RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

ANDRA

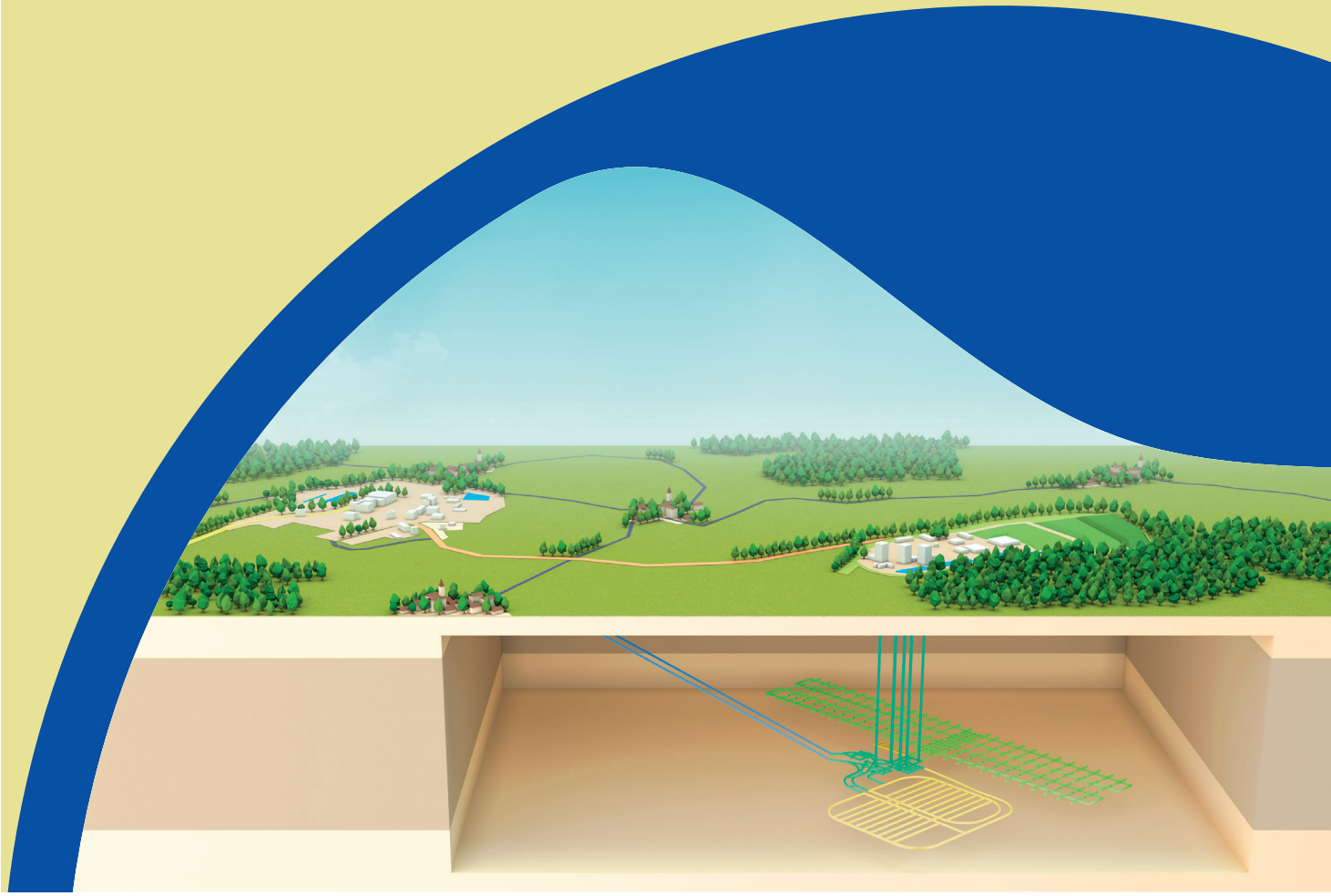
2026

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

PIÈCE 7

Version préliminaire du rapport de sûreté

SOMMAIRE GÉNÉRAL DE LA PIÈCE



MISE À JOUR DU DOSSIER D'AUTORISATION DE CRÉATION POUR ENQUÊTE PUBLIQUE

À la suite de l'instruction technique par l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection et des consultations réglementaires, et avant son passage en enquête publique, des mises à jour ont été apportées par l'Andra dans certaines pièces du dossier (déposé initialement le 16 janvier 2023).

Pour la clarté de l'information, l'Andra assure la traçabilité de ces mises à jour via les moyens suivants :

- des barres grises en marge du texte pour tracer les modifications ou ajouts en amont des consultations réglementaires ;
- un surlignage gris pour tracer les modifications ou ajouts depuis les consultations réglementaires ;
- des tableaux de traçabilité de ces mises à jour.

Les corrections mineures (orthographiques, de forme ou d'imprécision) ne sont pas matérialisées.

Table des matières

PARTIE I : « Contexte, périmètres, démarche et référentiels » 7

Sommaire du volume 1 « Le contexte, le périmètre et la structure de la version préliminaire du rapport de sûreté » 9

Sommaire du volume 2 « La démarche de sûreté et les référentiels associés » 11

PARTIE II : « Description de l'INB, de son environnement et de son fonctionnement et évolution du système de stockage après fermeture » 13

Sommaire du volume 3 « Les colis de déchets » 15

Sommaire du volume 4 « Le site d'implantation de l'INB et son environnement » 19

Sommaire du volume 5 « Les installations, ouvrages et équipements » 23

Sommaire du volume 6 « L'organisation de l'Andra en tant qu'exploitant de l'INB Cigéo » 31

Sommaire du volume 7 « L'évolution phénoménologique du système de stockage après sa fermeture » 35

PARTIE III : « Démonstration de sûreté » 39

Sommaire du volume 8 « la démonstration de sûreté après fermeture » 41

Sommaire du volume 9 « La démonstration de sûreté en exploitation » 49

PARTIE IV « Volumes complémentaires répondant au III de l'article R. 593-16 du code de l'environnement » 57

Sommaire du volume 10 « La progressivité de la construction » 59

Sommaire du volume 11 « La flexibilité de l'exploitation de l'INB » 61

Sommaire du volume 12 « L'adaptabilité de l'INB à l'inventaire de réserve » 63

Sommaire du volume 13 « La récupérabilité des colis de déchets stockés » 65

Présentation de la structure globale de la version préliminaire du rapport de sûreté de l'INB Cigéo

PARTIE I : contexte, périmètres, démarche et référentiels	
Volume 1	Le contexte, le périmètre et la structure de la version préliminaire du rapport de sûreté
Volume 2	La démarche de sûreté et les référentiels associés
Partie II : description de l'INB, de son environnement et de son fonctionnement et évolution du système de stockage après fermeture	
Volume 3	Les colis de déchets
Volume 4	Le site d'implantation de l'INB et son environnement
Volume 5	Les installations, ouvrages et équipements
Volume 6	L'organisation de l'Andra en tant qu'exploitant de l'INB Cigéo
Volume 7	L'évolution phénoménologique du système de stockage après sa fermeture
Partie III : démonstration de sûreté	
Volume 8	La démonstration de sûreté après fermeture
Volume 9	La démonstration de sûreté en exploitation
Partie IV : volumes complémentaires répondant au III de l'article R.593-16 du code de l'environnement	
Volume 10	La progressivité de la construction
Volume 11	La flexibilité de l'exploitation de l'INB
Volume 12	L'adaptabilité de l'INB à l'inventaire de réserve
Volume 13	La récupérabilité des colis de déchets stockés

PARTIE I : « Contexte, périmètres, démarche et référentiels »

Volumes figurant dans cette partie :

- Volume 1 : le contexte, le périmètre et la structure de la version préliminaire du rapport de sûreté
- Volume 2 : la démarche de sûreté et les référentiels associés

Sommaire du volume 1 « Le contexte, le périmètre et la structure de la version préliminaire du rapport de sûreté »

1. Introduction 7

1.1 L'objet de la pièce 8

1.2 La structure de la version préliminaire du rapport de sûreté 11

1.3 La loi de 1991 constitue le début du processus 12

1.3.1 Des itérations associant la sûreté, la conception et les connaissances scientifiques et technologiques 12

1.3.2 À chaque itération ses objectifs 13

1.4 Les options de sûreté – un préalable à la demande de l'autorisation de création 16

1.5 Les repères chronologiques 18

2. La présentation générale des déchets, du centre de stockage Cigéo et en particulier de l'INB 21

2.1 Le projet de centre de stockage Cigéo - une des missions de l'Andra 22

2.2 Les déchets destinés à l'INB Cigéo 23

2.2.1 Les colis primaires et colis de stockage 23

2.2.2 Les notions d'inventaires de référence et de réserve 23

2.2.3 Les hypothèses de constitution de l'inventaire de référence 25

2.2.4 Les hypothèses de constitution de l'inventaire de réserve 28

2.3 L'implantation du centre de stockage Cigéo 29

2.4 Le centre de stockage Cigéo 32

2.5 L'installation nucléaire de base (INB) Cigéo 34

2.5.1 Le périmètre INB 34

2.5.2 Les principales installations et les principaux ouvrages de l'INB 35

2.5.3 Les principales opérations effectuées au sein de l'INB 42

2.5.4 Le système de stockage après fermeture 45

2.6 Les phases temporelles 47

2.6.1 La phase de construction initiale 49

2.6.2 La phase de fonctionnement 50

2.6.3 La phase de démantèlement/fermeture 52

2.6.4 Les phases de surveillance et post-surveillance 53

3. La description de la structure et du contenu de la version préliminaire du rapport de sûreté 55

3.1 Le cadre réglementaire 56

3.1.1 Le cadre réglementaire général 56
3.1.2 Le cadre réglementaire spécifique à l'INB Cigéo 58

3.2 La structure et contenu du rapport 59

3.2.1 La partie I : contexte, périmètre, démarche et référentiels 62
3.2.2 La partie II : description de l'INB, de son environnement, de son fonctionnement et de l'évolution du système de stockage après fermeture 62
3.2.3 La partie III : démonstration de sûreté 64
3.2.4 La partie IV : volumes complémentaires répondant au III de l'article R. 593-16 du code de l'environnement (réversibilité) 64

3.3 La conformité à la réglementation 65

Annexes 67

Annexe 1 Le traitement spécifique de la réversibilité dans la version préliminaire du rapport de sûreté 68

Annexe 2 La correspondance entre la version préliminaire du rapport de sûreté et les parties de l'article R. 593-16 du code de l'environnement dédiées au stockage des déchets radioactifs 69

Annexe 3 La correspondance entre la version préliminaire du rapport de sûreté et l'article R. 593-18 du code de l'environnement 71

Annexe 4 La correspondance entre la version préliminaire du rapport de sûreté et une partie de l'arrêté du 7 février 2012 74

Annexe 5 La correspondance entre la version préliminaire du rapport de sûreté et la décision du 17 novembre 2015 84

Tableau de traçabilité des principales évolutions 123

Tables des illustrations 125

Références bibliographiques 127

Sommaire du volume 2 « La démarche de sûreté et les référentiels associés »

1. La démarche de sûreté 7

1.1 Démarche générale de sûreté 8

1.1.1 Un objectif de protection à long terme après fermeture visé tout en maîtrisant les risques en exploitation 8
1.1.2 Une démonstration de sûreté s'appuyant sur des socles de connaissances 11
1.1.3 Une conception répondant aux exigences de sûreté après-fermeture et d'exploitation 12

1.2 Démarche spécifique de sûreté après-fermeture 13

1.2.1 Les objectifs et principes guidant la sûreté après fermeture 13
1.2.2 Un principe de défense en profondeur adapté à la phase après fermeture 14
1.2.3 La logique de déroulement de la démarche pour la sûreté après fermeture 14
1.2.4 Les objectifs de protection 18
1.2.5 Les enseignements tirés des évaluations quantitatives des scénarios 19

1.3 Démarche spécifique de sûreté d'exploitation 20

1.3.1 Les objectifs et principes guidant la sûreté d'exploitation 20
1.3.2 Le principe de défense en profondeur défini par la réglementation 20
1.3.3 La logique de déroulement de la démarche de sûreté d'exploitation 21
1.3.4 Les objectifs de protection en exploitation 23

1.4 Fonctions de sûreté et principes associés 26

1.4.1 Fonctions de sûreté pour le long terme 26
1.4.2 Fonctions de sûreté pour l'exploitation 31

2. La règlementation applicable à l'INB Cigéo 37

2.1 Nature des textes réglementaires applicables à l'INB 38

2.2 Phases temporelles concernées par l'application des textes réglementaires 39

2.3 Liste des textes réglementaires applicables à l'INB 39

2.3.1 Réglementation relative aux installations nucléaires de base 40
2.3.2 Réglementation applicable aux activités nucléaires 47
2.3.3 Autres réglementations contribuant à la sûreté nucléaire de l'INB Cigéo 53

