RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

ANDRA

2026

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

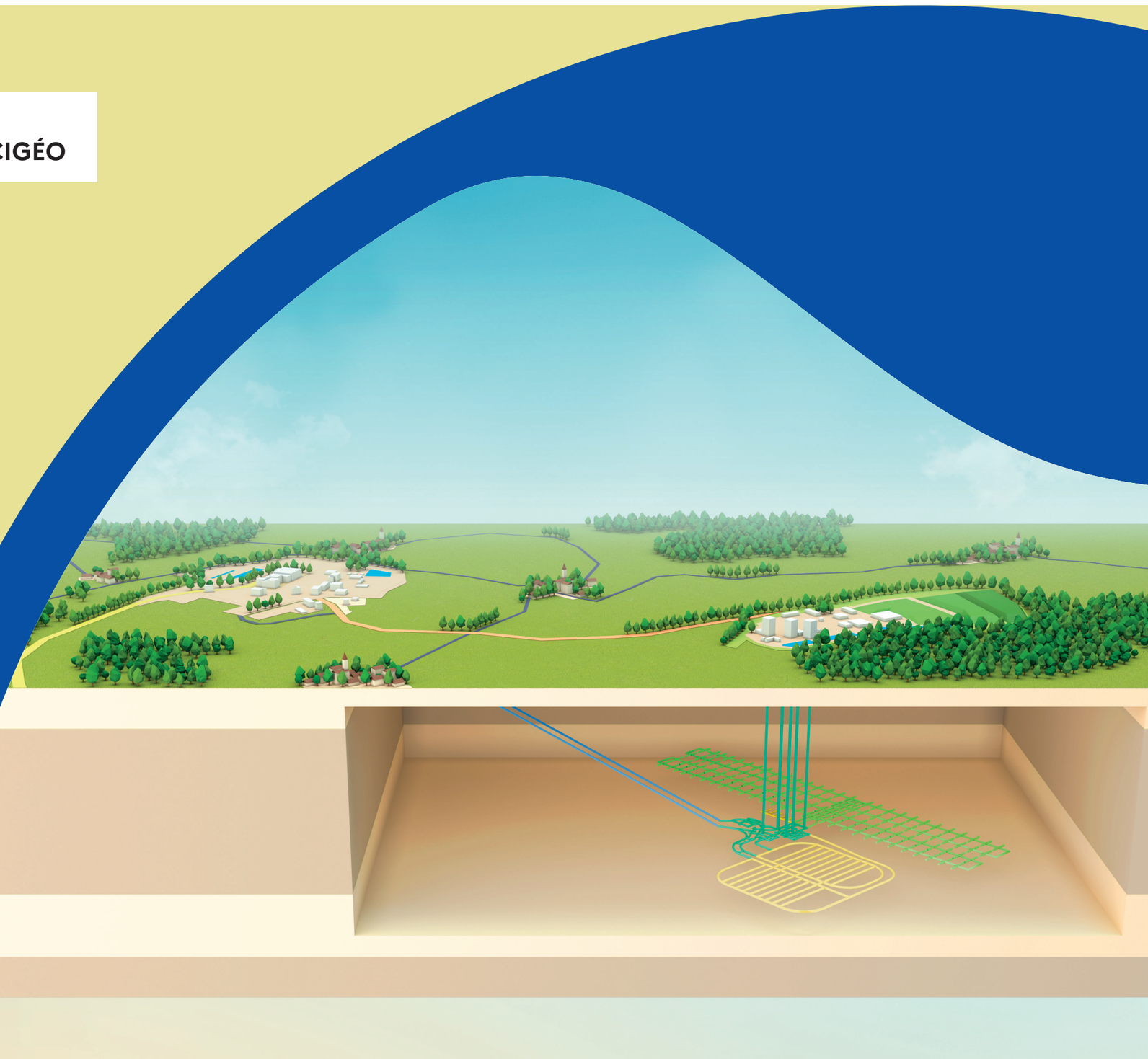
PIÈCE 6

Étude d'impact du projet global Cigéo

Volume 4

Évaluation des incidences
et mesures d'évitement,
de réduction
et de compensation
de ces incidences

Chapitres 17 à 22



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

À la suite de l'instruction technique par l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection et des consultations réglementaires, et avant son passage en enquête publique, des mises à jour ont été apportées par l'Andra dans certaines pièces du dossier (déposé initialement le 16 janvier 2023). La mise à jour de l'étude d'impact tient compte également des modifications apportées à l'analyse des incidences du projet global résultant des dossiers de la tranche de travaux DR0 concernant les premières opérations de caractérisation et de surveillance environnementale et leur instruction.

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

- des barres vertes en marge du texte pour tracer les modifications ou ajouts apportés à l'étude d'impact du dossier d'enquête publique préalable à la déclaration d'utilité publique du centre de stockage Cigéo. Ces évolutions cumulent les modifications apportées à l'étude d'impact dans le cadre de l'EI-DAC (première actualisation déposée le 16 janvier 2023) et d'EI-DR0 portant sur les premières opérations de caractérisation et de surveillance environnementale (dites DR0, deuxième actualisation déposée le 6 mars 2024) ;
- des barres bleues en marge du texte pour tracer les modifications ou ajouts apportés à l'étude d'impact depuis la version EI-DR0 ;
- un surlignage gris pour tracer les modifications ou ajouts depuis les consultations réglementaires ;
- des tableaux de traçabilité des principales évolutions de l'étude d'impact.

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

Sommaire

17. Meilleures techniques disponibles 7

17.1 Préambule 8
17.1.1 Définition 8
17.1.2 Contexte règlementaire 8
17.1.3 Activités prises en compte pour l'analyse 8
17.1.4 Catégories d'activités de l'annexe I de la directive IED visées 8
17.1.5 Documents de référence sur les MTD retenus pour l'analyse 9
17.1.6 Propositions de MTD spécifiques à l'activité de stockage souterrain de déchets radioactifs dans le centre de stockage Cigéo 9
17.1.7 Justification de l'utilisation des MTD 9

17.2 Analyse vis-à-vis des conclusions sur les MTD et des BREFs sectoriels 9
17.2.1 Conclusions sur les MTD pour le traitement des déchets 9
17.2.2 BREF sur la gestion des résidus d'industries extractives 11

17.3 Propositions de MTD spécifiques à l'activité de stockage souterrain de déchets radioactifs dans le centre de stockage Cigéo 12

