publique. Ce scénario est couvert, en termes d'évaluation des conséquences radiologiques et toxiques, par le scénario E5 (cf. Chapitre 8.4 du présent volume) ; • un endommagement des ouvrages non essentiels pour la sûreté nucléaire situés au sein du périmètre INB (ouvrages non dimensionnés au séisme de dimensionnement) ; • des endommagements d'équipements non essentiels pour la sûreté nucléaire ; • un incendie avec effet thermique engendrant des risques pour les opérateurs, les ouvrages et les équipements pour la sûreté nucléaire à proximité ; • un accident grave de personnes ; • un impact médiatique. **L'ensemble de ces impacts justifie le classement de ce scénario comme faisant partie du PUI.**
Tornade impactant les bâtiments de l'INB	• un endommagement des ouvrages et des équipements non essentiels pour la sûreté nucléaire situés au sein du périmètre INB (ouvrages non dimensionnés à la tornade de référence) ; • un accident grave de personnes ; • un impact médiatique. **L'ensemble de ces impacts justifie le classement de ce scénario comme faisant partie du PUI.**

Intitulé scénario	Impacts potentiels et justifications
Incendie d'un déversement de carburant sur une voirie interne au site (dont zone hors périmètre INB)	• un incendie (effet thermique) engendrant des risques sur les opérateurs au sein du périmètre INB. Ces effets thermiques dépassant, au sein du périmètre INB, les seuils d'effets dangereux[89] (66) ; • un endommagement grave du génie civil d'ouvrages non essentiels pour la sûreté nucléaire situés au sein du périmètre INB (atteinte du seuil des effets domino pour des distances au foyer inférieures ou égales à 20 mètres) ; • un épandage de substances dangereuses dans l'environnement ; • un accident grave de personnes ; • un impact médiatique. **L'ensemble de ces impacts justifie le classement de ce scénario comme faisant partie du PUI**
Surpression liée à l'inflammation d'un nuage de gaz provenant d'une fuite sur un camion-citerne de carburant circulant sur une voirie interne au site (dont zone hors périmètre INB)	• une onde de surpression engendrant des risques sur les opérateurs au sein du périmètre INB. La surpression dépassant, au sein du périmètre INB, les seuils d'effets dangereux[89] (66) ; • un endommagement léger du génie civil des ouvrages non essentiels pour la sûreté nucléaire situés au sein du périmètre INB (atteinte du seuil des 50 mbar pour des distances au foyer inférieures ou égales à 80 mètres) ; • un accident grave de personnes ; • un impact médiatique. **L'ensemble de ces impacts justifie le classement de ce scénario comme faisant partie du PUI**
Incendie d'un véhicule de chantier en zone travaux	• un incendie (effet thermique) engendrant des risques sur les opérateurs ; • un endommagement de la séparation physique entre la zone exploitation et la zone travaux ; • un endommagement du génie civil et des équipements à proximité du foyer de l'incendie ; • un accident grave de personnes ; • un impact médiatique. **L'ensemble de ces impacts justifie le classement de ce scénario comme faisant partie du PUI**
Accident grave de personne	Personne en situation d'urgence vitale et nécessitant l'intervention des secours extérieurs. **Cet impact justifie le classement de ce scénario comme faisant partie du PUI.**

[89] Selon l'annexe II de l'arrêté du 29 septembre 2005.

Intitulé scénario	Impacts potentiels et justifications
Surpression liée à l'inflammation d'un nuage de gaz provenant d'une fuite sur un camion-citerne de GPL (gaz de propane liquéfié) circulant sur une voirie externe au site	• une onde de suppression engendrant des risques sur les opérateurs au sein du périmètre INB. Ces effets de surpression dépassent, au sein du périmètre INB, les seuils d'effets dangereux définis par l'annexe II de l'arrêté du 29 septembre 2005 (66) ; • un endommagement léger du génie civil des ouvrages non essentiels pour la sûreté nucléaire situés au sein du périmètre INB (atteinte du seuil des 50 mbar pour des distances au foyer inférieures ou égales à 330 mètres) ; • un accident grave de personnes ; • un impact médiatique. **L'ensemble de ces impacts justifie le classement de ce scénario comme faisant partie du PUI suivant un critère filet[90] en raison du caractère externe au périmètre INB de ce scénario.**

11.2 Les principes de déclenchement du PUI

Les principes de déclenchement du PUI sont définis à partir et selon la nature des scénarios retenus dans le chapitre 8 du présent volume.

Ces principes sont présentés dans le tableau 11-3 ci-dessous.

Tableau 11-3 Récapitulatif des scénarios du Plan d'urgence interne (PUI) et de leurs principes de déclenchement

Scénario	Principes de déclenchement
Déconfinement d'un emballage de transport et des colis primaires qu'il contient dans la fosse du hall de déchargement	Constatation humaine de la chute de l'emballage dans la fosse
Acte de malveillance	Confirmation de l'introduction de la menace au sein du périmètre INB Ou *a minima* une détection par deux balises de mesures radiologiques distinctes à l'intérieur de l'installation Ou dépassement des seuils à la cheminée
Détection d'anomalie significative des rejets aux émissaires	Confirmation de l'anomalie (augmentation confirmée de l'activité rejetée)
Incendie dans la zone nucléaire de l'installation souterraine	Non maitrise de l'incendie par les équipiers de 1re intervention, Ou non déclenchement de l'extinction automatique
Chute d'un aéronef en zone puits et zone descenderie	Constatation humaine d'une chute d'avion

[90] Ce critère dit « filet » concerne des situations accidentelles se déclenchant à l'extérieur du périmètre INB de l'installation mais dont les impacts au sein dudit nécessitent la mise en place d'une réponse appropriée de la part de l'exploitant.

Scénario	Principes de déclenchement
Séisme impactant les bâtiments du périmètre INB	Constatation humaine de fissuration Ou de ruine de bâtiments
Tornade impactant les bâtiments du périmètre INB	Alerte météorologique Ou constatation humaine de la présence d'une tornade
Incendie d'un déversement de carburant sur une voirie interne au site	Constatation humaine ou détection de l'incendie
Surpression liée à l'inflammation d'un nuage de gaz provenant d'une fuite sur un camion-citerne de carburant circulant sur une voirie interne au site	Constatation humaine Ou détection de la surpression
Incendie d'un véhicule de chantier hors zone nucléaire de l'installation souterraine	Non maitrise de l'incendie par les équipiers de 1re intervention, Ou non déclenchement de l'extinction automatique
Accident grave de personne	Constatation humaine
Surpression liée à l'inflammation d'un nuage de gaz provenant d'une fuite sur un camion-citerne de GPL (gaz de propane liquéfié) circulant sur une voirie externe au site	Constatation humaine Ou détection de la surpression

11.3 Les objectifs retenus pour le dimensionnement du PUI

Le dimensionnement précisé ci-après est défini en fonction des objectifs du PUI mentionnés dans le tableau 11-1 pour les scénarios retenus dans l'étude de dimensionnement du PUI.

Objectif 1 du PUI : Maîtriser la situation d'urgence de façon à en prévenir et/ou limiter les conséquences

Au titre de l'objectif 1 du PUI, les objectifs de dimensionnement de la gestion de crise sont :

- un délai d'intervention rapide sur les deux zones du site en exploitation (zone descenderie et zone puits) des premiers personnels d'intervention entre le déclenchement d'une alarme au PCS et l'arrivée sur zone ;
- le dimensionnement du personnel d'intervention incendie, des réseaux incendie, des pomperies et du matériel d'intervention pour gérer la situation accidentelle de deux incendies simultanés dans la partie exploitation en zone puits ou descenderie ;
- le dimensionnement du personnel d'intervention incendie, des réseaux incendie, des pomperies et du matériel d'intervention pour gérer la situation accidentelle d'un incendie d'un véhicule de chantier hors zone nucléaire de l'installation souterraine ;
- le gardiennage et la mise en place de moyens de protection contre les actes de malveillance ;
- la présence de matériels spécialisés à projeter sur place en fonction de la nature de la crise ;
- la formation du personnel d'intervention aux premiers secours.

Objectif 2 du PUI : Alerter, informer et coopérer avec les autorités publiques et les services extérieurs compétents pour prévenir et/ou limiter les conséquences de la situation d'urgence

Au titre de l'objectif 2 du PUI, les objectifs de dimensionnement de la gestion de crise sont :

- le dimensionnement au séisme des locaux de gestion de crise de la zone exploitation afin de rester opérationnel face à cette agression touchant l'ensemble du site et susceptible d'induire d'autres situations type incendie ;
- la présence de moyens de communication et d'alerte résilients au séisme de dimensionnement dans les locaux de gestion de crise de la zone exploitation ;
- la mise en place de plusieurs technologies pour les moyens de communication (par exemple : téléphone fixe/téléphone portable) au niveau des locaux de gestion de crise ;
- l'intervention des secours externes si nécessaire.

Objectif 3 du PUI : Alerter et protéger le personnel, porter secours aux victimes

Au titre de l'objectif 3 du PUI, les objectifs de dimensionnement de la gestion de crise sont :

- la mise en place d'un système d'astreinte permettant la mobilisation d'un personnel minimum pour la gestion de crise ;
- le dimensionnement au séisme des locaux de gestion de crise de la zone exploitation afin de rester opérationnel face à cette agression touchant l'ensemble du site et susceptible d'induire d'autres situations type incendie ;
- la présence de moyens de communication et d'alerte résilients au séisme de dimensionnement dans les locaux de gestion de crise de la zone exploitation ;
- la mise en place de plusieurs technologies pour les moyens de communication (par exemple : téléphone fixe/téléphone portable) au niveau des locaux de gestion de crise ;
- le dimensionnement des bâtiments et locaux abritant les moyens et matériels d'intervention afin de rester opérationnelles en cas de séisme de dimensionnement ;
- la présence d'*a minima* une voie intègre d'acheminement des secours à l'installation souterraine suite à une situation accidentelle (dimensionnement des structures) ;
- la présence de toute la documentation et connexions au réseau nécessaires à la gestion de crise dans les locaux de gestion de crise ;
- l'équipement du personnel d'intervention de moyens de communication ;
- la présence de systèmes de surveillance au sein des installations du périmètre INB avec des reports d'alarmes au niveau des locaux de gestion de crise, permettant de déclencher l'alerte, le cas échéant.

Objectif 4 du PUI : Caractériser l'état radiologique du site et de l'environnement à l'extérieur du site

Au titre de l'objectif 4 du PUI, les objectifs de dimensionnement de la gestion de crise sont la mise en place de moyens de caractérisation de l'état radiologique du site et de l'extérieur du site pour les scénarios dont la nature conduit à un impact radiologique.

Objectif 5 du PUI : Informer les parties prenantes locales et les médias en liaison avec les pouvoirs publics

Au titre de l'objectif 5 du PUI, les objectifs de dimensionnement de la gestion de crise sont :

- la capacité de gréer une équipe de crise assurant à la fois la gestion de l'évènement, ainsi que celle d'une éventuelle crise médiatique ;
- la présence de moyens de communication et d'alerte résilients au séisme de dimensionnement dans les locaux de gestion de crise de la zone exploitation ;
- la mise en place de plusieurs technologies pour les moyens de communication (par exemple : téléphone fixe/téléphone portable) au niveau des locaux de gestion de crise.

11.4 L'organisation en cas de crise

Le développement progressif des installations en particulier de la construction des ouvrages souterrains impliquent la concomitance d'activités dans la zone exploitation nucléaire et la zone travaux pendant la phase de fonctionnement. Cette spécificité engendre la prise en compte de la zone travaux et des impacts potentiels sur cette zone d'accidents dans la zone d'exploitation nucléaire dans la constitution de l'étude de dimensionnement du plan d'urgence interne.

L'organisation de crise mise en place est basée sur les objectifs du PUI, ainsi que sur l'organisation de l'exploitation présentée dans le volume 6 du présent rapport.

À noter que pour l'organisation de l'exploitation deux structures sont mises en place :

- une organisation en heures ouvrées dans laquelle sont présentes les activités de pilotage de l'exploitation du process nucléaire (production et maintenance) ;
- une structure postée sous régime d'astreinte, dite « hors heures ouvrées » dans laquelle l'exploitation est à l'arrêt et l'installation à l'état sûr.

11.4.1 La zone exploitation nucléaire

11.4.1.1 En heures ouvrées

11.4.1.1.1 Le poste de commandement et de coordination (PCC) de la zone exploitation

a) Les missions du PCC

Le PCC a pour principales missions :

- de centraliser les informations ;
- de rassembler dans un endroit sûr l'ensemble des personnels compétents et décisionnaires aptes à faire face à toutes les situations d'urgence dans l'objectif de maîtriser ces situations et de mettre à l'état sûr l'installation ;
- d'élaborer un diagnostic de la situation et envisager une éventuelle évolution de celle-ci ;
- d'informer la direction générale de l'Andra ;
- d'informer les Autorités ;
- d'assurer les liaisons *via* un PCA (poste de commandement avancé) avec les équipes de terrain afin de bénéficier des points de situation et de transmettre les décisions à ces équipes.

b) Les moyens humains du PCC

En termes de moyens humains, le PCC est sous l'autorité du directeur du centre de stockage ou de sa délégation (désignation du chef du PCC).

Les équipes le composant sont modulables par le chef du PCC. Elles sont adaptables selon la nature de la situation accidentelle. À titre d'exemple, le PCC peut être composé notamment d'un chef du PCC, d'ingénieurs sûreté, de représentants des différentes fonctions de l'organisation.

Le PCC peut être complété par des secours externes.

c) La localisation géographique du PCC

11.4.1.1.2 Le poste de commandement avancé (PCA)

a) Les missions du PCA

Sous l'autorité du PCC, le PCA est gréé si besoin et a pour missions principales de :

- dresser un bilan circonstanciel de la situation accidentelle ;
- prendre toute initiative pour mettre en sécurité le personnel et circonscrire la situation accidentelle. Pour cela, il effectue, si besoin, le sauvetage des personnes et il assure la lutte contre le sinistre ;
- adapter la tactique selon les évolutions de la situation et coordonner les actions des équipes d'intervention sur le terrain ;
- rendre compte au PCC des évolutions de la situation accidentelle, de l'état des victimes et du matériel et des moyens mis en œuvre ;
- réaliser ou effectuer les demandes de renforts éventuelles.

b) Les moyens humains du PCA

La composition du PCA est adaptable en fonction de la situation. À titre d'exemple, le PCA est composé du :

- chef du PCS et responsable des FdS ;
- représentant de l'exploitant ;
- personne de la fonction radioprotection ;
- métier environnement.

À noter que le PCA peut être complété par des secours externes.

c) La localisation géographique du PCA

Le PCA se met en place à proximité du lieu de la situation accidentelle sans intervenir directement vis-à-vis du développement de la situation accidentelle.

11.4.1.1.3 Le poste central de sécurité (PCS)

a) Les missions du PCS

En cas de gestion de crise PUI, le PCS est placé sous l'autorité du PCC et doit :

- réceptionner les alertes et alarmes ;
- faire partir les secours internes ;
- diffuser les appels urgents au sein des installations;
- mettre en œuvre les procédures dédiées à la situation ;
- le pilotage des équipements à la gestion de l'incendie, sous l'autorité du PCC ;
- Informer la SCC (si disponible et/ou opérationnelle) des actions réalisées par le PCS (fermeture des clapets coupe-feu par exemple), échanger avec la SCC ;
- prévenir la direction ;
- appeler les secours extérieurs selon la nature et la gravité de la situation accidentelle ;
- consigner chronologiquement les informations.

b) Les moyens humains du PCS

Il est constitué d'agents de la FdS présents au PCS 24h/24h et d'un chef d'équipe.

c) La localisation géographique

11.4.1.1.4 La salle de conduite centralisée (SCC)

a) Les missions de la SCC (si disponible et/ou opérationnelle)

La SCC est sous la responsabilité du chef de quart (lui-même sous la responsabilité du chef d'installation). En gestion de crise, les opérateurs de la SCC ont pour missions :

- d'assurer la mise à l'état sûr du process nucléaire ;
- sur demande du PCC et en coordination avec le PCS, d'apporter une aide à l'analyse et au diagnostic des possibles conséquences sur les conditions de sûreté du process nucléaire ;
- d'échanger avec le PCS et/ou le PCC pour d'éventuelles actions sur le process nucléaire dont elle a la charge ;
- de consigner chronologiquement les informations.

b) Les moyens humains de la SCC

Il est envisagé la constitution suivante :

- d'un chef de quart ;
- d'un adjoint chef de quart ;
- d'opérateurs d'exploitation du process ;
- d'un responsable sûreté ;

c) La localisation géographique

La SCC se situe dans le bâtiment nucléaire de surface (EP1).

11.4.1.1.5 Les équipes d'intervention

Les forces d'intervention sont composées *a minima* :

- d'une équipe FdS ;
- d'une équipe radioprotection ;
- d'une équipe environnement.

En cas de nécessité, des équipes techniques peuvent être appelées en renfort.

À noter que les équipes d'intervention peuvent être complétées par des secours externes.

11.4.1.1.6 Le traitement des alarmes

En cas d'accident en heures ouvrées, les alarmes remontent de façon centralisée au Poste Central de Sécurité situé au bâtiment SSE. Dans le cas d'une alarme provenant d'une zone d'exploitation du process nucléaire, celle-ci est également reportée au niveau de la Salle de Conduite Centralisée du bâtiment nucléaire de surface. Dans la mesure de leur capacité, les équipes d'exploitation mènent des activités de levée de doute avec si besoin une intervention de premier niveau au sein de la zone concernée.

En fonction de l'évaluation de la situation, vis-à-vis des conditions de sécurité des installations et des personnes, le PCS peut être amener à appeler le chef de quart, le chef d'installation, les responsables spécialisés pour des fonctions de soutien (radioprotection, maintenance …) et si besoin la direction du centre de stockage.

Si la nature de la situation accidentelle le justifie, et suivant les critères présentés dans le chapitre 11.2 du présent volume, la direction du centre de stockage déclenche la mise en œuvre du PUI. Dans un tel

contexte, la direction du centre de stockage met en place le poste de commandement central (PCC), informe la direction générale de l'Andra, les autorités compétentes, et si besoin les secours extérieurs. En fonction de la nature de l'évènement, la configuration de crise (PCC, PCA, PCS, SCC…) est modulable en termes de moyens humains et matériels.

Si la situation de crise doit se prolonger au-delà de plusieurs heures, des dispositions sont mises en place permettant d'assurer la permanence du PCC et de conserver les moyens de surveillance et d'intervention appropriés (rotation du personnel, gestion du ravitaillement des équipes…).

11.4.1.2 Hors heures ouvrées

En dehors des heures ouvrées, l'organisation de crise mise en place est basée sur celle définie pendant les heures ouvrées (cf. Chapitre 11.4.1.1 du présent volume). Le cadre d'astreinte de direction (CADI) peut décider de moduler cette configuration en fonction de la situation et de son évolution.

S'agissant du traitement des alarmes, celles-ci sont remontées au poste central de sécurité (PCS).

À réception d'une alarme, le PCS confirme la situation et contacte le cadre d'astreinte de direction (CADI) qui évalue la situation.

En fonction de la nature, de la localisation et de la gravité de la situation accidentelle, le CADI peut demander au PCS de mobiliser le personnel d'astreinte et de faire appel aux secours extérieurs.

Si la nature de la situation accidentelle le justifie, et suivant les critères présentés dans le chapitre 11.2 du présent volume, le CADI déclenche la mise en œuvre du PUI.

11.4.1.3 Les moyens matériels

À dispositions des équipes d'intervention, les moyens matériels suivants sont à disposition pour la gestion de crise :

- des véhicules de secours et d'assistance à victime (VSAV) dont *a minima* un véhicule dans chaque zone (zone descenderie et zone puits) ;
- un véhicule incendie pour l'intervention en surface dans chaque zone (zone descenderie et zone puits) ainsi qu'un véhicule léger et un véhicule berce prévu pour l'acheminement des matériels spécifiques ;
- des véhicules incendie pour l'intervention en souterrain (un premier véhicule incendie à disposition du premier demi-piquet arrivé en fond, un véhicule de soutien léger et un second véhicule disponible pour la montée en puissance du dispositif d'intervention) ;
- deux véhicules d'acheminement des renforts au fond pour la zone exploitation ;
- des véhicules de service présents en ZSL exploitation qui pourront être utilisés pour l'acheminement des équipes d'intervention et de leurs matériels (hors personnels FdS) ;
- du matériel spécialisé à projeter sur place en fonction de la nature de la crise, notamment :
  - ✓ dévidoirs ;
  - ✓ équipement de prise en charge et de pré traitement des victimes ;
  - ✓ matériels de déblaiement ;
  - ✓ matériel de balisage permettant de délimiter des zones d'exclusion ;
  - ✓ matériel de mesure d'une contamination surfacique ;
  - ✓ matériel de mesure d'un débit d'équivalent de dose ;
  - ✓ matériel de décontamination pour le personnel ;
  - ✓ matériel permettant le prélèvement d'échantillons pour mesures ou analyses ;
  - ✓ sas montable d'entrée et de sortie de zones ;
  - ✓ moyens mobiles téléopérés de cartographie.