2.4 Prise en compte des textes réglementaires applicables à la conception de l'INB Cigéo 54

2.4.1 Moyens mis en œuvre 54
2.4.2 Vérification de la conformité réglementaire 54

3. Les référentiels non-réglementaires 55

3.1 Guide de sûreté n° 1 de l'ASN : Stockage définitif des déchets radioactifs en formation géologique profonde 56

3.2 Autres guides ASN et règles fondamentales de sûreté applicables 57

3.3 Guides ASN et règles fondamentales de sûreté transposables à l'INB 59
3.4 Autres guides, normes et codes techniques 60
3.5 Publications internationales 61
3.6 Référentiel interne à l'Andra appliqué à l'INB Cigéo 62

4. Les demandes de l'ASN et les engagements de l'Andra 63
4.1 Le cadre réglementaire 64
4.2 Un dossier d'options de sûreté soumis en 2016 à l'ASN 64
4.3 Un avis de l'ASN à la suite de l'instruction du dossier d'options de sûreté 65
4.4 Des demandes complémentaires dans le cadre du PNGMDR 2016-2018 65

5. Les compléments et modifications par rapport au dossier d'options de sûreté 67
5.1 Le cadre réglementaire 68
5.2 Depuis le dossier d'options de sûreté de 2016, une nouvelle boucle d'itération entre connaissances/conception/sûreté 68
5.3 Les compléments et modifications apportés depuis le dossier d'options de sûreté 69

Annexes 73
Annexe 1 Objectifs de protection retenus pour chaque substance toxique chimique concernée dans le cadre des évaluations d'impact aux populations 74

Tableau de traçabilité des principales évolutions 75

Tables des illustrations 77

Références bibliographiques 79

PARTIE II : « Description de l'INB, de son environnement et de son fonctionnement et évolution du système de stockage après fermeture »

Volumes figurant dans cette partie :

- Volume 3 : les colis de déchets
- Volume 4 : le site d'implantation de l'INB et son environnement
- Volume 5 : les installations, ouvrages et équipements
- Volume 6 : l'organisation de l'Andra en tant qu'exploitant de l'INB Cigéo
- Volume 7 : l'évolution phénoménologique du système de stockage après sa fermeture

Sommaire du volume 3 « Les colis de déchets »

1. L'inventaire de référence : les colis primaires de déchets HA et MA-VL 9

1.1 L'élaboration de l'inventaire de référence des colis des déchets HA et MA-VL 10

1.1.1 La provenance des déchets 10
1.1.2 Le scénario industriel d'exploitation des installations nucléaires support à l'inventaire de référence 11
1.1.3 La notion de familles de colis de déchets 11
1.1.4 L'état de production des familles de colis de déchets radioactifs 12

1.2 Les familles de colis de déchets HA 12

1.2.1 Les familles de colis de déchets vitrifiés 15
1.2.2 Les autres familles de colis de déchets HA (sources scellées usagées, déchets technologiques…) 17

1.3 Les familles de colis de déchets MA-VL 17

1.3.1 Les familles de colis de déchets de structure issus du retraitement des combustibles usés 24
1.3.2 Les familles de colis de déchets de fonctionnement et de démantèlement des réacteurs nucléaires de production d'électricité 25
1.3.3 Les familles de colis de déchets de fonctionnement et de démantèlement des usines du cycle du combustible 26
1.3.4 Familles de colis de déchets de fonctionnement et de démantèlement des installations de recherche du CEA 29
1.3.5 Les déchets de fonctionnement, et de démantèlement des nouvelles installations 33
1.3.6 Les déchets collectés par l'Andra 34

1.4 Le cas spécifique des colis de déchets bitumés 34

1.5 Les colis prévus en Phase industrielle pilote 35

1.6 La connaissance des colis de déchets radioactifs 35

2. Les colis de stockage HA et MA-VL 37

2.1 Les colis de stockage HA 38

2.1.1 Les types de colis de stockage HA 38
2.1.2 Les fonctions du colis HA 40
2.1.3 La description du conteneur de stockage HA 42
2.1.4 La fabrication des conteneurs de stockage HA 45

2.2 Les colis de stockage MA-VL 46

2.2.1 Les types de colis de stockage MA-VL 47
2.2.2 Les fonctions du colis MA-VL 50
2.2.3 La description du conteneur de stockage MA-VL 55
2.2.4 La fabrication des conteneurs de stockage MA-VL 59

3. Les inventaires radiologiques et en substances toxiques chimiques des colis de déchets HA et MA-VL 61

3.1 Les inventaires radiologiques 62
3.1.1 Les données d'entrée et les hypothèses 62
3.1.2 La démarche pour la construction de l'inventaire radiologique retenu pour le dimensionnement de l'INB et pour les études de sûreté pour la phase de fonctionnement 62
3.1.3 La démarche pour la construction de l'inventaire retenu pour les évaluations de sûreté après-fermeture 63
3.1.4 La présentation de l'inventaire radiologique pour les évaluations de sûreté après fermeture 65
3.2 Les inventaires en substances toxiques chimiques 68
3.2.1 L'inventaire en substances toxiques chimiques pour la phase d'après-fermeture 69
3.2.2 L'inventaire en substances toxiques chimiques pour la phase de fonctionnement 70

4. Les grandeurs caractéristiques des colis de déchets 71
4.1 Les grandeurs caractéristiques pour la phase de fonctionnement de l'INB 72
4.1.1 Les données d'entrées et les hypothèses générales 72
4.1.2 La protection contre l'exposition aux rayonnements ionisants 73
4.1.3 Le confinement des substances radioactives 75
4.1.4 La sûreté-criticité 85
4.1.5 L'évacuation de la puissance thermique des colis de déchets 86
4.1.6 L'évacuation des gaz produits par radiolyse et par corrosion interne des colis de déchets 88
4.2 Les « grandeurs caractéristiques » pour le long terme après la fermeture définitive de l'installation de stockage 90
4.2.1 La puissance thermique des colis de déchets 90
4.2.2 Les substances dans les déchets MA-VL 91
4.2.3 Les isotopes fissiles 92

5. Les spécifications préliminaires d'acceptation des colis de déchets 93
5.1 La démarche de construction des spécifications d'acceptation 94
5.2 La structuration des spécifications d'acceptation 96
5.3 Les critères spécifiés 97

6. La maîtrise de la qualité des colis 99
6.1 Le processus de maîtrise de la connaissance des colis 100
6.1.1 Recueillir, partager et archiver les données relatives aux colis 100
6.1.2 Évaluer les données recueillies 101
6.1.3 Exploiter les données recueillies 101
6.2 Le processus de surveillance des colis 102
6.2.1 Le programme de surveillance 103
6.2.2 Les actions de surveillance Andra 103
6.3 Le processus d'acceptation des colis 104
6.3.1 L'approbation d'une famille de colis 105
6.3.2 L'accord de prise en charge 106
6.3.3 L'accord de livraison 106
6.3.4 L'acceptation 106
6.4 Le processus de gestion des écarts aux conditions d'une approbation 107

Annexes 109

Annexe 1 Tableau des catégories physico-chimiques des familles de colis MA-VL 110

Tableau de traçabilité des principales évolutions 115

Tables des illustrations 117

Références bibliographiques 119

Sommaire du volume 4 « Le site d'implantation de l'INB et son environnement »

1. Le contexte géologique 9

1.1 Les échelles spatiales à considérer 10

1.2 Le contexte géographique et topographique du site d'implantation de l'INB Cigéo 10

1.3 Le contexte géologique du site d'implantation de l'INB Cigéo 13

1.3.1 Le cadre géologique général : le Bassin parisien 13
1.3.2 Le contexte géologique de la région de Meuse/Haute-Marne 17
1.3.3 Le contexte sismotectonique de la région de Meuse/Haute-Marne 22

1.4 Les formations géologiques à l'affleurement 30

1.4.1 Les Calcaires du Barrois 30
1.4.2 Les Marnes du Kimméridgien 32

1.5 L'Oxfordien carbonaté : formation encaissante sus-jacente au Callovo-Oxfordien 34

1.6 La formation hôte des ouvrages souterrains : la couche du Callovo-Oxfordien 36

1.6.1 Une formation de grande épaisseur et localisée à une profondeur importante 36
1.6.2 Une formation de grande continuité lithologique latérale 42
1.6.3 Une formation exempte d'hétérogénéités sédimentaires et structurales 47
1.6.4 Des caractéristiques porales et minéralogiques favorables 48
1.6.5 Des propriétés mécaniques dépendantes des unités géologiques 51

1.7 Les formations sous-jacentes au Callovo-Oxfordien 55

1.7.1 Le Dogger 55
1.7.2 Les formations profondes 56

2. Le cadre hydrogéologique et hydrologique 59

2.1 Le cadre hydrogéologique 60

2.1.1 Le système aquifère superficiel des Calcaires du Barrois 60
2.1.2 L'Oxfordien calcaire 64
2.1.3 Le Dogger 68

2.2 Les interfaces entre les eaux souterraines et les eaux superficielles 70

2.3 Le cadre hydrologique 73

2.3.1 La Saulx 75
2.3.2 L'Orge 75
2.3.3 L'Ormançon 75
2.3.4 L'historique en termes d'inondation 76
2.3.5 Le risque d'inondation 76

3. Le climat et la météorologie 79

3.1 Le climat actuel 80

3.2 La météorologie 83

3.2.1 Les températures 83
3.2.2 Les précipitations 88
3.2.3 Les régimes de vent 92
3.2.4 Les tornades 94
3.2.5 L'hygrométrie 96
3.2.6 La durée d'ensoleillement 96
3.2.7 L'évapotranspiration 97

3.3 L'évolution prévisible du climat sur la phase de fonctionnement 99

3.3.1 Le contexte 99
3.3.2 Le scénario d'évolution naturelle du climat 100
3.3.3 Le scénario d'évolution perturbée du climat par les activités anthropiques 100

4. La faune et la flore 105

4.1 Les aires considérées 106

4.2 La biodiversité 109

4.2.1 Les éléments généraux 109
4.2.2 Les zonages environnementaux : espaces naturels protégés ou remarquables 109
4.2.3 La distribution des zones environnementales 110
4.2.4 Les principaux enjeux de biodiversité 113

4.3 L'état radiologique du milieu naturel 116

5. La description paysagère et les activités humaines 119

5.1 Le paysage 120

5.2 La population 121

5.2.1 À proximité immédiate de l'INB 121
5.2.2 Dans les 20 km et 50 km autour de l'INB 122

5.3 Les habitats 124

5.4 Les activités humaines historiques 125

5.5 Les activités agricoles et sylvicoles 126

5.6 Les activités de loisirs, de plein air et de tourisme 127

6. L'environnement industriel et les voies de communication 129

6.1 Les activités, installations, ouvrages, travaux 130

6.1.1 Les activités industrielles en dehors du centre de stockage Cigéo 130
6.1.2 Les activités, installations, ouvrages, travaux sur le centre de stockage Cigéo 132

6.2 Les canalisations de transport et les lignes électriques 155

6.3 Les voies de communication 156

6.3.1 Les voies de communication terrestres 156
6.3.2 Les voies de communication aériennes 159

6.4 Les activités projetées au voisinage de l'INB 164

6.4.1 Les activités ultérieures propres au projet global Cigéo 164
6.4.2 Les autres projets 164

Tableau de traçabilité des principales évolutions 167

Tables des illustrations 171

Références bibliographiques 177

Sommaire du volume 5 « Les installations, ouvrages et équipements »

1. L'INB et son déploiement 11

1.1 Présentation générale de l'installation nucléaire de base 12

1.1.1 L'INB Cigéo 12
1.1.2 Les installations et ouvrages de l'INB déployés de manière progressive 14
1.1.3 Les capacités de stockage dans les ouvrages souterrains de l'INB 16
1.1.4 Les activités, installations, ouvrages, travaux dans le périmètre de l'INB 16

1.2 Présentation des installations de l'INB en surface 51

1.2.1 Les installations de l'INB en zone descenderie 51
1.2.2 Les installations de l'INB en zone puits 55
1.2.3 Les infrastructures fluides et utilités 58
1.2.4 Les infrastructures électriques 58

1.3 Présentation des ouvrages souterrains 59

1.3.1 Les ouvrages de liaisons surface-fond 60
1.3.2 Les zones de soutien logistique 62
1.3.3 Les quartiers de stockage 64

1.4 Les dispositions principales de construction initiale 71

1.4.1 Le déploiement des installations temporaires de chantier 72
1.4.2 Les installations de chantier spécifiques 72
1.4.3 Le creusement des liaisons surface-fond 73
1.4.4 La gestion des matériaux excavés de la zone « puits travaux et verses » de la zone puits 74
1.4.5 Les ouvrages de protection des remontées de nappes phréatiques 75

1.5 Les tranches postérieures à la construction initiale 75

1.5.1 Les installations de surface 75
1.5.2 Ouvrages souterrains 76
1.5.3 Le déploiement 79
1.5.4 La gestion des matériaux excavés 79

2. Le fonctionnement de l'INB 81

2.1 Les opérations du process nucléaire de stockage 82

2.1.1 La présentation générale des opérations 82
2.1.2 La réception des convois ferroviaires et routiers 89
2.1.3 Le transfert des wagons (ou des camions) vers le bâtiment nucléaire EP1 91
2.1.4 Les contrôles des colis 92
2.1.5 Le déchargement des wagons (ou camions) 93
2.1.6 La configuration des emballages de transport (ET) 94
2.1.7 La prise en charge des colis de déchets 96

