

2025

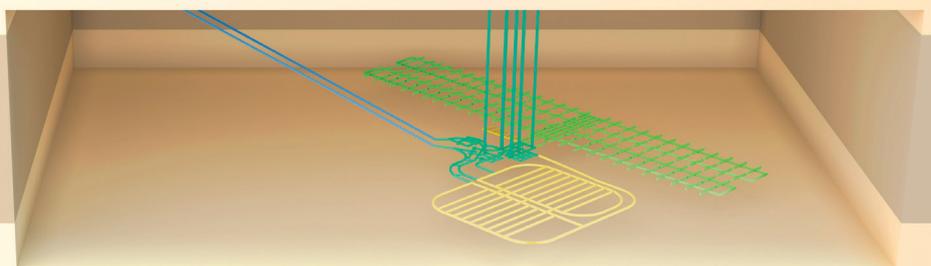
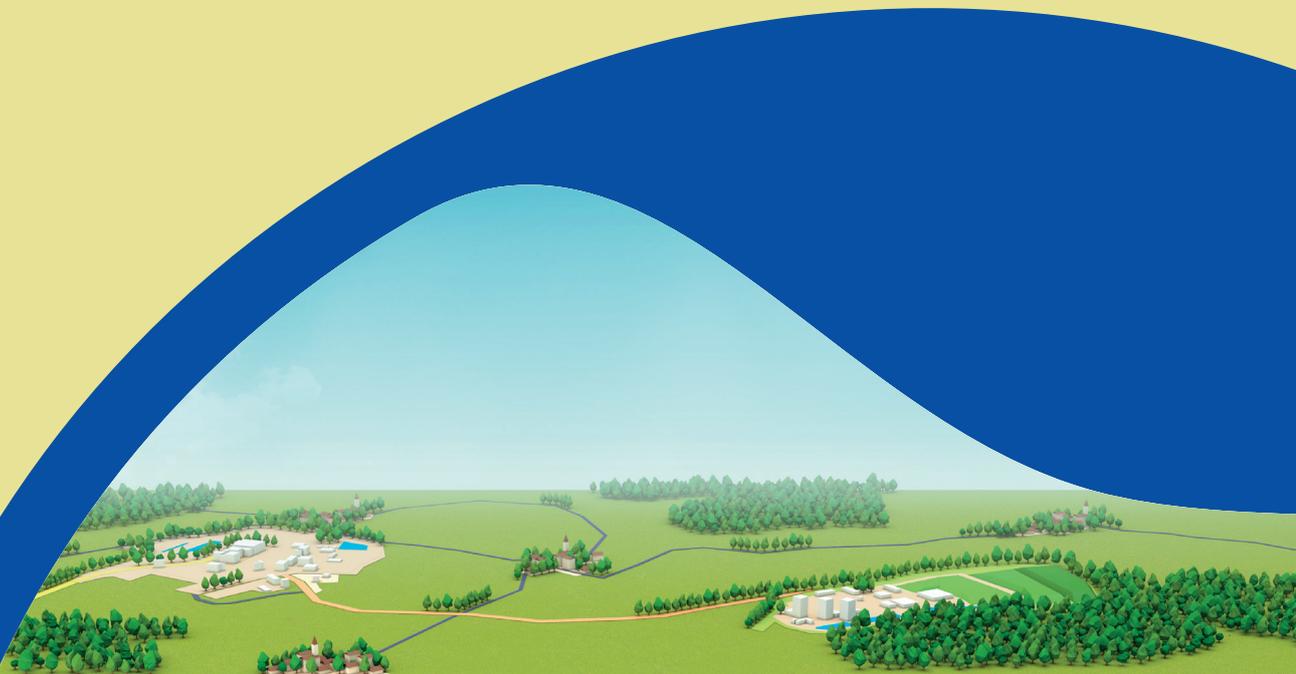
**DOSSIER D'AUTORISATION DE CRÉATION
DE L'INSTALLATION NUCLÉAIRE DE BASE (INB) CIGÉO**



PIÈCE 7

Version préliminaire du rapport de sûreté

**SOMMAIRE GÉNÉRAL
DE LA PIÈCE**



MISE À JOUR DU DOSSIER D'AUTORISATION DE CRÉATION POUR MISE EN CONSULTATIONS RÉGLEMENTAIRES

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

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

- des barres grises en marge du texte pour tracer les modifications ou ajouts, à l'exception des corrections mineures (orthographiques, de forme ou d'imprécision) qui ne sont pas matérialisées ;
- des tableaux de traçabilité de ces mises à jour.

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 <i>L'objet de la pièce</i>	8
1.2 <i>La structure de la version préliminaire du rapport de sûreté</i>	10
1.3 <i>La loi de 1991 constitue le début du processus</i>	11
1.3.1 Des itérations associant la sûreté, la conception et les connaissances scientifiques et technologiques	11
1.3.2 À chaque itération ses objectifs	13
1.4 <i>Les options de sûreté - un préalable à la demande de l'autorisation de création</i>	15
1.5 <i>Les repères chronologiques</i>	17
2. La présentation générale des déchets, du centre de stockage Cigéo et en particulier de l'INB	19
2.1 <i>Le projet de centre de stockage Cigéo - une des missions de l'Andra</i>	20
2.2 <i>Les déchets destinés à l'INB Cigéo</i>	21
2.2.1 Les colis primaires et colis de stockage	21
2.2.2 Les notions d'inventaires de référence et de réserve	21
2.2.3 Les hypothèses de constitution de l'inventaire de référence	23
2.2.4 Les hypothèses de constitution de l'inventaire de réserve	26
2.3 <i>L'implantation du centre de stockage Cigéo</i>	27
2.4 <i>Le centre de stockage Cigéo</i>	30
2.5 <i>L'installation nucléaire de base (INB) Cigéo</i>	32
2.5.1 Le périmètre INB	32
2.5.2 Les principales installations et les principaux ouvrages de l'INB	33
2.5.3 Les principales opérations effectuées au sein de l'INB	40
2.5.4 Le système de stockage après fermeture	43
2.6 <i>Les phases temporelles</i>	45
2.6.1 La phase de construction initiale	47
2.6.2 La phase de fonctionnement	48
2.6.3 La phase de démantèlement/fermeture	50
2.6.4 Les phases de surveillance et post-surveillance	51