11.4.2 La zone travaux

La gestion d'une situation accidentelle en zone travaux est réalisée de manière indépendante.

La zone travaux dispose d'une organisation, d'infrastructures, de matériels, d'équipements et de personnels qui lui sont propres afin de gérer de manière adéquate l'occurrence d'une situation accidentelle.

11.4.2.1.1 Le poste de commandement et de coordination (PCC) de la zone travaux

a) Les missions du PCC

Le PCC de la zone travaux, distinct de celui de la zone exploitation, a pour principales missions :

- de centraliser les informations ;
- de rassembler dans un endroit sûr l'ensemble des personnels compétents et décisionnaires aptes à faire face à toutes les situations d'urgence dans l'objectif de maîtriser ces situations et de mettre à l'état sûr l'installation ;
- d'élaborer un diagnostic de la situation et envisager une éventuelle évolution de celle-ci ;
- d'informer la direction générale de l'Andra ;
- d'informer les Autorités ;
- d'assurer les liaisons *via* un PCA (poste de commandement avancé) avec les équipes de terrain afin de bénéficier des points de situation et de transmettre les décisions à ces équipes.

b) Les moyens humains du PCC

En termes de moyens humains, le PCC est sous l'autorité du directeur du centre de stockage ou de sa délégation (désignation du chef du PCC).

Les équipes le composant sont modulables par le chef du PCC. Elles sont adaptables selon la nature de la situation accidentelle.

c) La localisation géographique

Le PCC se situe dans un bâtiment dédié.

11.4.2.1.2 Le poste de commandement avancé (PCA)

a) Les missions du PCA

Sous l'autorité du PCC travaux et en coordination avec le PC travaux (cf. Description du Chapitre 11.4.2.1.3 du présent volume), le PCA est gréé si besoin et a pour missions principales de :

- dresser un bilan circonstanciel de la situation accidentelle ;
- prendre toute initiative pour mettre en sécurité le personnel et circonscrire la situation accidentelle. Pour cela, il effectue, si besoin, le sauvetage des personnes et il assure la lutte contre le sinistre ;
- adapter la tactique selon les évolutions de la situation et coordonner les actions des équipes d'intervention sur le terrain ;
- rendre compte au PCC des évolutions de la situation accidentelle, de l'état des victimes et du matériel et des moyens mis en œuvre ;
- réaliser ou effectuer les demandes de renforts éventuelles.

b) Les moyens humains du PCA

La composition du PCA est adaptable en fonction de la situation.

c) La localisation géographique du PCA

Le PCA se met en place à proximité du lieu de la situation accidentelle sans intervenir directement vis-à-vis du développement de la situation accidentelle.

11.4.2.1.3 Le poste central travaux (PC travaux)

a) Les missions du PC travaux

Les agents du PC travaux doivent :

- réceptionner les alertes et alarmes ;
- faire partir les secours internes ;
- diffuser les appels urgents au sein des installations ;
- mettre en œuvre les procédures dédiées à la situation ;
- prévenir la direction, si besoin ;
- appeler les secours extérieurs selon la nature et la gravité de la situation accidentelle ;
- consigner chronologiquement les informations.

b) Les moyens humains du PC travaux

Il est constitué d'agents de sécurité et d'un chef d'équipe.

c) La localisation géographique

Le PC travaux se situe dans un bâtiment dédié.

11.4.2.1.4 Les équipes d'intervention

Les équipes d'intervention sont composées de personnels compétents pour une intervention en lien avec la spécificité de la situation accidentelle.

À noter que les équipes d'intervention peuvent être complétées par des secours externes.

11.4.2.2 Le traitement des alarmes

Les alarmes sont remontées au poste central travaux (PC travaux). À réception d'une alarme, le PC travaux confirme la situation et l'évalue.

En cas de décision de déclenchement du PUI par la direction de l'INB, le poste de commandement travaux (PC travaux) est gréé et la direction générale de l'Andra, les autorités compétentes, et les secours extérieurs informés.

En fonction de la nature de l'évènement, la configuration de crise est modulable.

11.4.2.3 Les moyens matériels

À dispositions des équipes d'intervention, les moyens matériels suivants sont à disposition pour la gestion de crise :

- de véhicules de secours et d'assistance à victime (VSAV) ;
- de véhicules d'intervention en surface et en souterrain ;
- du matériel spécialisé présent à demeure au niveau des recoupes, des refuges fixes ou mobiles et des niches ;
- du matériel spécialisé : dévidoirs, équipement de prise en charge et de pré traitement des victimes, matériels de sauvetage et de déblaiement, groupe électrogène, motopompes,...

11.4.3 L'interface zone exploitation/zone travaux

Bien que les gestions de crise de la zone travaux et de la zone exploitation soient indépendantes l'une de l'autre, des interfaces existent entre ces deux zones, avec une information et une alerte immédiate en situation de crise.

Une interface de communication est prévue au niveau organisationnel entre la zone travaux et la zone exploitation afin de faciliter une réponse cohérente et concertée à une situation de crise se déclenchant sur une des deux zones, avec notamment une mutualisation possible des moyens.

Lors d'une situation accidentelle sur une des deux zones (zone exploitation ou zone travaux) nécessitant la mise en place de l'organisation de crise décrite au chapitre 11.4 du présent volume, le PCC de l'autre zone est gréé *a minima* afin de suivre l'évolution de la situation accidentelle. En fonction de l'évaluation de la situation accidentelle et de son évolution, une montée en puissance du dispositif de gestion de crise de la seconde zone peut être déclenchée.

De plus, outre la remontée d'alarmes de la zone travaux vers le PC Travaux, un report en temps réel de certaines informations (notamment les alarmes du système de sécurité incendie) est effectué au niveau du PCS (zone exploitation).

12

L'étude des situations d'accidents issues d'actes de malveillance

12.1 La méthodologie d'analyse du risque lié aux actes de malveillance 566
12.2 L'étude des situations d'accidents issues d'actes de malveillance 567

12.1 La méthodologie d'analyse du risque lié aux actes de malveillance

12.1.1 L'origine du risque

Le risque de malveillance est lié aux agressions volontaires qui pourraient impacter la sûreté pendant la phase de fonctionnement. Ces agressions concernent le risque d'enlèvement non autorisé de matières ou substances radioactives ainsi que les risques de sabotage pouvant conduire à une dissémination de substances radioactives.

L'INB abrite des substances radioactives sous forme de déchets ultimes issus de l'exploitation des installations nucléaires françaises. Leur présence fait du centre de stockage une cible potentielle d'actes de malveillance.

L'étude du risque de malveillance est encadrée par un corpus réglementaire dont les principaux textes sont :

- le code de la défense dans ses articles relatifs à la protection et au contrôle des matières nucléaires ;
- le décret n° 2009-1120 du 17 septembre 2009 relatif à la protection et au contrôle des matières nucléaires, de leurs installations et de leur transport (93) ;
- l'arrêté du 31 mai 2011 relatif aux mesures de suivi physique, de comptabilité et de protection physique applicables aux matières nucléaires faisant l'objet d'une déclaration ainsi qu'à la forme et aux modalités de la déclaration (94) ;
- l'arrêté du 9 juin 2011 fixant les conditions de mise en œuvre du suivi physique et de la comptabilité des matières nucléaires dont la détention relève d'une autorisation (95) ;
- l'arrêté du 10 juin 2011 relatif à la protection physique des installations abritant des matières nucléaires dont la détention relève d'une autorisation (96) ;
- l'instruction générale interministérielle n° 1300 du 9 août 2021 sur la protection du secret de la défense nationale (97) et tous autres textes réglementaires ad hoc pour la cyber-protection, en fonction des éventuels statuts particuliers des établissements concernés.

Le présent chapitre introduit la méthodologie d'analyse du risque de malveillance.

12.1.2 L'analyse du risque de malveillance

La gestion du risque de malveillance se fait au travers de la mise en œuvre de dispositifs de protection physique et de gestion et de suivi des matières nucléaires. Ces dispositifs sont établis selon la règlementation en vigueur encadrant ces sujets.

12.1.2.1 L'identification des évènements non souhaités

L'identification des évènements non souhaités est une étape consistant à identifier l'ensemble des éléments de l'installation (matières nucléaires et substances radioactives, ouvrages, équipements, matériels…) qui pourraient, en cas de réalisation d'une menace, conduire à des conséquences radiologiques et à les analyser au travers des sources de dangers définies.

Une estimation des potentiels de conséquences est réalisée afin de permettre de déterminer l'impact d'une agression éventuelle des cibles, sans considérer les dispositifs de maîtrise du risque mis en place, mais en tenant compte de la configuration des installations et du conditionnement des matières.

12.1.2.2 L'évaluation des dispositions de maîtrise du risque

La maîtrise des évènements non souhaités du risque de malveillance se traduit par la mise d'un dispositif de sécurité fonctionnant sur la base des actions suivantes :

- prévenir, par l'estimation du niveau de menace et par la mise en place, à la conception, de dispositions visant à déjouer tout acte malveillance et à protéger les informations sensibles ;
- dissuader la commission d'actes de malveillance, par l'affichage ostentatoire des moyens de protection de l'installation. À titre d'exemples, ces moyens peuvent être la mise en place de clôtures, de dispositifs de vidéosurveillance, ou encore la présence de personnels armés aux accès ;
- détecter toute tentative non autorisée de pénétrer dans des zones à accès restreints, par le déploiement de moyens adaptés ;
- évaluer rapidement (confirmation ou infirmation) tout déclenchement du système de détection afin de lancer la procédure d'intervention appropriée ;
- retarder l'accès non autorisé aux substances radioactives ou leur enlèvement non autorisé, par la mise en place de dispositions adéquates ;
- intervenir rapidement en cas de tentative d'accès non autorisé à des substances radioactives, ou pour tout autre évènement de sécurité nucléaire mettant en jeu des substances radioactives.

L'évaluation des dispositions de maîtrise du risque consiste à analyser chaque scénario de menace, défini *a minima* dans la règlementation en vigueur, à déterminer de quelle manière les différentes dispositions de maîtrise du risque liées au système de protection physique sont sollicitées et à les adapter si besoin.

L'examen du dispositif de sécurité se fait également au travers l'impact des cheminements possibles des éventuels agresseurs sur les conditions de réponse et d'intervention des services de sécurité.

12.1.2.3 L'évaluation des conséquences des scénarios de malveillance

Des évaluations de conséquences radiologiques aux populations résultant de l'altération des cibles par les différents scénarios de menace sont réalisées et comparés aux valeurs seuil homologuées par l'ASN pour l'intervention en situation d'urgence radiologiques en application du R. 1333 -80 du code de la santé publique (10 mSv pour la mise à l'abri et 50 mSv pour l'évacuation).

La mise en place d'une organisation, de moyens matériels et humains ainsi que des méthodes d'intervention propres, en cas de situation d'urgence, est prévue, de manière à assurer la meilleure maîtrise possible de la situation, ainsi qu'à maitriser les conséquences à l'extérieur du site.

12.2 L'étude des situations d'accidents issues d'actes de malveillance

L'étude des situations d'accidents issues d'actes de malveillance est réalisée dans une partie séparée de la version préliminaire du rapport de sûreté dans le respect des règles applicables au secret de la défense nationale et conformément à l'article 2-4 de l'annexe à la décision n° 2015-DC-0532 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 17 novembre 2015 relative au rapport de sûreté des installations nucléaires de base (4).

13

Les éléments importants pour la protection

13.1 La démarche d'identification des EIP issus de la démonstration de sûreté 569
13.2 L'identification des EIP issus de la démonstration de sûreté 572
13.3 Les exigences définies assignées aux EIP 593
13.4 La démarche de qualification des EIP 594

13.1 La démarche d'identification des EIP issus de la démonstration de sûreté

L'article 1.3 de l'arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base (3) définit un élément important pour la protection comme un *« élément important pour la protection des intérêts mentionnés à l'article L. 593-1 du code de l'environnement (sécurité, santé et salubrité publiques, protection de la nature et de l'environnement), c'est-à-dire structure, équipement, système (programmé ou non), matériel, composant, ou logiciel présent dans une installation nucléaire de base ou placé sous la responsabilité de l'exploitant,* ***assurant une fonction nécessaire à la démonstration*** *mentionnée au deuxième alinéa de l'article L. 593-7 du code de l'environnement* ***ou contrôlant que cette fonction est assurée*** *».*

La recherche des éléments importants pour la protection consiste ainsi, parmi les dispositions techniques valorisées dans la démonstration de protection des intérêts (démonstration de sûreté et démonstration de maîtrise des inconvénients), à identifier les éléments nécessaires à l'accomplissement des fonctions de protection des intérêts ou contrôlant que cette fonction est assurée.

Conformément à l'article 4-5-2 de l'annexe à la décision n° 2015-DC-0532 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 17 novembre 2015 relative au rapport de sûreté des installations nucléaires de base (4), « *le rapport de sûreté décrit la démarche d'identification des EIP* (EIP « sûreté ») :

- *accomplissant directement les fonctions [de protection des intérêts] ou assurant les fonctions support à ces fonctions ;*
- *contrôlant que les fonctions [de protection des intérêts] sont assurées, en considérant notamment les fonctions de contrôle-commande assurant ou surveillant l'accomplissement de ces fonctions ;*
- *à protéger d'une agression en raison de leur rôle dans la démonstration de sûreté nucléaire. ».*

13.1.1 Le lien entre EIP, fonctions et analyses de risques

En lien avec les analyses de risques de la démonstration de sûreté, chaque EIP est rattaché à une ou plusieurs fonctions de protection. Ces fonctions sont :

- du point de vue des risques radiologiques (cf. Arrêté du 7 février 2012 (3)) :
  - ✓ le confinement des substances radioactives ;
  - ✓ la protection des personnes[91] et de l'environnement contre les rayonnements ionisants ;
  - ✓ la maîtrise des réactions nucléaires en chaîne (ce qui se traduit pour l'INB Cigéo par la maîtrise de la sûreté-criticité) ;
  - ✓ l'évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives ;
  - ✓ l'Andra retient, en plus de ces fonctions de sûreté imposées par la réglementation, la maîtrise des gaz inflammables formés par radiolyse ou par corrosion ;
- du point de vue des risques non radiologiques :
  - ✓ le confinement des substances dangereuses ;
  - ✓ la protection des personnes et de l'environnement à l'égard des phénomènes dangereux ;
- du point de vue des inconvénients[92] :
  - ✓ la maîtrise des impacts occasionnés par l'installation sur la santé et l'environnement du fait des prélèvements d'eau et des rejets ;
  - ✓ la maîtrise des nuisances occasionnées par l'installation sur la santé et l'environnement (bruits, vibrations, odeurs, poussières…) ;

[91] Y compris la radioprotection collective des travailleurs.
[92] Les impacts et nuisances sont ceux et celles décrits dans l'étude d'impact de l'installation.

- ✓ la surveillance des effets de l'installation sur l'environnement.

13.1.2 Les différentes catégories d'EIP selon la fonction concernée

Selon la fonction à laquelle ils sont associés, les EIP sont regroupés en trois catégories, présentées dans le tableau ci-dessous. On notera qu'un même EIP peut être nécessaire à l'accomplissement d'une ou plusieurs fonctions.

Tableau 13-1 Différentes catégories d'EIP selon la ou les fonctions auxquelles ils sont associés

Fonction	Catégorie d'EIP	Donnée d'entrée pour l'identification des EIP
Confinement des substances radioactives	**EIP liés aux risques** radiologiques dits « EIP sûreté »	EIP identifiés sur la base des analyses de risques
Protection des personnes et de l'environnement contre les rayonnements ionisants		
Maîtrise des réactions nucléaires en chaîne (sûreté-criticité)		
Évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives		
Maîtrise des gaz inflammables formés par radiolyse ou par corrosion		
Confinement des substances dangereuses	**EIP liés aux risques** non radiologiques dits « EIP sûreté »	
Protection des personnes et de l'environnement à l'égard des phénomènes dangereux		
Maîtrise des impacts occasionnés par l'installation sur la santé et l'environnement du fait des prélèvements d'eau et des rejets **Maîtrise des nuisances occasionnées par l'installation sur la santé et l'environnement (bruits, vibrations, odeurs, poussières…)** **Surveillance des effets de l'installation sur l'environnement**	**EIP liés aux inconvénients** dits « EIP inconvénients »	EIP identifiés sur la base de l'étude d'impact, il s'agit des éléments qui ont un rôle pour prévenir les inconvénients en fonctionnement normal et dégradé, les détecter et en limiter les conséquences. Le rapport de sûreté identifie, parmi les EIP liés aux risques radiologiques et non radiologiques, les EIP liés aux inconvénients.

13.1.3 Les critères d'identification des EIP liés aux risques

Pour mémoire, en lien avec le contenu de l'article 1.3 de l'arrêté du 7 février 2012 (3) rappelé au chapitre 13.1 du présent volume, l'analyse de risques permet de distinguer, parmi les lignes de défense valorisées dans la démonstration de sûreté (dispositions de prévention, de surveillance et de limitation des conséquences), les dispositions nécessaires à la démonstration de sûreté ou contrôlant que cette fonction est assurée (*vs* les dispositions utiles). Les EIP liés aux risques sont identifiés sur la base de l'un ou l'autre des critères présentés dans le tableau présenté ci-après.

NOTE IMPORTANTE

Les EIP peuvent répondre à plusieurs critères d'identification vis-à-vis de la fonction à accomplir dans la démonstration de sûreté.

Tableau 13-2 Critères d'identification des EIP liés aux risques radiologiques et non radiologiques

Critères d'identification des EIP liés aux risques radiologiques et non radiologiques		
Nécessaire* à l'accomplissement d'une ou plusieurs fonction(s) de sûreté	Confinement des substances radioactives	*Ex : barrière de confinement*
	Protection des personnes et de l'environnement contre les rayonnements ionisants	*Ex : protection radiologique nécessaire pour prévenir ou limiter les doses reçues par les personnes et l'environnement au titre de l'exposition externe (y compris les dispositions nécessaires à la radioprotection collective des travailleurs)*
	Maîtrise des réactions nucléaires en chaîne	*Ex : géométrie nécessaire à la maîtrise de la sous-criticité*
	Évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives et des réactions nucléaires	*Ex : système de ventilation nécessaire au respect des critères thermiques*
	Maîtrise des gaz inflammables formés par radiolyse ou par corrosion	*Ex : système d'extraction nécessaire à la prévention de l'apparition d'une atmosphère explosive*
	Confinement des substances dangereuses	*Ex : barrière de confinement*
Nécessaire*, en situations incidentelles et accidentelles, au maintien d'une fonction de sûreté		Éléments dont la disponibilité fonctionnelle est nécessaire au fonctionnement d'un EIP dans les différentes situations envisagées. Ces éléments peuvent aussi être qualifiés de supports d'EIP et sont rattachés à l'EIP *via* la définition d'une ou plusieurs exigences définies visant le ou les systèmes support. *Ex : fourniture en énergie d'EIP*

Critères d'identification des EIP liés aux risques radiologiques et non radiologiques	
Élément interne à l'INB susceptible d'agresser, en situations incidentelles et accidentelles, un ou plusieurs EIP nécessaire(s)* à l'accomplissement ou au maintien d'une fonction de sûreté[93]	Éléments internes susceptibles d'affecter l'intégrité d'un EIP en situations incidentelles et accidentelles (ex : en cas d'agression d'origine externe telle que le séisme). Ces éléments peuvent être qualifiés d'agresseurs vis-à-vis de l'EIP et n'ayant pas été définis comme une ED d'un ou des EIP concerné(s). *Ex : pont de manutention susceptible d'agresser un EIP en cas de séisme*
Nécessaire* à la détection de situations incidentelles et accidentelles	Éléments dont la disponibilité fonctionnelle est nécessaire pour détecter la sortie du domaine de fonctionnement normal et dégradé en vue d'actions ultérieures de mise à l'état sûr, de maintien dans cet état ou de limitation des conséquences. *Ex : capteur de mesure du débit de ventilation nucléaire*
Nécessaire* à la mise en état sûr de l'installation, au maintien dans cet état ou à la limitation des conséquences	Éléments dont la disponibilité fonctionnelle est requise pour assurer la sûreté de l'INB (remise à l'état sûr, gestion post-accidentelle, etc.) *Ex : clapets coupe-feu*

** Vis-à-vis des critères ci-avant, dans la démonstration de sûreté, une ligne de défense est identifiée comme « nécessaire » si sa suppression remet en cause :*

- *les scénarios enveloppes de la démonstration de sûreté ;*
- *l'exclusion d'un scénario de la démonstration de sûreté ;*
- *dans le cas des scénarios conduisant à des impacts radiologiques, le principe d'optimisation de la radioprotection.*

13.2 L'identification des EIP issus de la démonstration de sûreté

En lien avec la démarche présentée au chapitre précédent, les EIP Cigéo issus de la démonstration de sûreté sont présentés dans les chapitres suivants.