2.2 Les opérations de retrait en exploitation 120

2.2.1 Le retrait d'un colis de stockage MA-VL non contaminé, remonté à la surface 120

2.2.2 Le retrait de colis de stockage MA-VL non contaminés transférés dans un autre alvéole MA-VL 122
2.2.3 Le retrait d'un colis de stockage HA non contaminé remonté à la surface 123
2.2.4 Le retrait de colis de stockage HA non contaminés transférés dans un autre alvéole HA 124

3. Les hottes de transfert des colis 127

3.1 Les fonctions d'exploitation 128
3.1.1 Les hottes de transfert MA-VL 128
3.1.2 Les hottes de transfert HA 128

3.2 Les principes de conception et description 129
3.2.1 Les hottes de transfert MA-VL 129
3.2.2 Les hottes de transfert HA 136

3.3 Le fonctionnement 144
3.3.1 Les hottes de transfert MA-VL 144
3.3.2 Hottes de transfert HA 146

4. Les installations de la zone descenderie 149

4.1 Le bâtiment nucléaire de surface EP1 150
4.1.1 Les fonctions d'exploitation 150
4.1.2 La description du bâtiment nucléaire de surface 151
4.1.3 Le transfert des convois sur l'INB et déchargement des wagons 165
4.1.4 Le déchargement des colis primaires et préparation des colis de stockage 205
4.1.5 L'approvisionnement des conteneurs, paniers et plateaux 242
4.1.6 La distribution des colis de stockage entre les zones tampon et les locaux de process 252
4.1.7 La fermeture des colis de stockage MA-VL 267
4.1.8 La fermeture des colis de stockage HA 285
4.1.9 La réouverture de colis de stockage MA-VL 317
4.1.10 La réouverture de colis de stockage HA 329
4.1.11 La mise en hotte des colis de stockage MA-VL 339
4.1.12 La mise en hotte des colis de stockage HA 354
4.1.13 Le contrôle des colis hors flux 367
4.1.14 Le transfert des hottes en surface 379
4.1.15 Les supports au process 393
4.1.16 L'infrastructure des ouvrages 417

4.2 La tête de descenderie colis 422
4.2.1 Les fonctions d'exploitation 422
4.2.2 La description du bâtiment de tête de descenderie 422
4.2.3 La description des locaux de la tête de descenderie 426
4.2.4 Le fonctionnement de la tête de descenderie 437
4.2.5 L'infrastructure des ouvrages 440

4.3 Le terminal ferroviaire nucléaire 441
4.3.1 Les fonctions d'exploitation 441
4.3.2 Les principes de conception et description 442
4.3.3 Le fonctionnement, les principes d'exploitation 444

4.4 Les autres ouvrages nucléaires 446
4.4.1 L'ouvrage de déchargement des emballages de transport à déchargement horizontal ET-H 446
4.4.2 Le bâtiment nucléaire de surface EP2 463

5. La descenderie colis et les galeries de liaison 473

5.1 Les fonctions d'exploitation 475
5.2 Les principes de conception et la description 476
5.2.1 La présentation générale 476
5.2.2 Le principe de fonctionnement du funiculaire 477
5.2.3 Les installations 478
5.2.4 Les ouvrages et fonctions connexes 486
5.2.5 Les équipements 490
5.3 Le fonctionnement 505
5.3.1 Le pilotage et les règles d'exploitation 505
5.3.2 Le fonctionnement du funiculaire 506
5.3.3 Le fonctionnement des chariots de transfert fond 509

6. L'installation nucléaire au fond : le stockage des colis MA-VL 511
6.1 Le quartier de stockage MA-VL 512
6.1.1 Les fonctions d'exploitation 512
6.1.2 La description de la zone de stockage MA-VL 513
6.1.3 Le fonctionnement de la zone de stockage MA-VL 524
6.2 Les alvéoles MA-VL en fonctionnement 526
6.2.1 Les fonctions d'exploitation 527
6.2.2 Les principes de conception et description 528
6.2.3 Le fonctionnement 539
6.2.4 Le maintien de l'alvéole en exploitation 545
6.2.5 Les opérations de fermeture de l'alvéole MA-VL 545

7. L'installation nucléaire au fond : le stockage des colis HA 547
7.1 Le quartier pilote HA 548
7.1.1 Les fonctions d'exploitation 548
7.1.2 Les principes de conception et description 549
7.1.3 Le fonctionnement 569
7.1.4 Le maintien de l'alvéole en exploitation 579
7.1.5 L'opération de fermeture de l'alvéole HA 581
7.2 Le quartier de stockage HA 582
7.2.1 Les fonctions d'exploitation 582
7.2.2 Les principes de conception et description 582

8. Les installations de surface en soutien au fonctionnement 587
8.1 La tête de la descenderie de service 588
8.1.1 Les fonctions d'exploitation 588
8.1.2 Les principes de conception et description 589
8.1.3 Le fonctionnement 591
8.2 Les émergences du puits de ventilation air frais exploitation (VFE) 591
8.2.1 Les fonctions d'exploitation 592
8.2.2 Les principes de conception et description 592
8.3 Les émergences du puits ventilation air vicié exploitation (VVE) 597
8.3.1 Les fonctions d'exploitation 597
8.3.2 Les principes de conception et description 597
8.4 Les bâtiments dédiés aux fonctions sûreté/sécurité/environnement 601
8.4.1 Les fonctions d'exploitation 601

8.4.2 Le principe de conception et description 602
8.5 Les ouvrages du réseau de lutte contre l'incendie 605
8.5.1 Les fonctions d'exploitation 605
8.5.2 Les principes de conception et description 606
8.6 Les centrales de secours 607
8.6.1 Les fonctions d'exploitation 608
8.6.2 Les principes de conception et description 608
8.6.3 Le fonctionnement 608
8.7 L'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe phréatique 609
8.7.1 Les fonctions d'exploitation 609
8.7.2 Le principe de conception et description 609
8.8 Les ouvrages de gestion des eaux et de traitement des effluents liquides conventionnels 609
8.8.1 Les fonctions d'exploitation 612
8.8.2 Les principes de conception et description 612
8.9 La gestion des argilites du Callovo-Oxfordien excavé 624
8.9.1 Les fonctions d'exploitation 624
8.9.2 Les principes de conception et la description 625
8.10 Les ateliers de maintenance 630
8.10.1 Les fonctions d'exploitation 631
8.10.2 Les principes de conception et description 631

9. Les liaisons surface-fond de service 633
9.1 Les puits pour l'exploitation 634
9.1.1 La fonction d'exploitation 635
9.1.2 Le principe de conception et description 635
9.1.3 Le fonctionnement 645
9.2 Les puits pour les travaux 647
9.2.1 Les fonctions d'exploitation 648
9.2.2 Les principes de conception et la description 649
9.2.3 Le fonctionnement 652
9.3 La descenderie de service 654
9.3.1 Les fonctions d'exploitation 654
9.3.2 Le principe de conception et la description 655
9.3.3 Le fonctionnement 664

10. Les zones de soutien logistiques 667
10.1 L'installation nucléaire : la zone de soutien logistique exploitation (ZSLE) 668
10.1.1 Les fonctions d'exploitation 669
10.1.2 Le principe de conception et description 669
10.1.3 Le fonctionnement 679
10.2 Installation non nucléaire : la zone de soutien logistique travaux (ZSLT) 681
10.2.1 Les fonctions travaux 682
10.2.2 Le principe de conception et la description 683

11. Les systèmes supports 689
11.1 Le système d'information industriel 690
11.1.1 Les principes généraux de conception 690
11.1.2 L'infrastructure et architecture 692
11.2 Les systèmes courants faibles industriels (CFI) 696

11.2.1 La description des ensembles fonctionnels 696
11.2.2 L'ensemble fonctionnel administration (ADM) 698
11.2.3 L'ensemble fonctionnel gestion des matières nucléaires (GMN) 698
11.2.4 L'ensemble fonctionnel système de sécurité des personnes (SSP) 699
11.2.5 L'ensemble fonctionnel voix, données et images (VDI) 700
11.2.6 L'ensemble fonctionnel gestion technique du bâtiment (GTB) 700
11.2.7 L'ensemble fonctionnel gestion technique centralisée (GTC) 701
11.2.8 L'ensemble fonctionnel gestion technique électrique (GTE) 703
11.2.9 L'ensemble fonctionnel radioprotection (RP) 704
11.2.10 L'ensemble fonctionnel système de sécurité incendie (SSI) 705
11.2.11 L'ensemble fonctionnel ventilation nucléaire (VN) 707
11.2.12 L'ensemble fonctionnel observation surveillance (OS) 708
11.2.13 L'ensemble fonctionnel surveillance de l'environnement (SE) 708
11.2.14 L'ensemble fonctionnel maintien en condition opérationnelle (MCO) 708
11.2.15 L'ensemble fonctionnel contrôle commande du process nucléaire (CC) 709

11.3 La gestion de l'alimentation électrique 716

11.3.1 Les objectifs de la gestion de l'alimentation électrique 716
11.3.2 Les principes de la distribution électrique 716
11.3.3 La distribution secourue 720
11.3.4 Les sources sans interruption 720

11.4 La ventilation nucléaire 721

11.4.1 La ventilation des installations du process nucléaire de surface de la zone descenderie 721
11.4.2 La ventilation de l'installation souterraine 728
11.4.3 La surveillance de la ventilation 747

11.5 Les dispositions générales de sécurité incendie 748

11.5.1 Le principe général 748
11.5.2 Le zonage sécurité incendie (SSI) 748
11.5.3 Le système de détection incendie 749
11.5.4 La gestion de l'alarme évacuation 749
11.5.5 Le centralisateur de mise en sécurité incendie 749
11.5.6 L'asservissement sur le process en cas de déclenchement d'une alarme feu 750
11.5.7 Les systèmes fixes d'extinction 750
11.5.8 L'exploitation et surveillance du système sécurité incendie 750
11.5.9 Les autres dispositifs utilisés pour l'exploitation du système de sécurité incendie 751
11.5.10 Les rôles du poste central de sécurité en cas de déclenchement d'une alarme feu 751
11.5.11 Le fonctionnement en mode dégradé 752

11.6 Les fluides (eau, air comprimé, etc.) 752

11.6.1 Le réseau eaux d'exhaure 752
11.6.2 La distribution de l'eau chaude et de l'eau glacée 755
11.6.3 La production et distribution d'air comprimé 757
11.6.4 La production et la distribution d'azote pour le balayage de l'atmosphère des alvéoles HA 760

12. La gestion des rejets liquides et gazeux 763

12.1 Les moyens de gestion des effluents liquides 764

12.1.1 Les moyens de gestion des effluents liquides non conventionnels 764
12.1.2 Les moyens de gestion des eaux et effluents liquides conventionnels 765

12.2 Les moyens de gestion des rejets gazeux 767

12.2.1 Les rejets atmosphériques radioactifs 767
12.2.2 Les rejets atmosphériques conventionnels 772

13. La gestion des déchets induits 773

13.1 Les principes généraux de gestion des déchets induits 774
13.1.1 Les locaux recueillant les déchets induits 774
13.1.2 Le zonage déchets 774
13.2 Les moyens de gestion des déchets induits conventionnels 777
13.2.1 Les déchets induits conventionnels produits dans l'installation souterraine 777
13.2.2 Les déchets induits conventionnels produits dans les zones de surface 780
13.2.3 Les moyens de manutention et de transport pour la gestion des déchets induits conventionnels 781
13.3 Les moyens de gestion des déchets radioactifs induits 783
13.3.1 La présentation des déchets radioactifs induits 783
13.3.2 La gestion des déchets radioactifs induits produits dans l'installation souterraine 783
13.3.3 La gestion des déchets radioactifs induits dans le bâtiment nucléaire de surface 785
13.3.4 Les filières des déchets induits 787

14. Les transports internes 789

14.1 La réglementation spécifique à l'INB 790
14.2 Les substances radioactives 790
14.2.1 La réception des colis de déchets radioactifs 791
14.2.2 La gestion des déchets radioactifs induits 791
14.3 Les autres substances dangereuses 793
14.3.1 La nature des substances dangereuses 793
14.3.2 La gestion des déchets conventionnels 794

15. Les dispositions de conception spécifiques liées à l'arrêt, au démantèlement, à la fermeture et à la surveillance de l'installation 795

15.1 Les dispositions prises en vue du démantèlement 796
15.1.1 Les dispositions de protection contre la contamination 796
15.1.2 Les dispositions de protections contre l'activation neutronique 797
15.1.3 Les dispositions associées aux systèmes supports 797
15.1.4 Les dispositions associées aux cellules de manutention des alvéoles MA-VL 797
15.2 Les dispositions prises en vue de la fermeture 798
15.2.1 Les dispositions générales 798
15.2.2 Les démonstrateurs de fermeture 798
15.2.3 Les dispositions prises en vue de la fermeture des ouvrages souterrains 799
15.2.4 Les dispositions prises vis-à-vis des déblais et leurs mises en verses 800
15.2.5 Les dispositions de surveillance prises pour la fermeture 800
15.3 Les dispositions prises en vue de la surveillance après fermeture 800