17.4 Analyse vis-à-vis des BREFs horizontaux 16
17.4.1 BREF EFS – Émissions dues au stockage des matières dangereuses ou stockages en vrac 16
17.4.2 BREF ICS – Systèmes de refroidissement industriel 17
17.4.3 BREF ENE – Efficacité énergétique 17
17.4.4 BREF ROM – Principes généraux de surveillance 19

17.5 Synthèse des meilleures techniques disponibles 19

18. Incidences du projet global Cigéo pendant la phase de démantèlement et de fermeture et incidences du stockage après fermeture définitive 23

18.1 Opérations de démantèlement et de fermeture 24
18.1.1 Description des principales opérations de démantèlement des installations de surface 24
18.1.2 Description des principales opérations de fermeture de l'installation souterraine 26
18.1.3 Échéancier envisagé 29
18.1.4 Incidences potentielles 30
18.1.5 Mesures d'évitement et de réduction 30
18.1.6 Incidences résiduelles 31
18.1.7 Synthèse des incidences et mesures des opérations de démantèlement et fermeture 32

18.2 Stockage après fermeture définitive 32
18.2.1 Incidences potentielles 33
18.2.2 Mesures d'évitement et de réduction 33
18.2.3 Incidences résiduelles 38
18.2.4 Modalités de surveillance 41
18.2.5 Synthèse des incidences et mesures du stockage après fermeture 43

19. Nature et modalités de suivi des mesures environnementales et de surveillance 45

19.1 Plan de surveillance de l'environnement 46
19.1.1 Centre de stockage Cigéo 46
19.1.2 Autres opérations du projet global Cigéo 53

19.2 Modalités de suivi des mesures environnementales 53
19.2.1 Modalités transverses de suivi des mesures 53
19.2.2 Focus sur les modalités de suivi des sites de compensation écologique 80

19.3 Moyens de secours et de gestion accidentelle spécifiques à l'INB Cigéo 80
19.3.1 Moyens humains et matériels 80
19.3.2 Plans d'urgence interne et situations accidentelles graves 80

19.4 Moyens de secours et de gestion accidentelle pendant les travaux (hors INB Cigéo) 81

19.5 Synthèse 82

20. Estimation des dépenses liées aux mesures prises pour l'environnement 83

20.1 Estimation des dépenses liées aux mesures d'évitement et de réduction du centre de stockage Cigéo 84
20.1.1 Dépenses liées aux mesures d'évitement stratégiques 84
20.1.2 Dépenses liées aux autres mesures d'évitement et aux mesures de réduction 84

20.2 Estimation des dépenses des mesures portées par les autres maîtres d'ouvrage 86

20.3 Estimation des dépenses liées aux mesures de compensation pour le projet global Cigéo 86
20.3.1 Compensation écologique 86
20.3.2 Compensation collective agricole 86
20.3.3 Compensation forestière 86

20.4 Estimation des dépenses de surveillance environnementale pour le projet global Cigéo 87

20.5 Synthèse des dépenses liées aux mesures pour l'environnement 87

21. Évolution de l'environnement en cas de mise en œuvre du projet et en son absence 89

21.1 Horizons de temps considérés 90

21.2 Évolution de l'environnement avec et sans projet aux horizons 2030 et 2050 90

21.3 Projections d'évolution démographique dans les aires d'étude du facteur population, emploi, activités économiques et habitat 96
21.3.1 Projections d'évolution démographique au sein de l'aire d'étude éloignée 96
21.3.2 Projections d'évolution démographique au sein de l'aire d'étude rapprochée 96

21.4 Évolution du climat à horizon 2100 97
21.4.1 Évolution du climat en l'absence du projet 97

21.4.2 Évolution du climat avec la mise en œuvre du projet 97
21.5 Évolution de l'environnement souterrain sur le long terme 97
21.5.1 Évolution de l'environnement souterrain en l'absence de mise en œuvre du projet 97
21.5.2 Évolution de l'environnement souterrain avec la mise en œuvre du projet 97
21.6 Synthèse évolution de l'environnement avec et sans le projet 98

22. Synthèse des incidences sur l'environnement 99

Tableau de traçabilité des principales évolutions de l'étude d'impact 113

Tables des illustrations 117

Références bibliographiques 119

Préambule

L'étude d'impact du projet global Cigéo est constituée de sept volumes pour l'étude elle-même et d'un résumé non technique de ces sept volumes.

	ÉTUDE D'IMPACT	
RNT	Résumé non technique de l'étude d'impact	
VOLUME I	Introduction et contexte réglementaire	
VOLUME II	Justification et description du projet global Cigéo	
VOLUME III	État actuel de l'environnement et facteurs susceptibles d'être affectés par le projet	
	Partie 1 : chapitres 1 à 4	1 - Méthodologie d'analyse de l'état initial/2 – Atmosphère/3 – Sol/4 - Sous-sol
	Partie 2 : chapitre 5	5 - Eaux
	Partie 3 : chapitre 6	6 - Biodiversité et milieu naturel (partie 1)
	Partie 4 : chapitre 6	6 - Biodiversité et milieu naturel (partie 2)
	Partie 5 : chapitres 7 à 13	7 - Population, emploi, activités économiques et habitat/8 - Activités agricoles et sylvicoles/ 9 - Réseaux/10 - Déchets radioactifs et conventionnels/11 – Risques/ 12 - Infrastructures de transport/13 - Cadre de vie
	Partie 6 : chapitres 14 à 17	14 - Paysage, patrimoine culturel, tourisme et activités de loisirs/15 - Planification territoriale et aménagement du territoire/16 - Interactions entre les différents milieux de l'environnement/ 17 - Synthèse des facteurs susceptibles d'être affectés par le projet global Cigéo et hiérarchisation des enjeux
	Partie 7	Annexes au volume III (en 3 parties)
VOLUME IV	**Évaluation des incidences et mesures d'évitement, de réduction et de compensation de ces incidences**	
	Partie 1 : chapitres 1 à 4	1 - Méthodologie d'analyse des incidences/2 – Atmosphère/3 – Sol/4 - Sous-sol
	Partie 2 : chapitre 5	5 – Eaux
	Partie 3 : chapitre 6	6 - Biodiversité et milieu naturel
	Partie 4 : chapitres 7 à 13	7 - Emploi, activités économiques, population et habitat/8 - Activités agricoles et sylvicoles/ 9 - Réseaux/10 - Déchets radioactifs et conventionnels/11 – Risques/12 - Infrastructures de transport/13 - Cadre de vie
	Partie 5 : chapitres 14 à 16	14 - Paysage, patrimoine culturel, tourisme et activités de loisirs/15 - Planification territoriale et aménagement du territoire (y compris urbanisme) - Compatibilité avec les documents de planification territoriale/16 - Interactions et effets cumulés
	Partie 6 : chapitres 17 à 22	**17 - Meilleures techniques disponibles/ 18 - Incidences des opérations de démantèlement et de fermeture et incidences après fermeture définitive/19 - Nature et modalités de suivi des mesures environnementales et de surveillance/20 - Estimation des dépenses liées aux mesures prises pour l'environnement/21 - Évolution de l'environnement en cas de mise en œuvre du projet et en son absence/22 - Synthèse des incidences du projet global Cigéo sur l'environnement**
	Partie 7	Annexes au volume IV
VOLUME V	Évaluation des incidences sur les sites Natura 2000	
VOLUME VI	Évaluation des incidences sur la santé humaine	
VOLUME VII	Partie 1	Présentation des méthodes de réalisation de l'étude d'impact (chapitres 1 à 6)
	Partie 2	Présentation des méthodes de réalisation de l'étude d'impact (chapitres 7 à 18)