Il s'agit d'EIP liés aux risques radiologiques, c'est-à-dire qu'ils sont tous liés à l'une et/ou l'autre des cinq fonctions de sûreté nucléaire. Dans les analyses de risques, il n'a pas été identifié d'EIP liés aux risques non radiologiques, c'est-à-dire d'EIP liés au confinement des substances dangereuses ou à la protection des personnes et de l'environnement à l'égard des phénomènes dangereux.

En outre, parmi les EIP liés aux risques, sont identifiés, au chapitre 13.2.2 du présent volume, les EIP Cigéo liés aux inconvénients.

[93] *Nota* : les éléments protégeant un EIP d'une agression externe sont rattachés à l'EIP au travers d'exigences définies (ex : dispositifs de protection contre la foudre présente sur des EIP).

13.2.1 Les EIP liés aux risques

13.2.1.1 Les EIP « Nécessaires à l'accomplissement d'une ou plusieurs fonctions de sûreté »

13.2.1.1.1 Les EIP associés à l'emballage de transport

Les emballages de transport reçus avec leurs colis primaires participent aux fonctions de sûreté suivantes :

- le confinement des substances radioactives (deuxième barrière de confinement statique) ;
- la protection des personnes et de l'environnement contre les rayonnements ionisants ;
- la maîtrise des réactions nucléaires en chaîne.

Lorsque les emballages de transport ne sont plus dans leur configuration transport, les éléments associés à l'emballage de transport identifiés EIP « Nécessaires à l'accomplissement d'une ou plusieurs fonctions de sûreté » sont les suivants :

- le dispositif d'accostage de l'emballage.

Les EIP associés à l'emballage de transport identifiés EIP « Nécessaires, en situations incidentelles et accidentelles, au maintien d'une fonction de sûreté » sont quant à eux les suivants :

- les amortisseurs de l'emballage de transport ;
- le support pour contrôle et mise à la verticale du hall de déchargement des emballages de transport ;
- les chariots des postes de préparation des emballages de transport (y compris les systèmes de freinage de ces chariots) ;
- le transbordeur des chariots des postes de préparation des emballages de transport (y compris les systèmes de freinage de ce transbordeur) ;
- les réhausses des postes de préparation des emballages de transport.

Tableau 13-3 EIP associés à l'emballage de transport, et liens avec les fonctions de sûreté

	EIP liés au confinement des substances radioactives	EIP liés à la protection des personnes et de l'environnement contre les rayonnements ionisants	EIP liés à la maîtrise des réactions nucléaires en chaîne	EIP liés à l'évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives	EIP liés à la maîtrise des gaz inflammables de radiolyse ou de corrosion	Risques/agressions de la démonstration de sûreté donnant lieu à des exigences définies : Chute, Incendie, Séisme, Sollicitations mécaniques induites par la chute d'avion, Accélération/décélération maximale lors des phases de freinage, Perte de l'alimentation électrique
EIP associés à l'emballage de transport	Tous les EIP identifiés ci-dessus[94]	Tous les EIP identifiés ci-dessus	Tous les EIP identifiés ci-dessus sauf le dispositif d'accostage	Sans objet	Sans objet	

[94] L'accostage de l'emballage de transport est un dispositif mécanique d'interface permettant d'assurer la continuité du confinement statique pendant la phase d'ouverture des emballages de transport entre deux zones de confinement et de radioprotection distinctes.

Figure 13-1 Illustration du support pour le contrôle et la mise à la verticale de l'emballage de transport

13.2.1.1.2 Le colis primaire

Précision importante

En application de la décision n° 2017-DC-0587 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 23 mars 2017 relative au conditionnement des déchets radioactifs et aux conditions d'acceptation des colis de déchets radioactifs dans les installations nucléaires de base de stockage (98), « *les colis de déchets radioactifs*[95] *doivent être identifiés par l'exploitant du stockage auquel ils sont destinés comme des éléments importants pour la protection au sens de l'arrêté du 7 février 2012 (…)* ».

Les colis primaires sont identifiés EIP car ils participent à l'accomplissent de l'ensemble des cinq fonctions de sûreté nucléaire.

13.2.1.1.3 Le panier de stockage

Les paniers de stockage concernent des colis primaires MA-VL destinés au stockage direct[96].

Ils sont identifiés EIP « Nécessaires à l'accomplissement d'une ou plusieurs fonctions de sûreté » car ils participent à la maîtrise des réactions nucléaires en chaîne (agencement des colis primaires au sein du panier) et ne doivent pas entraver l'évacuation des gaz inflammables produits par radiolyse des colis primaires MA-VL (cf. Fonctions portées par le colis primaire MA-VL ci-dessus).

De plus, ils sont identifiés « Nécessaires, en situations incidentelles et accidentelles, au maintien d'une fonction de sûreté » vis-à-vis du maintien du confinement assuré par les colis primaires MA-VL en cas d'agression (en cas de séisme, chute, incendie).

[95] Cette expression désigne à la fois le colis et les déchets radioactifs qu'il contient (cf. Article 1.1 de l'annexe à la décision n° 2017-DC-0587 (98))

[96] Pour certains colis primaires MA-VL, la stabilité mécanique en empilement ne peut pas être garantie et nécessite de les placer dans des paniers.

Tableau 13-4 EIP associés au panier de stockage, et liens avec les fonctions de sûreté

	EIP liés au confinement des substances radioactives	EIP liés à la protection des personnes et de l'environnement contre les rayonnements ionisants	EIP liés à la maîtrise des réactions nucléaires en chaîne	EIP liés à l'évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives	EIP liés à la maîtrise des gaz inflammables de radiolyse ou de corrosion	Risques/agressions de la démonstration de sûreté donnant lieu à des exigences définies :
Panier de stockage	Corps de panier de stockage, barres et platines de séparation Couvercle du panier de stockage	Sans objet[27]	Corps de panier de stockage, barres et platines de séparation	Sans objet[97]	Corps de panier de stockage, barres et platines de séparation Couvercle du panier de stockage	**Séisme** **Chute (du panier lui-même)** **Chute d'objet** **Incendie**

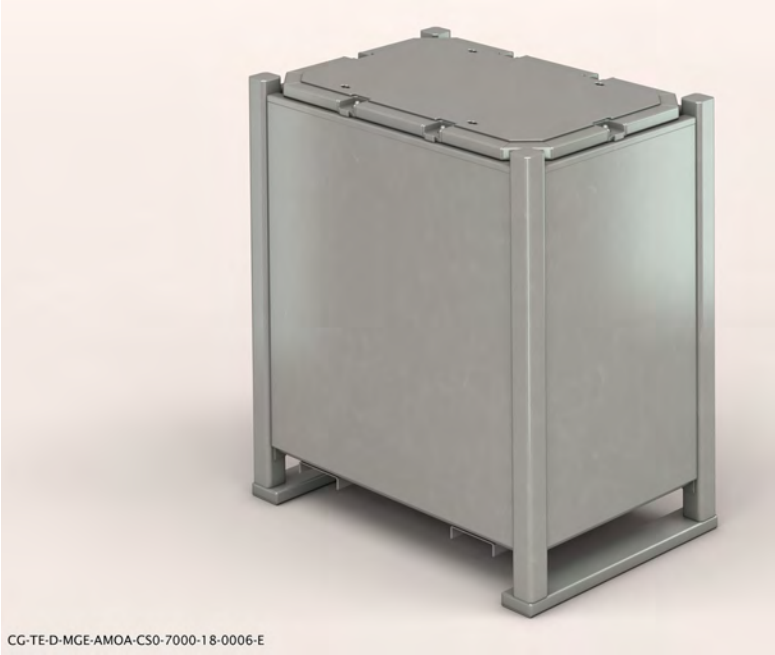


Figure 13-2 Illustration d'un panier de stockage

13.2.1.1.4 Le conteneur[98] de stockage HA

Les conteneurs de stockage HA sont identifiés EIP « Nécessaires à l'accomplissement d'une ou plusieurs fonctions de sûreté » car ils participent au confinement statique et à la maîtrise de la sûreté-criticité.

Pour mémoire, le colis de stockage HA, constitué de l'ensemble colis primaire HA et conteneur de stockage HA, constitue l'unique système de confinement pour le stockage des déchets HA en phase de fonctionnement. Le conteneur de stockage HA constitue à ce titre la seconde barrière de confinement statique.

97 Fonctions portées intégralement par le colis de stockage.
98 Les conteneurs de stockage correspondent aux « surconteneurs » (conteneur dans lequel un ou plusieurs colis de déchets radioactifs définitifs sont introduits par l'exploitant d'une INB de stockage) au sens de la décision ASN relative au conditionnement des déchets (décision n° 2017-DC-0587 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 23 mars 2017 (98)).

Tableau 13-5 EIP associés au conteneur de stockage HA, en et liens avec les fonctions de sûreté

	EIP liés au confinement des substances radioactives	EIP liés à la protection des personnes et de l'environnement contre les rayonnements ionisants	EIP liés à la maîtrise des réactions nucléaires en chaîne	EIP liés à l'évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives	EIP liés à la maîtrise des gaz inflammables de radiolyse ou de corrosion	Risques/agressions de la démonstration de sûreté donnant lieu à des exigences définies : Chute
Conteneur de stockage HA	Corps, couvercle, fond, soudures, patins (seconde barrière de confinement statique)	Conteneur dans son ensemble	Corps, couvercle, fond, soudures	Sans objet	Sans objet	

Figure 13-3 Illustration d'un conteneur de stockage HA

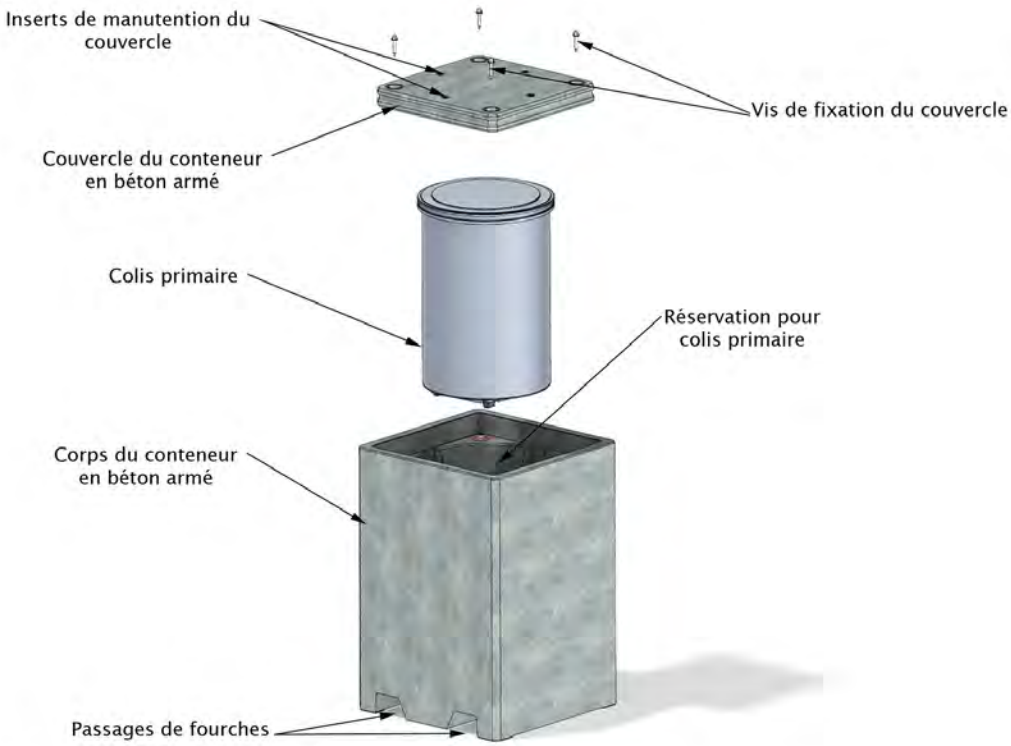
13.2.1.1.5 Le conteneur de stockage MA-VL et EIP associés

Les conteneurs de stockage MA-VL sont identifiés EIP « Nécessaires à l'accomplissement d'une ou plusieurs fonctions de sûreté » car ils participent au confinement statique, à la maîtrise de la sûreté-criticité et à l'évacuation des gaz de radiolyse. Ils contribuent également à la radioprotection.

Les composants du conteneur de stockage MA-VL identifiés EIP, selon les fonctions de sûreté concernées, sont identifiés dans le tableau suivant.

Tableau 13-6 EIP associés au conteneur de stockage MA-VL, en et liens avec les fonctions de sûreté

	EIP liés au confinement des substances radioactives	EIP liés à la protection des personnes et de l'environnement contre les rayonnements ionisants	EIP liés à la maîtrise des réactions nucléaires en chaîne	EIP liés à l'évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives	EIP liés à la maîtrise des gaz inflammables de radiolyse ou de corrosion	Risques/agressions de la démonstration de sûreté donnant lieu à des exigences définies : Chute Incendie Séisme
Conteneur de stockage MA-VL	Corps du conteneur Couvercle du conteneur et son système de fermeture	Corps et couvercle du conteneur	Géométrie et épaisseur du conteneur de stockage, y compris les voiles internes	Sans objet	Conteneur sans clavage : interface corps/couvercle Conteneur clavé : perméabilité du béton du conteneur et du liant de clavage	



CG-01-D-MGE-AMOA-CS0-7000-17-0006-A

Figure 13-4 Illustration d'un conteneur de stockage MA-VL

13.2.1.1.6 La hotte de transfert HA et EIP associés

Les hottes de transfert HA sont identifiées EIP « Nécessaires à l'accomplissement d'une ou plusieurs fonctions de sûreté » car elles participent à la protection des personnes et de l'environnement contre l'exposition aux rayonnements ionisants.

Les composants concernés par le caractère EIP sont les suivants :

- la porte coulissante ;
- la protection radiologique.

Les composants de la hotte de transfert HA identifiés EIP « Nécessaires, en situations incidentelles et accidentelles, au maintien d'une fonction de sûreté » sont les suivants :

- la protection thermique (vis-à-vis du maintien des fonctions assurées par le colis de stockage HA et par la protection radiologique neutronique en cas de montée en température liée à un incendie) ;
- la structure inférieure de la hotte et les interfaces (pieds et tourillons, vis-à-vis du maintien des fonctions assurées par la hotte de transfert HA en cas de séisme et d'accélération/décélération).

Tableau 13-7 EIP associés à la hotte de transfert HA et liens avec les fonctions de sûreté

	EIP liés au confinement des substances radioactives	EIP liés à la protection des personnes et de l'environnement contre les rayonnements ionisants	EIP liés à la maîtrise des réactions nucléaires en chaîne	EIP liés à l'évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives	EIP liés à la maîtrise des gaz inflammables de radiolyse ou de corrosion	Risques/agressions de la démonstration de sûreté donnant lieu à des exigences définies : Incendie Séisme Accélération/Décélération
Hotte de transfert HA et EIP associés	Sans objet[99]	Porte coulissante Protection radiologique Protection thermique100 Structure inférieure et interfaces (pieds et tourillons)	Sans objet	Sans objet	Sans objet	

[99] Pour mémoire, le colis de stockage HA est le seul système de confinement des substances radioactives. Aucune fonction de confinement des substances radioactives n'est attribuée à la hotte HA.
[100] Vis-à-vis de la tenue de la protection neutronique en cas d'incendie.

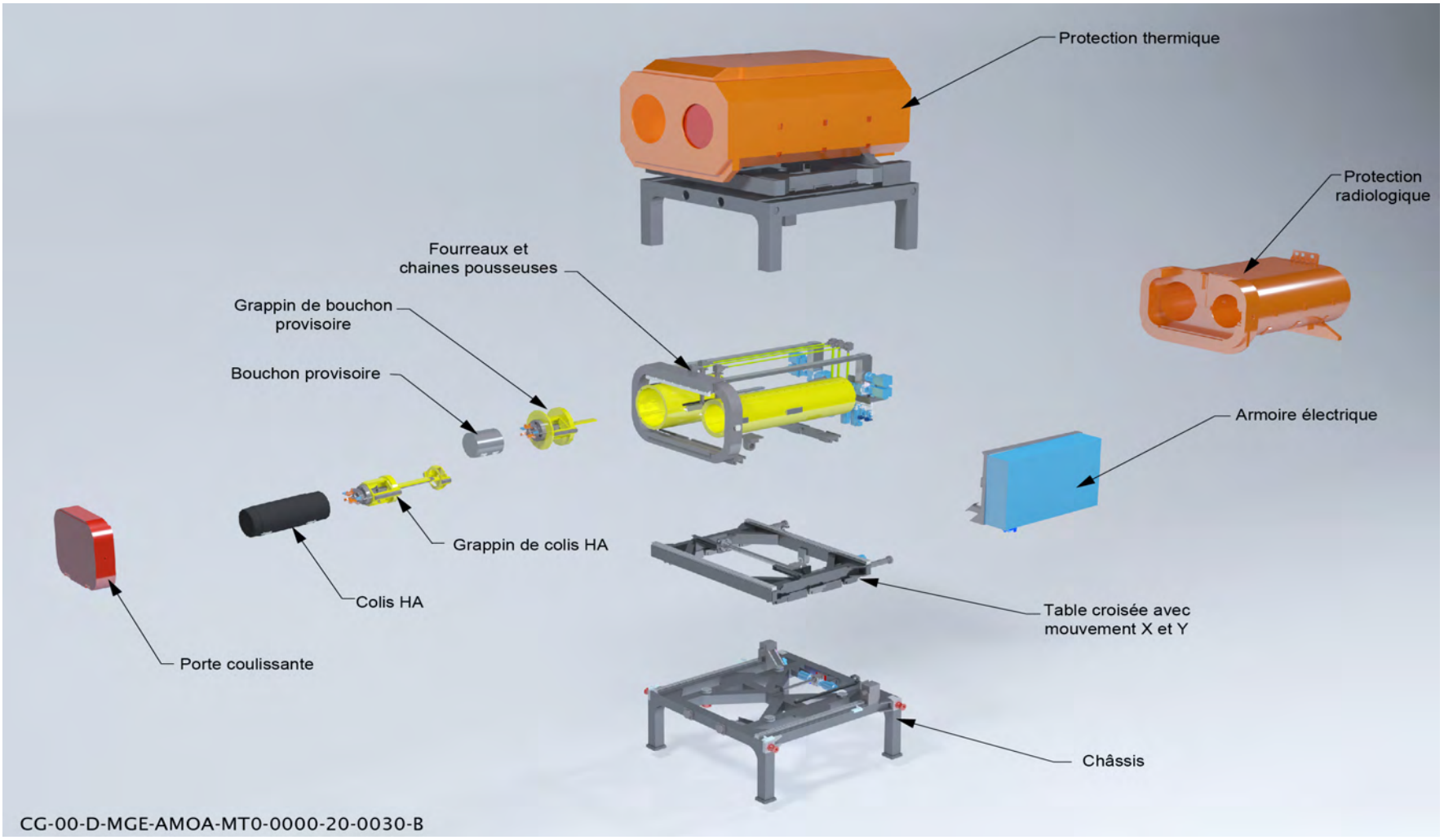


Figure 13-5 Illustration de la hotte de transfert HA

13.2.1.1.7 La hotte de transfert MA-VL et EIP associés

Les hottes de transfert MA-VL sont identifiées EIP « Nécessaires à l'accomplissement d'une ou plusieurs fonctions de sûreté » car elles participent au confinement statique des substances radioactives et à la protection des personnes et de l'environnement contre l'exposition aux rayonnements ionisants.

Les composants concernés par le caractère EIP sont les suivants :

- la porte ;
- l'enceinte blindée ;
- l'enceinte de confinement (et son joint).