16. La fermeture définitive de l'installation 801

16.1 Les opérations associées à la fermeture définitive de l'installation 802
16.2 Les remblais 803
16.3 Les scellements 805
16.3.1 Les scellements des liaisons surface-fond 808
16.3.2 Les scellements de fond 810

Tableau de traçabilité des principales évolutions 813

Tables des illustrations 817

Références bibliographiques 839

Sommaire du volume 6 « L'organisation de l'Andra en tant qu'exploitant de l'INB Cigéo »

1. Les principes d'organisation 9

1.1 La gouvernance de l'Andra 10

1.1.1 Le conseil d'administration 11
1.1.2 Le conseil scientifique 12
1.1.3 Le comité industriel 12
1.1.4 Le comité éthique et société 12
1.1.5 La Commission nationale des aides dans le domaine radioactif (CNAR) 12
1.1.6 Le comité technique souterrain 12
1.1.7 Les instances internes contribuant à la gouvernance 13

1.2 Le plan de management 13

1.3 Les principes d'organisation en phase de conception initiale 14

1.3.1 L'organisation en amont du dépôt du dossier de demande d'autorisation de création 14
1.3.2 L'organisation post dépôt du dossier de demande d'autorisation de création et avant la construction initiale 17

1.4 Les principes d'organisation en phase de construction initiale 19

1.4.1 Les principaux enjeux 19
1.4.2 L'organisation fonctionnelle 20

1.5 Les principes d'organisation en phase de fonctionnement 22

1.5.1 Les principaux enjeux 22
1.5.2 Les fonctions opérationnelles liées à l'exploitation de l'INB Cigéo 23
1.5.3 Les fonctions en soutien de l'exploitation opérationnelle 25
1.5.4 L'organigramme illustratif des principales fonctions d'exploitation 27

1.6 Les principes d'organisation lors des phases de démantèlement, fermeture et surveillance 28

2. Le système de management Intégré au service de la protection des intérêts 29

2.1 Introduction 30

2.2 La politique de protection des intérêts 31

2.3 Le système de management intégré 32

2.3.1 Les principaux objectifs du SMI en termes de protection des intérêts 32
2.3.2 Les certifications 33
2.3.3 La mise en œuvre du SMI 33

2.4 Les dispositions pour la maîtrise des ressources humaines 34

2.4.1 La maîtrise des ressources et compétences internes 34

2.4.2 La maîtrise des connaissances pour le maintien des compétences au cours du temps 37
2.5 Les dispositions pour la maîtrise des intervenants extérieurs 40
2.5.1 Les activités « cœur de métier » 40
2.5.2 Les activités sous-traitées 42
2.6 Les dispositions pour la maîtrise des activités importantes pour la protection des intérêts 44
2.6.1 La préparation et la réalisation des AIP 45
2.6.2 Le contrôle et la surveillance des AIP 46
2.6.3 Les autres actions de contrôle 47
2.7 Les dispositions relatives à l'amélioration continue 49
2.7.1 Le traitement des écarts 49
2.7.2 La gestion des modifications 50
2.7.3 La maîtrise de la conformité réglementaire 53
2.8 Les dispositions spécifiques pour la protection des intérêts 55
2.8.1 La maîtrise de la sûreté nucléaire 55
2.8.2 La maîtrise de la gestion des matières nucléaires 57
2.8.3 La maîtrise de la qualité des colis de déchets radioactifs 58
2.8.4 La maîtrise de la radioprotection 58
2.8.5 La maîtrise de la santé-sécurité 59
2.8.6 La maîtrise de la protection de l'environnement 60
2.8.7 La prise en compte des facteurs organisationnels et humains (FOH) 61

3. L'organisation pour la maîtrise des opérations en phase de fonctionnement 63

3.1 Introduction 64
3.2 La maîtrise des essais avant le démarrage de l'installation 64
3.3 La maîtrise des opérations d'exploitation 66
3.3.1 Introduction 66
3.3.2 Les principaux postes d'exploitation de l'INB 66
3.3.3 Les principes d'organisation de l'exploitation de l'INB 70
3.3.4 Les spécifications d'exploitation de l'INB 71
3.4 La maîtrise de la maintenance 74
3.4.1 Les types de maintenance 74
3.4.2 Les domaines d'intervention 74
3.4.3 Les principes d'organisation de la maintenance 75
3.4.4 Les opérations de jouvence 77
3.5 La maîtrise de la coactivité 78
3.5.1 Les types de coactivités 78
3.5.2 Les principes d'organisation pour la maîtrise de la coactivité 78
3.6 La maîtrise des opérations pour le raccordement des nouveaux ouvrages 80
3.6.1 Les différentes étapes 80
3.6.2 La mise à disposition des ouvrages 81
3.7 La maîtrise de l'archivage et du maintien de la mémoire 82
3.7.1 Le cadre réglementaire 82
3.7.2 Les activités d'archivage 83
3.7.3 Le maintien de la mémoire 84
3.8 La maîtrise de la gestion de crise 85

4. L'organisation de la surveillance de l'installation et de l'environnement pour la protection des intérêts 87

4.1 Introduction 88

4.2 L'organisation prévue pour la surveillance de l'installation 88

4.2.1 Les principaux objectifs 88
4.2.2 Les principes d'organisation 89
4.2.3 Les principales dispositions en phase de fonctionnement 90

4.3 L'organisation prévue pour la surveillance de l'environnement 94

4.3.1 Les principaux objectifs 94
4.3.2 Les principes d'organisation 95
4.3.3 Les principales dispositions en phase de fonctionnement 96

Annexe 99

Annexe 1 La démarche d'identification des AIP et de leurs exigences définies 100

1.1 Principes généraux pour l'identification des AIP 100

1.2 Les macro-activités rattachées à la démonstration de la protection des intérêts 101

1.3 Critères d'identification des AIP 104

1.4 La démarche d'identification des ED associées aux AIP 105

1.5 Formalisation des AIP et des exigences définies associées 106

Tableau de traçabilité des principales évolutions 107

Tables des illustrations 109

Références bibliographiques 111

Sommaire du volume 7 « L'évolution phénoménologique du système de stockage après sa fermeture »

1. Un site d'implantation et des principes directeurs de conception concourant à une maîtrise des grands traits de l'évolution du système de stockage sur le long terme 7

1.1 Un environnement géologique simple, à l'écart de grands accidents géologiques et s'inscrivant dans le contexte connu du Bassin parisien 10

1.2 Les propriétés favorables du Callovo-Oxfordien comme formation d'accueil des ouvrages souterrains 12

1.2.1 Les propriétés favorables à l'échelle de la formation du Callovo-Oxfordien en grand 12

1.2.2 Les propriétés favorables des argilites du Callovo-Oxfordien en tant que matériau vis-à-vis du confinement 14

1.3 Des formations encaissantes qui prennent le relai de la formation du Callovo-Oxfordien et complètent la performance du système de stockage 18

1.4 Des principes directeurs et des choix de conception préservant les propriétés favorables des composants et facilitant la maîtrise de la description de l'évolution phénoménologique du stockage 18

1.4.1 Une architecture implantée en profondeur et sur un seul niveau 19

1.4.2 Une architecture de stockage globalement borgne et élancée 22

1.4.3 La séparation des familles de déchets et des distances de garde importantes entre les zones de stockage qui limitent ou empêchent les interactions physico-chimiques à distance 23

1.4.4 Des dispositions de conception et des règles de dimensionnement qui concourent à la limitation des perturbations 24

1.5 Des échelles de temps et d'espace des processus majeurs qui concourent naturellement à une simplification et une maîtrise de l'évolution phénoménologique du stockage et des environnements géologiques 32

2. L'évolution du milieu géologique sur le site d'implantation de l'installation souterraine au cours du prochain million d'années 35

2.1 Un site géologique d'implantation de l'installation nucléaire peu affecté par la présence du stockage 36

2.1.1 La formation du Callovo-Oxfordien 36

2.1.2 Les formations encaissantes 37

2.2 Une évolution en grand du milieu géologique sur le site d'implantation de l'INB pilotée par les phénomènes géodynamiques 39

2.2.1 Une géodynamique interne du site d'implantation lente et de faible ampleur 39
2.2.2 Des évolutions possibles du climat encadrant le domaine d'évolution géodynamique externe 40

2.3 Une évolution des écoulements hydrogéologiques du fait de l'évolution géodynamique du site 46

2.3.1 Les écoulements à l'actuel 46
2.3.2 L'évolution des écoulements sur le prochain million d'années 49

3. L'évolution du système de stockage 57

3.1 Le transitoire thermique dans les ouvrages souterrains et le Callovo-Oxfordien 58

3.1.1 Un état thermique initial du site d'implantation déterminé par le flux géothermique et les propriétés thermiques des formations sédimentaires 58
3.1.2 Le cadre général du transitoire thermique 58
3.1.3 À l'échelle du milieu géologique et du Callovo-Oxfordien en grand 61
3.1.4 À l'échelle du quartier pilote HA et du quartier de stockage HA 61
3.1.5 À l'échelle du quartier de stockage MA-VL 63
3.1.6 Dans le reste du stockage 65

3.2 Le transitoire hydraulique/gaz dans l'installation souterraine 67

3.2.1 Le transitoire hydrique et gazeux au sein des ouvrages pendant la phase de fonctionnement 67
3.2.2 Après fermeture, un transitoire de resaturation couplé à la production de gaz 71
3.2.3 Le retour vers un nouvel équilibre : l'état saturé 75

3.3 L'évolution chimique des ouvrages et du milieu géologique environnant 78

3.3.1 L'évolution géochimique du Callovo-Oxfordien 79
3.3.2 L'évolution chimique des ouvrages cimentaires (galeries, alvéoles MA-VL) 80
3.3.3 L'évolution chimique des alvéoles HA 82

3.4 L'évolution mécanique des ouvrages et du milieu géologique environnant 86

3.4.1 L'évolution mécanique du milieu géologique en grand sur le site d'implantation des ouvrages souterrains de l'INB 87
3.4.2 L'évolution mécanique des ouvrages 88
3.4.3 Les ouvrages de fermetures 101

4. Le relâchement et le transfert des radionucléides 105

4.1 Le comportement des colis 106

4.1.1 Les colis de déchets HA 106
4.1.2 Les colis de déchets MA-VL 109

4.2 Le transfert des radionucléides 111

4.2.1 Dans les composants ouvragés 111
4.2.2 Dans le Callovo-Oxfordien et les encaissants jusqu'aux exutoires 120
4.2.3 Dans les encaissants jusqu'aux exutoires 123

5. Les incertitudes résiduelles 125

5.1 Le site 127

5.1.1 La perméabilité en grand du Callovo-Oxfordien 127
5.1.2 Les propriétés de diffusion et de rétention du Callovo-Oxfordien 128
5.1.3 La surpression interstitielle naturelle dans le Callovo-Oxfordien 130
5.1.4 L'évolution future du site 130

5.2 Les grands transitoires *131*
5.2.1 Le transitoire thermique 131
5.2.2 Le transitoire hydraulique/gaz 132
5.2.3 Le transitoire chimique 133
5.2.4 L'endommagement mécanique du Callovo-Oxfordien en champ proche des ouvrages souterrain 139

Tableau de traçabilité des principales évolutions 145

Tables des illustrations 147

Références bibliographiques 151

PARTIE III : « Démonstration de sûreté »

Volumes figurant dans cette partie :

- Volume 8 : la démonstration de sûreté après fermeture
- Volume 9 : la démonstration de sûreté en exploitation

Sommaire du volume 8 « la démonstration de sûreté après fermeture »

1. La déclinaison de la démarche d'évaluation de la sûreté après fermeture 13

1.1 Les objectifs et les principes guidant la sûreté après fermeture 14

1.1.1 L'objectif fondamental de protection à long terme après fermeture de l'installation souterraine 14
1.1.2 Les principes et fonctions de sûreté relatifs au stockage en formation géologique 18
1.1.3 Les principes généraux de choix de conception et des exigences 23
1.1.4 La démonstration de la sûreté après fermeture de l'installation souterraine 24
1.1.5 L'apport des pratiques internationales 24

1.2 La démarche d'évaluation de la sûreté après fermeture du stockage 26

1.3 Les scénarios après fermeture 31

1.3.1 La classification et la nomenclature retenues pour les scénarios en après fermeture 32
1.3.2 Les objectifs et la définition des scénarios 35

1.4 L'apport de l'analyse des risques et incertitudes à l'identification et la définition des scénarios 44

1.4.1 La méthodologie d'analyse des risques et incertitudes après fermeture 45
1.4.2 L'établissement de la liste des scénarios à quantifier 50