Ce **volume IV** présente la description des incidences ou impacts que le projet global Cigéo est susceptible d'avoir sur l'homme et l'environnement ainsi que les mesures que les maîtres d'ouvrage se proposent de mettre en œuvre pour éviter ces impacts, réduire les impacts ne pouvant être évités et, lorsque c'est nécessaire et possible, compenser les impacts qui n'ont pu être ni évités ni suffisamment réduits.

Cette analyse des incidences du projet global Cigéo sur l'environnement est organisée selon le même modèle que celui du volume III relatif à l'état initial de l'environnement et présenté dans le tableau ci-contre.

Les chapitres 16 à 22 sont des chapitres transversaux complétant l'analyse par facteurs, effectuée dans les chapitres 2 à 15.

Le présent document constitue la partie 6 du volume IV de la présente étude d'impact.

ÉTUDE D'IMPACT ET PROJET GLOBAL CIGÉO

La version initiale de l'étude d'impact du projet global Cigéo (EI-DUP) a été jointe au dossier d'enquête publique préalable à la déclaration d'utilité publique du centre de stockage Cigéo, déclaration délivrée par le décret n° 2022-993 du 7 juillet 2022 (1) :

- une première actualisation (EI-DAC1) a été réalisée pour le dossier de demande d'autorisation de création (DAC) de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, déposé le 16 janvier 2023 et dont la recevabilité a été confirmée le 22 juin 2023 par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), engageant ainsi le démarrage de l'instruction du dossier ;
- une deuxième actualisation (EI-DR0) a été jointe au dossier de demande d'autorisation environnementale et aux dossiers de demande d'autorisation d'urbanisme (permis de construire, déclarations préalables), pour des demandes concernant les premières opérations de caractérisation et de surveillance environnementale - dénommées DR0. Ces demandes ont été déposées le 6 mars 2024 et les autorisations ont été délivrées les 11, 21 et 22 juillet 2025. Cette deuxième actualisation de l'étude d'impact est disponible sur le site de l'Andra[1].

L'étude d'impact (EI-DAC3) jointe à la version du dossier de demande d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo et en vue de l'enquête publique, prend donc en compte, outre les éléments figurant déjà dans l'actualisation réalisée en vue du dépôt du dossier de DAC :

- l'actualisation réalisée dans le cadre des demandes d'autorisation concernant les premières opérations de caractérisation et de surveillance environnementale - dénommées DR0 et intégrant notamment le meilleur état disponible de description des travaux objet de ces demandes. Leurs incidences sont intégrées au projet global Cigéo ;
- la mise à jour de l'EI-DAC2 réalisée en vue des consultations règlementaires, incluant la saisine de l'autorité environnementale (qui a rendu son avis le 18 décembre 2025) dans le cadre de l'instruction du dossier de demande d'autorisation de création (DAC) de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo. Cette mise à jour comprend les évolutions de connaissances sur certaines composantes du projet ou de l'environnement, les évolutions réglementaires, l'évolution de l'inventaire de réserve en cohérence avec les orientations alors disponibles pour la troisième PPE, ainsi que des éléments apportés en cours d'instruction technique (des précisions et des engagements avec échéance avant la fin de l'instruction technique) ;
- une mise à jour postérieure aux consultations réglementaires pour intégrer des précisions notamment relatives à la troisième Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE3) publiée en février 2026 ainsi qu'à l'édition 2026 des essentiels de l'inventaire national. Cette mise à jour n'a pas nécessité de reprise de

[1] https://www.andra.fr/cigeo/les-documents-de-reference (2).

l'étude d'impact en lien avec l'avis de l'Autorité environnementale. Le mémoire en réponse à cet avis ainsi que le suivi des engagements de l'Andra sont consultables dans la pièce 18 du présent dossier.

Les évolutions entre ces versions sont rendues visibles pour le lecteur et les services instructeurs afin qu'ils puissent avoir connaissance des modifications par rapport aux versions de l'étude d'impact instruites et portées à la connaissance du public. Dans le texte, une bordure verte met en exergue toutes les évolutions depuis l'étude d'impact initiale (EI-DUP) liées aux deux actualisations EI-DAC1 et EI-DR0 évoquées précédemment. Une bordure bleue met en exergue les mises à jour réalisées postérieurement au dépôt des dossiers du jalon DR0 en vue des consultations règlementaires de la procédure d'autorisation de création (EI-DAC2). Un surlignage gris met en exergue les évolutions depuis les consultations réglementaires, constituant la mise à jour EI-DAC3. Le détail de ces évolutions est présenté dans le chapitre 3 du volume I de la présente étude d'impact.

L'étude d'impact identifie et apprécie les incidences sur l'environnement du projet global Cigéo, qui comprend le centre de stockage Cigéo et l'ensemble des opérations (activités, installations, ouvrages, travaux et aménagements) nécessaires à sa réalisation et à son exploitation, dont l'installation nucléaire de base (INB). Ces opérations sont menées par l'Andra et par d'autres maîtres d'ouvrage.

En raison de la nature et de la dimension du centre de stockage Cigéo, ses incidences sur l'environnement constituent la part majeure des incidences du projet global Cigéo, même si les opérations des autres maîtres d'ouvrage sont également susceptibles d'avoir des incidences sur l'environnement.

À ce stade, les opérations des autres maîtres d'ouvrage liées au fonctionnement du centre de stockage Cigéo ne sont pas aux mêmes stades d'avancement de leur conception et de leurs processus de concertation et de validation. L'analyse de leurs incidences est donc proportionnée à leur stade d'avancement respectif.