3. La description de la structure et du contenu de la version préliminaire du rapport de sûreté	53
3.1 Le cadre réglementaire	54
3.1.1 Le cadre réglementaire général	54
3.1.2 Le cadre réglementaire spécifique à l'INB Cigéo	56
3.2 La structure et contenu du rapport	57
3.2.1 La partie I : contexte, périmètre, démarche et référentiels	60
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	60
3.2.3 La partie III : démonstration de sûreté	62
3.2.4 La partie IV : volumes complémentaires répondant au III de l'article R. 593-16 du code de l'environnement (réversibilité)	62
3.3 La conformité à la réglementation	63
Annexes	65
Annexe 1 Le traitement spécifique de la réversibilité dans la version préliminaire du rapport de sûreté	66
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	67
Annexe 3 La correspondance entre la version préliminaire du rapport de sûreté et l'article R. 593-18 du code de l'environnement	69
Annexe 4 La correspondance entre la version préliminaire du rapport de sûreté et une partie de l'arrêté du 7 février 2012	72
Annexe 5 La correspondance entre la version préliminaire du rapport de sûreté et la décision du 17 novembre 2015	82
Tableau de traçabilité des principales évolutions	121
Tables des illustrations	123
Références bibliographiques	125

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 réglementation 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 <i>Guide de sûreté n° 1 de l'ASN : Stockage définitif des déchets radioactifs en formation géologique profonde</i>	56
3.2 <i>Autres guides ASN et règles fondamentales de sûreté applicables</i>	57
3.3 <i>Guides ASN et règles fondamentales de sûreté transposables à l'INB</i>	59
3.4 <i>Autres guides, normes et codes techniques</i>	60
3.5 <i>Publications internationales</i>	61
3.6 <i>Référentiel interne à l'Andra appliqué à l'INB Cigéo</i>	62
4. Les demandes de l'ASN et les engagements de l'Andra	63
4.1 <i>Le cadre réglementaire</i>	64
4.2 <i>Un dossier d'options de sûreté soumis en 2016 à l'ASN</i>	64
4.3 <i>Un avis de l'ASN à la suite de l'instruction du dossier d'options de sûreté</i>	65
4.4 <i>Des demandes complémentaires dans le cadre du PNGMDR 2016-2018</i>	65
5. Les compléments et modifications par rapport au dossier d'options de sûreté	67
5.1 <i>Le cadre réglementaire</i>	68
5.2 <i>Depuis le dossier d'options de sûreté de 2016, une nouvelle boucle d'itération entre connaissances/conception/sûreté</i>	68
5.3 <i>Les compléments et modifications apportés depuis le dossier d'options de sûreté</i>	69
Annexes	73
Annexe 1 <i>Objectifs de protection retenus pour chaque substance toxique chimique concernée dans le cadre des évaluations d'impact aux populations</i>	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	<i>L'élaboration de l'inventaire de référence des colis des déchets HA et MA-VL</i>	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	<i>Les familles de colis de déchets HA</i>	12
1.2.1	Les familles de colis de déchets vitrifiés	16
1.2.2	Les autres familles de colis de déchets HA (sources scellées usagées, déchets technologiques...)	18
1.3	<i>Les familles de colis de déchets MA-VL</i>	18
1.3.1	Les familles de colis de déchets de structure issus du retraitement des combustibles usés	25
1.3.2	Les familles de colis de déchets de fonctionnement et de démantèlement des réacteurs nucléaires de production d'électricité	26
1.3.3	Les familles de colis de déchets de fonctionnement et de démantèlement des usines du cycle du combustible	27
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	34
1.3.6	Les déchets collectés par l'Andra	34
1.4	<i>Le cas spécifique des colis de déchets bitumés</i>	35
1.5	<i>Les colis prévus en Phase industrielle pilote</i>	35
1.6	<i>La connaissance des colis de déchets radioactifs</i>	35
2.	Les colis de stockage HA et MA-VL	37
2.1	<i>Les colis de stockage HA</i>	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	<i>Les colis de stockage MA-VL</i>	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	<i>Les inventaires radiologiques</i>	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	<i>Les inventaires en substances toxiques chimiques</i>	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	<i>Les grandeurs caractéristiques pour la phase de fonctionnement de l'INB</i>	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	<i>Les « grandeurs caractéristiques » pour le long terme après la fermeture définitive de l'installation de stockage</i>	90
4.2.1	La puissance thermique des colis de déchets	91
4.2.2	Les substances dans les déchets MA-VL	92
4.2.3	Les isotopes fissiles	92
5.	Les spécifications préliminaires d'acceptation des colis de déchets	93
5.1	<i>La démarche de construction des spécifications d'acceptation</i>	94
5.2	<i>La structuration des spécifications d'acceptation</i>	96
5.3	<i>Les critères spécifiés</i>	97
6.	La maîtrise de la qualité des colis	99
6.1	<i>Le processus de maîtrise de la connaissance des colis</i>	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	<i>Le processus de surveillance des colis</i>	102
6.2.1	Le programme de surveillance	103
6.2.2	Les actions de surveillance Andra	103
6.3	<i>Le processus d'acceptation des colis</i>	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	<i>Le processus de gestion des écarts aux conditions d'une approbation</i>	107