1.5 Les évaluations quantitatives des scénarios et leurs enseignements 51

1.5.1 La vérification de la performance des composants 51
1.5.2 La vérification des incidences sanitaires sur l'Homme 53
1.5.3 La vérification des incidences sur l'environnement 58
1.5.4 L'apport des études de sensibilité 61
1.5.5 Le schéma général de mise en œuvre des évaluations quantitatives 62
1.5.6 La maîtrise des outils de simulation 65

2. L'analyse des risques et incertitudes 67

2.1 Les composants retenus pour l'analyse des risques et incertitudes 68

2.1.1 Les composants contribuant à la réalisation des fonctions 68
2.1.2 Les composants ne contribuant pas à la réalisation des fonctions de sûreté 71

2.2 La couche du Callovo-Oxfordien 73

2.2.1 L'analyse des caractéristiques intrinsèques favorables de la couche du Callovo-Oxfordien 73
2.2.2 L'analyse des perturbations susceptibles d'impacter les performances de la couche du Callovo-Oxfordien 77
2.2.3 Les performances de la couche du Callovo-Oxfordien préservées du risque de criticité à long terme 98

2.3 L'architecture 99

2.3.1 La position verticale du stockage dans la couche du Callovo-Oxfordien 99
2.3.2 La conception des quartiers de stockage HA et MA-VL 100
2.4 Les scellements des liaisons surface-fond et des galeries 104
2.4.1 Le noyau argileux des scellements 105
2.4.2 L'interface noyau-argilites 112
2.5 Le transitoire Hydraulique - Gaz 119
2.5.1 Le transfert des solutés en fonction de l'état de saturation des composants du stockage 119
2.5.2 Le transfert des radionucléides sous forme gazeuse 121
2.5.3 L'influence de la pression de gaz sur la couche de Callovo-Oxfordien 123
2.5.4 L'influence du transitoire hydraulique-gaz sur les scellements 125
2.6 Les ouvrages remblayés (galeries et descenderies) 127
2.6.1 Le remblai 128
2.6.2 Le revêtement/soutènement et le radier laissé en place 129
2.7 Les alvéoles de stockage HA 132
2.7.1 Les colis HA stockés 133
2.7.2 La partie utile de l'alvéole HA 145
2.8 Les alvéoles de stockage MA-VL 156
2.8.1 Les colis MA-VL stockés 156
2.8.2 La partie utile de l'alvéole MA-VL 160
2.8.3 La couche du Callovo-Oxfordien endommagée mécaniquement au droit des alvéoles 169
2.8.4 Le dispositif d'obturation des alvéoles MA-VL 170
2.9 Les formations encaissantes 171
2.9.1 La représentation des formations encaissantes 171
2.9.2 La modélisation hydrogéologique du site 172
2.9.3 Les ressources naturelles du sous-sol sur la ZIOS 174
2.10 Les exutoires 176
2.10.1 Le choix des exutoires des transferts des radionucléides et substances toxiques chimiques vers les formations encaissantes inférieures 176
2.10.2 Le choix des exutoires des transferts des radionucléides et substances toxiques chimiques vers les formations encaissantes supérieures 177
2.10.3 La synthèse des exutoires retenus pour les évaluations 178
2.11 Les biosphères 179
2.12 L'analyse spécifique des risques liés aux activités humaines après fermeture du stockage 181
2.13 L'analyse spécifique de l'aléa sismique sur le système de stockage 182
2.13.1 L'analyse de l'influence d'un aléa sismique sur la couche du Callovo-Oxfordien 183
2.13.2 L'analyse de l'influence de l'aléa sismique sur l'hydrogéologie des formations encaissantes 186
2.13.3 L'analyse de l'influence de l'aléa sismique sur les scellements 187

3. La synthèse de l'analyse des risques et incertitudes et scénarios retenus pour les évaluations 189

3.1 La synthèse de la gestion des risques et incertitudes résiduelles de connaissances scientifiques et technologiques 190
3.1.1 La gestion des risques et incertitudes résiduelles par conception 190
3.1.2 La gestion des risques et incertitudes par l'identification et la définition des scénarios 191

3.1.3 Le regroupement des scénarios SEA et *What-if* identifiés à l'issue de l'analyse des risques et incertitudes 209
3.2 La liste des scénarios et situations retenus et définis pour les évaluations quantitatives 212
3.2.1 Le scénario d'évolution normale et les situations associées 213
3.2.2 La liste des scénarios d'évolution altérés (SEA) retenus et définis pour quantification 214
3.2.3 La liste des scénarios *What-if* retenus et définis pour quantification 215
3.2.4 La liste des scénarios d'intrusion humaine involontaire (SIHI) retenus 216

4. La description des biosphères 217
4.1 La description des modèles associés à la biosphère type tempérée 218
4.1.1 Le rappel du choix des exutoires 218
4.1.2 Les groupes de référence hypothétiques retenus pour les évaluations 219
4.1.3 La description des groupes de référence hypothétiques 223
4.2 La description des modèles associés à la biosphère type chaude 226
4.2.1 Le rappel du choix des exutoires 226
4.2.2 Les groupes de référence hypothétiques retenus pour les évaluations 227
4.2.3 Les voies de transfert et la description du groupe de référence hypothétique 227
4.3 La description des modèles associés à la biosphère type froide 228
4.3.1 Le rappel du choix des exutoires 228
4.3.2 Les groupes de référence hypothétiques retenus pour les évaluations 229
4.3.3 Les voies de transfert et la description des groupes de référence hypothétiques 230

5. La description et la conceptualisation du scénario d'évolution normale 231
5.1 Les éléments généraux communs aux deux situations 232
5.1.1 Les composants et les voies de transfert potentielles pris en compte pour la description du SEN 232
5.1.2 Les radionucléides retenus 234
5.1.3 Les substances toxiques chimiques retenues 236
5.1.4 L'architecture de stockage retenue 236
5.1.5 L'inventaire en radionucléides et sa distribution dans l'architecture de stockage 238
5.1.6 L'inventaire en substances toxiques chimiques et sa distribution dans l'architecture de stockage 243
5.2 La description et la conceptualisation de la situation de référence 244
5.2.1 La position du stockage dans la couche du Callovo-Oxfordien 244
5.2.2 La couche du Callovo-Oxfordien 245
5.2.3 Les alvéoles de stockage HA 254
5.2.4 Les alvéoles de stockage MA-VL 259
5.2.5 Les scellements des liaisons surface-fond et des galeries 267
5.2.6 Les ouvrages remblayés 273
5.2.7 Les formations encaissantes 275
5.2.8 La conceptualisation des exutoires 279
5.2.9 Les valeurs des paramètres hydrauliques et de transfert des solutés 281
5.3 La description et la conceptualisation de la situation enveloppe 283
5.3.1 La position du stockage dans la couche du Callovo-Oxfordien 283
5.3.2 La couche du Callovo-Oxfordien 287
5.3.3 Les alvéoles de stockage HA 292
5.3.4 Les alvéoles de stockage MA-VL 297

5.3.5 Les scellements des liaisons surface-fond et des galeries 301
5.3.6 Les ouvrages remblayés 306
5.3.7 Les formations encaissantes 307
5.3.8 La conceptualisation des exutoires 310
5.3.9 Les valeurs des paramètres hydrauliques et de transfert des solutés 311
5.4 Les indicateurs retenus pour vérifier la performance des composants et de l'architecture dans son ensemble 313

6. Les résultats des évaluations pour le scénario d'évolution normale 317
6.1 Le rappel des objectifs et modalités des évaluations quantitatives du scénario d'évolution normale 318
6.2 Les résultats des évaluations pour la situation de référence 319
6.2.1 Les résultats des évaluations de performance relatives aux radionucléides 319
6.2.2 Les résultats des incidences sanitaires sur l'Homme liées au transfert potentiel de radionucléides aux exutoires 339
6.2.3 Les résultats des évaluations de performance relatives aux substances toxiques chimiques présentes dans les déchets 347
6.2.4 Les résultats des incidences sanitaires sur l'Homme liées au transfert potentiel de substances toxiques chimiques aux exutoires 357
6.3 Les résultats des évaluations pour la situation enveloppe 358
6.3.1 Les résultats des évaluations de performance relatives aux radionucléides 358
6.3.2 Les résultats des incidences sanitaires sur l'Homme liées au transfert potentiel de radionucléides aux exutoires 390
6.3.3 Les résultats de l'évaluation du risque radiologique à la faune et la flore 408
6.3.4 Les résultats des évaluations de performance relatives aux substances toxiques chimiques présentes dans les déchets 409
6.3.5 Les résultats des incidences sanitaires sur l'Homme liées au transfert potentiel de substances toxiques chimiques aux exutoires 427
6.3.6 Les résultats de l'évaluation du risque chimique à la faune et la flore 438

7. Les enseignements tirés du scénario d'évolution normale 441
7.1 La vérification de la performance du système de stockage et de son environnement 442
7.1.1 Le rappel des choix structurants du scénario d'évolution normale 443
7.1.2 Les enseignements des résultats des évaluations quantitatives de la situation de référence du scénario d'évolution normale 445
7.1.3 Les enseignements des résultats des évaluations quantitatives de la situation enveloppe du scénario d'évolution normale 448
7.2 La vérification des incidences sanitaires sur l'Homme liées à un éventuel transfert à long terme de radionucléides dans la biosphère 454
7.2.1 Le rappel des choix structurants de la définition des biosphères retenues pour les évaluations 455
7.2.2 Les enseignements relatifs au compartiment biosphère 456
7.2.3 Les enseignements des résultats relatifs aux incidences sanitaires sur l'Homme aux différents exutoires 463
7.3 La vérification des incidences sanitaires sur l'Homme liées à un éventuel transfert de substances toxiques chimiques dans la biosphère 468
7.4 Les enseignements des résultats relatifs aux incidences sur l'environnement 470
7.4.1 Les enseignements des résultats relatifs au risque radiologique sur la faune et la flore 470

7.4.2 Les enseignements des résultats relatifs au risque lié aux substances toxiques chimiques sur la faune et la flore 470

8. Les scénarios d'évolution altérée (SEA) 471

8.1 Les SEA de dysfonctionnement des scellements par l'interface 472

8.1.1 La description et la conceptualisation des SEA de dysfonctionnement des scellements par l'interface 472

8.1.2 Les résultats des évaluations des SEA de dysfonctionnement des scellements par l'interface 487

8.2 Les SEA de dysfonctionnement de conteneurs de stockage HA (quartier pilote HA et quartier de stockage HA) 508

8.2.1 La description et la conceptualisation des SEA de dysfonctionnement de conteneurs de stockage HA 508

8.2.2 Les résultats des évaluations pour les SEA de dysfonctionnement de conteneurs de stockage HA (quartier pilote HA et quartier de stockage HA) 510

8.3 Les enseignements tirés de l'évaluation des scénarios d'évolution altérée 518

8.3.1 Les enseignements tirés de l'évaluation des SEA de dysfonctionnement des scellements par l'interface 518

8.3.2 Les enseignements tirés de l'évaluation des SEA de dysfonctionnement de conteneurs de stockage HA 522

9. Les scénarios *What-if* 525

9.1 Les scénarios What-if de dysfonctionnement des scellements par le noyau argileux et par l'interface 526

9.1.1 La description et la conceptualisation des *What-if* de dysfonctionnement des scellements par le noyau argileux et par l'interface 526

9.1.2 Les résultats des évaluations des scénarios *What-if* de dysfonctionnement des scellements par le noyau argileux et par l'interface 541

9.2 Le scénario What-if de dysfonctionnement de tous les conteneurs de stockage HA 569

9.2.1 La description et la conceptualisation du scénario *What-if* de dysfonctionnement de tous les conteneurs de stockage HA 569

9.2.2 Les résultats des évaluations pour le scénario *What-if* de dysfonctionnement de tous les conteneurs de stockage HA 571

9.3 Les scénarios What-if relatifs à une discontinuité non détectée postulée dans la couche du Callovo-Oxfordien 580

9.3.1 Les éléments de contexte 580

9.3.2 La description et la conceptualisation des scénarios *What-if* de discontinuité non détectée postulée 581

9.3.3 Les résultats des évaluations pour les scénarios *What-if* de discontinuité non détectée 585

9.4 Les enseignements tirés de l'évaluation des scénarios What-if 611

9.4.1 Les enseignements tirés de l'évaluation des scénarios *What-if* de dysfonctionnement des scellements par le noyau argileux et par l'interface 611

9.4.2 Les enseignements tirés de l'évaluation du scénario *What-if* de dysfonctionnement de tous les conteneurs de stockage HA 616

9.4.3 Les enseignements tirés de l'évaluation des scénarios *What-if* relatifs à une discontinuité non détectée postulée dans la couche du Callovo-Oxfordien 618