En outre, les composants de la hotte de transfert MA-VL identifiés EIP « Nécessaires, en situations incidentelles et accidentelles, au maintien d'une fonction de sûreté » sont les suivants :

- la protection thermique et son enveloppe de protection mécanique (vis-à-vis du maintien des fonctions assurées par le colis de stockage MA-VL et l'enceinte de confinement (protection des joints) en cas de montée en température liée à un incendie) ;
- la structure inférieure de la hotte (pieds et tourillons) et les interfaces avec les chariots et les navettes (vis-à-vis du maintien des fonctions assurées par la hotte de transfert MA-VL en cas de chute, séisme, accélération/décélération) ;
- les orifices de dégazage situés côté porte et en partie arrière (vis-à-vis de l'évacuation des gaz inflammables produits par radiolyse en cas de blocage prolongé de la hotte).

Tableau 13-8 EIP associés à la hotte de transfert MA-VL et liens avec les fonctions de sûreté

	EIP liés au confinement des substances radioactives	EIP liés à la protection des personnes et de l'environnement contre les rayonnements ionisants	EIP liés à la maîtrise des réactions nucléaires en chaîne	EIP liés à l'évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives	EIP liés à la maîtrise des gaz inflammables de radiolyse ou de corrosion	Risques/agressions de la démonstration de sûreté donnant lieu à des exigences définies : Chute Incendie Séisme Accélération/Décélération Blocage prolongé de la hotte
Hotte de transfert MA-VL et EIP associés	Porte Enceinte de confinement et son joint Protection thermique et son enveloppe de protection mécanique Structure inférieure et interfaces (pieds et tourillons)	Porte Enceinte blindée	Sans objet	Sans objet	Orifices de dégazage côté porte et en partie arrière	

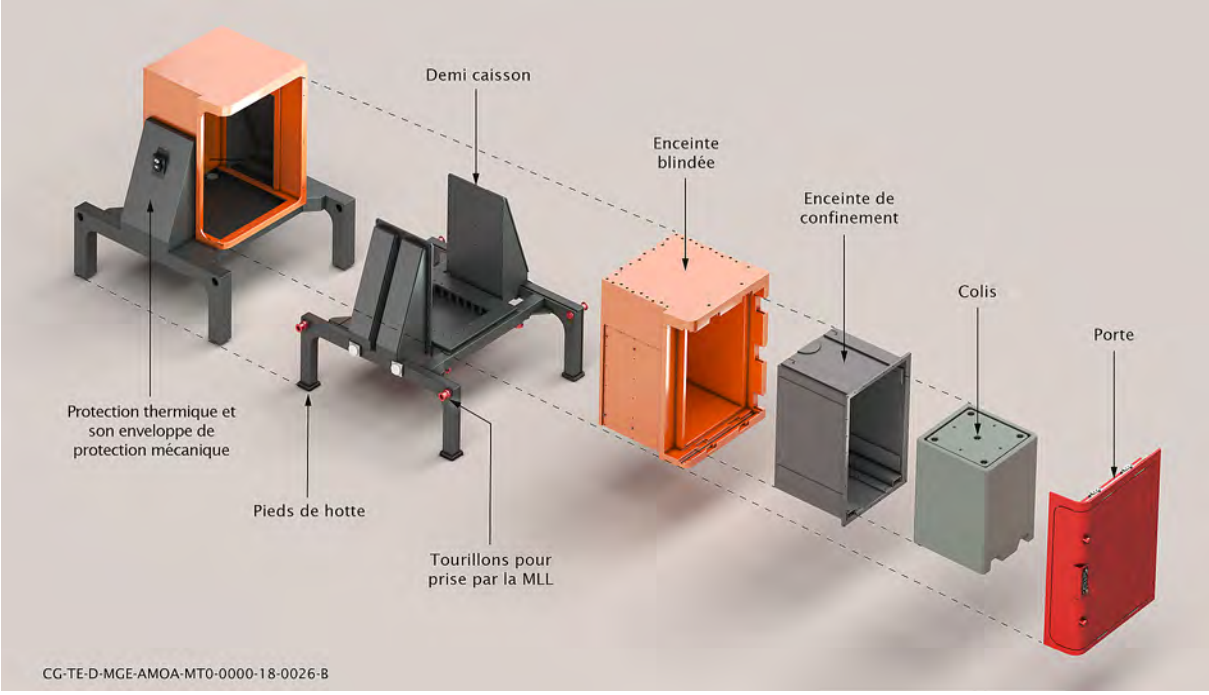


Figure 13-6 Illustration de la hotte de transfert MA-VL

13.2.1.1.8 L'alvéole de stockage HA et EIP associés

L'alvéole HA est un assemblage de différents éléments ouvragés constitutifs de la partie utile et de la tête d'alvéole.

Les composants de l'alvéole de stockage HA identifiés EIP « Nécessaires à l'accomplissement d'une ou plusieurs fonctions de sûreté » sont les suivants[101] :

- Vis-à-vis de la protection des personnes et de l'environnement contre l'exposition aux rayonnements ionisants :
  - ✓ la protection radiologique provisoire mise en œuvre pendant les opérations de chargement ou de déchargement des colis de stockage HA. Celle-ci est amovible et située dans l'insert métallique de tête d'alvéole, en butée du chemisage ;
  - ✓ la protection radiologique définitive mise en place à la fermeture de l'alvéole et pendant les opérations de démantèlement et de remblaiement en galerie d'accès (correspondant au « bouchon de fermeture » composé de quatre conteneurs de fermeture) ;
  - ✓ la bride métallique, dans le cas spécifique de l'alvéole du quartier de stockage HA ;
- Vis-à-vis de la maîtrise des risques liés aux gaz inflammables produits par corrosion :
  - ✓ le dispositif d'inertage à l'azote.

Est également identifié EIP « Nécessaire, en situations incidentelles et accidentelles, au maintien d'une fonction de sûreté » :

- le capot de protection thermique destiné à maintenir l'intégrité du bouchon de fermeture[102] en cas d'incendie dans la galerie d'accès aux alvéoles.

[101] D'autres éléments associés à l'alvéole HA sont également identifiés EIP mais au titre d'autres critères d'identification, cf. Chapitres suivants.
[102] Et l'intégrité de la bride, dans le cas de l'alvéole du quartier de stockage HA.

À noter en outre qu'au chapitre 13.2.1.3.3 relatif aux « Éléments internes susceptibles d'agresser un ou plusieurs EIP nécessaires à l'accomplissement ou au maintien d'une fonction de sûreté » du présent volume, est également identifié EIP :

- le génie civil de l'alvéole (massif d'accostage et d'amorce), vis-à-vis de l'agression potentielle des EIP de l'alvéole HA du quartier pilote HA situés en tête d'alvéole (protections radiologiques mentionnées ci-avant, capot de protection thermique).

Tableau 13-9 EIP associés à l'alvéole de stockage HA et liens avec les fonctions de sûreté

	EIP liés au confinement des substances radioactives	EIP liés à la protection des personnes et de l'environnement contre les rayonnements ionisants	EIP liés à la maîtrise des réactions nucléaires en chaîne	EIP liés à l'évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives	EIP liés à la maîtrise des gaz inflammables de radiolyse ou de corrosion	
Alvéole de stockage HA et EIP associés	Sans objet	Protection radiologique provisoire Protection radiologique définitive Bride métallique (cas de l'alvéole du quartier de stockage) Capot de protection thermique Génie civil (massifs d'accostage et d'amorce)	Sans objet	Sans objet[103]	Dispositif d'inertage à l'azote	**Risques/agressions de la démonstration de sûreté donnant lieu à des exigences définies :** **Incendie** **Séisme**

[103] Dans la partie utile des alvéoles du quartier de stockage HA, compte-tenu de leur puissance thermique, les colis HA1/HA2 sont déposés avec un espace intercalaire prédéfini constitué de vide ou de colis HA0 ou MA-VL faiblement exothermiques. Dans la partie utile des alvéoles, vis-à-vis de l'évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives, la définition du plan de chargement et du remplissage des alvéoles constituera ainsi une Activité importante pour la protection.

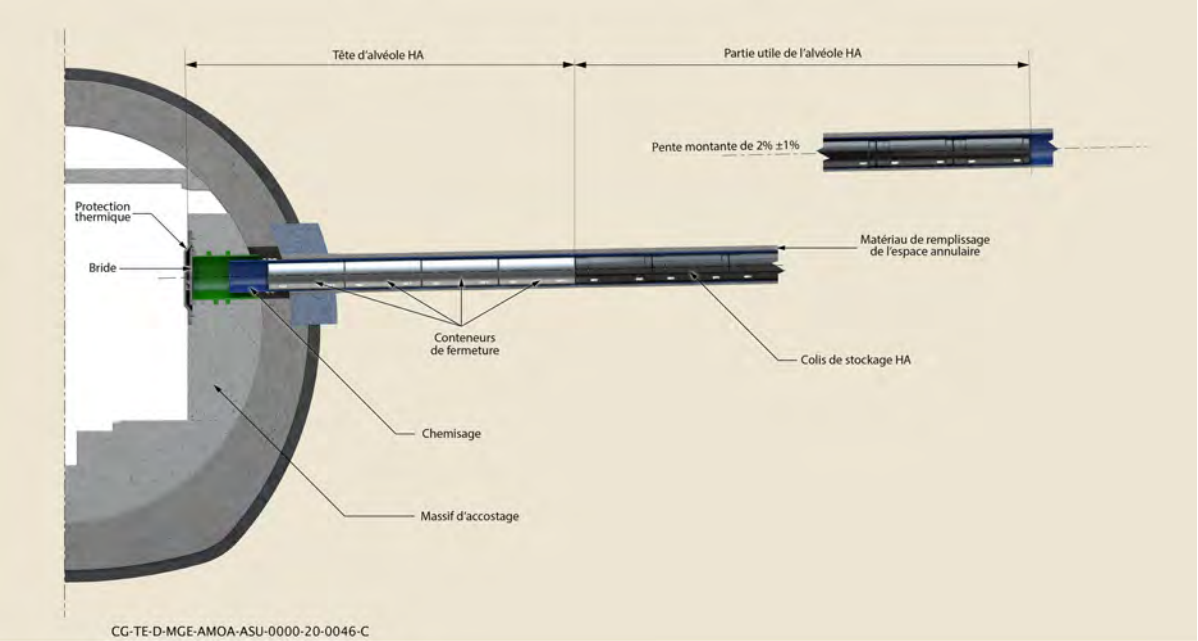


Figure 13-7 Illustration d'un alvéole de stockage HA

13.2.1.1.9 L'alvéole de stockage MA-VL et EIP associés

L'alvéole MA-VL est composé des structures suivantes :

- la cellule de manutention des colis de stockage MA-VL ;
- la partie utile de stockage ;
- la jonction de retour d'air, comportant notamment un local de filtration.

Au sein de ces structures et selon la fonction de sûreté qu'ils accomplissent, les composants de l'alvéole MA-VL identifiés EIP sont présentés dans le tableau suivant.

Pour mémoire, une fois le colis de stockage placé dans la cellule de manutention ou dans la partie utile de stockage, le second système de confinement est assuré par :

- une barrière de confinement statique composée :
  - ✓ du génie civil de l'alvéole MA-VL (revêtement et génie civil secondaire de la cellule de manutention et de la partie utile de l'alvéole, voiles en béton de la paroi d'accostage et de la paroi de radioprotection de fond d'alvéole) ;
  - ✓ de la façade d'accostage ;
  - ✓ des différentes traversées (passages de câbles et utilités, sas d'accès à la cellule de manutention, orifices de ventilation) ;
  - ✓ en aval de la partie utile de l'alvéole MA-VL, des gaines d'extraction de la ventilation jusqu'à la jonction de retour d'air, incluant le caisson de filtration du local DNF ;
- une barrière de confinement dynamique assurée par la ventilation nucléaire (pour mémoire, l'alvéole MA-VL est classé C2 famille IIA au sens de la norme NF ISO 17873 de 2006 (7). L'alvéole est mis en dépression par rapport à la galerie d'accès MA-VL adjacente et à la galerie de retour d'air, classées C1 famille I).

Le tableau ci-dessous synthétise de manière macroscopique les EIP associés à l'alvéole de stockage MA-VL, en lien avec les fonctions concernées.

Néanmoins, la liste exhaustive des EIP associés à l'alvéole de stockage MA-VL est présentée plus précisément dans le document support (36).

Tableau 13-10 EIP associés à l'alvéole de stockage MA-VL et liens avec les fonctions de sûreté

	EIP liés au confinement des substances radioactives	EIP liés à la protection des personnes et de l'environnement contre les rayonnements ionisants	EIP liés à la maîtrise des réactions nucléaires en chaîne	EIP liés à l'évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives	EIP liés à la maîtrise des gaz inflammables de radiolyse ou de corrosion	
Alvéole de stockage MA-VL et EIP associés	Vis-à-vis de la seconde barrière de confinement (part statique) Génie civil de l'alvéole et traversées Façade d'accostage Gaines d'extraction Clapets coupe-feu Caissons de filtration et filtres THE du local DNF Composants susceptibles d'agresser la barrière Vis-à-vis de la seconde barrière de confinement (part dynamique) Équipements nécessaires à la ventilation C2 des alvéoles MA-VL : cheminements de l'air neuf depuis le puits de ventilation d'air frais et jusqu'aux cheminements de l'air vicié vers le puits de ventilation d'air vicié et son usine de ventilation, en passant par les équipements des alvéoles MA-VL) Systèmes d'étanchéité et/ou de drainage du puits d'air vicié	Équipements liés à la protection radiologique de l'alvéole MA-VL : Voile en béton comportant la façade d'accostage de la hotte à la cellule de manutention de l'alvéole et les traversées qu'il comporte (vis radiologiques, traversées électriques, etc.) Façade d'accostage, voiles et ouvrants des locaux en zone d'accostage, table d'accostage Porte de radioprotection en entrée d'alvéole et son voile en béton et traversées Blocs de radioprotection entre cette porte et les colis Paroi de radioprotection en fond d'alvéole et ses traversées	Sans objet	*Uniquement pendant la phase de remplissage des alvéoles dédiés aux colis MA-VL les plus exothermiques c'est-à-dire les C1PG^{SP} en stockage direct et les CSD-C en panier et en conteneur de type CS2* Tous les éléments nécessaires à l'extraction d'air : Équipements du réseau de ventilation nucléaire IIA C2, gaines d'extraction, puits de ventilation d'air vicié exploitation (incluant l'usine de ventilation d'extraction, la tête de puits et l'émissaire de rejet des effluents gazeux)	Tous les éléments nécessaires à l'extraction d'air : Génie civil de l'alvéole Équipements du réseau de ventilation nucléaire IIA C2 Gaines d'extraction Puits de ventilation d'air vicié d'exploitation Équipements de l'usine de ventilation d'extraction Génie civil des installations de surface associées au puits de ventilation d'air vicié d'exploitation : génie civil de l'usine de ventilation d'extraction, de la tête de puits, de l'émissaire de rejet des effluents gazeux	**Risques/agressions de la démonstration de sûreté donnant lieu à des exigences définies :** **Incendie** **Séisme** **Chute d'avion** **Inondation externe** **Climats extrêmes** **Explosion** **Foudre**

	EIP liés au confinement des substances radioactives	EIP liés à la protection des personnes et de l'environnement contre les rayonnements ionisants	EIP liés à la maîtrise des réactions nucléaires en chaîne	EIP liés à l'évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives	EIP liés à la maîtrise des gaz inflammables de radiolyse ou de corrosion	
	d'exploitation et du puits d'air frais exploitation Réseau de collecte et d'évacuation des eaux de l'installation souterraine	Dispositifs de verrouillage associés à ces protections radiologiques				

13.2.1.2 Les EIP « Nécessaires, en situations incidentelles et accidentelles, au maintien d'une fonction de sûreté »

Les EIP identifiés « Nécessaires, en situations incidentelles et accidentelles, au maintien des fonctions de sûreté » sont les EIP suivants :

- Les EIP associés à l'emballage de transport identifiés EIP « Nécessaires, en situations incidentelles et accidentelles, au maintien d'une fonction de sûreté » et identifiés au chapitre 13.2.1.1.1 du présent volume (ex : les amortisseurs de l'emballage de transport) ;
- le panier de stockage (pour mémoire et pour colis primaires concernés, cf. Chapitre 13.2.1.1.3 du présent volume) ;
- la protection thermique et la structure inférieure et les interfaces de la hotte de transfert HA (pour mémoire, cf. Chapitre 13.2.1.1.6 du présent volume) ;
- la protection thermique, la structure inférieure et les orifices de dégazage de la hotte de transfert MA-VL (pour mémoire, cf. Chapitre 13.2.1.1.7 du présent volume) ;
- le capot de protection thermique de l'alvéole du quartier pilote HA (pour mémoire, cf. Chapitre 13.2.1.1.8 du présent volume).

En plus de cette liste, les équipements suivants sont également identifiés EIP car nécessaires, en cas d'agressions conduisant à la perte de l'alimentation électrique, à la continuité de l'alimentation électrique des récepteurs secourus :

<u>Au titre du maintien de l'alimentation électrique des récepteurs EIP secourus classés vitaux :</u>

- l'ensemble des dispositifs d'alimentation et des lignes d'alimentation associées aux récepteurs EIP secourus classés vitaux, c'est-à-dire :
  - ✓ les dispositifs d'alimentation sans interruption (ASI) ;
  - ✓ l'armoire de distribution réseau vital (TDS) ;
  - ✓ les lignes d'alimentation associées aux récepteurs EIP secourus classés vitaux.

<u>Au titre du maintien de l'alimentation électrique des récepteurs EIP secourus classés prioritaires, essentiels et vitaux :</u>

- l'ensemble des lignes d'alimentation, des sous-stations et des dispositifs nécessaires au basculement de l'alimentation électrique, jusqu'aux équipements concernés dont les supports de câbles et armoires électriques ;
- les centrales de secours et postes de distribution 20 kV situés en zone descenderie et en zone puits, c'est-à-dire :
  - ✓ les groupes électrogènes de secours et postes de distribution 20kV situés en zone descenderie et en zone puits ;
  - ✓ le génie civil des groupes électrogènes de secours 20 kV et postes de distribution de secours 20 kV situés en zone descenderie et en zone puits ;
- les stockages de fioul pour les groupes électrogènes de secours 20 kV situés en zone descenderie et en zone puits, c'est-à-dire le génie civil et cuves de stockage de fioul situés en zone puits et descenderie ;
- l'ensemble des lignes d'alimentation et des dispositifs nécessaires au basculement sur le réseau secouru, jusqu'aux équipements concernés (supports de câbles et armoires électriques, etc.).

Tableau 13-11 EIP nécessaires à la continuité de l'alimentation électrique des récepteurs secourus, EIP concernés et liens avec les fonctions de sûreté

	EIP liés au confinement des substances radioactives	EIP liés à la protection des personnes et de l'environnement contre les rayonnements ionisants	EIP liés à la maîtrise des réactions nucléaires en chaîne	EIP liés à l'évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives	EIP liés à la maîtrise des gaz inflammables de radiolyse ou de corrosion	Risques/agressions de la démonstration de sûreté donnant lieu à des exigences définies : Perte de la fourniture de l'alimentation électrique (RTE) Défaillance d'un équipement sur le réseau haute ou basse tension Incendie Séisme Foudre ou IEM Surpression de 50 mbar Effets thermiques liés à l'explosion d'un camion-citerne de carburant (8 kW/m²) Températures et vents extrêmes/ tornade EF2 Chute d'avion
EIP nécessaires à la continuité de l'alimentation électrique des récepteurs secourus	Vis-à-vis de la continuité électrique des réseaux de ventilation nucléaire C2 et C4 de l'installation de surface et du réseau de ventilation des alvéoles MA-VL	Sans objet	Sans objet	Vis-à-vis de la continuité électrique de la ventilation d'extraction en alvéoles MA-VL C1PG^{SP} et CSD-C	Vis-à-vis de la continuité électrique de la ventilation d'extraction des alvéoles MA-VL	

13.2.1.3 Les EIP « Éléments internes à l'INB susceptibles d'agresser un ou plusieurs EIP « nécessaires(s) à l'accomplissement ou au maintien d'une fonction de protection »

13.2.1.3.1 Les ponts sécurisés et nucléarisés de manutention[104]

Les ponts roulants de manutention identifiés EIP et donnant lieu à des exigences définies sont des ponts sécurisés (ponts dédiés à la manutention des emballages de transport) et des ponts nucléarisés (ponts dédiés aux cellules « chaudes », c'est-à-dire à la manutention de colis de déchets) :

- les ponts sécurisés de manutention du hall de déchargement des emballages de transport (140 tonnes et 65 tonnes) ;
- le pont sécurisé de la cellule de préparation à l'accostage des emballages de transport (20 tonnes) ;
- les ponts nucléarisés de manutention (ex : ponts des cellules de mise en hotte HA et MA-VL) ;
- les ponts stockeurs des alvéoles de stockage MA-VL.

Les composants concernés par le caractère EIP sont les ponts en eux-mêmes ainsi que les palonniers, grappins et autres interfaces de préhension.