Annexes	109
<i>Annexe 1</i>	
<i>Tableau des catégories physico-chimiques des familles de colis MA-VL</i>	<i>110</i>
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	<i>Les échelles spatiales à considérer</i>	10
1.2	<i>Le contexte géographique et topographique du site d'implantation de l'INB Cigéo</i>	10
1.3	<i>Le contexte géologique du site d'implantation de l'INB Cigéo</i>	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	<i>Les formations géologiques à l'affleurement</i>	30
1.4.1	Les Calcaires du Barrois	30
1.4.2	Les Marnes du Kimméridgien	32
1.5	<i>L'Oxfordien carbonaté : formation encaissante sus-jacente au Callovo-Oxfordien</i>	34
1.6	<i>La formation hôte des ouvrages souterrains : la couche du Callovo-Oxfordien</i>	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	<i>Les formations sous-jacentes au Callovo-Oxfordien</i>	55
1.7.1	Le Dogger	55
1.7.2	Les formations profondes	56
2.	Le cadre hydrogéologique et hydrologique	59
2.1	<i>Le cadre hydrogéologique</i>	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	<i>Les interfaces entre les eaux souterraines et les eaux superficielles</i>	70
2.3	<i>Le cadre hydrologique</i>	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	<i>Le climat actuel</i>	80
3.2	<i>La météorologie</i>	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	<i>L'évolution prévisible du climat sur la phase de fonctionnement</i>	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	<i>Les aires considérées</i>	106
4.2	<i>La biodiversité</i>	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	<i>L'état radiologique du milieu naturel</i>	116
5.	La description paysagère et les activités humaines	119
5.1	<i>Le paysage</i>	120
5.2	<i>La population</i>	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	<i>Les habitats</i>	124
5.4	<i>Les activités humaines historiques</i>	125
5.5	<i>Les activités agricoles et sylvicoles</i>	126
5.6	<i>Les activités de loisirs, de plein air et de tourisme</i>	127
6.	L'environnement industriel et les voies de communication	129
6.1	<i>Les activités, installations, ouvrages, travaux</i>	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	<i>Les canalisations de transport et les lignes électriques</i>	155
6.3	<i>Les voies de communication</i>	156
6.3.1	Les voies de communication terrestres	156
6.3.2	Les voies de communication aériennes	159
6.4	<i>Les activités projetées au voisinage de l'INB</i>	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	<i>Présentation générale de l'installation nucléaire de base</i>	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	<i>Présentation des installations de l'INB en surface</i>	51
1.2.1	Les installations de l'INB en zone descendrière	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	<i>Présentation des ouvrages souterrains</i>	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	<i>Les dispositions principales de construction initiale</i>	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	<i>Les tranches postérieures à la construction initiale</i>	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	<i>Les opérations du process nucléaire de stockage</i>	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	<i>Les opérations de retrait en exploitation</i>	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	<i>Les fonctions d'exploitation</i>	128
3.1.1	Les hottes de transfert MA-VL	128
3.1.2	Les hottes de transfert HA	128
3.2	<i>Les principes de conception et description</i>	129
3.2.1	Les hottes de transfert MA-VL	129
3.2.2	Les hottes de transfert HA	136
3.3	<i>Le fonctionnement</i>	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 descendrie	149
4.1	<i>Le bâtiment nucléaire de surface EPI</i>	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	<i>La tête de descendrie colis</i>	422
4.2.1	Les fonctions d'exploitation	422
4.2.2	La description du bâtiment de tête de descendrie	422
4.2.3	La description des locaux de la tête de descendrie	426
4.2.4	Le fonctionnement de la tête de descendrie	437
4.2.5	L'infrastructure des ouvrages	440
4.3	<i>Le terminal ferroviaire nucléaire</i>	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	<i>Les autres ouvrages nucléaires</i>	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	<i>Les fonctions d'exploitation</i>	475
5.2	<i>Les principes de conception et la description</i>	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	<i>Le fonctionnement</i>	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	<i>Le quartier de stockage MA-VL</i>	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	<i>Les alvéoles MA-VL en fonctionnement</i>	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	<i>Le quartier pilote HA</i>	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	<i>Le quartier de stockage HA</i>	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	<i>La tête de la descenderie de service</i>	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	<i>Les émergences du puits de ventilation air frais exploitation (VFE)</i>	591
8.2.1	Les fonctions d'exploitation	592
8.2.2	Les principes de conception et description	592
8.3	<i>Les émergences du puits ventilation air vicié exploitation (VVE)</i>	597
8.3.1	Les fonctions d'exploitation	597
8.3.2	Les principes de conception et description	597
8.4	<i>Les bâtiments dédiés aux fonctions sûreté/sécurité/environnement</i>	601

8.4.1	Les fonctions d'exploitation	601
8.4.2	Le principe de conception et description	602
8.5	<i>Les ouvrages du réseau de lutte contre l'incendie</i>	605
8.5.1	Les fonctions d'exploitation	605
8.5.2	Les principes de conception et description	606
8.6	<i>Les centrales de secours</i>	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	<i>L'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe phréatique</i>	609
8.7.1	Les fonctions d'exploitation	609
8.7.2	Le principe de conception et description	609
8.8	<i>Les ouvrages de gestion des eaux et de traitement des effluents liquides conventionnels</i>	609
8.8.1	Les fonctions d'exploitation	612
8.8.2	Les principes de conception et description	612
8.9	<i>La gestion des argilites du Callovo-Oxfordien excavé</i>	624
8.9.1	Les fonctions d'exploitation	624
8.9.2	Les principes de conception et la description	625
8.10	<i>Les ateliers de maintenance</i>	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	<i>Les puits pour l'exploitation</i>	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	<i>Les puits pour les travaux</i>	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	<i>La descenderie de service</i>	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	<i>L'installation nucléaire : la zone de soutien logistique exploitation (ZSLE)</i>	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	<i>Installation non nucléaire : la zone de soutien logistique travaux (ZSLT)</i>	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	<i>Le système d'information industriel</i>	690
11.1.1	Les principes généraux de conception	690
11.1.2	L'infrastructure et architecture	692