10. Les scénarios d'intrusion humaine involontaire 623

10.1 Le scénario « Forage avec prélèvement de carottes » 624

10.1.1 La description du scénario forage avec prélèvement de carottes et hypothèses associées 625
10.1.2 Les résultats du scénario forage avec prélèvements de carottes 627
10.2 Le scénario « Forage d'exploitation géothermique du Trias abandonné à la profondeur du stockage » 627
10.2.1 La présentation générale du scénario 627
10.2.2 La description du scénario de forage géothermique arrêté au niveau du stockage 627
10.2.3 Les résultats pour le scénario de forage géothermique arrêté au niveau du stockage 631
10.3 Le scénario de forage d'exploration au Dogger abandonné à sa cote prévisionnelle 657
10.3.1 La présentation générale du scénario 657
10.3.2 La description du scénario de forage d'exploration au Dogger abandonné à sa cote prévisionnelle 657
10.3.3 Les résultats pour le scénario de forage d'exploration au Dogger abandonné à sa cote prévisionnelle 660
10.4 Le scénario de forage exploratoire pendant le transitoire hydraulique-gaz 683
10.4.1 La présentation générale du scénario 683
10.4.2 La description du scénario 683
10.4.3 Les résultats du scénario de forage dans un alvéole MA-VL 685
10.5 Les enseignements tirés de l'évaluation des scénarios d'intrusion humaine involontaire 686
10.5.1 Les enseignements tirés des évaluations du scénario forage avec prélèvement de carottes 686
10.5.2 Les enseignements tirés du scénario de forage géothermique arrêté au niveau du stockage et du scénario de forage d'exploration au Dogger abandonné à sa cote prévisionnelle 686
10.5.3 Les enseignements tirés du forage exploratoire pendant le transitoire hydraulique-gaz 694

11. Les études de sensibilité menées dans le cadre des évaluations de sûreté à long terme 695
11.1 La présentation des études de sensibilité et de leurs objectifs 696
11.2 Les études de sensibilité aux paramètres de transfert des radionucléides dans la couche du Callovo-Oxfordien 697
11.2.1 La sensibilité au coefficient de diffusion effectif et au coefficient de sorption dans la couche du Callovo-Oxfordien 697
11.2.2 La sensibilité à la surpression interstitielle d'origine hydraulique du Callovo-Oxfordien 700
11.3 L'étude de sensibilité à l'influence des radionucléides gazeux (^{14}C) sur l'impact radiologique aux exutoires 703
11.4 Les études de sensibilité relatives à la distribution de l'inventaire radiologique MA-VL et aux éléments d'architecture et de conception 705
11.4.1 La sensibilité à la distribution de l'inventaire radiologique MA-VL au sein du quartier de stockage et des alvéoles MA-VL 705
11.4.2 La sensibilité à la distance entre le quartier de stockage MA-VL et la base des liaisons surface-fond 709
11.4.3 La sensibilité à la diminution du diamètre des galeries 713
11.4.4 La sensibilité à l'augmentation du diamètre ou du nombre des puits 715
11.4.5 La sensibilité à l'augmentation de la longueur des alvéoles de stockage HA et MA-VL 718

11.4.6 La sensibilité à l'augmentation/diminution du nombre d'alvéoles de stockage HA en lien avec la flexibilité 718
11.4.7 La sensibilité à l'augmentation/diminution du nombre d'alvéoles de stockage MA-VL en lien avec la flexibilité 718
11.4.8 La sensibilité au nombre et à la localisation des scellements de galerie et d'alvéoles MA-VL 722
11.5 Les enseignements tirés des études de sensibilité 736
11.5.1 La sensibilité relative aux paramètres de transfert des radionucléides dans la couche du Callovo-Oxfordien 736
11.5.2 La sensibilité relative à la distribution de l'inventaire radiologique MA-VL et aux éléments d'architecture et de conception 737
11.5.3 Les grands déterminants pilotant les indicateurs de sûreté en après fermeture 739

12. Les enseignements de la démonstration de sûreté après fermeture 747
12.1 Une démarche fondée sur des exigences réglementaires de haut niveau et sur des pratiques de référence à l'international 748
12.2 Une démarche d'évaluation de sûreté qui repose sur des scénarios contrastés permettant d'évaluer le fonctionnement prévu du stockage ainsi que la robustesse de l'évaluation de sûreté face aux incertitudes résiduelles 749
12.3 Des résultats qui confirment la maîtrise du comportement des radionucléides au regard des objectifs de protection 751
12.3.1 Les résultats des évaluations de la situation de référence de l'évolution normale de l'installation de stockage soulignant des incidences très faibles 751
12.3.2 Les résultats des évaluations des autres situations et scénarios soulignant la robustesse du stockage 752
12.4 Des composants et des dispositions de conception pour la protection à long terme 754
12.4.1 La couche du Callovo-Oxfordien - le pilier de la sûreté après fermeture 754
12.4.2 Des composants ouvragés conçus pour tirer parti des caractéristiques favorables du Callovo-Oxfordien 756
12.4.3 Des dispositions de conception contribuant à la sûreté à long terme du stockage 758
12.4.4 Les fonctions et leur correspondance avec les principaux composants du système de stockage 759
12.5 Des dispositions de surveillance mises en place dès la construction initiale en vue de la protection après fermeture et à long terme 762
12.5.1 La stratégie retenue 762
12.5.2 Le déploiement de la surveillance 764

Tableau de traçabilité des principales évolutions 767

Tables des illustrations 773

Références bibliographiques 803

Sommaire du volume 9 « La démonstration de sûreté en exploitation »

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 15
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 17

1.3.1 Le principe 17
1.3.2 Les situations de fonctionnement 18
1.3.3 Les règles d'étude des situations de fonctionnement 20

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 28
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 39
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 50
2.2.4 Le respect des objectifs de protection et dimensionnement des protections radiologiques 51
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 69
2.2.9 Le fonctionnement incidentel et accidentel et gestion post-accidentelle 71

2.3 Le risque de criticité 73

2.3.1 La présentation du risque 73
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 77
2.3.5 L'analyse de sûreté-criticité 79

2.4 Les risques liés à la thermique des colis de déchets 84
2.4.1 L'origine et localisation du risque 84
2.4.2 Les objectifs de sûreté associés à la maîtrise du risque thermique 85
2.4.3 L'analyse des risques dans le bâtiment nucléaire de surface EP1 86
2.4.4 L'analyse des risques dans la descenderie colis et les galeries souterraines 90
2.4.5 Les alvéoles de stockage HA et MA-VL 93
2.5 Les risques liés aux gaz inflammables produits par radiolyse et par corrosion 97
2.5.1 La présentation des risques 97
2.5.2 La localisation des risques 98
2.5.3 Les objectifs de sûreté 99
2.5.4 L'analyse des risques dans le bâtiment nucléaire 100
2.5.5 L'analyse des risques dans la descenderie colis et les galeries souterraines 102
2.5.6 L'analyse des risques dans les alvéoles de stockage HA 106
2.5.7 L'analyse des risques dans les alvéoles de stockage MA-VL 110

3. Les risques liés aux agressions internes 115

3.1 Les risques liés au transport interne et aux opérations de manutention 116
3.1.1 Les risques liés au transport interne 116
3.1.2 Les risques liés aux opérations de manutention 117
3.2 Les risques liés à l'incendie 152
3.2.1 La démarche et méthodologie 152
3.2.2 L'origine du risque 153
3.2.3 Les dispositions de prévention des départs de feu 158
3.2.4 Les dispositions de détection et d'intervention contre l'incendie 161
3.2.5 Les dispositions visant à éviter la propagation d'un incendie et à limiter ses conséquences 166
3.2.6 Les dispositions pour la maîtrise des risques incendie induits par d'autres risques 178
3.2.7 L'identification des situations d'incendie 181
3.2.8 La prise en compte des effets défavorables des actions d'intervention et de lutte contre l'incendie 183
3.2.9 L'analyse de la vulnérabilité des colis aux situations d'incendie 184
3.2.10 La synthèse 197
3.3 Les risques liés à l'explosion 198
3.3.1 La présentation des risques 198
3.3.2 L'analyse des risques liés au dégagement d'hydrogène par les batteries électriques en phase de charge 199
3.3.3 L'analyse des risques liés au dégagement de vapeurs inflammables 201
3.3.4 L'analyse des risques liés au dégagement d'ozone par le générateur à rayons X à haute énergie 203
3.3.5 Le risque d'explosion de bouteilles de gaz inflammables 204
3.4 Les risques liés à la perte de l'alimentation électrique 204
3.4.1 La présentation des risques 204
3.4.2 Les dispositions générales de maîtrise des risques 205
3.4.3 Les dispositions spécifiques de maîtrise du risque 207
3.4.4 La synthèse 211
3.5 Les risques liés à la perte des fluides 211
3.5.1 Les risques liés à la perte des fluides de refroidissement 211
3.5.2 Les risques liés à la perte des fluides de chauffage 219
3.5.3 Les risques liés à la perte de l'air comprimé 221
3.5.4 Les risques liés à la perte des réseaux d'eau incendie 224
3.5.5 Les risques liés à la perte des réseaux d'extinction incendie à gaz 225

3.5.6 Les risques liés à la perte du réseau d'inertage à l'azote des alvéoles de stockage HA 227

3.6 Les risques liés à la perte de la ventilation 227

3.6.1 La présentation des systèmes de ventilation d'exploitation 227
3.6.2 La présentation des risques 228
3.6.3 L'analyse des risques 229

3.7 Les risques liés à la perte de la surveillance 238

3.7.1 La perte de la surveillance radiologique 238
3.7.2 La perte de la surveillance des rejets gazeux 239
3.7.3 La perte de la surveillance des effluents liquides 240
3.7.4 La perte de la surveillance des gaz inflammables produits par radiolyse 241
3.7.5 La perte de la détection incendie 242
3.7.6 La synthèse 243

3.8 Les risques liés à la perte du contrôle commande 244

3.8.1 Les risques liés à la perte du système de contrôle commande du process nucléaire 244
3.8.2 Les risques liés à la perte des autres systèmes du contrôle commande 247

3.9 Les risques liés à l'inondation interne 252

3.9.1 La présentation des risques liés à l'inondation interne 252
3.9.2 La maîtrise des risques vis-à-vis des fonctions de sûreté 258
3.9.3 La maîtrise des risques vis-à-vis des fonctions supports 262

3.10 Les risques liés aux substances dangereuses non radioactives 264

3.10.1 La présentation des risques 264
3.10.2 L'analyse des risques liés à l'acétone utilisé pour les activités de maintenance 266
3.10.3 L'analyse des risques liés à l'adjuvant utilisé pour la préparation du liant de clavage 267

3.11 Les risques liés à l'émission de projectiles 268

3.11.1 La présentation des risques 268
3.11.2 Les dispositions de prévention 269
3.11.3 Les dispositions de détection, de surveillance et de retour à l'état sûr 269
3.11.4 Les dispositions de limitation des conséquences 270

3.12 Les risques liés aux équipements sous pression 270

3.12.1 La présentation des risques 270
3.12.2 Les dispositions de prévention 272
3.12.3 Les dispositions de détection, de surveillance et de retour à l'état sûr 272
3.12.4 Les dispositions de limitation des conséquences 272

3.13 Les risques liés au vieillissement 273

3.13.1 La présentation des risques 273
3.13.2 Les principes de gestion du vieillissement 273
3.13.3 Le retour d'expériences 275
3.13.4 Les dispositions de prévention du vieillissement 278
3.13.5 Les dispositions de surveillance 280
3.13.6 Les dispositions de limitation des conséquences 282

4. Les risques liés aux agressions externes 283

4.1 Les risques liés aux chutes d'aéronefs 284

4.1.1 La présentation des risques liés aux chutes d'avions et méthodologie d'évaluation des risques 284
4.1.2 Les cibles vis-à-vis des risques liés aux chutes d'avions 285
4.1.3 L'environnement aérien 285
4.1.4 L'analyse des risques d'agression des cibles de sûreté 287
4.1.5 L'analyse de risques liés aux chutes d'hélicoptère 297

4.1.6 La synthèse 298
4.2 Les risques liés à l'environnement industriel et aux voies de communication 299
4.2.1 La présentation des risques 299
4.2.2 Les cibles vis-à-vis des risques liés à l'environnement industriel et aux voies de communication 301
4.2.3 L'évaluation des risques liés à l'environnement industriel et aux voies de communication, et dispositions retenues 302
4.2.4 La synthèse 307
4.3 Les risques liés au séisme 308
4.3.1 La présentation du risque sismique 308
4.3.2 Les exigences de dimensionnement vis-à-vis des ouvrages et équipements portant une fonction de sûreté 313
4.3.3 Les exigences de dimensionnement vis-à-vis des ouvrages et équipements portant une fonction support 331
4.3.4 Les exigences de dimensionnement complémentaire vis-à-vis des défaillances ou agressions induites 335
4.4 Les risques liés à l'inondation externe 340
4.4.1 La présentation des risques liés à l'inondation externe 340
4.4.2 Les risques d'inondation externe en zone descenderie 353
4.4.3 Les risques d'inondation externe en zone puits 362
4.4.4 Les risques d'inondation externe dans les liaisons surface-fond et les alvéoles HA 365
4.4.5 Les dispositions de maintenance et de surveillance 369
4.5 Les risques liés aux conditions météorologiques ou climatiques extrêmes 369
4.5.1 Les origines des risques 369
4.5.2 L'analyse des risques liés aux températures extrêmes 370
4.5.3 L'analyse des risques liés aux vents extrêmes et aux tornades 376
4.5.4 L'analyse des risques liés aux chutes de neige extrêmes 383
4.6 Les risques liés à la foudre et aux interférences électromagnétiques 388
4.6.1 La présentation des risques liés à la foudre et aux interférences électromagnétiques 388
4.6.2 L'identification des cibles vis-à-vis des risques liés à la foudre et aux interférences électromagnétiques 390
4.6.3 L'analyse des risques liés à la foudre et aux interférences électromagnétiques 391
4.7 Les risques liés à l'incendie externe 398
4.7.1 La présentation des risques 398
4.7.2 Les dispositions de prévention 398
4.7.3 Les dispositions de limitation des conséquences 399