La présente étude d'impact sera ultérieurement réactualisée dans l'hypothèse où tout ou partie des incidences du projet sur l'environnement n'auraient pu être complètement identifiées ou appréciées avant l'octroi d'une autre autorisation requise dans le cadre du projet global Cigéo, conformément à l'article L. 122-1-1 du code de l'environnement.

Ce processus de réactualisation prévu par la loi permet de garantir la qualité de l'évaluation des incidences environnementales des projets complexes tels que le projet global Cigéo, en lien avec les précisions apportées à sa conception et sa réalisation.

17

Meilleures techniques disponibles

17.1 Préambule 8
17.2 Analyse vis-à-vis des conclusions sur les MTD et des BREFs sectoriels 9
17.3 Propositions de MTD spécifiques à l'activité de stockage souterrain de déchets radioactifs dans le centre de stockage Cigéo 12
17.4 Analyse vis-à-vis des BREFs horizontaux 16
17.5 Synthèse des meilleures techniques disponibles 19

17.1 Préambule

17.1.1 Définition

MEILLEURES TECHNIQUES DISPONIBLES (MTD)

Les meilleures techniques disponibles se définissent comme le stade de développement le plus efficace et avancé des activités et de leurs modes d'exploitation, démontrant l'aptitude pratique de techniques particulières à constituer, en principe, la base des valeurs limites d'émission visant à éviter et, lorsque cela s'avère impossible, à réduire de manière générale les émissions et l'impact sur l'environnement dans son ensemble :

- « techniques » concerne aussi bien les techniques employées que la manière dont l'installation est conçue, construite, entretenue, exploitée et mise à l'arrêt ;
- « disponibles » se rapporte aux techniques mises au point sur une échelle permettant de les appliquer dans le contexte du secteur industriel ou agricole concerné, dans des conditions économiquement et techniquement viables, en prenant en considération les coûts et les avantages, que ces techniques soient utilisées ou produites ou non sur le territoire, pour autant que l'exploitant concerné puisse y avoir accès dans des conditions raisonnables ;
- « meilleures » fait référence aux techniques les plus efficaces pour atteindre un niveau général élevé de protection de l'environnement dans son ensemble.

Cette définition est issue de l'article 3 de la directive 2010/75/UE2010 du Parlement européen et du Conseil du 24 novembre relative aux émissions industrielles, dite directive IED (et dénommée de cette manière dans la suite de ce document) (3). Cette directive a pour objectif la prévention et la réduction des émissions dans l'air, l'eau et le sol de certaines activités industrielles qu'elle énumère au sein de son annexe I.

17.1.2 Contexte règlementaire

Le contenu de l'étude d'impact des projets de travaux, d'ouvrages et d'aménagements est fixé par l'article R. 122-5 du code de l'environnement.

Pour les installations nucléaires de base (INB), l'étude d'impact est complétée conformément aux dispositions de l'article R. 593-17 du code de l'environnement, notamment elle doit justifier de l'utilisation des meilleures techniques disponibles.

Lorsque l'INB accueille au moins l'une des activités énumérées à l'annexe I directive IED (3), l'étude d'impact comporte également les informations prévues par l'article R. 593-94 du code de l'environnement.

Ainsi, l'étude d'impact d'une INB soumise à la directive IED doit présenter une comparaison du fonctionnement de ses activités, par ailleurs mentionnées à l'annexe I de la directive IED, avec les meilleures techniques disponibles et décrire les mesures prévues pour les atteindre.

17.1.3 Activités prises en compte pour l'analyse

Sur la base des éléments de contexte réglementaire présentés succinctement ci-avant et en détail dans le chapitre 17 du volume VII de la présente étude d'impact, à ce stade d'avancement des études et des procédures associées à la réalisation du projet global Cigéo, **la comparaison aux meilleures techniques disponibles est faite pour :**

- **l'INB et les équipements, installations, ouvrages, travaux ou activités qui sont nécessaires à son fonctionnement,** à savoir :
  - ✓ en zone d'implantation des ouvrages souterrains :
    - l'installation de stockage de déchets radioactifs en couche géologique profonde ;
    - les zones de soutien logistique associées.
  - ✓ en zone descenderie :
    - les installations et ouvrages nucléaires de surface de l'INB (terminal ferroviaire nucléaire, installations nucléaires de surface dites EP1, EP2, ETH et tête de descenderie colis) ;
    - la tête de descenderie de service, installation de soutien au fonctionnement de l'INB.
  - ✓ en zone puits :
    - les installations de soutien aux activités de creusement de l'installation souterraine (puits travaux) ;
    - les installations de soutien au dépôt des déblais d'excavation du Callovo-Oxfordien en zone puits travaux et verses (installations de transfert, de stockage et, le cas échéant, de traitement des déblais) ;
    - les installations de soutien au fonctionnement de l'INB (puits exploitation).
- **et les installations ou équipements s'y rapportant directement, exploités sur le même site** (à savoir le centre de stockage Cigéo, incluant l'INB), **liés techniquement** (à l'INB et aux équipements, installations, ouvrages, travaux ou activités qui sont nécessaires à son fonctionnement) **et susceptibles d'avoir des incidences sur les émissions et la pollution de ces dernières**, à savoir :
  - ✓ les installations de gestion des déchets induits ;
  - ✓ les installations de gestion des effluents aqueux ;
  - ✓ les installations de production et de transfert du fluide « eau chaude » utilisés pour le chauffage de l'air frais introduit dans les zones souterraines ;
  - ✓ les installations de production et de transfert du fluide « eau glacée » utilisés pour le refroidissement de l'air vicié extrait des zones souterraines.

L'ensemble de ces équipements, installations, ouvrages, travaux ou activités sera dénommé pour la suite de la présente analyse « l'installation ».

Les analyses pour les autres opérations du projet seront faites, si requises, dans le cadre des procédures les concernant ; elles seront alors présentées dans une version actualisée de l'étude d'impact.

17.1.4 Catégories d'activités de l'annexe I de la directive IED visées

La justification du choix des catégories d'activités de l'annexe I de la directive IED (3) retenue pour les activités prises en compte pour l'analyse de la mise en œuvre des MTD est précisée dans le chapitre 17 du volume VII de la présente étude d'impact.

Deux catégories d'activités mentionnées à l'annexe I de la directive IED sont retenues et visées par la demande d'autorisation de création de l'INB Cigéo :

- **« 5.6. Stockage souterrain de déchets dangereux, avec une capacité totale supérieure à 50 tonnes »,** correspondant à l'activité exercée dans l'installation de stockage de déchets radioactifs en couche géologique profonde (la ZIOS du centre de stockage Cigéo) ⇨ **il s'agit de l'activité principale retenue au titre de la directive IED** ;
- **« 5.5. Stockage temporaire de déchets dangereux ne relevant pas du point 5.4, dans l'attente d'une des activités énumérées aux points 5.1, 5.2, 5.4 et 5.6 avec une capacité totale supérieure à 50 tonnes, à l'exclusion du stockage temporaire sur le site où les déchets sont produits, dans l'attente de la collecte »**, correspondant à l'activité exercée dans les bâtiments nucléaires EP1 et EP2.