11.2	<i>Les systèmes courants faibles industriels (CFI)</i>	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	<i>La gestion de l'alimentation électrique</i>	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	<i>La ventilation nucléaire</i>	721
11.4.1	La ventilation des installations du process nucléaire de surface de la zone descendrière	721
11.4.2	La ventilation de l'installation souterraine	728
11.4.3	La surveillance de la ventilation	747
11.5	<i>Les dispositions générales de sécurité incendie</i>	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	<i>Les fluides (eau, air comprimé, etc.)</i>	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	<i>Les moyens de gestion des effluents liquides</i>	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	<i>Les moyens de gestion des rejets gazeux</i>	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	<i>Les principes généraux de gestion des déchets induits</i>	774
13.1.1	Les locaux recueillant les déchets induits	774
13.1.2	Le zonage déchets	774
13.2	<i>Les moyens de gestion des déchets induits conventionnels</i>	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	<i>Les moyens de gestion des déchets radioactifs induits</i>	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	<i>La réglementation spécifique à l'INB</i>	790
14.2	<i>Les substances radioactives</i>	790
14.2.1	La réception des colis de déchets radioactifs	791
14.2.2	La gestion des déchets radioactifs induits	791
14.3	<i>Les autres substances dangereuses</i>	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	<i>Les dispositions prises en vue du démantèlement</i>	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	<i>Les dispositions prises en vue de la fermeture</i>	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	<i>Les dispositions prises en vue de la surveillance après fermeture</i>	800
16.	La fermeture définitive de l'installation	801
16.1	<i>Les opérations associées à la fermeture définitive de l'installation</i>	802
16.2	<i>Les remblais</i>	803
16.3	<i>Les scellements</i>	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	<i>La gouvernance de l'Andra</i>	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	<i>Le plan de management</i>	13
1.3	<i>Les principes d'organisation en phase de conception initiale</i>	13
1.3.1	L'organisation en amont du dépôt du dossier de demande d'autorisation de création	13
1.3.2	L'organisation post dépôt du dossier de demande d'autorisation de création et avant la construction initiale	16
1.4	<i>Les principes d'organisation en phase de construction initiale</i>	18
1.4.1	Les principaux enjeux	18
1.4.2	L'organisation fonctionnelle	19
1.5	<i>Les principes d'organisation en phase de fonctionnement</i>	20
1.5.1	Les principaux enjeux	20
1.5.2	Les fonctions opérationnelles liées à l'exploitation de l'INB Cigéo	22
1.5.3	Les fonctions en soutien de l'exploitation opérationnelle	24
1.5.4	L'organigramme illustratif des principales fonctions d'exploitation	26
1.6	<i>Les principes d'organisation lors des phases de démantèlement, fermeture et surveillance</i>	27
2.	Le système de management Intégré au service de la protection des intérêts	29
2.1	<i>Introduction</i>	30
2.2	<i>La politique de protection des intérêts</i>	31
2.3	<i>Le système de management intégré</i>	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	<i>Les dispositions pour la maîtrise des ressources humaines</i>	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	<i>Les dispositions pour la maîtrise des intervenants extérieurs</i>	40
2.5.1	Les activités « cœur de métier »	41
2.5.2	Les activités sous-traitées	43
2.6	<i>Les dispositions pour la maîtrise des activités importantes pour la protection des intérêts</i>	45
2.6.1	La préparation et la réalisation des AIP	46
2.6.2	Le contrôle et la surveillance des AIP	47
2.6.3	Les autres actions de contrôle	48
2.7	<i>Les dispositions relatives à l'amélioration continue</i>	50
2.7.1	Le traitement des écarts	50
2.7.2	La gestion des modifications	51
2.7.3	La maîtrise de la conformité réglementaire	54
2.8	<i>Les dispositions spécifiques pour la protection des intérêts</i>	56
2.8.1	La maîtrise de la sûreté nucléaire	56
2.8.2	La maîtrise de la gestion des matières nucléaires	58
2.8.3	La maîtrise de la qualité des colis de déchets radioactifs	59
2.8.4	La maîtrise de la radioprotection	59
2.8.5	La maîtrise de la santé-sécurité	60
2.8.6	La maîtrise de la protection de l'environnement	61
2.8.7	La prise en compte des facteurs organisationnels et humains (FOH)	62
3.	L'organisation pour la maîtrise des opérations en phase de fonctionnement	65
3.1	<i>Introduction</i>	66
3.2	<i>La maîtrise des essais avant le démarrage de l'installation</i>	66
3.3	<i>La maîtrise des opérations d'exploitation</i>	68
3.3.1	Introduction	68
3.3.2	Les principaux postes d'exploitation de l'INB	68
3.3.3	Les principes d'organisation de l'exploitation de l'INB	72
3.3.4	Les spécifications d'exploitation de l'INB	73
3.4	<i>La maîtrise de la maintenance</i>	76
3.4.1	Les types de maintenance	76
3.4.2	Les domaines d'intervention	76
3.4.3	Les principes d'organisation de la maintenance	77
3.4.4	Les opérations de jouvence	79
3.5	<i>La maîtrise de la coactivité</i>	80
3.5.1	Les types de coactivités	80
3.5.2	Les principes d'organisation pour la maîtrise de la coactivité	80
3.6	<i>La maîtrise des opérations pour le raccordement des nouveaux ouvrages</i>	82
3.6.1	Les différentes étapes	82
3.6.2	La mise à disposition des ouvrages	83
3.7	<i>La maîtrise de l'archivage et du maintien de la mémoire</i>	84
3.7.1	Le cadre réglementaire	84
3.7.2	Les activités d'archivage	85
3.7.3	Le maintien de la mémoire	86
3.8	<i>La maîtrise de la gestion de crise</i>	87

4. L'organisation de la surveillance de l'installation et de l'environnement pour la protection des intérêts	89
4.1 Introduction	90
4.2 L'organisation prévue pour la surveillance de l'installation	90
4.2.1 Les principaux objectifs	90
4.2.2 Les principes d'organisation	91
4.2.3 Les principales dispositions en phase de fonctionnement	92
4.3 L'organisation prévue pour la surveillance de l'environnement	96
4.3.1 Les principaux objectifs	96
4.3.2 Les principes d'organisation	98
4.3.3 Les principales dispositions en phase de fonctionnement	98
Annexe	101
Annexe 1 La démarche d'identification des AIP et de leurs exigences définies	102
1.1 Principes généraux pour l'identification des AIP	102
1.2 Les macro-activités rattachées à la démonstration de la protection des intérêts	103
1.3 Critères d'identification des AIP	106
1.4 La démarche d'identification des ED associées aux AIP	107
1.5 Formalisation des AIP et des exigences définies associées	108
Tableau de traçabilité des principales évolutions	109
Tables des illustrations	111
Références bibliographiques	113

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	9
1.1	<i>Un environnement géologique simple, à l'écart de grands accidents géologiques et s'inscrivant dans le contexte connu du Bassin parisien</i>	12
1.2	<i>Les propriétés favorables du Callovo-Oxfordien comme formation d'accueil des ouvrages souterrains</i>	14
1.2.1	Les propriétés favorables à l'échelle de la formation du Callovo-Oxfordien en grand	14
1.2.2	Les propriétés favorables des argilites du Callovo-Oxfordien en tant que matériau vis-à-vis du confinement	16
1.3	<i>Des formations encaissantes qui prennent le relai de la formation du Callovo-Oxfordien et complètent la performance du système de stockage</i>	20
1.4	<i>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</i>	20
1.4.1	Une architecture implantée en profondeur et sur un seul niveau	21
1.4.2	Une architecture de stockage globalement borgne et élancée	24
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	25
1.4.4	Des dispositions de conception et des règles de dimensionnement qui concourent à la limitation des perturbations	26
1.5	<i>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</i>	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	<i>Un site géologique d'implantation de l'installation nucléaire peu affecté par la présence du stockage</i>	36
2.1.1	La formation du Callovo-Oxfordien	36