5. Les risques conventionnels 401

5.1 Les risques liés aux opérations de construction 402
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) 402
5.1.2 Les risques liés à l'épandage de carburant 404
5.1.3 Les risques liés à la présence éventuelle d'engins de guerre enfouis 406
5.2 Les risques liés aux essais préalables à la mise en service 406
5.3 Les risques liés aux substances dangereuses non radioactives 406
5.3.1 La présentation des risques 406
5.3.2 Les dispositions de prévention 409
5.3.3 Les dispositions de surveillance 413
5.3.4 Les dispositions de limitation des conséquences 414

6. Les risques liés à la coactivité travaux/exploitation nucléaire 417

6.1 La présentation des risques liés à la coactivité 418

6.1.1 La description des types de coactivité 418
6.1.2 La localisation des zones à risque de coactivité 419

6.2 La maîtrise des risques liés à la coactivité entre exploitation et travaux de construction 420

6.2.1 Les installations nucléaires de surface 420
6.2.2 L'installation souterraine 422

6.3 La maîtrise des risques liés à la coactivité exploitation/livraison et mise en service de nouveaux alvéoles 425

6.3.1 La description des opérations de mise à disposition de nouveaux alvéoles dans la zone en exploitation 425
6.3.2 Les risques induits par la coactivité exploitation/livraison et mise en service de nouveaux alvéoles 428

6.4 La maîtrise des risques liés à la coactivité dans la zone en exploitation nucléaire 431

6.4.1 Les types de coactivité 431
6.4.2 Les risques induits par la coactivité dans les zones d'exploitation en surface 432
6.4.3 Les risques induits par les activités concomitantes en souterrain 434

7. Les risques liés aux facteurs organisationnels et humains 437

7.1 La démarche d'analyse des risques sous l'angle des FOH 438

7.2 Les activités sensibles liées aux opérations du process nucléaire 439

7.3 Les activités sensibles liées aux opérations de maintenance 444

7.4 Les activités sensibles liées aux opérations de gestion des effluents et des déchets induits 451

7.5 Les activités sensibles liées à la gestion des situations incidentelles/accidentelles 454

7.6 La synthèse des dispositions prévues pour maîtriser les risques liés aux FOH 457

8. L'étude des situations de fonctionnement 459

8.1 La présentation du domaine de fonctionnement normal et dégradé 460

8.1.1 L'introduction 460
8.1.2 Le domaine de fonctionnement associé aux fonctions de sûreté nucléaires et dispositions de surveillance 460

8.2 Les méthodes d'évaluation des impacts radiologiques et chimiques en situations accidentelles 469

8.2.1 L'évaluation de l'impact radiologique aux populations 469
8.2.2 L'évaluation de l'impact aux populations des substances toxiques chimiques contenues dans les colis de déchets 485
8.2.3 L'évaluation de l'impact radiologique aux travailleurs 488

8.3 Les situations du domaine de dimensionnement 489

8.3.1 La présentation des situations incidentelles de dimensionnement enveloppes 489
8.3.2 La présentation des situations accidentelles de dimensionnement enveloppes 490
8.3.3 Les études des situations incidentelles de dimensionnement 491
8.3.4 Les études des situations accidentelles de dimensionnement 493

8.3.5 La synthèse des évaluations d'impacts pour les situations incidentelles et accidentelles de dimensionnement enveloppes 505

8.4 Les situations accidentelles d'extension du dimensionnement 507

8.4.1 La présentation des situations accidentelles en extension de dimensionnement 507
8.4.2 Les études des situations accidentelles en extension de dimensionnement 509
8.4.3 La synthèse des évaluations d'impacts pour les situations accidentelles en extension de dimensionnement enveloppes 524

8.5 Les situations exclues 526

8.5.1 Les situations exclues vis-à-vis de la fonction de protection « Confinement des substances radioactives » 527
8.5.2 Les situations exclues vis-à-vis de la fonction de protection « Protection des personnes contre les rayonnements ionisants » 529
8.5.3 Les situations exclues vis-à-vis de la fonction de protection « Maîtrise des réactions nucléaires en chaîne » 530
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 » 531
8.5.5 Les situations exclues vis-à-vis de la fonction de protection « Maîtrise des gaz inflammables produits par radiolyse ou par corrosion » 532

9. La gestion des situations accidentelles/post-accidentelles 533

9.1 Les définitions 534

9.1.1 L'état sûr 534
9.1.2 La mise et le maintien à l'état sûr de l'installation 534
9.1.3 La gestion accidentelle et post-accidentelle 535

9.2 Les moyens matériels disponibles pour la gestion accidentelle et post-accidentelle 536

9.2.1 Les moyens matériels disponibles dans l'installation lors d'une situation accidentelle 536
9.2.2 Les moyens matériels disponibles lors d'une situation accidentelle en zone rouge non déclassée 537

9.3 La dosimétrie prévisionnelle et durée de gestion des situations accidentelles associée 538

9.3.1 Le déconfinement d'un emballage de transport 539
9.3.2 La chute avec déconfinement d'un colis primaire en cellule process 540

9.4 La gestion accidentelle et post-accidentelle des scénarios représentatifs 542

9.4.1 La chute d'un emballage de transport dans le hall de déchargement 542
9.4.2 L'incendie impliquant un emballage de transport 543
9.4.3 La chute d'un colis primaire ou de stockage MA-VL dans une cellule process 544
9.4.4 L'incendie d'un pont nucléarisé en cellule process du bâtiment nucléaire impactant un colis de déchets en manutention 546
9.4.5 L'incendie lors du transfert en hotte des colis de stockage (hors descenderie colis) 547
9.4.6 L'incendie lors du transfert des colis de stockage dans la descenderie colis 548
9.4.7 La collision entre deux moyens de transfert sur rails de hottes dont l'un transporte une hotte pleine 549
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 550
9.4.9 L'incendie en alvéole MA-VL 553
9.4.10 La défaillance du confinement d'un colis MA-VL en configuration de stockage 555
9.4.11 Le scénario conventionnel d'effondrement 558

10. Les études de situations extrêmes (ex. ECS) 559

10.1 La méthodologie 560

10.1.1 Le contexte et rappel de la démarche 560
10.1.2 Les exigences retenues dans le cadre de l'étude des situations extrêmes 560

10.2 Le risque de rejet massif 561

10.2.1 Les substances radioactives ou dangereuses mobilisables 561
10.2.2 L'identification des locaux et des scénarios susceptibles de conduire à un rejet massif 561
10.2.3 Les situations extrêmes et le risque de rejet massif 562

10.3 Les dispositions retenues pour les situations extrêmes 563

10.3.1 Le séisme extrême 563
10.3.2 La tornade extrême 564
10.3.3 La perte d'alimentation électrique et fluides 564

10.4 La gestion de crise en situation extrême 565

11. L'étude de dimensionnement du Plan d'urgence interne (PUI) 567

11.1 Les scénarios retenus pour le PUI 569

11.2 Les principes de déclenchement du PUI 572

11.3 Les objectifs retenus pour le dimensionnement du PUI 573

11.4 L'organisation en cas de crise 575

11.4.1 La zone exploitation nucléaire 575
11.4.2 La zone travaux 579
11.4.3 L'interface zone exploitation/zone travaux 581

12. L'étude des situations d'accidents issues d'actes de malveillance 583

12.1 La méthodologie d'analyse du risque lié aux actes de malveillance 584

12.1.1 L'origine du risque 584
12.1.2 L'analyse du risque de malveillance 585

12.2 L'étude des situations d'accidents issues d'actes de malveillance 586

13. Les éléments importants pour la protection 587

13.1 La démarche d'identification des EIP issus de la démonstration de sûreté 588

13.1.1 Le lien entre EIP, fonctions et analyses de risques 588
13.1.2 Les différentes catégories d'EIP selon la fonction concernée 589
13.1.3 Les critères d'identification des EIP liés aux risques 590

13.2 L'identification des EIP issus de la démonstration de sûreté 591

13.2.1 Les EIP liés aux risques 592
13.2.2 Les EIP liés aux inconvénients 614

13.3 Les exigences définies assignées aux EIP 615

13.4 La démarche de qualification des EIP 615

13.4.1 Le contexte réglementaire 615
13.4.2 L'objectif de la démarche de qualification des EIP 616
13.4.3 La démarche de définition des sollicitations enveloppes 616
13.4.4 La démarche de qualification des EIP 618
13.4.5 La démarche de définition des modalités retenues pour assurer et surveiller la pérennité de la qualification des EIP 620

Annexes 621

Annexe 1 La méthodologie d'évaluation des risques liés aux chutes d'aéronefs 622

Tableau de traçabilité des principales évolutions 625

Tables des illustrations 631

Références bibliographiques 639

PARTIE IV
« Volumes complémentaires répondant au III de l'article R. 593-16 du code de l'environnement »

Volumes figurant dans cette partie :

- Volume 10 : la progressivité de la construction
- Volume 11 : la flexibilité de l'exploitation de l'INB
- Volume 12 : l'adaptabilité de l'INB à l'inventaire de réserve
- Volume 13 : la récupérabilité des colis de déchets stockés

Sommaire du volume 10 « La progressivité de la construction »

1. Le contexte de la progressivité 7

1.1 Le contexte réglementaire 8

1.2 Le plan directeur de l'exploitation propose la feuille de route du déploiement prévisionnel jusqu'à terminaison 8

1.2.1 La construction progressive par tranches successives 10
1.2.2 La première tranche 11
1.2.3 La phase industrielle pilote 12
1.2.4 Les tranches ultérieures 14

2. Les dispositions pour faciliter le développement progressif 17

2.1 La zone d'implantation du déploiement des tranches 18

2.1.1 La ZIOS est la résultante d'une reconnaissance approfondie 18
2.1.2 La poursuite des travaux de reconnaissance pour préparer la construction initiale 19

2.2 Les bâtiments/ouvrages en surface 20

2.2.1 La construction du bâtiment nucléaire de surface EP2 à l'horizon de 2080 20
2.2.2 La construction de l'ouvrage de déchargement des emballages de transport à déchargement horizontal (ET-H) après la mise en service de l'INB 20
2.2.3 La gestion en surface de l'argilite excavée au fur et à mesure de la construction progressive des tranches 21

2.3 Les ouvrages communs aux tranches de construction 22

2.4 L'installation souterraine 22

2.4.1 Le dimensionnement à une durée d'ordre séculaire du déploiement des tranches 23
2.4.2 La limitation des arrêts d'exploitation 23
2.4.3 La séparation physique des activités de construction et d'exploitation nucléaire 24

2.5 Le dimensionnement et la démonstration de sûreté couvrant l'ensemble des tranches 30

2.5.1 Un inventaire de référence 31
2.5.2 Un niveau de connaissance de l'ensemble des familles de l'inventaire pris en compte 32
2.5.3 L'ensemble des modes de stockage considérés 34
2.5.4 Des spécifications d'acceptation des colis établies pour l'ensemble des colis de l'inventaire de référence 35

3. Le plan de développement des installations et ouvrages en lien avec le déploiement progressif 37

3.1 L'objet du plan de développement 38
3.2 La préparation de la mise en service pendant la phase industrielle pilote 40
3.2.1 La consolidation des données sur l'environnement de surface et le milieu géologique pour conforter le dimensionnement des ouvrages à construire en surface et la géométrie de la ZIOS 40
3.2.2 La préparation de la mise en service de la première tranche du quartier de stockage MA-VL 42
3.2.3 La préparation de la mise en service du quartier pilote HA 43
3.3 La préparation de la mise en service des tranches ultérieures pour le stockage des déchets HA et MA-VL 44
3.3.1 La préparation de la mise en service des tranches ultérieures du quartier de stockage MA-VL 44
3.3.2 La préparation de la mise en service du quartier de stockage HA 45
3.4 La préparation de la fermeture 46

Tableau de traçabilité des principales évolutions 49

Tables des illustrations 51

Références bibliographiques 53

Sommaire du volume 11 « La flexibilité de l'exploitation de l'INB »

1. La présentation des évolutions possibles au titre de la flexibilité 7

1.1 Des évolutions du conditionnement de certaines familles de déchets 9
1.2 Des évolutions de livraison des colis 10
1.3 Des changements de modes de stockage des colis 11
1.4 Des évolutions du nombre de colis et d'alvéoles 11
1.5 Des changements de stratégie en matière de fermeture du stockage 12