[104] Les ponts standards de manutention ne sont pas concernés par le caractère EIP (manutention d'autres charges que les colis de déchets).

Tableau 13-12 Ponts de manutention nucléarisés et sécurisés identifiés EIP, et liens avec les fonctions de sûreté

	Confinement des substances radioactives	Protection des personnes et de l'environnement contre les rayonnements ionisants	Maîtrise des réactions nucléaires en chaîne	Évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives	Maîtrise des gaz inflammables de radiolyse ou de corrosion	Risques/agressions de la démonstration de sûreté donnant lieu à des exigences définies : Chute Incendie Séisme Perte d'alimentation électrique
Ponts sécurisés et nucléarisés de manutention (y compris les palonniers, grappins et autres interfaces de préhension)	Vis-à-vis de l'agression des EIP suivants : emballage de transport, colis primaires HA et MA-VL, conteneurs de stockage HA et MA-VL	Vis-à-vis de l'agression des EIP suivants : emballage de transport, colis primaires HA et MA-VL, conteneurs de stockage MA-VL	Vis-à-vis de l'agression des EIP suivants[105] : colis primaire HA et MA-VL, conteneurs de stockage HA et MA-VL	Vis-à-vis de l'agression des EIP suivants : colis primaires HA et MA-VL	Vis-à-vis de l'agression des EIP suivants : colis primaires HA et MA-VL, conteneurs de stockage MA-VL	

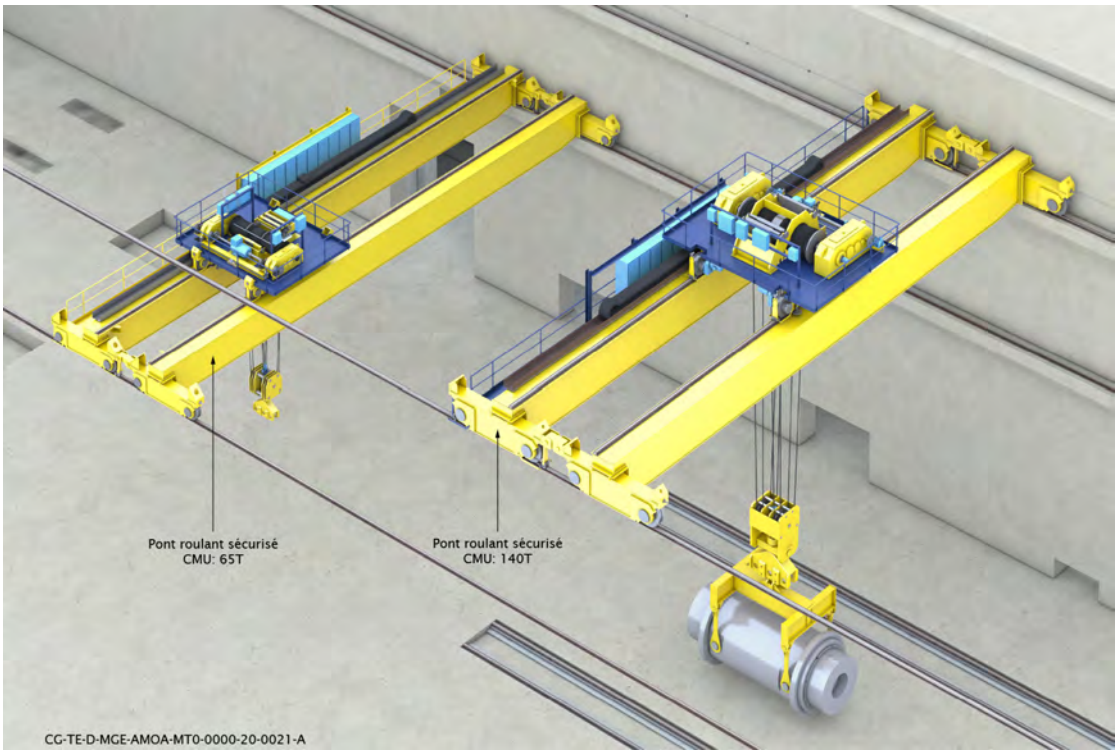


Figure 13-8 Illustration des ponts sécurisés du hall de déchargement des emballages de transport

[105] Conformément à la décision criticité ASN n° 2014-DC-0462 du 7 octobre 2014 (99), une seule défaillance ne doit pas conduire à un accident de criticité. Il est donc vérifié que la seule agression des colis primaires et des conteneurs de stockage par un pont n'engendre pas une situation critique. Le respect de ce principe implique la mise en œuvre de dispositions pour garantir que les situations anormales soient peu probables. Des consignes d'interdiction de survol et de gerbage dans les zones concernées sont ainsi valorisées dans la démonstration. Elles constitueront des Activités importantes pour la protection et seront reprises dans les RGE.

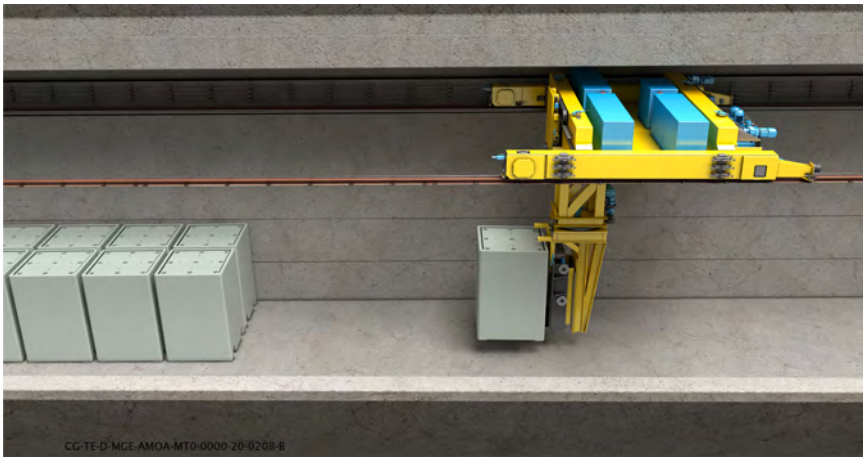


Figure 13-9 Illustration du pont stockeur de l'alvéole MA-VL

13.2.1.3.2 Le funiculaire et EIP associés

Les éléments du funiculaire identifiés EIP sont les suivants :

- le châssis du véhicule ;
- le système de roues porteuses ;
- les systèmes de fixation des pieds de hotte ;
- les systèmes d'anti-soulèvement du véhicule ;
- les systèmes de freinage de sécurité embarqués indépendants (freins d'arrêt d'urgence et freins d'arrêt d'ultime secours) ;
- le système de freinage de sécurité fixe (butoirs de fin de voie) ;
- les rails et fixations des rails ;
- les butées de positionnement.

Tableau 13-13 EIP associés au funiculaire, et liens avec les fonctions de sûreté

	Confinement des substances radioactives	Protection des personnes et de l'environnement contre les rayonnements ionisants	Maîtrise des réactions nucléaires en chaîne	Évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives	Maîtrise des gaz inflammables de radiolyse ou de corrosion	Risques/agressions de la démonstration de sûreté donnant lieu à des exigences définies : Incendie Séisme Accélération/Décélération Perte des utilités
Funiculaire et EIP associés (cf. Liste ci-dessus)	Vis-à-vis de l'agression des EIP suivants : hotte MA-VL	Vis-à-vis de l'agression des EIP suivants : hotte HA et MA-VL	Sans objet	Sans objet	Vis-à-vis de l'agression des EIP suivants : hotte MA-VL	

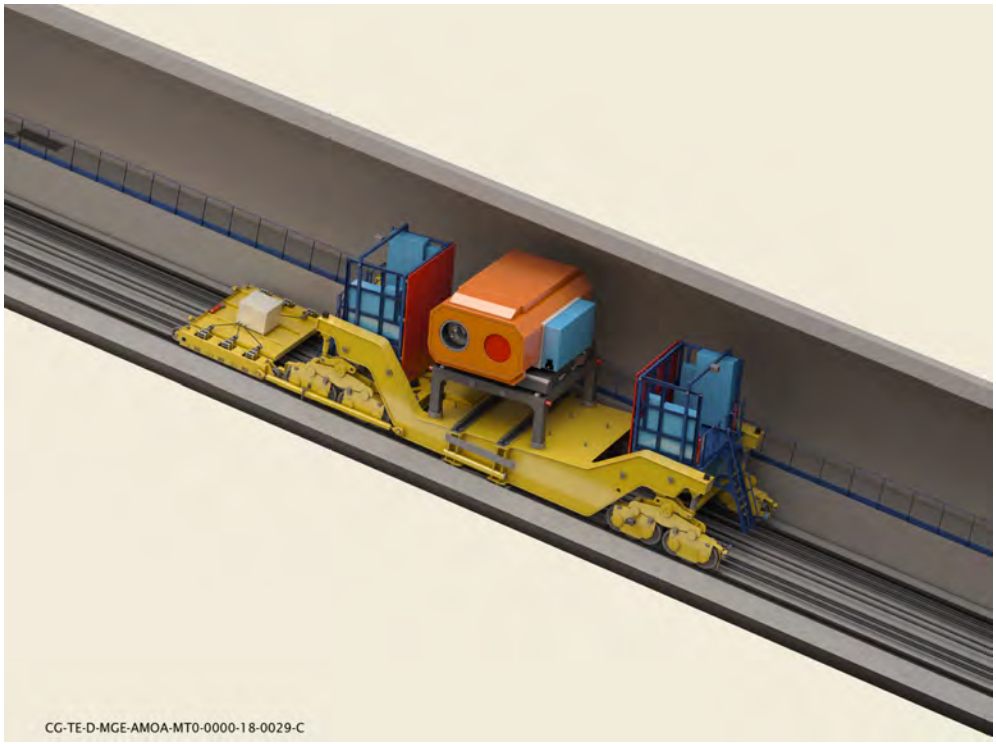


Figure 13-10 Illustration du funiculaire chargé d'une hotte HA

13.2.1.3.3 Les autres éléments susceptibles d'agresser un ou plusieurs EIP « Nécessaires(s) à l'accomplissement ou au maintien d'une fonction de sûreté »

Les éléments listés ci-dessous sont identifiés EIP car ils sont susceptibles d'agresser un ou plusieurs EIP « *Nécessaire(s) à l'accomplissement ou au maintien d'une fonction de protection* » :

- le génie civil des alvéoles de stockage HA[106] (massifs d'accostage et d'amorce), vis-à-vis de l'alvéole HA et de ses EIP situés en tête d'alvéole en particulier (ex : bride métallique) ;
- le génie civil de la tête de descenderie colis, de la descenderie colis, des galeries de liaisons et des galeries d'accès aux alvéoles, vis-à-vis des EIP transitant dans ces zones ;

Pour ces ouvrages identifiés EIP, les risques et agressions de la démonstration de sûreté donnant lieu à des exigences définies concernent par exemple l'incendie ou le séisme.

13.2.1.4 Les EIP « Nécessaires à la détection de situations incidentelles et accidentelles »

Ce critère d'identification vise les éléments dont la disponibilité fonctionnelle est nécessaire pour détecter la sortie du domaine de fonctionnement normal et dégradé associé aux fonctions de sûreté nucléaire, en vue d'actions ultérieures de mise à l'état sûr et de limitation des conséquences.

Dans la démonstration de sûreté, les éléments jugés nécessaires en termes de détection de situations incidentelles et accidentelles concernent des situations liées à la contamination atmosphérique, aux rejets gazeux, à l'exposition interne/externe, aux gaz inflammables produits par radiolyse ou par corrosion et à l'incendie. Ils sont présentés ci-après.

[106] À noter que le génie civil des alvéoles MA-VL est déjà identifié EIP au titre du critère « *Nécessaire à l'accomplissement d'une fonction de sûreté* ».

13.2.1.4.1 Les EIP nécessaires à la détection de situations incidentelles ou accidentelles liées à la contamination atmosphérique

Les équipements jugés nécessaires, dans la démonstration de sûreté, à la détection de situations incidentelles et accidentelles liées à la contamination atmosphérique sont les suivants :

- les dispositifs de prélèvements ou de détection des locaux classés C2/C4 et les chaînes de mesure et d'acquisition associées ;
- les alarmes des dispositifs de détection des locaux classés C2/C4.

13.2.1.4.2 Les EIP nécessaires à la détection de situations incidentelles ou accidentelles liées aux rejets gazeux[107] aux émissaires

Les équipements jugés nécessaires, dans la démonstration de sûreté, à la détection de situations incidentelles et accidentelles liées aux rejets gazeux aux émissaires sont les suivants :

- les dispositifs de surveillance des rejets gazeux et la chaîne de mesure et d'acquisition associée à :
  - ✓ l'émissaire de l'usine de ventilation d'extraction du puits ventilation air vicié
  - ✓ l'émissaire de rejets C2/C4 du bâtiment nucléaire de surface
  - ✓ les exutoires de rejets C1 des installations ;
- les alarmes liées aux dispositifs de surveillance des rejets gazeux de l'émissaire C2/C4 du bâtiment nucléaire de surface et de l'émissaire de rejets du puits d'air vicié ;
- dispositifs de surveillance en temps réel des rejets gazeux + chaîne de mesure et d'acquisition associée de :
  - ✓ l'émissaire de l'usine de ventilation d'extraction du puits ventilation air vicié ;
  - ✓ l'émissaire de rejets C2/C4 du bâtiment nucléaire de surface ;
- les équipements de prélèvement avec mesure en temps réel, permettant le suivi continu des rejets gazeux radioactifs ;
- l'ensemble des équipements de la chaîne de mesure et d'acquisition associés à ces prélèvements, jusqu'à la remontée d'alarme.

13.2.1.4.3 Les EIP nécessaires à la détection de situations incidentelles ou accidentelles liées à l'exposition interne et externe

Les équipements jugés nécessaires, dans la démonstration de sûreté, à la détection de situations incidentelles et accidentelles liées à l'exposition interne et externe sont les suivants :

- les dispositifs de surveillance en temps réel et les chaînes de mesure et d'acquisition associées en zones contrôlées ;
- les alarmes des dispositifs de surveillance des niveaux d'irradiation en zones surveillées, contrôlées verte, jaune et rouge.

[107] Les rejets gazeux font référence à la fois aux gaz radioactifs et aux aérosols radioactifs.

13.2.1.4.4 Les EIP nécessaires à la détection de situations incidentelles et accidentelles liées aux gaz inflammables produits par radiolyse ou par corrosion

Les éléments suivants sont identifiés EIP car ils sont nécessaires pour détecter la sortie du domaine de fonctionnement normal et dégradé associé à la maîtrise des risques liés aux gaz inflammables produits par radiolyse ou par corrosion, en vue d'actions ultérieures de limitation des conséquences et de mise à l'état sûr :

- au titre de la maîtrise des risques liés aux gaz inflammables produits par radiolyse dans les alvéoles MA-VL : le dispositif de mesure du débit d'air en alvéole MA-VL et la chaîne de mesure et d'acquisition associée à ce capteur ;
- au titre de la maîtrise des risques liés aux gaz inflammables produits par corrosion en alvéole HA : le dispositif de mesure de la concentration en oxygène en alvéole HA.

13.2.1.4.5 Les EIP nécessaires à la détection de situations incidentelles ou accidentelles liées à l'incendie

Au titre de la maîtrise de la fonction de confinement des substances radioactives, les éléments suivants sont identifiés EIP nécessaires à la détection de situations incidentelles ou accidentelles liées à l'incendie :

- les détecteurs incendie et chaînes de remontée d'alarmes de toutes les zones en surface où sont présents des colis non protégés, depuis la réception des emballages de transport jusqu'à la mise en hotte des colis ;
- les détecteurs incendie et chaînes de remontée d'alarmes de la cellule de manutention des alvéoles de stockage MA-VL ;
- le système de détection incendie en lien avec les détecteurs identifiés EIP ci-dessus.

13.2.1.5 Les EIP « Nécessaires à la mise en état sûr de l'installation, au maintien dans cet état ou à la limitation des conséquences »

13.2.1.5.1 Les dispositifs de protection contre l'incendie

Les dispositifs de protection contre l'incendie identifiés EIP sont les suivants :

- la sectorisation incendie :
  - ✓ des zones en surface où sont présents des colis non protégés par un emballage de transport ou une hotte, depuis la réception des emballages de transport jusqu'à la mise en hotte des colis ;
  - ✓ des alvéoles de stockage MA-VL ;
- les équipements de mise en sécurité incendie concernés par les zones de détection incendie identifiées EIP (tels que les centrales de mise en sécurité incendie situées en local et dans le poste central de sécurité, et les réseaux associés) ;
- le système de mise en sécurité incendie en lien avec les zones de détection incendie identifiées EIP.

13.2.1.5.2 Les séparations physiques entre les zones travaux et exploitation de l'installation souterraine

Les parois (génie civil) du sas séparant la zone exploitation de la zone travaux sont identifiées EIP. En cas de situation incidentelle ou accidentelle en zone travaux, elles sont nécessaires à la limitation des conséquences liées à ces situations incidentelles et accidentelles (absence d'impact sur les EIP présents en zoner exploitation).

13.2.1.5.3 Le poste central de sécurité

En cas de séisme, le poste central de sécurité présent dans le bâtiment santé sécurité environnement est nécessaire à la mise en état sûr de l'installation et au maintien dans cet état (ex : actions de mises à l'état sûr consécutives à la détection de situations incidentelles et accidentelles liées à l'incendie).

13.2.1.5.4 Le génie civil de la tête de descenderie de service et de la descenderie de service

En cas d'indisponibilité du puits de soufflage et de l'usine de ventilation de soufflage consécutives à une chute d'avion, la présence du génie civil de la tête de descenderie de service et de la descenderie de service garantit la capacité à inverser les sens de circulation d'air pour faire entrer l'air de la descenderie de service en zone exploitation (ouverture de la porte en tête) et le maintien de l'extraction des gaz (vis-à-vis de la maîtrise des risques liés aux gaz inflammables produits par radiolyse en alvéole MA-VL).

13.2.2 Les EIP liés aux inconvénients

Conformément à l'article 4-5-6 de l'annexe à la décision n° 2015-DC-0532 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 17 novembre 2015 précitée (4), *« le rapport de sûreté identifie, parmi les EIP mentionnés à l'article 4.5.3, ceux qui ont un rôle pour prévenir les inconvénients en fonctionnement normal ou en fonctionnement en mode dégradé de l'INB, les détecter et en limiter les conséquences »*. Parmi les EIP liés aux risques, les EIP aussi identifiés EIP liés aux inconvénients et issus de l'étude d'impact sont les suivants :

- les colis primaires HA et MA-VL ;
- les caissons de filtration très haute efficacité des derniers niveaux de filtration des réseaux de ventilation nucléaire ;
- les cheminées des émissaires de rejets du bâtiment nucléaire de surface et du puits de ventilation d'air vicié d'exploitation ;
- les dispositifs de surveillance en temps réel des rejets gazeux et les alarmes associées.

13.3 Les exigences définies assignées aux EIP

Les exigences définies (ED) sont les exigences assignées aux EIP afin qu'ils remplissent, avec les caractéristiques attendues dans la démonstration de sûreté, la(es) fonction(s) attendue(s) vis-à-vis de la protection des intérêts. Elles découlent d'exigences formalisées dans la démonstration de sûreté.

Les exigences définies visent à garantir :

- l'aptitude des EIP à accomplir leur fonction pour toutes les conditions d'ambiance et les situations de fonctionnement rencontrées (normale et dégradée, incidentelle et accidentelle) ;
- leur fiabilité (prévention des défaillances) ;
- leur robustesse vis-à-vis des sollicitations potentiellement subies par l'EIP et généralement liées à des agressions (ex : vibrations sismiques, effets d'un incendie, etc.).

Les ED assignées aux EIP peuvent ainsi par exemple relever d'exigences :

- relatives au dimensionnement retenu à la conception (ex : tenue au spectre sismique du séisme de dimensionnement, tenue au spectre vibratoire engendré par la chute d'avion, tenue à la chute) ;
- relatives à l'architecture des réseaux de l'installation et des systèmes (ex : redondance, secours électrique, aptitude aux essais périodiques, etc.) ;

- relatives aux matériels (ex : codes de conception utilisés, critères de dimensionnement, qualification aux conditions accidentelles) ;
- ou encore relatives au fonctionnement, à la surveillance, à la maintenabilité.

Les exigences définies assignées aux différents EIP listés précédemment sont présentées dans le document support (cf. « Liste des EIP et exigences définies » (36)).