2.1.2	Les formations encaissantes	37
2.2	<i>Une évolution en grand du milieu géologique sur le site d'implantation de l'INB pilotée par les phénomènes géodynamiques</i>	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	<i>Une évolution des écoulements hydrogéologiques du fait de l'évolution géodynamique du site</i>	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	<i>Le transitoire thermique dans les ouvrages souterrains et le Callovo-Oxfordien</i>	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	<i>Le transitoire hydraulique/gaz dans l'installation souterraine</i>	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	<i>L'évolution chimique des ouvrages et du milieu géologique environnant</i>	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	<i>L'évolution mécanique des ouvrages et du milieu géologique environnant</i>	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	<i>Le comportement des colis</i>	106
4.1.1	Les colis de déchets HA	106
4.1.2	Les colis de déchets MA-VL	109
4.2	<i>Le transfert des radionucléides</i>	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	15
1.1	<i>Les objectifs et les principes guidant la sûreté après fermeture</i>	16
1.1.1	L'objectif fondamental de protection à long terme après fermeture de l'installation souterraine	16
1.1.2	Les principes et fonctions de sûreté relatifs au stockage en formation géologique	20
1.1.3	Les principes généraux de choix de conception et des exigences	25
1.1.4	La démonstration de la sûreté après fermeture de l'installation souterraine	26
1.1.5	L'apport des pratiques internationales	26
1.2	<i>La démarche d'évaluation de la sûreté après fermeture du stockage</i>	28
1.3	<i>Les scénarios après-fermeture</i>	33
1.3.1	La classification et la nomenclature retenues pour les scénarios en après fermeture	34
1.3.2	Les objectifs et la définition des scénarios	37
1.4	<i>L'apport de l'analyse des risques et incertitudes à l'identification et la définition des scénarios</i>	46
1.4.1	La méthodologie d'analyse des risques et incertitudes après fermeture	47
1.4.2	L'établissement de la liste des scénarios à quantifier	52
1.5	<i>Les évaluations quantitatives des scénarios et leurs enseignements</i>	53
1.5.1	La vérification de la performance des composants	53
1.5.2	La vérification des incidences sanitaires sur l'homme	55
1.5.3	La vérification des incidences sur l'environnement	60
1.5.4	Le schéma général de mise en œuvre des évaluations quantitatives	64
1.5.5	La maîtrise des outils de simulation	67
2.	L'analyse des risques et incertitudes	69
2.1	<i>Les composants retenus pour l'analyse des risques et incertitudes</i>	70
2.1.1	Les composants contribuant à la réalisation des fonctions	70
2.1.2	Les composants ne contribuant pas à la réalisation des fonctions de sûreté	73
2.2	<i>La couche du Callovo-Oxfordien</i>	75
2.2.1	L'analyse des caractéristiques intrinsèques favorables de la couche du Callovo-Oxfordien	75
2.2.2	L'analyse des perturbations susceptibles d'impacter les performances de la couche du Callovo-Oxfordien	79
2.2.3	Les performances de la couche du Callovo-Oxfordien préservées du risque de criticité à long terme	100
2.3	<i>L'architecture</i>	101
2.3.1	La position verticale du stockage dans la couche du Callovo-Oxfordien	101

2.3.2	La conception des quartiers de stockage HA et MA-VL	102
2.4	<i>Les scellements des liaisons surface-fond et des galeries</i>	106
2.4.1	Le noyau argileux des scellements	107
2.4.2	L'interface noyau-argilites	114
2.5	<i>Le transitoire Hydraulique – Gaz</i>	120
2.5.1	Le transfert des solutés en fonction de l'état de saturation des composants du stockage	120
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	126
2.6	<i>Les ouvrages remblayés (galeries et descenderies)</i>	128
2.6.1	Le remblai	129
2.6.2	Le revêtement/soutènement et le radier laissé en place	130
2.7	<i>Les alvéoles de stockage HA</i>	132
2.7.1	Les colis HA stockés	133
2.7.2	La partie utile de l'alvéole HA	145
2.8	<i>Les alvéoles de stockage MA-VL</i>	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 de Callovo-Oxfordien endommagée mécaniquement au droit des alvéoles	169
2.8.4	Le dispositif d'obturation des alvéoles MA-VL	169
2.9	<i>Les formations encaissantes</i>	170
2.9.1	La représentation des formations encaissantes	170
2.9.2	La modélisation hydrogéologique du site	171
2.9.3	Les ressources naturelles du sous-sol sur la ZIOS	173
2.10	<i>Les exutoires</i>	175
2.10.1	Le choix des exutoires des transferts des radionucléides et substances toxiques chimiques vers les formations encaissantes inférieures	175
2.10.2	Le choix des exutoires des transferts des radionucléides et substances toxiques chimiques vers les formations encaissantes supérieures	176
2.10.3	La synthèse des exutoires retenus pour les évaluations	177
2.11	<i>Les biosphères</i>	178
2.12	<i>L'analyse spécifique des risques liés aux activités humaines après fermeture du stockage</i>	180
2.13	<i>L'analyse spécifique de l'aléa sismique sur le système de stockage</i>	181
2.13.1	L'analyse de l'influence d'un aléa sismique sur la couche de Callovo-Oxfordien	182
2.13.2	L'analyse de l'influence de l'aléa sismique sur l'hydrogéologie des formations encaissantes	184
2.13.3	L'analyse de l'influence de l'aléa sismique sur les scellements	186
3.	La synthèse de l'analyse des risques et incertitudes et scénarios retenus pour les évaluations	189
3.1	<i>La synthèse de la gestion des risques et incertitudes résiduelles de connaissances scientifiques et technologiques</i>	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	<i>La liste des scénarios et situations retenus et définis pour les évaluations quantitatives</i>	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	<i>La description des modèles associés à la biosphère type tempérée</i>	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	<i>La description des modèles associés à la biosphère type chaude</i>	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	<i>La description des modèles associés à la biosphère type froide</i>	228
4.3.1	Le rappel du choix des exutoires	228
4.3.2	Les groupes de référence hypothétiques retenus pour les évaluations	228
4.3.3	Les voies de transfert et la description des groupes de référence hypothétiques	229
5.	La description et la conceptualisation du scénario d'évolution normale	231
5.1	<i>Les éléments généraux communs aux deux situations</i>	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	233
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	237
5.1.6	L'inventaire en substances toxiques chimiques et sa distribution dans l'architecture de stockage	243
5.2	<i>La description et la conceptualisation de la situation de référence</i>	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	253
5.2.4	Les alvéoles de stockage MA-VL	259
5.2.5	Les scellements des liaisons surface-fond et des galeries	266
5.2.6	Les ouvrages remblayés	273
5.2.7	Les formations encaissantes	275
5.2.8	La conceptualisation des exutoires	278
5.2.9	Les valeurs des paramètres hydrauliques et de transfert des solutés	280
5.3	<i>La description et la conceptualisation de la situation enveloppe</i>	282
5.3.1	La position du stockage dans la couche du Callovo-Oxfordien	282
5.3.2	La couche du Callovo-Oxfordien	286
5.3.3	Les alvéoles de stockage HA	290
5.3.4	Les alvéoles de stockage MA-VL	296
5.3.5	Les scellements des liaisons surface-fond et des galeries	299
5.3.6	Les ouvrages remblayés	304
5.3.7	Les formations encaissantes	305