17.1.5 Documents de référence sur les MTD retenus pour l'analyse

La justification du choix des documents de référence retenus pour l'analyse de la mise en œuvre des MTD est précisée dans le chapitre 17 du volume VII de la présente étude d'impact.

Selon l'article R. 593-94 du code de l'environnement, l'étude d'impact doit décrire les mesures prévues pour l'application des MTD, ainsi qu'une comparaison du fonctionnement des activités de l'installation figurant à l'annexe I de la directive IED à certains documents de référence. Ces documents de référence sont :

- d'une part, les « conclusions sur les meilleures techniques disponibles », adoptées par la Commission européenne en application de la directive IED, document de référence pour l'élaboration des prescriptions applicables aux grandes installations agro-industrielles couvertes par l'annexe I de ladite directive ;
- d'autre part, les « BREFs » (*Best available REFerence*), documents de référence établis par la Commission européenne avant le 6 janvier 2011, étant entendu qu'en l'absence de « conclusions sur les meilleures techniques disponibles », ces « BREFs » valent conclusions sur les MTD pour les activités énumérées à l'annexe I de la directive IED.

Pour la présente analyse, **les documents de référence sur les MTD retenus sont les suivants** :

- **« conclusions sur les meilleures techniques disponibles pour le traitement des déchets »** au titre de la directive 2010/75/UE du Parlement européen et du Conseil (3), adoptées par décision d'exécution (UE) 2018/1147 de la commission du 10 août 2018 (4, 5) (document de référence sectoriel – cf. Définition dans le chapitre 17 du volume VII de la présente étude d'impact) ;
- BREFs « EFS – Émissions dues au stockage » (6), « ENE – Efficacité énergétique » (7), « ICS – Systèmes de refroidissement industriel » (8) et « BREF ROM – Principes généraux de surveillance des émissions dans l'air et dans l'eau des installations relevant de la directive sur les émissions industrielles » (9) (documents de référence horizontaux – cf. Définition dans le chapitre 17 du volume VII de la présente étude d'impact).

Les MTD mentionnées dans les documents ci-dessus sont transposables aux activités : de réception des colis de déchets expédiés par les producteurs, de contrôle et de préparation pour le stockage et de transfert vers l'installation souterraine où ils sont positionnés dans des alvéoles de stockage en fonction de leur nature et de leur activité, de stockage de déchets.

Par ailleurs le **BREF « MWEI – Gestion des résidus d'industries extractives »** adopté au titre de la directive 2006/21/CE du 15 mars 2006 (10) concernant la gestion des déchets de l'industrie extractive et modifiant la directive 2004/35/CE est également retenu pour l'activité potentielle de valorisation des verses.

L'analyse vis-à-vis des conclusions sur les MTD et des BREFS sectoriels est présentée au chapitre 17.2 du présent volume.

L'analyse vis-à-vis des BREFs horizontaux est présentée au chapitre 17.4 du présent volume.

17.1.6 Propositions de MTD spécifiques à l'activité de stockage souterrain de déchets radioactifs dans le centre de stockage Cigéo

Conformément à l'article R. 593-94 du code de l'environnement, l'analyse est complétée par une proposition de meilleures techniques disponibles pour l'activité de stockage de déchets radioactifs en couche géologique profonde.

Pour mémoire, l'article R. 593-94 est rappelé ci-après :

« lorsque l'activité ou le type de procédé de production utilisé n'est couvert par aucune des conclusions sur les meilleures techniques disponibles ou si ces conclusions ne prennent pas en considération toutes les incidences possibles de l'activité ou du type de procédé utilisé sur l'environnement, cette description est complétée par une proposition de meilleure technique disponible et par une justification de cette proposition en accordant une attention particulière aux critères énumérés à l'annexe III de la même directive. »

La proposition de MTD spécifiques à l'activité de stockage souterrain de déchets radioactifs dans le centre de stockage Cigéo est présentée au chapitre 17.3 du présent volume.

17.1.7 Justification de l'utilisation des MTD

La prise en compte des meilleures techniques disponibles est appliquée :

- lors des choix de conception du projet (cf. Volume II de la présente étude d'impact) ;
- lors du choix des mesures d'évitement et de réduction (mesures présentées dans les autres chapitres thématiques du volume IV de la présente étude d'impact).

Le présent chapitre vise à justifier de l'utilisation des MTD, sur la base de ces choix, pour l'installation telle que définie au chapitre 17.1.3 du présent volume (à savoir installation = INB + équipements, installations, ouvrages, travaux ou activités qui sont nécessaires à son fonctionnement + installations ou équipements s'y rapportant directement, exploités sur le centre de stockage Cigéo, liés techniquement et susceptibles d'avoir des incidences sur les émissions et la pollution).

Pour ce faire une présentation des documents de référence ainsi qu'une comparaison des choix de conception/mesures faits dans le cadre du projet avec les MTD listées dans ces documents sont présentées dans les chapitres qui suivent.

Pour chaque document de référence analysé, les mesures prévues dans le cadre du projet pour répondre aux MTD retenues sont précisées et un renvoi est fait vers le chapitre thématique au sein duquel la mesure concernée est présentée en détail. Les mesures indiquées ci-après sont toutes mentionnées dans le volume II (choix de conception) ou les chapitres thématiques du volume IV (mesures ERC) de la présente étude d'impact.

17.2 Analyse vis-à-vis des conclusions sur les MTD et des BREFs sectoriels

17.2.1 Conclusions sur les MTD pour le traitement des déchets

Les conclusions sur les meilleures techniques disponibles pour le traitement des déchets (dites conclusions WT) ont été adoptées par décision d'exécution (UE) 2018/1147 de la commission du 10 août 2018 (4, 5), au titre de la directive 2010/75/UE du Parlement européen et du Conseil du 24 novembre 2010 relative aux émissions industrielles (dite directive IED) (3).

Il s'agit d'un document de référence sur les MTD dit sectoriel qui liste, après une présentation de son champ d'application, les meilleures techniques disponibles retenues par la commission pour les activités de traitement des déchets.