13.4 La démarche de qualification des EIP

13.4.1 Le contexte réglementaire

L'INB du centre de stockage de Cigéo doit répondre aux exigences de l'article 2.5.1, II, de l'arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base précise que *« Les EIP font l'objet d'une qualification, proportionnée aux enjeux, visant notamment à garantir la capacité desdits éléments à assurer les fonctions qui leur sont assignées vis-à-vis des sollicitations et des conditions d'ambiance associées aux situations dans lesquelles ils sont nécessaires. Des dispositions d'études, de construction, d'essais, de contrôle et de maintenance permettent d'assurer la pérennité de cette qualification aussi longtemps que celle-ci est nécessaire » (3).*

La décision n° 2015-DC-0532 de l'ASN du 17 novembre 2015 relative au rapport de sûreté des installations nucléaires de base (4) demande, à l'article 4-5-7 de son annexe, que la présente version préliminaire du rapport de sûreté expose la démarche de qualification. *« Cette démarche comprend notamment des éléments tels que :*

- *la définition de sollicitations, en particulier mécaniques et thermiques, enveloppes des conditions de fonctionnement normales et en mode dégradé et des situations d'incident et d'accident, ainsi que la démonstration de leur représentativité, en tenant compte de la durée pendant laquelle les EIP sont prévus de fonctionner ;*
- *la description des éléments permettant de démontrer la qualification ou le respect de normes, telles que des essais, contrôles ou études ;*
- *la définition des modalités retenues pour assurer et surveiller la pérennité de la qualification. ».*

13.4.2 L'bjectifs de la démarche de qualification des EIP

La démarche consiste à prescrire comment vérifier, *in fine*, la capacité des EIP (structures, systèmes, composants, etc.) à assurer les fonctions qui leur sont assignées dans la démonstration de sûreté dans toutes les situations rencontrées, pour des conditions d'ambiance spécifiques, sur une durée de vie spécifiée.

Cette démarche s'appuie ainsi sur la vérification du bon fonctionnement de l'EIP dans des conditions normales d'utilisation, la vérification de sa robustesse aux agressions considérées lorsque leur fonctionnement s'avère nécessaire et la vérification de l'acceptabilité du vieillissement de l'EIP dans ses conditions d'exploitation.

À noter que, selon la fonction de protection considérée, les éléments visant à justifier la qualification d'un EIP peuvent être de natures différentes, notamment si l'EIP participe à l'accomplissement de plusieurs fonctions de protection.

La démarche de qualification des EIP s'appuie en premier lieu sur un découpage par périodes de vie de l'installation (« cas d'usage »), en lien avec les dispositions citées par l'article 2.5.1 de l'arrêté du 7 février 2012 relatif aux INB (3), à savoir :

- conception ;
- construction, réalisation et montage ;
- essais en inactif ou actif nécessaires à la mise en service ;
- contrôle/surveillance durant l'exploitation ;
- maintenance et jouvence.

13.4.3 La démarche de définition des sollicitations enveloppes

La démarche de qualification comprend *« la définition de sollicitations, en particulier mécaniques et thermiques, enveloppes des conditions de fonctionnement normales, des modes dégradés et des situations d'incident et d'accident, ainsi que la démonstration de leur représentativité, en tenant compte de la durée pendant laquelle les EIP sont prévus de fonctionner »* (article 2.5.1 de l'arrêté du 7 février 2012 (3)).

La qualification aux sollicitations enveloppes vise à démontrer que les EIP sont aptes à remplir leurs fonctions sous les diverses sollicitations qu'ils peuvent subir tant en fonctionnement normal et modes dégradés qu'en situations incidentelles et accidentelles, comprenant en particulier :

- la définition des conditions d'ambiance dans lesquelles leur fonction doit être maintenue ;
- la définition des cas de charge auxquels les EIP doivent pouvoir faire face. Un « cas de charge » (ou niveau de risque) est défini pour dimensionner les installations, afin qu'elles résistent à une agression ;
- la prise en compte du vieillissement et de l'obsolescence.

13.4.3.1 La démarche de définition des conditions d'ambiance enveloppes

13.4.3.1.1 Le fonctionnement normal et le mode dégradé

Le domaine de fonctionnement se caractérise par un ensemble de critères qui permettent de garantir le fonctionnement effectif des EIP vis-à-vis des situations pour lesquelles ils sont requis, a fortiori en fonctionnement normal et modes dégradés (cf. Chapitre 8 notamment du présent volume).

Ce domaine de fonctionnement est encadré par un ensemble de contraintes et de limites sur les paramètres caractérisant l'état et le fonctionnement de l'installation, de ses équipements et de ses procédés (cf. Chapitre **8**.1 du présent volume, relatif à la présentation du domaine de fonctionnement normal et dégradé).

Les conditions d'ambiance prises en compte pour le domaine de fonctionnement normal et les modes dégradés sont déterminées à partir des plages enveloppes retenues au titre du dimensionnement de l'ensemble des ouvrages, équipements et systèmes contenant les EIP afin d'assurer un maintien optimal des conditions de fonctionnement de ces derniers quel que soit l'environnement extérieur.

Les conditions d'usage (prise en compte de l'usure) et d'environnement (prise en compte du vieillissement) sont également prises en compte en termes d'effets sur les EIP.

13.4.3.1.2 Les situations incidentelles et accidentelles

Les situations incidentelles et accidentelles sont celles qui conduisent l'installation à sortir de son domaine de fonctionnement normal. Cette sortie est identifiée au travers du dépassement des critères

associés aux conditions normales de fonctionnement et aux modes dégradés et repose sur l'ensemble des activités de surveillance mises en place dans l'installation (cf. Chapitre 8.1 du présent volume).

Afin de garantir le maintien du fonctionnement des EIP en situations incidentelles et accidentelles, des cas de charge correspondant à ces situations sont pris en compte et présentent, au regard des conditions d'ambiance normales, un caractère enveloppe.

À ce titre, les exigences de dimensionnement des EIP sont majorées vis-à-vis du fonctionnement normal pour tenir compte de ces cas de charge en considérant des hypothèses enveloppes.

13.4.3.2 La démarche de définition des cas de charge enveloppes

Les sollicitations enveloppes affectant les EIP, qu'il s'agisse d'ouvrages ou d'équipements, sont identifiées au travers de l'ensemble des analyses de risques. Elles permettent d'identifier les cas de charge enveloppes à prendre en compte de façon à justifier le fonctionnement effectif de l'EIP dès lors qu'il est requis pour contribuer à une fonction de protection.

Les principales agressions retenues au titre du dimensionnement des EIP sont les suivantes (dans le cas des EIP effectivement concernés par ces agressions, selon leur localisation au sein de l'installation notamment) :

- températures extrêmes ;
- pluie centennale de référence ;
- niveau maximal de la nappe phréatique ;
- vent violent (tornade extrême) ;
- chute de neige extrême ;
- chute de grêle extrême ;
- effets thermiques liés à un incendie de proximité ;
- effets de surpression liés à une explosion de proximité ;
- séisme de dimensionnement ;
- chute d'avion ;
- foudre ;
- chute de charge ;
- perte d'alimentation électrique.

Concernant les agressions d'origine interne, chacune d'elle fait l'objet d'une analyse de risques visant à démontrer l'absence d'effets sur les fonctions de protection, ou le cas échéant la mise en place de dispositions spécifiques permettant d'éviter qu'une atteinte soit portée à l'EIP. Notamment, pour les EIP actifs nécessitant une utilité pour fonctionner, le maintien opérationnel ou la reprise de cette servitude par un réseau redondant ou de substitution est requis (ex : alimentation électrique normale et secourue).

13.4.4 La démarche de qualification des EIP

13.4.4.1 Les différents types de qualification

13.4.4.1.1 La qualification aux conditions d'ambiance

Les conditions d'ambiance applicables aux EIP sont essentiellement dépendantes de leur localisation géographique dans l'installation :

- les EIP sont globalement soumis aux sollicitations mécaniques ou thermiques induites par les risques naturels (conditions climatiques extrêmes, séisme, inondation) ou anthropiques (chute d'avion, activités industrielles, voies de communication, explosion, incendie, etc.). Leur qualification repose sur un dimensionnement en cohérence avec ces sollicitations.

Une distinction est néanmoins faite entre les EIP implantés dans les bâtiments en surface, dont le dimensionnement porte sur l'ensemble des agressions, notamment celles provenant des conditions météorologiques et climatiques, et les EIP souterrains, pour lesquels il est possible de s'affranchir d'un grand nombre d'agressions vis-à-vis de l'environnement extérieur mais qui restent en outre dépendants des caractéristiques de l'air entrant (humidité, température, etc.) ;

- certains EIP (matériels électriques, moyens de manutention, systèmes de ventilation, etc.) sont implantés au sein d'ouvrages assurant leur protection vis-à-vis de l'environnement extérieur et dont les systèmes de ventilation et de conditionnement d'air maintiennent des conditions d'ambiance en correspondance avec leurs plages nominales de fonctionnement. Une sortie de la plage de fonctionnement nominale d'un EIP peut rester tolérable dans une certaine limite (durée de la persistance, ampleur du dépassement), tant que la fonction de protection associée peut être maintenue ;
- en outre, le vieillissement peut être vu comme une sollicitation temporelle des EIP. Leur qualification repose sur des programmes de surveillance, de maintenance et de jouvence pour les EIP accessibles et par des éléments justificatifs disposant d'un haut degré de confiance associés à des programmes de surveillance spécifiques (instrumentation dédiée) pour les EIP rendus inaccessibles à la suite du stockage des colis ou pour lesquels aucune intervention particulière n'est envisagée compte tenu de leur robustesse intrinsèque ;
- compte tenu de la difficulté d'intervention sur les EIP inaccessibles, les sollicitations prises en compte au titre des situations incidentelles et accidentelles doivent tenir compte des effets du vieillissement pour justifier pleinement d'un maintien des exigences définies les concernant sur les durées d'exploitation envisagées (ex : durabilité des bétons, des aciers, etc.).

13.4.4.1.2 La qualification aux cas de charge

Les sollicitations prises en compte sont propres à chaque EIP en fonction des exigences définies le concernant et en lien direct avec la fonction de protection à préserver :

- les EIP statiques font ainsi l'objet d'un dimensionnement aux différents cas de charge permettant de justifier le maintien de la fonction de protection à laquelle ils contribuent. Les cas de charge à considérer tiennent compte des risques d'origine externe (risques naturels ou anthropiques) ou interne (manutention, incendie, explosion, inondation, etc.) ;
- les EIP à la fois passifs et actifs font aussi l'objet d'un dimensionnement aux différents cas de charge permettant de justifier, en partie seulement pour les EIP actifs, le maintien de la fonction de protection à laquelle ils contribuent. En effet, pour les EIP actifs, une exigence de fonctionnalité est généralement requise et ne peut être acquise simplement par un dimensionnement. Il est alors nécessaire de s'assurer, à la mise en service et tout au long de la vie de l'EIP, de son fonctionnement effectif, y compris sous agression.

13.4.4.2 Les différentes méthodes de qualification

Les méthodes permettant de justifier la qualification des EIP peuvent être de plusieurs natures :

- la qualification par analyse (calculs et modélisations numériques) : elle consiste à démontrer, au stade de la conception et du dimensionnement de l'EIP, par un raisonnement qualitatif et/ou quantitatif, que le matériel est apte à accomplir sa fonction. Elle peut s'appuyer sur :
  - ✓ des analogies entre matériels ;
  - ✓ des essais déjà réalisés sur ce modèle de matériel ou sur l'une de ses variantes ;
  - ✓ un ensemble de démonstrations basées sur des calculs et/ou le retour d'expérience lié à l'exploitation antérieure de ces matériels (ex : la qualification au séisme de matériels statiques est obtenue grâce à l'analyse mécanique réalisée du cas de charge séisme) ;
- la qualification par essais : elle consiste à démontrer, par l'accomplissement d'un programme expérimental, qu'un matériel est apte à accomplir sa fonction en soumettant celui-ci ou, le cas échéant, une partie voire un échantillon représentatif de celui-ci, à une séquence d'essais significative des conditions auxquelles il doit être capable de faire face. L'échantillon doit être

représentatif du matériel (ex : test d'opérabilité sur table vibrante pour qualification au séisme, test de capteurs en ambiance humide, etc.) ;

- la qualification mixte : elle consiste à combiner les méthodes par essais et par analyse.

Une approche différente peut être retenue entre les EIP dits passifs et actifs. La méthode par analyse peut généralement suffire pour justifier l'atteinte d'une exigence définie pour un EIP passif. En revanche, pour un EIP actif, a fortiori si ce dernier constitue un équipement pour lequel le retour d'expérience est estimé insuffisant, une méthode mixte sera plus appropriée. Cette démarche peut notamment conduire à la mise en œuvre de démonstrateurs.

La démarche de qualification s'appuie sur une structure documentaire permettant de justifier la traçabilité et la consolidation de l'ensemble des éléments de preuve de l'atteinte et du maintien des exigences définies pour chaque EIP. Cette démarche doit permettre de définir une stratégie de qualification pour chaque EIP ou groupe d'EIP présentant des similarités, principalement au regard des exigences définies qu'ils portent. La démonstration correspondante est alors apportée soit par analyse, soit par essais, soit par une méthode mixte.

La démarche de qualification implique par ailleurs de vérifier la compétence de l'ensemble des intervenants amenés à concevoir, construire, vérifier, contrôler ou maintenir les EIP de l'installation. Les exigences associées sont directement dépendantes de la nature de l'EIP concerné et de l'activité mise en œuvre pour effectuer cette opération.

13.4.4.3 La qualification au regard des différentes phases de vie de l'installation

En fonction de leur rôle pour la sûreté et des conditions (ambiances ou cas de charge) dans lesquelles les EIP sont requis, des éléments génériques visant à justifier de la qualification des EIP sont établis en cohérence avec les différentes phases de vie, en l'occurrence :

- à la conception de l'installation et des études associées, par des spécifications techniques, des notes de dimensionnement, des programmes de surveillance, de contrôle et de maintenance ;
- à la réalisation de l'installation, par des spécifications de construction, de fabrication et de montage pour les éléments faisant partie intégrante de l'installation ;
- à la mise en service de l'installation, par des notes de synthèse de la qualification, qui récapitulent l'ensemble des essais réalisés, les analyses menées et les résultats obtenus, et des notes de justification de la pérennité de l'EIP qualifié ;
- lors de l'exploitation de l'installation :
  - ✓ par les contrôles et essais périodiques des matériels, les mesures préventives et de surveillance prises pour s'assurer de la pérennité de la qualification de l'EIP concerné ;
  - ✓ en phase de maintenance et/ou de jouvence, de tout ou partie de l'installation, par des spécifications de montage, des contrôles et essais, de mêmes natures que ceux mis en œuvre à la mise en service de l'installation.

13.4.5 La démarche de définition des modalités retenues pour assurer et surveiller la pérennité de la qualification des EIP

L'assurance que les EIP conservent les exigences définies qu'ils portent tout au long de leur vie repose sur l'intégration et la prise en compte des exigences liées à la surveillance et aux contrôles des EIP ainsi qu'aux opérations de maintenance et/ou de jouvence qui s'en suivent, le cas échéant, pour maintenir l'EIP concerné.

La démarche repose sur :

- une surveillance continue directe ou indirecte de l'EIP permettant de s'assurer du bon fonctionnement d'une fonction de protection (ex. surveillance du confinement, de la radioprotection, de la ventilation, etc.) ;
- des contrôles et essais périodiques permettant d'anticiper toute dérive et de vérifier ponctuellement que chaque équipement reste dans sa plage de fonctionnement.

En cas de dérive de la surveillance d'une fonction de protection, l'origine est recherchée afin d'identifier le matériel défectueux associé et de procéder à son remplacement. De même, la dérive d'un composant serait identifiée lors des contrôles périodiques et corrigée par réétalonnage ou remplacement du composant.

ANNEXES

Annexe 1 La méthodologie d'évaluation des risques liés aux chutes d'aéronefs

Méthodologie d'évaluation des risques

Suivant la RFS, la probabilité d'occurrence P d'un dégagement inacceptable de substances radioactives liée à la chute d'un avion, est déterminée en prenant en considération :

- la probabilité P1 de chute d'avion (agression) ;
- la probabilité P2 pour qu'à la suite de l'agression la (ou les) fonction(s) de sûreté ne soi(en)t plus garantie(s) ;
- la probabilité P3 pour qu'il en résulte un dégagement inacceptable de substances radioactives au-delà de la limite du site.

Soit, P = P1 × P2 × P3

La détermination de la probabilité P1 repose sur une analyse statistique des accidents survenus. Cette probabilité d'impact d'une famille d'avion sur une installation est déterminée en multipliant la probabilité de chute par an et par m^2 de cette famille d'avion par la surface virtuelle de la totalité des cibles de l'installation.

Pour déterminer la surface virtuelle d'une cible parallélépipédique (bâtiment, cellule…), il faut prendre en compte la distance entre l'axe du fuselage et la partie perforante la plus éloignée de l'axe de l'avion-type (moteur ou réacteur), ainsi que l'angle que fait la trajectoire de chute de l'avion avec sa trace au sol. La surface virtuelle est alors calculée en appliquant la formule suivante :

$$S_v(moyen) = (L \cdot l) + \frac{4e}{\pi}(L + l) + 2h \cot g\, \alpha \left(e + \frac{(L + l)}{\pi} \right)$$

Avec :

Sv : Surface virtuelle ;

L : Longueur du bâtiment ;

L : Largeur du bâtiment ;

h : Hauteur du bâtiment ;

α : Angle de chute de l'avion ;

e : Demi-envergure de l'avion.

Les surfaces virtuelles en fonction du type d'aviation et de la proximité des aérodromes amènent à prendre en compte les valeurs suivantes :

- pour l'aviation générale : pour les vols de voyage et vols locaux, il est considéré un angle de 45° dans 50 % des cas et 90° dans 50 % des cas :

  Sv = (Sv45°+ Sv90°)/2

- pour l'aviation commerciale : pour les vols hors zone aérodrome (vols de route) sous couloir aérien il est considéré trois angles équiprobables : 10°, 45° et 90° :

  Sv = (Sv10° + Sv45° + Sv90°)/3

- pour l'aviation militaire : pour les vols hors de la zone d'aérodrome à basse altitude, il est considéré un angle de 28°, pour les vols hors de la zone d'aérodrome à haute altitude, il est considéré un angle de 27° :

  Sv = Sv27

$$Sv = Sv28^{\circ}$$

La détermination de P2 repose, sur les bases suivantes :

- si le bâtiment ou la partie de bâtiment abritant la fonction de sûreté résiste à l'impact : P2 = 0 donc P = 0, dans le cas contraire, on détermine P2 en fonction de la répartition géographique des systèmes concourant à la fonction de sûreté considérée.

La valeur de P3 est toujours prise égale à un sauf si l'étude des conséquences radiologiques potentielles montre le caractère acceptable des rejets, auquel cas le terme P3 est nul.