5.3.8	La conceptualisation des exutoires	308
5.3.9	Les valeurs des paramètres hydrauliques et de transfert des solutés	309
5.4	<i>Les indicateurs retenus pour vérifier la performance des composants et de l'architecture dans son ensemble</i>	311
6.	Les résultats des évaluations pour le scénario d'évolution normale	315
6.1	<i>Le rappel des objectifs et modalités des évaluations quantitatives du scénario d'évolution normale</i>	316
6.2	<i>Les résultats des évaluations pour la situation de référence</i>	317
6.2.1	Les résultats des évaluations de performance relatives aux radionucléides	317
6.2.2	Les résultats des incidences sanitaires sur l'homme liées au transfert potentiel de radionucléides aux exutoires	338
6.2.3	Les résultats des évaluations de performance relatives aux substances toxiques chimiques présentes dans les déchets	346
6.2.4	Les résultats des incidences sanitaires sur l'homme liées au transfert potentiel de substances toxiques chimiques aux exutoires	355
6.3	<i>Les résultats des évaluations pour la situation enveloppe</i>	356
6.3.1	Les résultats des évaluations de performance relatives aux radionucléides	356
6.3.2	Les résultats des incidences sanitaires sur l'homme liées au transfert potentiel de radionucléides aux exutoires	389
6.3.3	Les résultats de l'évaluation du risque radiologique à la faune et la flore	407
6.3.4	Les résultats des évaluations de performance relatives aux substances toxiques chimiques présentes dans les déchets	407
6.3.5	Les résultats des incidences sanitaires sur l'homme liées au transfert potentiel de substances toxiques chimiques aux exutoires	425
6.3.6	Les résultats de l'évaluation du risque chimique à la faune et la flore	433
7.	Les enseignements tirés du scénario d'évolution normale	435
7.1	<i>La vérification de la performance du système de stockage et de son environnement</i>	436
7.1.1	Le rappel des choix structurants du scénario d'évolution normale	437
7.1.2	Les enseignements des résultats des évaluations quantitatives de la situation de référence du scénario d'évolution normale	439
7.1.3	Les enseignements des résultats des évaluations quantitatives de la situation enveloppe du scénario d'évolution normale	442
7.2	<i>La vérification des incidences sanitaires sur l'homme liées à un éventuel transfert à long terme de radionucléides dans la biosphère</i>	448
7.2.1	Le rappel des choix structurants de la définition des biosphères retenues pour les évaluations	448
7.2.2	Les enseignements relatifs au compartiment biosphère	449
7.2.3	Les enseignements des résultats relatifs aux incidences sanitaires sur l'homme aux différents exutoires	456
7.3	<i>La vérification des incidences sanitaires sur l'homme liées à un éventuel transfert de substances toxiques chimiques dans la biosphère</i>	461
7.4	<i>Les enseignements des résultats relatifs aux incidences sur l'environnement</i>	463
7.4.1	Les enseignements des résultats relatifs au risque radiologique sur la faune et la flore	463
7.4.2	Les enseignements des résultats relatifs au risque lié aux substances toxiques chimiques sur la faune et la flore	463

8.	Les scénarios d'évolution altérée (SEA)	465
8.1	<i>Les SEA de dysfonctionnement des scellements par l'interface</i>	466
8.1.1	La description et la conceptualisation des SEA de dysfonctionnement des scellements par l'interface	466
8.1.2	Les résultats des évaluations des SEA de dysfonctionnement des scellements par l'interface	481
8.2	<i>Les SEA de dysfonctionnement de conteneurs de stockage HA (quartier pilote HA et quartier de stockage HA)</i>	502
8.2.1	La description et la conceptualisation des SEA de dysfonctionnement de conteneurs de stockage HA	502
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)	504
8.3	<i>Les enseignements tirés de l'évaluation des scénarios d'évolution altérée</i>	512
8.3.1	Les enseignements tirés de l'évaluation des SEA de dysfonctionnement des scellements par l'interface	512
8.3.2	Les enseignements tirés de l'évaluation des SEA de dysfonctionnement de conteneurs de stockage HA	516
9.	Les scénarios <i>What-if</i>	519
9.1	<i>Les scénarios <i>What-if</i> de dysfonctionnement des scellements par le noyau argileux et par l'interface</i>	520
9.1.1	La description et la conceptualisation des <i>What-if</i> de dysfonctionnement des scellements par le noyau argileux et par l'interface	520
9.1.2	Les résultats des évaluations des scénarios <i>What-if</i> de dysfonctionnement des scellements par le noyau argileux et par l'interface	535
9.2	<i>Le scénario <i>What-if</i> de dysfonctionnement de tous les conteneurs de stockage HA</i>	563
9.2.1	La description et la conceptualisation du scénario <i>What-if</i> de dysfonctionnement de tous les conteneurs de stockage HA	563
9.2.2	Les résultats des évaluations pour le scénario <i>What-if</i> de dysfonctionnement de tous les conteneurs de stockage HA	565
9.3	<i>Les scénarios <i>What-if</i> relatifs à une discontinuité non détectée postulée dans la couche du Callovo-Oxfordien</i>	574
9.3.1	Les éléments de contexte	574
9.3.2	La description et la conceptualisation des scénarios <i>What-if</i> de discontinuité non détectée postulée	575
9.3.3	Les résultats des évaluations pour les scénarios <i>What-if</i> de discontinuité non détectée	579
9.4	<i>Les enseignements tirés de l'évaluation des scénarios <i>What-if</i></i>	605
9.4.1	Les enseignements tirés de l'évaluation des scénarios <i>What-if</i> de dysfonctionnement des scellements par le noyau argileux et par l'interface	605
9.4.2	Les enseignements tirés de l'évaluation du scénario <i>What-if</i> de dysfonctionnement de tous les conteneurs de stockage HA	610
9.4.3	Les enseignements tirés de l'évaluation des scénarios <i>What-if</i> relatifs à une discontinuité non détectée postulée dans la couche du Callovo-Oxfordien	612
10.	Les scénarios d'intrusion humaine involontaire	617
10.1	<i>Le scénario « Forage avec prélèvement de carottes »</i>	618
10.1.1	La description du scénario forage avec prélèvement de carottes et hypothèses associées	619
10.1.2	Les résultats du scénario forage avec prélèvements de carottes	621