Il présente notamment les **MTD dites générales** relatives :

- à la performance environnementale qui permet d'une part, de faciliter la réduction des émissions dans l'eau et dans l'air, et d'autre part, de réduire le risque environnemental associé à la manutention, au transfert et au stockage des déchets ;
- à l'utilisation rationnelle des matières premières, eau, énergie et à leur surveillance ainsi qu'à l'efficacité énergétique de manière plus générale ;
- à l'évitement, ou, si cela n'est pas possible, à la réduction des émissions dans l'air et dans l'eau, ainsi qu'à leur surveillance (choix des équipements, réduction du nombre de sources d'émission, collecte et traitement des émissions, inventaire des émissions, moyens et fréquences de surveillance) ;
- à l'évitement, ou, si cela n'est pas possible, à la réduction des émissions sonores et vibratoires (implantation des équipements et bâtiments, choix des équipements, mesures opérationnelles de limitation des émissions, mesures d'atténuation/de protection contre les émissions) ;

- à l'évitement, ou, si cela n'est pas possible, à la réduction des conséquences environnementales des accidents et incidents (mesures de prévention/protection gestion des émissions accidentelles/fortuites, système d'évaluation et d'enregistrement des incidents/accidents).

Ce document présente également les **MTD dites spécifiques** relatives à certains traitements particuliers des déchets tels que le traitement mécanique, le traitement biologique, le traitement physico-chimique ou encore les MTD spécifiques au traitement des déchets liquides aqueux, en complément des MTD génériques préalablement présentées. **Néanmoins, aucun de ces traitements n'étant mis en œuvre sur le centre de stockage Cigéo, aucune des MTD spécifiques retenues et présentées dans ces conclusions sur les MTD pour le traitement des déchets n'est applicable à l'installation telle que définie au chapitre 17.1.1 du présent volume.**

Notons que la décision d'exécution (UE) 2018/1147 de la commission du 10 août 2018 susmentionnée précise que les techniques énumérées et décrites dans les conclusions sur les meilleures techniques disponibles pour le traitement des déchets (WT) ne sont ni obligatoires ni exhaustives et que d'autres techniques garantissant un niveau de protection de l'environnement au moins équivalent peuvent être utilisées.

Les activités IED menées sur le périmètre INB ainsi que les activités techniquement liées identifiées (cf. Chapitre 17.1.1 du présent volume) répondent aux attentes des conclusions sur les MTD WT considérant les éléments présentés ci-après.

L'analyse détaillée du positionnement de l'installation (telle que définie au chapitre 17.1.1 du présent volume), vis-à-vis des conclusions générales sur les MTD pour le traitement des déchets, est présentée en annexe 2 du volume IV de la présente étude d'impact.

Afin d'améliorer les performances environnementales globales de l'installation IED et de faciliter la réduction des émissions dans l'eau et dans l'air :

- un système de management environnemental intégré dit SMI (ISO 9001 (11), ISO 14001 (12), ISO 45001 (13), Guide n° 30 de l'ASN (14)) est mis en œuvre et permet une amélioration continue de la prise en compte de la préservation de l'environnement. Il couvre le périmètre du centre de stockage Cigéo et par conséquent celui de l'installation IED telle que définie au chapitre 17.1.1 du présent volume ;
- dans le cadre du SMI sont établies et mises en œuvre des procédures de caractérisation et d'acceptation préalable ainsi que des procédures d'acceptation des déchets radioactifs reçus. De plus un système de suivi et d'inventaire des déchets reçus et stockés au sein de l'INB est mis en place ;
- dans le cadre du SMI, un inventaire des flux d'effluents aqueux et gazeux générés est mis en place et régulièrement mis à jour. Par ailleurs dans le cadre du décret d'autorisation de création de l'INB, un arrêté de rejet est établi précisant les rejets à contrôler et comptabiliser. Les prescriptions de cet arrêté sont intégrées au plan de surveillance environnemental faisant partie du SMI.

Afin de réduire les nuisances et le risque environnemental associés à la manutention, au transfert et au stockage des déchets :

- le centre de stockage Cigéo est implanté au maximum hors des zones à enjeux, notamment des zones présentant un caractère exceptionnel en termes de ressources souterraines. La zone puits et la liaison intersites sont éloignées des zones urbanisées ;
- l'organisation de l'INB a été optimisée de manière à limiter la manutention inutile des déchets HA et MA-VL. Notamment sont regroupés au niveau de la zone d'exploitation de la zone descenderie, les installations permettant d'assurer l'ensemble des opérations nécessaires à la prise en charge des colis de déchets HA et MA-VL, depuis leur réception, jusqu'à leur transfert vers les infrastructures souterraines de stockage, dont le terminal ferroviaire nucléaire (accueil des colis) et les bâtiments nucléaires (réception, contrôle et préparation des colis avant leur descente dans les ouvrages souterrains *via* la tête de descenderie colis) ;
- le transit des déchets HA et MA-VL se fait dans un bâtiment fermé et climatisé, à l'abri des intempéries et des élévations importantes de températures. Le temps de séjour des déchets HA et MA-VL dans la zone tampon (EP1) est limité et précisé dans une procédure. La descente des colis vers les ouvrages souterrains de stockage et les opérations de manutention en vue du stockage sont automatisées. Dans le cadre du SMI, précédemment mentionné, des procédures de manutention et de transfert des déchets sont établies et mises en œuvre ;
- un suivi de l'inventaire stocké est réalisé en continu (pour mémoire : basée sur l'inventaire de référence des déchets HA et MA-VL). Pour ce faire, un suivi de la capacité de stockage atteinte est mis en place.

En ce qui concerne l'utilisation rationnelle et la surveillance des consommations d'eau et d'énergie, ainsi que l'efficacité énergétique :

- les fréquences de suivi des consommations sont définies dans le cadre du SMI, en accord avec les textes réglementaires applicables, l'administration et les arrêtés obtenus. Des propositions sont présentées dans la présente étude d'impact ; elles sont au minimum annuelles ;
- la conception du centre de stockage Cigéo vise à préserver les ressources locales utilisées pour l'alimentation en eau potable. Elle privilégie le recyclage des eaux produites par les activités du centre de stockage Cigéo, en vue de leur utilisation pour ses propres activités. Afin de permettre le recyclage et la réutilisation des eaux usées et de fond, sur chaque installation de surface (zone puits, zone descenderie) sont implantés une station d'épuration des eaux usées et industrielles et un dispositif de traitement des eaux de fond. Par ailleurs, l'entretien et la maintenance des réseaux et équipements sont réguliers. La surveillance des réseaux (eau glacée, eau chaude, eau incendie, eau potable) est réalisée par suivi de pression ou débit. Enfin, les réseaux sont conçus pour pouvoir être isolés par partie en cas de besoin, permettant une limitation quantitative d'une fuite, le cas échéant ;
- l'efficacité énergétique est appréciée périodiquement dans les évaluations environnementales conduites dans le cadre de la certification ISO et des objectifs d'amélioration pourront être définis dans le plan de management de l'environnement du SMI. Les consommations énergétiques font l'objet d'un suivi *via* des compteurs répartis sur le centre de stockage Cigéo et des actions d'optimisation pourront être conduites durant toute la vie de l'installation en prenant en compte les évolutions technologiques. Un audit énergétique est réalisé périodiquement.