TABLES DES ILLUSTRATIONS

Figures

Figure 2-1	Illustration du système de confinement associé aux déchets HA en colis de stockage	29
Figure 2-2	Illustration des systèmes de confinement des déchets MA-VL stockés en alvéoles de stockage en fonction du mode de stockage retenu	30
Figure 2-3	Illustration du système d'accostage mis en place au poste d'accostage des emballages de transport	33
Figure 2-4	Illustration de la façade d'accostage MA-VL fermée et ouverte (sans hotte accostée)	35
Figure 2-5	Illustration de la hotte de transfert MA-VL	36
Figure 2-6	Illustration de la paroi et la façade d'accostage MA-VL	37
Figure 2-7	Illustration du sas d'accès personnel à la cellule de manutention d'un alvéole de stockage MA-VL	38
Figure 2-8	Illustration de la zonage radiologique du bâtiment nucléaire (Bâtiment EP1 et ET-H) au niveau +0,00 mètre	63
Figure 2-9	Illustration de la zonage radiologique du quartier de stockage MA-VL (CM : cellule de manutention)	64
Figure 2-10	Illustration de la zonage radiologique du quartier pilote HA	65
Figure 2-11	Illustration de la zonage radiologique du quartier de stockage HA	66
Figure 2-13	Illustration des différents types de hotte de transfert des colis de stockage MA-VL selon les colis de stockage (CS) considérés	89
Figure 2-14	Illustration de la hotte de transfert des colis de stockage HA	90
Figure 2-15	Illustration des différents types de hottes de transfert des colis de stockage MA-VL selon les colis de stockage (CS) considérés	102
Figure 2-16	Illustration du dispositif de dégazage de la hotte de transfert des colis de stockage MA-VL en situation accidentelle	104
Figure 2-17	Illustration de l'alvéole de stockage HA en exploitation	106
Figure 2-18	Illustration de l'alvéole de stockage HA en exploitation	106
Figure 2-19	Illustration de l'armoire de prélèvement et d'analyse des gaz située en façade d'un alvéole de stockage HA	107
Figure 2-20	Illustration d'un alvéole de stockage MA-VL en exploitation	108
Figure 3-1	Illustration de la machine à levage limité (MLL) manutentionnant une hotte de transfert des colis de stockage HA	119
Figure 3-2	Illustration du principe du chariot de transfert des emballages de transport (ET) avec sa demi-rehausse	122
Figure 3-3	Illustration du transbordeur des chariots de transfert des emballages de transport	125
Figure 3-4	Illustration du système de transfert des colis primaires	127
Figure 3-5	Illustration de l'élévateur de la cellule de manutention en alvéole de stockage MA-VL	129
Figure 3-6	Illustration de la table de réception chargée d'un colis de stockage MA-VL en alvéole de stockage MA-VL	131
Figure 3-7	Illustration de la table d'accostage du parc à hottes	133
Figure 3-8	Illustration de la navette de surface pour le transfert des hottes de transfert HA/MA-VL	136

Figure 3-9	Illustration du funiculaire chargé d'une hotte de transfert de colis de stockage MA-VL	138
Figure 3-10	Illustration du pont stockeur en alvéole de stockage MA-VL	142
Figure 3-11	Illustration de l'aménagement de la gare haute du funiculaire	164
Figure 3-12	Illustration du local « jonction de retour d'air » (JRA) d'un alvéole de stockage MA-VL	171
Figure 3-13	Illustration de la représentation type de débit calorifique en fonction du temps pour l'élaboration d'une courbe de feu « réel » associée à un incendie	180
Figure 3-14	Illustration d'un exemple de courbe enveloppe de débit calorifique associée à l'incendie d'un équipement pour l'étude de la vulnérabilité des cibles	181
Figure 3-15	Illustration de la courbe de feu « réel » du pont stockeur d'un alvéole de stockage MA-VL	183
Figure 3-16	Illustration de la courbe de feu « réel » calculée pour le scénario d'incendie de dimensionnement du bras robotisé dans la cellule de contrôle des colis (contrôle C5)	184
Figure 3-17	Illustration de la courbe de feu « réel » du transbordeur de chariot palette lors des transferts dans les couloirs process retenue pour le scénario d'incendie de dimensionnement (feu court)	185
Figure 3-18	Illustration de la chronologie (voir numéros 1 à 6 figure de gauche) d'une propagation possible du feu du transbordeur du chariot palette	187
Figure 3-19	Illustration de la chronologie (voir numéros 1 à 6) d'une propagation possible du feu du chariot palette (vue de dessus à gauche/vue de dessous à droite)	188
Figure 3-20	Illustration du profil du feu d'extension de dimensionnement du transbordeur avec son chariot palette	188
Figure 3-21	Illustration de la courbe de feu « réel » dit courte associée à l'incendie simultané des équipements de la cellule de manutention d'un alvéole de stockage MA-VL dans le cas d'un scénario d'extension de dimensionnement	190
Figure 3-22	Illustration de la courbe de feu « réel » dit longue associée à l'incendie successif des équipements de la cellule de manutention d'un alvéole de stockage MA-VL dans le cas d'un scénario d'extension de dimensionnement	191
Figure 3-23	Schéma de principe des eaux de récupération incendie	253
Figure 3-24	Illustration des niveaux de la cellule de fermeture des colis de stockage MA-VL avec conteneur béton et couvercle clavé	259
Figure 4-1	Illustration du bloc géologique 3D avec les failles majeures, autour du centre de stockage issu de Linard et al., 2011 (8)	297
Figure 4-2	Illustration des composantes horizontale et verticale du spectre de sol du séisme de dimensionnement (SDD)	298
Figure 4-3	Illustration de la pluie de projet avec une durée intense de six minutes	327
Figure 4-4	Illustration de la chroniques piézométriques simulées pour chaque niveau caractéristique au droit du piézomètre de référence EST1012	329
Figure 4-5	Illustration de la carte piézométrique simulée pour le niveau caractéristique EH à l'état naturel	330
Figure 4-6	Illustration de la estimation de l'évolution du débit d'exhaure cumulé des deux descenderies dans le temps	332
Figure 4-7	Illustration de la cartographies des hauteurs d'eau estimées au droit des bâtiments de la zone descenderie de l'INB Cigéo en scénario d'indisponibilité des réseaux des eaux pluviales	344
Figure 4-8	Illustration de la cartographie des hauteurs d'eau estimées dans la zone exploitation de la zone puits en scénario d'indisponibilité des réseaux des eaux pluviales En cas d'obstruction des réseaux d'évacuation des eaux pluviales, les hauteurs d'eau observables à proximité de la centrale de secours, du poste de distribution 20 kV ainsi que du réservoir de	

	fioul pour la centrale de secours 20 kV, sont faibles et ne sont pas de nature à présenter un risque d'endommagement.	349
Figure 4-9	Schéma de principe de la collecte des eaux d'infiltration dans le puits VFE	352
Figure 4-10	Illustration des paramètres caractéristiques de l'aléa foudre	373
Figure 6-1	Illustration de l'état initial avant basculement de la zone travaux à la zone exploitation dans le quartier de stockage MA VL	408
Figure 6-2	Illustration de l'état final après basculement de la zone travaux à la zone exploitation dans le quartier de stockage MA VL	409
Figure 8-1	Illustration de la localisation des émissaires en situations accidentelles pour l'évaluation de l'impact aux populations	455
Figure 8-2	Illustration de la localisation des points cibles en situations accidentelles pour l'évaluation de l'impact aux populations	457
Figure 8-3	Illustration de la matrice d'interaction entre les compartiments de la biosphère – Voies de transfert	459
Figure 8-4	Schéma illustratif des voies de transfert et d'exposition	460
Figure 8-5	Illustration des paramètres et modèles nécessaires aux calculs de doses	462
Figure 8-6	Illustration de la localisation de la grille d'extraction de la tête de descenderie de service	465
Figure 8-7	Illustration des doses maximales autour de la zone descenderie pour l'adulte pour une exposition de 24 heures pour la situation accidentelle en extension de dimensionnement dans le cadre de l'évaluation des impacts aux populations	492
Figure 13-1	Illustration du support pour le contrôle et la mise à la verticale de l'emballage de transport	574
Figure 13-2	Illustration d'un panier de stockage	575
Figure 13-3	Illustration d'un conteneur de stockage HA	576
Figure 13-4	Illustration d'un conteneur de stockage MA-VL	577
Figure 13-5	Illustration de la hotte de transfert HA	579
Figure 13-6	Illustration de la hotte de transfert MA-VL	581
Figure 13-7	Illustration d'un alvéole de stockage HA	583
Figure 13-8	Illustration des ponts sécurisés du hall de déchargement des emballages de transport	588
Figure 13-9	Illustration du pont stockeur de l'alvéole MA-VL	589
Figure 13-10	Illustration du funiculaire chargé d'une hotte HA	590

Tableaux

Tableau 2-2	Contrôles des colis primaires et de stockage	43
Tableau 2-3	Appareils de contrôle des rejets radioactifs gazeux aux émissaires	46
Tableau 2-4	Contraintes de dose définies pour les infrastructures et les équipements nécessaires à l'exploitation en fonctionnements normal et dégradé	53
Tableau 2-5	Résultats de l'évaluation dosimétrique optimisée	58
Tableau 2-6	Classification des locaux avec une source fixe (présence prolongée)	61
Tableau 2-7	Classification des locaux avec une source de rayonnements ionisants mobile	62
Tableau 2-8	Conduite à tenir sur alerte et alarmes d'une balise	70
Tableau 2-9	Unités de criticité du procédé de l'INB Cigéo	77
Tableau 2-10	Masses maximales admissibles dans l'INB Cigéo et maximales calculées (données à titre indicatif) par colis primaire MA-VL	80
Tableau 2-11	Teneur en oxyde résiduel maximales admissibles et minimales critiques en fonction de l'enrichissement initial en ^{235}U en % (CM = 0 GWj/t_U)	80
Tableau 2-12	Masses maximales admissibles dans l'INB Cigéo et maximales calculées (données à titre indicatif) par type de colis HA	81

Tableau 2-13	Températures atteintes en fonctionnement normal au niveau de la zone tampon des colis primaires en colis de stockage confectionnés du bâtiment nucléaire	86
Tableau 2-14	Température atteinte en cas de perte totale de la ventilation en zone tampon des CP en CS confectionnés	87
Tableau 2-15	Température atteintes en cas de perte de la source froide en zone tampon des CP en CS confectionnés	88
Tableau 2-16	Températures stabilisées (à l'équilibre, simulant un blocage de durée infinie) des colis de déchets MA-VL lors de leur transfert en hotte	91
Tableau 2-17	Températures stabilisées (à l'équilibre, simulant un blocage de durée infinie) des colis de déchets HA en cours de transfert en hotte	91
Tableau 2-18	Propriétés des gaz inflammables produits majoritairement dans le stockage	97
Tableau 2-19	Hypothèses retenues pour l'analyse des risques liés aux gaz de radiolyse dans le bâtiment nucléaire de surface EP1	100
Tableau 2-20	Délais d'atteinte des taux limites en hydrogène dans le bâtiment nucléaire de surface EP1 pour les hypothèses enveloppes	100
Tableau 2-21	Identification des alvéoles de stockage MA-VL pénalisants, tous modes de stockage confondus, en termes de débits annuels de radiolyse (L H_2/an/alvéole, débits issus des grandeurs caractéristiques)	109
Tableau 2-22	Délais d'atteinte des critères limites en hydrogène en alvéole MA-VL avec prise en compte des grandeurs caractéristiques	111
Tableau 2-23	Débits d'hydrogène annuels par CS qui conduiraient à l'atteinte de 3 % d'hydrogène en alvéole MA-VL sous un délai de 90 jours avec prise en compte des grandeurs caractéristiques	112
Tableau 3-1	Ordre de grandeur de charge calorifique des principaux équipements du procédé de manutention des hottes HA et MA-VL	155
Tableau 3-2	Sectorisation au feu retenue dans les zones de l'installation nucléaire de surface	163
Tableau 3-3	Sectorisation au feu retenue dans la ZSL exploitation	165
Tableau 3-4	Sectorisation confinement retenue dans les zones de l'installation nucléaire de surface	166
Tableau 3-5	Charges calorifiques du pont stockeur d'un alvéole de stockage MA-VL (ordre de grandeur fourni à titre d'exemple)	182
Tableau 3-6	Caractéristiques d'inflammation de l'hydrogène	194
Tableau 3-7	Identification des zones de charge des batteries électriques	195
Tableau 3-8	Identification des locaux à risque d'explosion lié au dégagement de vapeurs inflammables	197
Tableau 3-9	Besoin sûreté de l'alimentation des différents récepteurs CC	204
Tableau 3-10	Fonctions assurées par les réseaux de refroidissement	206
Tableau 3-11	Fonctions impactées par la perte des réseaux de chauffage	213
Tableau 3-12	Fonctions assurées par l'air comprimé	216
Tableau 3-13	Fonctions assurées par la ventilation nucléaire de l'INB	222
Tableau 3-14	Fonction impactée en cas de perte d'un système de contrôle commande	240
Tableau 3-15	Localisation des réseaux fluides au sein d'EP1 et de la TDC	245
Tableau 3-16	Ordre de grandeur des volumes d'effluents liquides mobilisables au sein d'EP1 et de la TDC	245
Tableau 3-17	Localisation des réseaux fluides au sein de la zone d'exploitation des ouvrages souterrains et des liaisons surface-fond	246
Tableau 3-18	Localisation des réseaux fluides au sein des émergences de surface de l'installation souterraine	247
Tableau 3-19	Ordres de grandeur des volumes d'effluents liquides mobilisables au sein de la zone d'exploitation de l'installation souterraine et de ses émergences	247
Tableau 3-20	Identification des substances dangereuses corrosives mises en œuvre dans l'INB	256
Tableau 3-21	Localisation des ventilateurs dans l'INB Cigéo	260

Tableau 3-22 Caractéristiques des équipements sous pression 262
Tableau 4-1 Probabilités de chute d'avion sur les zones descenderie et puits de l'INB Cigéo ($an^{-1}.m^{-2}$) 276

Tableau 4-11 Distances d'éloignement des bâtiments conventionnels « source potentielle de danger » de la zone descenderie à la clôture de l'INB 293
Tableau 4-12 Distances d'éloignement des bâtiments conventionnels « source potentielle de danger » de la zone puits à la clôture de l'INB 294
Tableau 4-13 Exigences de dimensionnement des ouvrages portant une fonction de sûreté et une fonction support 295
Tableau 4-14 Composante Horizontale du spectre de sol du séisme de dimensionnement (SDD) 298
Tableau 4-15 Bâtiments de surface dimensionnés au séisme engendrant une émission de projectile 321
Tableau 4-16 Ouvrages de l'installation souterraine dimensionnés au séisme engendrant une émission de projectile 322
Tableau 4-17 Tenue au séisme des réseaux fluides 324
Tableau 4-18 Coefficients de Montana – Cirfontaines 326
Tableau 4-19 Caractéristiques de la pluie projet pour le calcul de ruissellement de surface 327
Tableau 4-20 Altimétrie des ouvrages sources (en bleu) et cibles (en rouge) du risque d'inondation externe en zone descenderie 334
Tableau 4-21 Altimétrie des ouvrages sources (en bleu) et cibles (en rouge) du risque d'inondation externe en zone puits 335
Tableau 4-22 Présentation des caractéristiques des projectiles retenus pour une tornade de catégorie EF2 361
Tableau 4-23 Niveau de protection foudre des ouvrages NPF et valeurs de probabilité P_B en fonction des mesures de protection pour réduire les dommages physiques 376
Tableau 4-24 Besoins en termes de niveau de protection contre la foudre des ouvrages portant une fonction de sûreté en zone descenderie et en zone puits 377
Tableau 4-25 Besoins en termes de niveau de protection contre la foudre des ouvrages portant une fonction de sûreté en zone descenderie et en zone puits 378
Tableau 4-26 Besoins en termes de niveau de protection contre la foudre du bâtiment sûreté/sécurité/environnement (E-11) en zone descenderie et du bâtiment pour la lutte contre l'incendie (E-13) en zone puits 379
Tableau 7-1 Activités sensibles liées aux opérations du process nucléaire 422
Tableau 7-2 Activités sensibles liées aux opérations de maintenance 427
Tableau 7-3 Description d'activités sensibles particulières liées aux opérations de maintenance 429
Tableau 7-4 Activités sensibles liées à des opérations de gestion des effluents et des déchets induits 434
Tableau 7-5 Activités sensibles liées à la gestion des situations accidentelles 437

Tableau 8-1	Critères associés aux contrôles de premier niveau des colis HA et MA-VL	444
Tableau 8-2	Paramètres de surveillance de l'exposition externe des travailleurs	447
Tableau 8-3	Modes de contrôle et règles d'exploitation des différentes UC	448
Tableau 8-4	Classes pulmonaires (S, M ou F) retenues pour les évaluations de l'impact radiologique aux populations selon l'arrêté du 1er septembre 2003 (75)	453
Tableau 8-5	Coordonnées géographiques des émissaires et des points cibles	458
Tableau 8-6	Villages et distances retenus présentant les doses maximales pour des émissions aux différentes émissaires	458
Tableau 8-7	Caractéristiques de l'émissaire de l'installation souterraine (VVE)	463
Tableau 8-8	Caractéristiques de l'émissaire de l'installation nucléaire de surface (EP1)	464
Tableau 8-9	Caractéristiques de l'émissaire de la descenderie de service	466
Tableau 8-10	Présentation des situations incidentelles de dimensionnement retenues	471
Tableau 8-11	Présentation des situations accidentelles de dimensionnement retenues	471
Tableau 8-12	Synthèse des impacts radiologiques des situations incidentelles et accidentelles de dimensionnement	485
Tableau 8-13	Présentation des situations accidentelles en extension de dimensionnement retenues et leur localisation	488
Tableau 8-14	Présentation des situations de cumuls d'évènements indépendants	488
Tableau 8-15	Dose maximale à 24 heures pour l'adulte en conditions météorologiques les plus défavorables pour la situation accidentelle en extension de dimensionnement dans le cadre de l'évaluation des impacts aux populations	491
Tableau 8-16	Présentation de la concentration maximale dans le sol à un an en Bq/Kg autour de la zone descenderie pour la situation accidentelle en extension de dimensionnement dans le cadre de l'évaluation des impacts aux populations	493
Tableau 8-17	Présentation de la contamination des salades à un an en Bq/kg autour de la zone descenderie	494
Tableau 8-18	Synthèse des impacts radiologiques au travailleur et aux populations des situations accidentelles en extension de dimensionnement	505
Tableau 8-19	Situations exclues vis-à-vis de la fonction de protection « Confinement des substances radioactives »	507
Tableau 8-20	Situations exclues vis-à-vis de la fonction de protection « Protection des personnes contre les rayonnements ionisants »	510
Tableau 8-21	Situations exclues vis-à-vis de la fonction de protection « Maîtrise des réactions nucléaires en chaîne »	511
Tableau 8-22	Situations exclues vis-à-vis de la fonction de protection « Évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives et des réactions nucléaires »	512
Tableau 8-23	Situations exclues vis-à-vis de la fonction de protection « Maîtrise des gaz inflammables produits par radiolyse ou par corrosion »	513
Tableau 11-1	Objectifs d'un Plan d'urgence interne (PUI)	550
Tableau 11-2	Scénarios retenus au titre de l'étude de dimensionnement du Plan d'urgence interne (PUI)	551
Tableau 11-3	Récapitulatif des scénarios du Plan d'urgence interne (PUI) et de leurs principes de déclenchement	554
Tableau 13-1	Différentes catégories d'EIP selon la ou les fonctions auxquelles ils sont associés	570
Tableau 13-2	Critères d'identification des EIP liés aux risques radiologiques et non radiologiques	571
Tableau 13-3	EIP associés à l'emballage de transport, et liens avec les fonctions de sûreté	573
Tableau 13-4	EIP associés au panier de stockage, et liens avec les fonctions de sûreté	575
Tableau 13-5	EIP associés au conteneur de stockage HA, en et liens avec les fonctions de sûreté	576

Tableau 13-6	EIP associés au conteneur de stockage MA-VL, en et liens avec les fonctions de sûreté	577
Tableau 13-7	EIP associés à la hotte de transfert HA et liens avec les fonctions de sûreté	578
Tableau 13-8	EIP associés à la hotte de transfert MA-VL et liens avec les fonctions de sûreté	580
Tableau 13-9	EIP associés à l'alvéole de stockage HA et liens avec les fonctions de sûreté	582
Tableau 13-10	EIP associés à l'alvéole de stockage MA-VL et liens avec les fonctions de sûreté	584
Tableau 13-11	EIP nécessaires à la continuité de l'alimentation électrique des récepteurs secourus, EIP concernés et liens avec les fonctions de sûreté	587
Tableau 13-12	Ponts de manutention nucléarisés et sécurisés identifiés EIP, et liens avec les fonctions de sûreté	588
Tableau 13-13	EIP associés au funiculaire, et liens avec les fonctions de sûreté	589

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1 Dossier d'options de sûreté - Partie après fermeture (DOS-AF). Andra (2016). Document N°CGTEDNTEAMOASR20000150062. Disponible à l'adresse : https://www.andra.fr/sites/default/files/2018-04/dossier-options-surete-apres-fermeture_0.pdf.

2 Dossier d'options de sûreté - Partie exploitation (DOS-Expl). Andra (2016). Document N°CGTEDNTEAMOASR10000150060. Disponible à l'adresse : https://www.andra.fr/sites/default/files/2018-04/dossier-options-surete-exploitation.pdf.

3 Arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base. Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement (2012). Journal officiel de la République française.

4 Décision n°2015-DC-0532 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 17 novembre 2015 relative au rapport de sûreté des installations nucléaires de base. Autorité de sûreté nucléaire (ASN) (2015).

5 Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo. Dossier de justification de la conception des conteneurs de stockage des colis HA. Andra (2022). Document N°CG-TE-D-DJC-AMOA-CS0-0000-19-0002.

6 Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo. Dossier de justification de la conception de l'alvéole HA. Andra (2022). Document N°CG-TE-D-DJC-AMOA-ASU-0000-19-0044.

7 Installations nucléaires - Critères pour la conception et l'exploitation des systèmes de ventilation des installations nucléaires autres que les réacteurs nucléaires. AFNOR (2006), NF ISO 17873.

8 Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo. Dossier de justification de la conception du process nucléaire souterrain. Andra (2022). Document N°CG-TE-D-DJC-AMOA-MT0-0000-19-0032.

9 Enceintes de confinement - Partie 2 : classification selon leur étanchéité et méthodes de contrôle associées. ISO (1994), ISO 10648-2.