10.2	<i>Le scénario « Forage d'exploitation géothermique du Trias abandonné à la profondeur du stockage »</i>	621
10.2.1	La présentation générale du scénario	621
10.2.2	La description du scénario de forage géothermique arrêté au niveau du stockage	621
10.2.3	Les résultats pour le scénario de forage géothermique arrêté au niveau du stockage	625
10.3	<i>Le scénario de forage d'exploration au Dogger abandonné à sa cote prévisionnelle</i>	651
10.3.1	La présentation générale du scénario	651
10.3.2	La description du scénario de forage d'exploration au Dogger abandonné à sa cote prévisionnelle	651
10.3.3	Les résultats pour le scénario de forage d'exploration au Dogger abandonné à sa cote prévisionnelle	654
10.4	<i>Le scénario de forage exploratoire pendant le transitoire hydraulique-gaz</i>	677
10.4.1	La présentation générale du scénario	677
10.4.2	La description du scénario	677
10.4.3	Les résultats du scénario de forage dans un alvéole MA-VL	679
10.5	<i>Les enseignements tirés de l'évaluation des scénarios d'intrusion humaine involontaire</i>	680
10.5.1	Les enseignements tirés des évaluations du scénario forage avec prélèvement de carottes	680
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	680
10.5.3	Les enseignements tirés du forage exploratoire pendant le transitoire hydraulique-gaz	688
11.	Les études de sensibilité menées dans le cadre des évaluations de sûreté à long terme	689
11.1	<i>La présentation des études de sensibilité et de leurs objectifs</i>	690
11.2	<i>Les études de sensibilité aux paramètres de transfert des radionucléides dans la couche du Callovo-Oxfordien</i>	691
11.2.1	La sensibilité au coefficient de diffusion effectif et au coefficient de sorption dans la couche du Callovo-Oxfordien	691
11.2.2	La sensibilité à la surpression interstitielle d'origine hydraulique du Callovo-Oxfordien	694
11.3	<i>Les études de sensibilité relatives à la distribution de l'inventaire radiologique MA-VL et aux éléments d'architecture et de conception</i>	697
11.3.1	La sensibilité à la distribution de l'inventaire radiologique MA-VL au sein du quartier de stockage et des alvéoles MA-VL	697
11.3.2	La sensibilité à la distance entre le quartier de stockage MA-VL et la base des liaisons surface-fond	701
11.3.3	La sensibilité à la diminution du diamètre des galeries	705
11.3.4	La sensibilité à l'augmentation du diamètre ou du nombre des puits	707
11.3.5	La sensibilité à l'augmentation de la longueur des alvéoles de stockage HA et MA-VL	710
11.3.6	La sensibilité à l'augmentation/diminution du nombre d'alvéoles de stockage HA en lien avec la flexibilité	710
11.3.7	La sensibilité à l'augmentation/diminution du nombre d'alvéoles de stockage MA-VL en lien avec la flexibilité	714
11.4	<i>Les enseignements tirés des études de sensibilité</i>	714

11.4.1	La sensibilité relative aux paramètres de transfert des radionucléides dans la couche du Callovo-Oxfordien	714
11.4.2	La sensibilité relative à la distribution de l'inventaire radiologique MA-VL et aux éléments d'architecture et de conception	715
11.4.3	Les grands déterminants pilotant les indicateurs de sûreté en après fermeture	717
12.	Les enseignements de la démonstration de sûreté après-fermeture	725
12.1	<i>Une démarche fondée sur des exigences réglementaires de haut niveau et sur des pratiques de référence à l'international</i>	726
12.2	<i>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</i>	727
12.3	<i>Des résultats qui confirment la maîtrise du comportement des radionucléides au regard des objectifs de protection</i>	729
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	729
12.3.2	Les résultats des évaluations des autres situations et scénarios soulignant la robustesse du stockage	730
12.4	<i>Des composants et des dispositions de conception pour la protection à long terme</i>	732
12.4.1	La couche du Callovo-Oxfordien – le pilier de la sûreté après fermeture	732
12.4.2	Des composants ouvragés conçus pour tirer parti des caractéristiques favorables du Callovo-Oxfordien	734
12.4.3	Des dispositions de conception contribuant à la sûreté à long terme du stockage	736
12.4.4	Les fonctions et leur correspondance avec les principaux composants du système de stockage	737
12.5	<i>Des dispositions de surveillance mises en place dès la construction initiale en vue de la protection après fermeture et à long terme</i>	740
12.5.1	La stratégie retenue	740
12.5.2	Le déploiement de la surveillance	742
	Tableau de traçabilité des principales évolutions	745
	Tables des illustrations	751
	Références bibliographiques	779

Sommaire du volume 9

« La démonstration de sûreté en exploitation »

1.	La déclinaison de la démarche de sûreté en exploitation	13
1.1	<i>L'introduction sur la démarche de sûreté en exploitation</i>	14
1.2	<i>L'analyse de risques</i>	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	<i>L'analyse par situation de fonctionnement</i>	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	<i>L'évaluation des impacts radiologiques et chimiques</i>	21
2.	Les risques internes nucléaires	23
2.1	<i>Les risques liés à la dissémination de substances radioactives</i>	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	<i>Le risque d'exposition aux rayonnements ionisants</i>	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	<i>Le risque de criticité</i>	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	<i>Les risques liés à la thermique des colis de déchets</i>	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	<i>Les risques liés aux gaz inflammables produits par radiolyse et par corrosion</i>	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	<i>Les risques liés au transport interne et aux opérations de manutention</i>	116
3.1.1	Les risques liés au transport interne	116
3.1.2	Les risques liés aux opérations de manutention	117
3.2	<i>Les risques liés à l'incendie</i>	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	<i>Les risques liés à l'explosion</i>	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	<i>Les risques liés à la perte de l'alimentation électrique</i>	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	<i>Les risques liés à la perte des fluides</i>	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	<i>Les risques liés à la perte de la ventilation</i>	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	<i>Les risques liés à la perte de la surveillance</i>	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	<i>Les risques liés à la perte du contrôle commande</i>	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	<i>Les risques liés à l'inondation interne</i>	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	<i>Les risques liés aux substances dangereuses non radioactives</i>	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	<i>Les risques liés à l'émission de projectiles</i>	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	<i>Les risques liés aux équipements sous pression</i>	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	<i>Les risques liés au vieillissement</i>	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	<i>Les risques liés aux chutes d'aéronefs</i>	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	<i>Les risques liés à l'environnement industriel et aux voies de communication</i>	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	<i>Les risques liés au séisme</i>	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	<i>Les risques liés à l'inondation externe</i>	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	<i>Les risques liés aux conditions météorologiques ou climatiques extrêmes</i>	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	<i>Les risques liés à la foudre et aux interférences électromagnétiques</i>	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	<i>Les risques liés à l'incendie externe</i>	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	<i>Les risques liés aux opérations de construction</i>	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	<i>Les risques liés aux essais préalables à la mise en service</i>	406
5.3	<i>Les risques liés aux substances dangereuses non radioactives</i>	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	<i>La présentation des risques liés à la coactivité</i>	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	<i>La maîtrise des risques liés à la coactivité entre exploitation et travaux de construction</i>	420
6.2.1	Les installations nucléaires de surface	420
6.2.2	L'installation souterraine	422
6.3	<i>La maîtrise des risques liés à la coactivité exploitation/livraison et mise en service de nouveaux alvéoles</i>	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	<i>La maîtrise des risques liés à la coactivité dans la zone en exploitation nucléaire</i>	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	<i>La démarche d'analyse des risques sous l'angle des FOH</i>	438
7.2	<i>Les activités sensibles liées aux opérations du process nucléaire</i>	439
7.3	<i>Les activités sensibles liées aux opérations de maintenance</i>	444
7.4	<i>Les activités sensibles liées aux opérations de gestion des effluents et des déchets induits</i>	451
7.5	<i>Les activités sensibles liées à la gestion des situations incidentelles/accidentelles</i>	454
7.6	<i>La synthèse des dispositions prévues pour maîtriser les risques liés aux FOH</i>	457
8.	L'étude des situations de fonctionnement	459
8.1	<i>La présentation du domaine de fonctionnement normal et dégradé</i>	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	<i>Les méthodes d'évaluation des impacts radiologiques et chimiques en situations accidentelles</i>	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	<i>Les situations du domaine de dimensionnement</i>	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	<i>Les situations accidentelles d'extension du dimensionnement</i>	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	<i>Les situations exclues</i>	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	<i>Les définitions</i>	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	<i>Les moyens matériels disponibles pour la gestion accidentelle et post-accidentelle</i>	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	<i>La dosimétrie prévisionnelle et durée de gestion des situations accidentelles associée</i>	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	<i>La gestion accidentelle et post-accidentelle des scénarios représentatifs</i>	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
<i>Annexe 1</i> <i>La méthodologie d'évaluation des risques liés aux chutes d'aéronefs</i>	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	<i>Le contexte réglementaire</i>	8
1.2	<i>Le plan directeur de l'exploitation propose la feuille de route du déploiement prévisionnel jusqu'à terminaison</i>	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	<i>La zone d'implantation du déploiement des tranches</i>	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	<i>Les bâtiments/ouvrages en surface</i>	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	<i>Les ouvrages communs aux tranches de construction</i>	22
2.4	<i>L'installation souterraine</i>	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	<i>Le dimensionnement et la démonstration de sûreté couvrant l'ensemble des tranches</i>	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	34