En ce qui concerne les émissions dans l'air et dans l'eau, ainsi que leur surveillance :

- les principaux paramètres de procédés surveillés, les points clefs à contrôler ainsi que les fréquences de suivi retenues sont définis dans le cadre du SMI, en accord avec l'administration et les arrêtés obtenus. Pour les installations entrant dans le périmètre INB, ils sont conformes aux attentes de la règlementation applicable aux INB. Des propositions sont présentées dans la présente étude d'impact ; elles seront si nécessaires affinées en cours de procédure. Pour les émissaires qui font l'objet d'un suivi, les mesures sont réalisées en tenant compte des normes en vigueur, par des sociétés spécialisées, si besoins accrédités ;
- pour la gestion des effluents aqueux, le principe des réseaux séparatifs est appliqué. Aucun rejet d'effluent liquide non conventionnel n'est réalisé dans le milieu naturel local. Des dispositifs de gestion et de traitement sont mis en place afin que les rejets d'eaux pluviales et d'effluents liquides conventionnels respectent les normes en vigueur pour le rejet en milieu naturel local ; ces rejets sont contrôlés ;
- afin de limiter les incidences des effluents atmosphériques, les choix de conception tiennent compte des substances présentes dans les bâtiments et ouvrages, notamment :
  - ✓ des mesures visant à limiter les émissions radioactives sont prévues :
    - transport des colis de déchets radioactifs dans des emballages respectant des critères de protection fixés par la réglementation du transport de matières dangereuses ;
    - confinement de la radioactivité dans les colis réceptionnés et conditionnement définitif des déchets radioactifs selon les spécifications d'acceptation fixées par l'Andra ;
    - manutention des colis de déchets radioactifs au sein de l'installation nucléaire équipée de systèmes de ventilation dédiés, avec filtres à très haute efficacité et émissaires de rejets canalisés en hauteur ;
    - suivi en continu des dispositifs de filtration sur la ventilation nucléaire, *via* des détections de fuite au niveau des émissaires.
  - ✓ des mesures visant à limiter les émissions de poussières sont prévues :
    - dépôt des verses dans une zone dédiée éloignée des zones urbanisées (en zone puits) ;
    - adaptation des équipements et engins pour limiter, au maximum, les émissions ;
    - selon les conditions météorologiques, brumisation des verses en attente de couverture en zone puits ;
    - utilisation d'une bande transporteuse semi-enterrée et capotée entre les zones descenderie et puits, pour le transport des déblais du Callovo-Oxfordien ;
    - opérations de traitement des déblais du Callovo-Oxfordien, lors de la reprise des verses en vue de la fermeture des installations, à l'intérieur d'un bâtiment fermé.

En ce qui concerne les émissions sonores et vibratoires :

- lors des études de conception, le choix a été fait d'éloigner le plus possible le centre de stockage Cigéo des zones urbanisées ;
- des mesures sont prévues pour limiter les émissions liées aux chantiers et leurs incidences :
  - ✓ interruption des travaux susceptibles de causer une gêne pour le voisinage entre 22 h et 7 h ;
  - ✓ préférence donnée à l'utilisation d'engins de chantier les moins bruyants ;
  - ✓ remplacement des avertisseurs standards de recul des camions et des engins par des avertisseurs de type « cri du Lynx » et par l'aménagement de système vidéo de recul ;
  - ✓ après la mise en service de l'ITE et de la ligne ferroviaire 027000, apport de matériaux de construction et évacuation des déchets induits préférentiellement par train (afin de réduire le nombre de camion en circulation) ;
  - ✓ pour le transit des matériaux, mise en œuvre d'un système par bandes capotées ou semi-enterrées depuis le terminal fret de la zone descenderie.
- des mesures permettent de limiter les émissions liées au fonctionnement du centre de stockage et leurs incidences :
  - ✓ opérations de contrôle, de manutention et de stockage des colis de déchets radioactifs à l'intérieur d'un bâtiment fermé ou en zone souterraine ;
  - ✓ préférence donnée à la mise en œuvre d'équipements peu bruyants et présence de silencieux sur les extractions des usines de ventilation ;
  - ✓ utilisation d'une bande transporteuse semi-enterrée et capotée entre les zones descenderie et puits, pour le transport des déblais du Callovo-Oxfordien ;
  - ✓ opérations de traitement des déblais du Callovo-Oxfordien, lors de la reprise des verses en vue de la fermeture des installations, à l'intérieur d'un bâtiment fermé ;
  - ✓ merlons et murs anti-bruit mis en place ou construits afin d'atténuer les émissions vers les zones sensibles.

En ce qui concerne les conséquences environnementales des accidents et incidents :

- un périmètre de protection est défini ;
- les colis de déchets radioactifs sont manutentionnés au sein de l'installation nucléaire, pour laquelle les sols des zones présentant un risque de contamination sont imperméabilisés ;
- les effluents liquides non conventionnels sont stockés dans les cuves effluentes ou directement dans les zones sinistrées, en cas d'incendie ou de pollution (locaux des zones à production possible de déchets nucléaire en rétention *via* des seuils) ;
- pour les cuves de stockage des effluents liquides non conventionnels (effluents collectés et évacués en tant que déchets), les éléments de conception suivants sont prévus :
  - ✓ les cuves sont équipées de niveaux haut et très haut, bas et très bas ;
  - ✓ les cuves sont installées sur rétention avec un niveau de détection de fuite ;
  - ✓ il y a redondance des cuves et transvasement possible en cas d'indisponibilité de l'une des cuves.
- les ouvrages de gestion des eaux pluviales et des effluents conventionnels sont conçus et dimensionnés pour pouvoir collecter une pollution en cas d'écoulement sur le centre de stockage, notamment au niveau des voiries ou les eaux d'extinction incendie en cas de sinistre. En complément, les eaux pluviales du terminal ferroviaire nucléaire sont collectées et dirigées vers deux bassins de confinement pour contrôle radiologique ;
- les situations accidentelles ainsi que les moyens de limitations de leurs conséquences (en particulier de lutte contre l'incendie) sont présentées dans l'étude de maîtrise des risques constituant la pièce 8 de la demande d'autorisation de création de l'INB. Un plan d'urgence interne, précisant l'organisation, ainsi que les moyens matériels et humains pour la gestion de situations accidentelles est établi avant la mise en fonctionnement des installations. Des procédures sont mises en œuvre pour détecter les incidents et accidents, réagir et en tirer les enseignements ; elles sont incluses dans le SMI.