2. Les dispositions de conception et d'organisation prévues pour assurer la flexibilité pendant l'exploitation de l'INB 13

2.1 La flexibilité face à des évolutions du conditionnement des déchets 14
2.1.1 La flexibilité apportée par des dispositions en matière de process nucléaire 15
2.1.2 La flexibilité apportée par le déploiement progressif des ouvrages en surface et souterrains 16
2.2 La flexibilité face à des évolutions de livraison des colis 18
2.2.1 La flexibilité liée à l'ordonnancement du stockage des colis 18
2.2.2 La flexibilité liée à la cadence de stockage 19
2.3 La flexibilité face à des changements de modes de stockage des colis 20
2.4 La flexibilité face à une évolution du nombre de colis et d'alvéoles 20
2.5 La flexibilité face à des changements de stratégie en matière de fermeture du stockage 22

3. L'analyse de la flexibilité du point de vue de la sûreté 25

3.1 L'analyse de la flexibilité du point de vue de la sûreté après-fermeture 26
3.1.1 La flexibilité face aux évolutions du conditionnement des colis 26
3.1.2 La flexibilité face à des évolutions de livraison des colis 29
3.1.3 La flexibilité face à des changements de modes de stockage des colis 30
3.1.4 La flexibilité face à la variabilité des colis et au nombre d'alvéoles de stockage qui en résulte 31
3.1.5 La flexibilité face à des changements de stratégie en matière de fermeture 31
3.2 L'analyse de la flexibilité du point de vue de la sûreté en exploitation 32
3.2.1 La flexibilité face aux évolutions du conditionnement des colis 32
3.2.2 La flexibilité face à des évolutions de livraison des colis 33
3.2.3 La flexibilité face à des changements de modes de stockage des colis 33
3.2.4 La flexibilité face à une fluctuation du nombre de colis et d'alvéoles 34
3.2.5 La flexibilité face à des changements de stratégie en matière de fermeture du stockage 34

4. Le cas spécifique de la flexibilité vis-à-vis des voies de gestion des déchets bitumés 37

4.1 Le rappel du contexte 38

4.2 La description des deux voies de gestion des déchets bitumés envisagées 41

4.2.1 Le stockage des colis de déchets bitumés en l'état 41
4.2.2 Le stockage des colis issus d'un traitement des fûts de déchets bitumés 41
4.2.3 Synthèse 43

4.3 Les dispositions de conception pour les deux voies de gestion des déchets bitumés envisagées 44

4.3.1 Le stockage des colis issus du traitement des fûts de déchets bitumés 44
4.3.2 Le stockage des colis de déchets bitumés en l'état 45

4.4 L'analyse de la flexibilité vis-à-vis des deux voies de gestion envisagées vis-à-vis de la sûreté 55

4.4.1 L'analyse du point de vue de la sûreté après-fermeture 55
4.4.2 L'analyse du point de vue de la sûreté en phase de fonctionnement 56

Annexes 71

Annexe 1 Extrait de la synthèse du rapport final de la revue d'experts de juin 2019 relatif à la gestion des déchets bitumés 72

Annexe 2 Les différentes voies de traitement des fûts de déchets bitumés selon la note « Evaluation comparée des différents modes de gestion envisagés pour les déchets bitumés » 74

2.1 La filière 1 « incinération/vitrification » 74

2.2 La filière 2 « combustion classique et cimentation ou vitrification » 75

2.3 La filière 3 « vaporeformage » 75

Annexe 3 Les impacts radiologiques sur le public et en termes de pollution des sols du scénario d'emballement postulé de déchets bitumés 77

3.1 Les impacts radiologiques 77

3.2 Les impacts en termes de pollution radiologique et chimique des sols 79

3.2.1 Les dépôts surfaciques au sol 79
3.2.2 Les impacts sur les produits agroalimentaires 79

Tableau de traçabilité des principales évolutions 81

Tables des illustrations 83

Références bibliographiques 85

Sommaire du volume 12 « L'adaptabilité de l'INB à l'inventaire de réserve »

1. Le contexte et le cadre réglementaire à l'égard de l'inventaire de réserve et de l'adaptabilité de l'INB 7

1.1 Les évolutions d'inventaires en colis de déchets radioactifs prises en compte pour le dossier de DAC 8

1.2 L'inventaire de réserve de l'INB Cigéo 8

1.3 L'objectif des études d'adaptabilité 10

2. Les colis de l'inventaire de réserve 11

2.1 La construction de l'inventaire de réserve 12

2.1.1 La démarche de construction de l'inventaire de réserve 12

2.1.2 La prise en compte des incertitudes liées à des évolutions de politique énergétique 12

2.1.3 La prise en compte des incertitudes liées à la mise en place de nouvelles filières de gestion de certains déchets radioactifs 17

2.2 La description des colis de l'inventaire de réserve 18

2.2.1 Les colis primaires 18

2.2.2 Les colis de stockage 27

2.2.3 Les inventaires en substances radioactives et substances toxiques chimiques des colis de déchets 33

2.2.4 Les grandeurs caractéristiques des colis de l'inventaire de réserve 44

3. La conception de l'INB associée au stockage des colis de l'inventaire de réserve 53

3.1 La démarche retenue pour vérifier que la conception de l'INB préserve la possibilité technique du stockage des colis de l'inventaire de réserve 54

3.2 L'identification des parties de l'INB concernées par l'adaptabilité 55

3.2.1 Les installations de surface 55

3.2.2 L'installation souterraine 58

3.3 Les dispositions pour la prise en charge des colis de l'inventaire de réserve dans l'INB - cas du stockage des colis de déchets HA et MA-VL supplémentaires (scénario MRREP) 61

3.4 Les dispositions pour la prise en charge des colis de l'inventaire de réserve dans l'INB - cas du stockage des colis de combustibles usés (scénario arrêt du recyclage) 63

3.4.1 La gestion des colis de combustibles usés dans les installations de surface jusqu'à la mise en hotte de transfert 63

3.4.2 Le dimensionnement du gabarit de la hotte de transfert des combustibles usés et conséquences sur les ouvrages et les moyens de transfert des installations de surface vers l'installation souterraine 64

3.4.3 L'évolution de la conception des ouvrages de l'installation souterraine pour permettre la prise en charge des combustibles usés 68

3.5 Les dispositions pour la prise en charge des colis de l'inventaire de réserve dans l'INB - cas du stockage des colis de déchets FA-VL 72

3.5.1 La gestion des colis de déchets FA-VL dans les installations de surface (bâtiments nucléaires EP1 et ET-H) 73

3.5.2 L'architecture de la zone de stockage MA-VL qui regrouperait le quartier de stockage MA-VL et le quartier de stockage FA-VL 74

3.6 L'analyse qualitative de l'impact de la conception sur la protection de l'environnement 76

4. La sûreté de l'INB vis-à-vis du stockage des colis de l'inventaire de réserve 79

4.1 Une démarche de sûreté analogue à celle menée pour les colis de l'inventaire de référence 80

4.2 Les spécificités du stockage des colis de l'inventaire de réserve vis-à-vis de la sûreté de l'INB 80

4.2.1 Les caractéristiques propres des colis de l'inventaire de réserve 81

4.2.2 Les dispositions conservatoires et/ou évolutions de la conception de l'INB liées au stockage des colis de l'inventaire de réserve 82

4.3 L'analyse préliminaire de sûreté 84

4.3.1 Pour la phase long terme après-fermeture 84

4.3.2 Pour la phase de fonctionnement 104

5. Conclusion sur l'adaptabilité de l'INB au stockage des colis de l'inventaire de réserve 111

Annexes 115

Annexe 1 Tableau des catégories physico-chimiques des familles de colis FA VL 116

Tableau de traçabilité des principales évolutions 119

Tables des illustrations 123

Références bibliographiques 125

Sommaire du volume 13 « La récupérabilité des colis de déchets stockés »

1. Le contexte de la récupérabilité 7

1.1 Quelques rappels 8

1.1.1 La réversibilité 8
1.1.2 La récupérabilité 9
1.1.3 Niveau de fermeture et échelle de récupérabilité 9

1.2 Scénarios de retraits étudiés 12

1.3 Principes directeurs de la récupérabilité 14

2. La robustesse des choix de conception en lien avec la récupérabilité 17

2.1 Robustesse et durabilité des composants du stockage 18

2.1.1 Robustesse des colis primaires MA-VL mis en conteneur 18
2.1.2 Robustesse des colis primaires MA-VL en stockage direct 21
2.1.3 Robustesse des alvéoles MA-VL 22
2.1.4 Robustesse conférée par les dispositifs de surveillance des alvéoles MA-VL 26
2.1.5 Robustesse des colis de stockage HA 27
2.1.6 Robustesse des alvéoles HA 30
2.1.7 Dispositifs de surveillance et d'exploitation concourant à la robustesse de l'alvéole HA 35
2.1.8 Dispositifs laissés en place après remplissage des alvéoles HA concourant à la robustesse de la récupérabilité 36

2.2 Équipements de retrait des colis 38

2.2.1 Équipements de retrait des colis MA-VL 38
2.2.2 Équipements de retrait des colis HA 40
2.2.3 Retour d'expérience acquis par la campagne d'essais technologiques de retrait réalisés par l'Andra 42

2.3 Aptitude à la déconstruction des ouvrages de fermeture des galeries 52

2.3.1 Introduction 52
2.3.2 Réouverture des galeries, déconstruction des remblais et scellements 52

3. Les dispositions conservatoires prises pour la récupérabilité 59

3.1 Dispositions conservatoires intégrées aux ouvrages de stockage souterrains 60

3.1.1 Dispositifs laissés en place après remplissage des alvéoles MA-VL facilitant la récupérabilité 60
3.1.2 Dispositions facilitant la réouverture des alvéoles MA-VL 62
3.1.3 Dispositifs laissés en place après remplissage des alvéoles HA facilitant la récupérabilité 64

3.2 Dispositions conservatoires intégrées aux installations en surface 64

3.2.1 Espaces en surface dédiés au retrait des colis de déchets 64
3.2.2 Installations, moyens et équipements en surface associés à la déconstruction des ouvrages de fermeture en préalable au retrait 65
3.3 Dispositions d'exploitation adaptées aux opérations de retrait 65
3.3.1 Validation de la capacité à retirer les colis de déchets en situation d'exploitation industrielle 66
3.3.2 Opérations de contrôle des colis concourant à la récupérabilité 67
3.3.3 Gestion des informations utiles aux opérations de retrait 67
3.3.4 Synthèse des dispositions d'exploitation en lien avec la récupérabilité 68
3.4 Réévaluations périodiques de la récupérabilité 69

4. Les scénarios de retrait étudiés 71
4.1 Scénarios de retrait en exploitation 72
4.1.1 Retrait d'un colis de stockage MA-VL non contaminé, remonté à la surface 72
4.1.2 Retrait de colis de stockage MA-VL non contaminés transférés dans un autre alvéole MA-VL 73
4.1.3 Retrait d'un colis de stockage HA non contaminé remonté à la surface 74
4.1.4 Retrait de colis de stockage HA non contaminés transférés dans un autre alvéole HA 74
4.2 Scénarios hypothétiques de récupérabilité 75
4.2.1 Alvéole MA-VL au niveau 2, retrait complet et réexpédition de tous les colis de déchets non contaminés 75
4.2.2 Non poursuite du projet à l'issue de la PHIPIL, remontée de tous les colis MA-VL stockés non contaminés 76
4.2.3 Niveau 4 de récupérabilité (quartier de stockage MA-VL fermé), réouverture des galeries et des alvéoles, retrait d'une famille de colis MA-VL (non contaminés) 77
4.2.4 Alvéole HA au niveau 2, retrait complet et réexpédition de tous les colis du quartier pilote HA contaminés par des produits d'activation de l'acier 83
4.2.5 Niveau 4 (quartier fermé), ouverture des galeries et des alvéoles du quartier pilote HA, retrait et expédition de tous ses colis contaminés par des produits d'activation de l'acier 85
4.3 Scénarios hypothétiques de retrait « sûreté/post-accidentel » 87
4.3.1 Retrait d'un colis MA-VL contaminé « manutentionnable » après fixation de la contamination 87
4.3.2 Retrait d'un colis HA manutentionnable contaminé à la suite d'une altération localisée ou d'une perte d'intégrité d'un conteneur voisin 92

5. La nature des essais de retrait en phase industrielle pilote 101
5.1 Objectifs et nature des essais de récupérabilité d'exploitation 102
5.2 Retrait d'exploitation d'un colis MA-VL non contaminé, remonté à la surface 102
5.3 Retrait d'exploitation de colis MA-VL non contaminés transférés dans un autre alvéole MA-VL 103
5.4 Retrait d'exploitation d'un colis HA non contaminé remonté à la surface 104
5.5 Retrait d'exploitation de colis HA non contaminés transférés dans un autre alvéole HA 104

Tables des illustrations 107

Références bibliographiques 111

AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS
1-7, rue Jean-Monnet
92298 Châtenay-Malabry cedex
www.andra.fr

© Andra • 2026 • Conception-réalisation : www.kazoar.fr • Crédit illustration : Andra