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 1 1

« La flexibilité de l'exploitation de l'INB »

1. La présentation des évolutions possibles au titre de la flexibilité	7
1.1 <i>Des évolutions du conditionnement de certaines familles de déchets</i>	9
1.2 <i>Des évolutions de livraison des colis</i>	10
1.3 <i>Des changements de modes de stockage des colis</i>	11
1.4 <i>Des évolutions du nombre de colis et d'alvéoles</i>	11
1.5 <i>Des changements de stratégie en matière de fermeture du stockage</i>	12
2. Les dispositions de conception et d'organisation prévues pour assurer la flexibilité pendant l'exploitation de l'INB	13
2.1 <i>La flexibilité face à des évolutions du conditionnement des déchets</i>	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 <i>La flexibilité face à des évolutions de livraison des colis</i>	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 <i>La flexibilité face à des changements de modes de stockage des colis</i>	20
2.4 <i>La flexibilité face à une évolution du nombre de colis et d'alvéoles</i>	20
2.5 <i>La flexibilité face à des changements de stratégie en matière de fermeture du stockage</i>	22
3. L'analyse de la flexibilité du point de vue de la sûreté	25
3.1 <i>L'analyse de la flexibilité du point de vue de la sûreté après-fermeture</i>	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 <i>L'analyse de la flexibilité du point de vue de la sûreté en exploitation</i>	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'emballage 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	9
1.1 <i>Les évolutions d'inventaires en colis de déchets radioactifs prises en compte pour le dossier de DAC</i>	10
1.2 <i>L'inventaire de réserve de l'INB Cigéo</i>	10
1.3 <i>L'objectif des études d'adaptabilité</i>	12
2. Les colis de l'inventaire de réserve	13
2.1 <i>La construction de l'inventaire de réserve</i>	14
2.1.1 La démarche de construction de l'inventaire de réserve	14
2.1.2 La prise en compte des incertitudes liées à des évolutions de politique énergétique	14
2.1.3 La prise en compte des incertitudes liées à la mise en place de nouvelles filières de gestion de certains déchets radioactifs	19
2.2 <i>La description des colis de l'inventaire de réserve</i>	20
2.2.1 Les colis primaires	20
2.2.2 Les colis de stockage	29
2.2.3 Les inventaires en substances radioactives et substances toxiques chimiques des colis de déchets	35
2.2.4 Les grandeurs caractéristiques des colis de l'inventaire de réserve	46
3. La conception de l'INB associée au stockage des colis de l'inventaire de réserve	55
3.1 <i>La démarche retenue pour vérifier que la conception de l'INB préserve la possibilité technique du stockage des colis de l'inventaire de réserve</i>	56
3.2 <i>L'identification des parties de l'INB concernées par l'adaptabilité</i>	57
3.2.1 Les installations de surface	57
3.2.2 L'installation souterraine	60
3.3 <i>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)</i>	63
3.4 <i>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)</i>	65
3.4.1 La gestion des colis de combustibles usés dans les installations de surface jusqu'à la mise en hotte de transfert	65
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	66

3.4.3	L'évolution de la conception des ouvrages de l'installation souterraine pour permettre la prise en charge des combustibles usés	70
3.5	<i>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</i>	74
3.5.1	La gestion des colis de déchets FA-VL dans les installations de surface (bâtiments nucléaires EP1 et ET-H)	75
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	76
3.6	<i>L'analyse qualitative de l'impact de la conception sur la protection de l'environnement</i>	78
4.	La sûreté de l'INB vis-à-vis du stockage des colis de l'inventaire de réserve	81
4.1	<i>Une démarche de sûreté analogue à celle menée pour les colis de l'inventaire de référence</i>	82
4.2	<i>Les spécificités du stockage des colis de l'inventaire de réserve vis-à-vis de la sûreté de l'INB</i>	82
4.2.1	Les caractéristiques propres des colis de l'inventaire de réserve	83
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	84
4.3	<i>L'analyse préliminaire de sûreté</i>	86
4.3.1	Pour la phase long terme après-fermeture	86
4.3.2	Pour la phase de fonctionnement	106
5.	Conclusion sur l'adaptabilité de l'INB au stockage des colis de l'inventaire de réserve	113
	Annexes	117
<i>Annexe 1</i>	<i>Tableau des catégories physico-chimiques des familles de colis FA VL</i>	<i>118</i>
	Tableau de traçabilité des principales évolutions	121
	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	<i>Dispositions conservatoires intégrées aux installations en surface</i>	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	<i>Dispositions d'exploitation adaptées aux opérations de retrait</i>	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	<i>Réévaluations périodiques de la récupérabilité</i>	69
4.	Les scénarios de retrait étudiés	71
4.1	<i>Scénarios de retrait en exploitation</i>	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	<i>Scénarios hypothétiques de récupérabilité</i>	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	<i>Scénarios hypothétiques de retrait « sûreté/post-accidentel »</i>	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	<i>Objectifs et nature des essais de récupérabilité d'exploitation</i>	102
5.2	<i>Retrait d'exploitation d'un colis MA-VL non contaminé, remonté à la surface</i>	102
5.3	<i>Retrait d'exploitation de colis MA-VL non contaminés transférés dans un autre alvéole MA-VL</i>	103
5.4	<i>Retrait d'exploitation d'un colis HA non contaminé remonté à la surface</i>	104
5.5	<i>Retrait d'exploitation de colis HA non contaminés transférés dans un autre alvéole HA</i>	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