10 Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo. Note d'analyse des risques liés à la dispersion de substances radioactives. Andra (2022). Document N°CG-TE-D-ERQ-AMOA-SR0-0000-20-0005.

11 Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (ADR). Organisation des Nations Unies (ONU) (2019). Vol. 1, N°ECE/TRANS/275 (Vol I).

12 Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (ADR). Organisation des Nations Unies (ONU) (2019). Vol. 2, N°ECE/TRANS/275 (Vol II).

13 Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo. Note d'analyse de risques liés à l'exposition externe et interne. Andra (2022). Document N°CG-TE-D-ERQ-AMOA-SR0-0000-20-0004.

14 Convention relative aux transports internationaux ferroviaires (COTIF) Appendice C – Règlement concernant le transport international ferroviaire des marchandises dangereuses (RID). Organisation intergouvernementale pour les transports internationaux ferroviaires (OTIF) (2021).

15 Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo. Pièce 6 - Étude d'impact du projet global Cigéo. Andra (2022). Document N°CG-TE-D-EDM-AMOA-ESE-0000-22-0005.

16 Arrêté du 20 novembre 2014 portant homologation de la décision n°2014-DC-0462 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 7 octobre 2014 relative à la maîtrise du risque de criticité dans les installations nucléaires de base. Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (2014). Journal officiel de la République française.

17 RFS I.3.c du 18 octobre 1984 - Prévention des risques de criticité. Autorité de sûreté nucléaire (ASN) (1984). N°I.3.c. 10 p.

18 Arrêté du 11 janvier 2016 portant homologation de la décision n° 2015-DC-0532 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 17 novembre 2015 relative au rapport de sûreté des installations nucléaires de base. Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (2016). Journal officiel de la République française, N°0012.

19 Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo. Note d'analyse des risques liés à la criticité en exploitation. Andra (2022). Document N°CG-TE-D-NTE-AMOA-SR1-0000-20-0001.

20 Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo. Dossier de justification de la conception du bâtiment nucléaire de surface EP1. Andra (2022). Document N°CG-TE-D-DJC-AMOA-ASR-0000-19-0009.

21 Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo. Dossier de justification de la conception de l'alvéole MA-VL. Andra (2022). Document N°CG-TE-D-DJC-AMOA-ASU-0000-19-0045.

22 Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo. Dossier de justification des systèmes de ventilation de l'installation souterraine. Andra (2022). Document N°CG-TE-D-DJC-AMOA-TR0-0000-20-0014.

23 Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo. Note d'analyse des risques liés au dégagement thermique. Andra (2022). Document N°CG-TE-D-ERQ-AMOA-SR0-0000-19-0048.

24 Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo. Pièce 19 - Version préliminaire des spécifications d'acceptation des colis. Andra (2022). Document N°CG-TE-D-SPE-AMOA-SR0-0000-19-0040.

25 Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo. Dossier de justification des choix d'architecture souterraine. Andra (2022). Document N°CG-TE-D-DJC-AMOA-AF0-0000-19-0001.

26 Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo. Note d'analyse des risques liés aux gaz de radiolyse et de corrosion. Andra (2022). Document N°CG-TE-D-ERQ-AMOA-SR0-0000-20-0006.

27 Accord relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (ADR). Organisation des Nations Unies (ONU) (01//2021). Vol. 1, N°ECE/TRANS/300 (Vol.1).

28 Accord relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (ADR). Organisation des Nations Unies (ONU) (2021). Vol. 2, N°ECE/TRANS/300 (Vol.2).

29 Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo. Note d'analyse des risques liés à la manutention. Andra (2022). Document N°CG-TE-D-ERQ-AMOA-SR0-0000-20-0008.

30 Directive 2000/9/CE du Parlement européen et du Conseil du 20 mars 2000 relative aux installations à câbles transportant des personnes (2000). Journal officiel des Communautés européennes, N°L106, pp.21–48.

31 Arrêté du 20 mars 2014 portant homologation de la décision n° 2014-DC-0417 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 28 janvier 2014 relative aux règles applicables aux installations nucléaires de

base (INB) pour la maîtrise des risques liés à l'incendie (2014). Journal officiel de la République française, N°0078, pp.6303.

32 Lettre CODEP-DRC-2015-004834 du 7 avril 2015 relative au dossier "projet de stockage de déchets radioactifs en couche géologique profonde – maîtrise des risques en exploitation au niveau esquisse du projet Cigéo". Autorité de sûreté nucléaire (ASN) (2015). N°CODEP-DRC-2015-004834.

33 Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo. Référentiel incendie pour la conception des installations souterraines de Cigéo. Andra (2022). Document N°CG-TE-F-RGS-AMOA-FE0-0000-11-0051.

34 Amendement 1 à la norme ISO 834-1 de septembre 1999 - Essai de résistance au feu - Éléments de construction - Partie 1 : exigences générales. ISO (2012), ISO 834-1/A1.

35 Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo. Note d'analyse des risques liés à l'incendie en zone nucléaire. Andra (2022). Document N°CG-TE-D-ERQ-AMOA-SR0-0000-20-0010.

36 Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo. Liste des EIP et exigences définies. Andra (2022). Document N°CG-TE-D-NTE-AMOA-SR0-0000-19-0045.

37 Arrêté du 21 novembre 2002 relatif à la réaction au feu des produits de construction et d'aménagement. Ministère de l'Intérieur, de la Sécurité intérieure et des Libertés locales; Ministère déléguée à l'Industrie (2002). Journal officiel de la République française. Vol. 12.

38 Arrêté du 21 juillet 1994 portant classification et attestation de conformité du comportement au feu des conducteurs et câbles électriques, et agrément des laboratoires d'essais (modifié par arrêté du 15 octobre 2014) (2021). Journal officiel de la République française, N°INTE9400390A.

39 Classement au feu des produits et éléments de construction - Partie 1 : classement à partir des données d'essais de réaction au feu. AFNOR (2018), NF EN 13501-1.

40 Circulaire interministérielle n°2000-63 du 25 août 2000 relative à la sécurité dans les tunnels du réseau routier national (2000). Bulletin officiel du Ministère de l'Équipement, N°2000-6.

41 Classement au feu des produits et éléments de construction - Partie 6 : classement à partir des données d'essais de réaction au feu sur câbles de puissance, de commande et de communication. AFNOR (2018), NF EN 13501-6.

42 Directive n°2006/42/CE du Parlement européen et du Conseil du 17 mai 1996 relative aux machines et modifiant la directive 95/16/CE (refonte). European Commission (2006). Journal officiel de l'Union européenne, N°L 157, pp.24–86.

43 Règlement (CE) n° 1272/2008 du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage des substances et des mélanges, modifiant et abrogeant les directives 67/548/CEE et 1999/45/CE et modifiant le règlement (CE) n° 1907/2006. Parlement européen; Conseil de l'Union européenne (2008). Journal officiel de l'Union européenne, N°L353.

44 Directive 2014/68/UE du Parlement européen et du Conseil du 15 mai 2014 relative à l'harmonisation des législations des États membres concernant la mise à disposition sur le marché des équipements sous pression Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE. Parlement européen; Conseil de l'Union européenne (2014). Journal officiel de l'Union européenne, N°L189.

45 Avis techniques du CSIN n°15 : Gestion du vieillissement des installations du cycle du combustible nucléaire. Nuclear Energy Agency (NEA); OCDE (2012). N°NEA-6991; NEA/CSNI/R(2012)7. 44 p.

46 RFS I.1.a du 7 octobre 1992 : Prise en compte des risques liés aux chutes d'avions. Autorité de sûreté nucléaire (ASN) (1992). N°Règle fondamentale de sûreté n°1.1.a. 3 p. Disponible à l'adresse : https://www.asn.fr/l-asn-reglemente/rfs/rfs-relatifs-aux-inb-autres-que-rep/rfs-i.1.a-du-07-10-1992.

47 Ministre de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire. Activités des aéroports français. Direction générale de l'aviation civile (2007). 142 p. Disponible à l'adresse : https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Rapport_Activite_aeroports_2007_0.pdf.

48 Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo. Pièce 4 - Plans de situation au 1/10 000e indiquant le périmètre proposé. Andra (2022). Document N°CG-TE-D-NTE-AMOA-CM0-0000-21-0003.

49 RFS I.1.b du 7 octobre 1992 : Prise en compte des risques liés à l'environnement industriel et aux voies de communication. Autorité de sûreté nucléaire (ASN) (1992). N°Règle fondamentale de sûreté n°I.1.b. 17 p. Disponible à l'adresse : https://www.asn.fr/l-asn-reglemente/rfs/rfs-relatifs-aux-inb-autres-que-rep/rfs-i.1.b-du-07-10-1992.

50 RFS I.1.c du 31 mai 2001 : Détermination du risque sismique pour la sûreté des installations nucléaires de base de surface. Autorité de sûreté nucléaire (ASN) (2001). N°Règle fondamentale de sûreté n°2001-01. 15 p. Disponible à l'adresse : https://www.asn.fr/l-asn-reglemente/rfs/rfs-relatifs-aux-inb-autres-que-rep/rfs-2001-1-rfs-i.1.c.-du-31-05-2001.

51 Protection des installations nucléaires de base contre les inondations externes (Guide de l'ASN n°13). Autorité de sûreté nucléaire (ASN) (2013). 44 p. Disponible à l'adresse : https://www.asn.fr/content/download/100753/733560/version/1/file/Guide-de-l-ASN-13.pdf.

52 Eurocode 1 - Actions sur les structures - Parties 1-4 : actions générales - Actions du vent - Annexe nationale à la NF EN 1991-1-4:2005 - Actions générales - Actions du vent. AFNOR (2012), NF EN 1991-1-4/NA/A2.

53 Design-basis tornado and tornado missiles for nuclear power plants. United States Nuclear Regulatory Commission (2007). N°Regulatory guide 1.76. 12 p.

54 Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-3 : actions générales - Charges de neige. AFNOR (2004), NF EN 1991-1-3.

55 Protection contre la foudre - Partie 1 : principes généraux. AFNOR (2013), NF EN 62305-1.

56 Protection contre la foudre - Systèmes de protection contre la foudre à dispositif d'amorçage. AFNOR (2011), NF C17-102.

57 Protection contre la foudre - Partie 3 : dommages physiques sur les structures et risques humains. AFNOR (2012), NF EN 62305-3.

58 Protection contre la foudre - Partie 2 : évaluation des risques. AFNOR (2012), NF EN 62305-2.

59 Installations électriques à basse tension - Version compilée de la norme NF C15-100 de décembre 2002, de sa mise à jour de juin 2005, de ses amendements A1 d'août 2008, A2 de novembre 2008, A3 de février 2010, A4 de mai 2013 et A5 de juin 2015, de ses rectificatifs d'octobre 2010 et de novembre 2012 et des fiches d'interprétation F11, F15, F17, F21 à F28. AFNOR (2015), NF C15-100.

60 Parafoudres basse-tension - Partie 11 : parafoudres connectés aux systèmes basse tension - Exigences et méthodes d'essai. AFNOR (2014), NF EN 61643-11.

61 Parafoudres basse tension - Partie 12 : parafoudres connectés aux réseaux de distribution basse tension - Principes de choix et d'application. AFNOR (2008), IEC 61643-12.

62 Compatibilité électromagnétique (CEM) - Partie 6-1 : normes génériques - Norme d'immunité pour les environnements résidentiels, commerciaux et de l'industrie légère. AFNOR (2019), NF EN IEC 61000-6-1.

63 Automates programmables - Partie 2 : spécifications et essais des équipements. AFNOR (2015), NF EN 61131-2.

64 Dossier départemental des risques majeurs (DDRM). Département de la Meuse (2019). 136 p. Disponible à l'adresse : http://webissimo-ide.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/1_ddrm_signe_cle721125.pdf.

65 Dossier départemental des risques majeurs (DDRM). Département de la Haute-Marne (2017). 108 p. Disponible à l'adresse : https://www.haute-marne.gouv.fr/content/download/10117/73020/file/DDRM%202017_signe.pdf.

66 Arrêté du 29 septembre 2005 relatif l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation. Version consolidée au 28 octobre 2015 (2005). Journal officiel de la République française, N°234.

67 Arrêté du 15 avril 2010 relatif aux prescriptions générales applicables aux stations-service relevant du régime de l'enregistrement au titre de la rubrique n° 1435 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement. Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de la Mer en charge des Technologies vertes et des Négociations sur le climat (2010). Journal officiel de la République française. Vol. 89, N°6.

68 Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo. Pièce 5 - Plans détaillés de l'installation à l'échelle 1/2 500e. Andra (2022). Document N°CG-TE-D-NTE-AMOA-CM0-0000-21-0004.

69 Le transport des matières dangereuses : L'ADR en question. INRS (2020). Vol. ED 6134. ISBN : 978-2-7389-2581-7.

70 Tuyaux et flexibles en caoutchouc pour distribution mesurée de carburant - Spécifications. AFNOR (2005), NF EN 1360.

71 Courtois, B., Dogan, C., Doyere, A., Hasni-Pichard, H., Lanfry, B., Moreau, F., Robert, X., Sordoillet, P., Tarbes, J., Du Remon Pontavice, O. Poussières : Guide de bonnes pratiques en démolition. INRS; Assurance Maladie; SNED; OPPBTP (2017). N°ED 6263. 72 p. Disponible à l'adresse : https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206263.

72 Décret n°92-158 du 20 février 1992 complétant le code du travail (deuxième partie : Décrets en Conseil d'État) et fixant les prescriptions particulières d'hygiène et de sécurité applicables aux travaux effectués dans un établissement par une entreprise extérieure. Ministère de la Culture et de la Communication (1992). Journal officiel de la République française, N°45, pp.2279–781.

73 Décision du 21 février 2020 consécutive au débat public dans le cadre de la préparation de la cinquième édition du plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs. Ministère de la Transition écologique et Solidaire; Autorité de sûreté nucléaire (ASN) (2020). Journal officiel de la République française.

74 "Reference biospheres" for solid radioactive waste disposal: report of biomass theme 1 of the Biosphere modelling and Assessment (BIOMASS) programme. International Atomic Energy Agency (IAEA) (2003). N°IAEA-BIOMASS-6. 563 p. Disponible à l'adresse : https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Biomass6_web.pdf.

75 Arrêté du 1er septembre 2003 définissant les modalités de calcul des doses efficaces et des doses équivalentes résultant de l'exposition des personnes aux rayonnements ionisants. Ministère de la Santé, de la Famille et des Personnes handicapées (2003). Journal officiel de la République française, N°262, pp.58003–68.

76 Méthodes pour l'évaluation et la prévention des risques accidentels (DRA 006) - Omega 12 - Dispersion atmosphérique (Mécanismes et outils de calcul). Ineris; Ministère de l'Écologie et du Développement durable (2002). N°INERIS-DRA-2002-25427. 64 p. Disponible à l'adresse : https://pollution.ott.fr/wp-content/uploads/2021/12/Dispersion-Ineris-2002-46web.pdf.

77 Éléments de doctrine pour la gestion post-accidentelle d'un accident nucléaire : document établi par le Comité directeur pour la gestion de la phase post-accidentelle d'un accident nucléaire (CODIRA), version finale 5 octobre 2012. Autorité de sûreté nucléaire (ASN) (2012). 100 p. Disponible à l'adresse : https://www.risques-majeurs.info/fiche/elements-de-doctrine-pour-la-gestion-post-accidentelle-dun-accident-nucleaire-les-travaux-du.

78 Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003. Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer (2010). Bulletin officiel du Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer, N°2010/12, pp.125–246.

79 Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo. Choix et hypothèses pour les évaluations d'impacts aux populations en situation accidentelle. Andra (2022). Document N°CG-TE-D-NTE-AMOA-SR0-0000-20-0098.

80 Handbook of parameter values for the prediction of radionuclide transfer in terrestrial and freshwater environments. International Atomic Energy Agency (IAEA) (2010). N°472. 208 p. Disponible à l'adresse : https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/trs472_web.pdf.

81 Eckerman, K.F., Ryman, J.C. External exposure to radionuclides in air, water, and soil. United States Environmental Protection Agency (1993). N°EPA 402-R-93-081. 238 p.

82 Montfort, M., Lambert Wentzler, L., Patryl, L., Armand, P. Présentation de la plate-forme CERES destinée à l'évaluation des conséquences sanitaires des rejets de polluants dans l'environnement. Radioprotection (2019). Vol. 54, N°3, pp.195–201.

83 Monfort, M. Comparaison des résultats des codes de dispersion atmosphérique et de conséquences radiologiques utilisés en situation d'urgence par le CEA et l'IRSN. Commissariat à l'énergie atomique (CEA) (2017). N°CEA/DIF/DASE/SRCE/71/2017/DO. 64 p.

84 Monfort, M. Comparaison des résultats du code MITHRA de dispersion atmosphérique avec ceux fournis par un code de même principe. Commissariat à l'énergie atomique (CEA) (2017). N°CEA/DIF/DASE/SRCE/70/2017/DO; SIM CEACI RBC DET 11000149D. 16 p.

85 ICRP Publication 66: Human respiratory tract model for radiological protection. ICRP (1994).

86 Dossier de validation du logiciel ARIA Impact. ARIA Technologies (2009). N°ARIA/2007.105. 29 p.

87 Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo. Note scénarios, hypothèses et résultats des calculs de conséquences. Andra (2022). Document N°CG-TE-D-NTE-AMOA-SR0-0000-20-0012.

88 Règlement (Euratom) 2016/52 du Conseil du 15 janvier 2016 fixant les niveaux maximaux admissibles de contamination radioactive pour les denrées alimentaires et les aliments pour animaux après un accident nucléaire ou dans toute autre situation d'urgence radiologique et abrogeant le règlement (Euratom) n°3954/87 et les règlements (Euratom) n°944/89 et 770/90 de la Commission (2016). Journal officiel de l'Union européenne.

89 Avis n°2018-AV-0300 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 11 janvier 2018 relatif au dossier d'options de sûreté présenté par l'Andra pour le projet Cigéo de stockage de déchets radioactifs en couche géologique profonde. Autorité de sûreté nucléaire (ASN) (2018). N°2018-AV-0300. 7 p. Disponible à l'adresse : https://www.asn.fr/content/download/155337/1525188?version=3.

90 Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo. Étude du scénario conventionnel d'effondrement dans les ouvrages souterrains. Andra (2022). Document N°CG-TE-D-ERQ-AMOA-SR1-0000-21-0004.

91 Évaluations complémentaires de sûreté : rapport de l'Autorité de sûreté nucléaire. Autorité de sûreté nucléaire (ASN) (2011). 522 p. Disponible à l'adresse : https://www.vie-publique.fr/sites/default/files/rapport/pdf/124000004.pdf.

92 Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo. Note études complémentaires de sûreté. Andra (2022). Document N°CG-TE-D-NTE-AMOA-SR0-0000-20-0001.

93 Décret n°2009-1120 du 17 septembre 2009 relatif à la protection et au contrôle des matières nucléaires, de leurs installations et de leur transport (2009). Journal officiel de la République française, N°DEVK0823658D.

94 Arrêté du 31 mai 2011 relatif aux mesures de suivi physique, de comptabilité et de protection physique applicables aux matières nucléaires faisant l'objet d'une déclaration ainsi qu'à la forme et aux modalités de la déclaration (2013). Journal officiel de la République française, N°DEVK1018033A.

95 Arrêté du 9 juin 2011 fixant les conditions de mise en œuvre du suivi physique et de la comptabilité des matières nucléaires dont la détention relève d'une autorisation. Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer en charge des Technologies vertes et des Négociations sur le climat (2011).

96 Arrêté du 10 juin 2011 relatif à la protection physique des installations abritant des matières nucléaires dont la détention relève d'une autorisation. Version consolidée. Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer en charge des Technologies vertes et des Négociations sur le climat (2015).

97 Instruction générale interministérielle n°1300 du 9 août 2021 sur la protection du secret de la défense nationale. Premier ministre; Secrétariat général de la défense et de la sécurité nationale; Direction de la protection et de la sécurité de l'État (2021).

98 Décision n°2017-DC-0587 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 23 mars 2017 relative au conditionnement des déchets radioactifs et aux conditions d'acceptation des colis de déchets radioactifs dans les installations nucléaires de base de stockage. Autorité de sûreté nucléaire (ASN) (2017).

99 Décision n°2014-DC-0462 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 7 octobre 2014 relative à la maîtrise du risque de criticité dans les installations nucléaires de base. Autorité de sûreté nucléaire (ASN) (2014).

© Andra • Décembre 2022 • Création graphique : Agence Les Récréateurs • Crédit photo : Andra

AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

1-7, rue Jean-Monnet
92298 Châtenay-Malabry cedex
Tél. : 01 46 11 80 00

www.andra.fr