Les conclusions spécifiques sur les MTD pour le traitement des déchets concernent :

- le traitement mécanique des déchets (conclusions générales, traitement des déchets métalliques, traitement des DEEE, traitement des déchets à valeur calorifique) ;
- le traitement biologique des déchets (conclusions générales, les traitements aérobie ou anaérobie des déchets, traitement mécano biologique des déchets) ;
- le traitement physico-chimique des déchets (déchets solides et pâteux, huiles usagées, déchets à valeur calorifique, solvants usagés, charbon actif usé, déchets de catalyseurs, terres excavées polluées, équipements contenant des PCB) ;
- le traitement des déchets liquides aqueux.

Aucun de ces traitements spécifiques n'étant mis en œuvre sur le site, aucune analyse détaillée vis-à-vis de ces traitements n'est réalisée.

17.2.2 BREF sur la gestion des résidus d'industries extractives

17.2.2.1 Présentation du BREF

Le document de référence des meilleures techniques disponibles pour la gestion des déchets des industries extractives (BREF MWEI) a été adopté au titre de la directive 2006/21/CE du 15 mars 2006 concernant la gestion des déchets de l'industrie extractive et modifiant la directive 2004/35/CE (10).

Le document de référence des meilleures techniques disponibles pour la gestion des déchets des industries extractives (BREF MWEI) (15) est un document technique représentant les résultats du dernier échange d'informations, organisé par la Commission, sur les meilleures techniques disponibles pour la gestion des déchets d'extraction et le suivi associé, sur la base des développements dans le secteur de la gestion des déchets d'extraction depuis l'élaboration du premier document de référence des meilleures techniques disponibles pour la gestion des résidus et des stériles dans les activités minières (BREF MTWR). Ce chapitre contient les conclusions sur les MTD dérivées de cet échange d'informations, consistant en une description concise des techniques considérées comme des MTD.

Le rôle et l'utilisation appropriée des MTD sont expliqués dans la directive sur les déchets d'extraction :

- les États membres veillent à ce que les opérateurs responsables de la gestion des déchets d'extraction prennent toutes les mesures nécessaires pour prévenir ou réduire autant que possible les effets néfastes sur l'environnement et la santé humaine résultant de la gestion des déchets d'extraction. Ces mesures sont fondées, entre autres, sur les meilleures techniques disponibles sans prescrire l'utilisation d'aucune technique ou technologie spécifique, mais en tenant compte des caractéristiques techniques de l'installation de déchets, de sa situation géographique et des conditions environnementales locales ;
- les États membres prennent les mesures nécessaires pour garantir que les autorités compétentes réexaminent périodiquement et, si nécessaire, mettent à jour les conditions d'autorisation à la lumière de l'échange d'informations sur les changements substantiels des meilleures techniques disponibles.

Ce document vise à fournir des informations techniques relatives aux MTD se référant à un large éventail de matériaux et de procédés. La référence aux déchets d'extraction dans ce document n'implique pas une interprétation juridique du statut de ce matériau en tant que déchet d'extraction ou non déchet d'extraction.

Compte tenu des conditions spécifiques au site des activités de gestion des déchets d'extraction, les conclusions sont présentées sur deux groupes distincts de MTD :

- MTD génériques, qui sont généralement applicables, sauf indication contraire ;
- MTD spécifiques aux risques, qui sont applicables aux sites où des risques spécifiques d'effets négatifs sur l'environnement ou la santé humaine sont identifiés par une évaluation appropriée des risques et de l'impact sur l'environnement.

Les **MTD génériques** se concentrent sur :

- la gestion d'entreprise ;
- la gestion de l'information et des données (y compris les informations spécifiques au site et l'évaluation des risques et impacts environnementaux) ;
- la hiérarchie des déchets.

Les **MTD spécifiques** aux risques comprennent les MTD identifiées pour prévenir ou réduire autant que possible les risques spécifiques qui sont identifiés par une évaluation appropriée des risques et de l'impact sur l'environnement, en tenant compte des informations pertinentes spécifiques au site :

- les MTD sur la sécurité sont pertinentes pour les sites où un risque d'accident majeur et/ou de lixiviation/rejet est identifié. Celles-ci comprennent les MTD liées à :
  - ✓ la stabilité structurelle de la zone de dépôt des déchets d'extraction ;
  - ✓ la stabilité physique et chimique des déchets d'extraction.
- les MTD sur la prévention ou la minimisation de la détérioration de l'état de l'eau et de la pollution de l'air et du sol sont pertinentes pour les sites où un risque de pollution de l'eau, de l'air et/ou du sol est identifié. Celles-ci comprennent les MTD liées à la :
  - ✓ prévention ou minimisation de la détérioration de l'état des eaux souterraines et de la pollution des sols ;
  - ✓ prévention ou minimisation de la détérioration de l'état des eaux de surface ;
  - ✓ prévention ou minimisation de la pollution de l'air.
- d'autres MTD spécifiques aux risques sont pertinentes pour les sites où d'autres risques pour l'environnement ou la santé humaine sont identifiés. Celles-ci comprennent les MTD liées à la :
  - ✓ prévention ou minimisation des émissions sonores dues à la gestion des déchets d'extraction ;
  - ✓ prévention ou minimisation des nuisances olfactives liées à la gestion des déchets d'extraction ;
  - ✓ prévention ou minimisation des impacts visuels et d'empreinte de la gestion des déchets d'extraction ;
  - ✓ gestion des déchets d'extraction contenant des matières radioactives naturelles (MRN).

Les processus et activités suivants sont couverts par les conclusions sur les MTD :

- la gestion des déchets d'extraction des activités d'extraction à terre ;
- la manipulation/le transport des déchets d'extraction (par exemple le chargement, le déchargement et le transport sur site) ;
- le traitement des déchets d'extraction :
  - ✓ traitement physique et mécanique (par exemple, tri, mélange, déshydratation, épaississement) ;
  - ✓ traitement chimique (ex : désulfuration, détoxification du cyanure) ;
  - ✓ traitement biologique (par exemple, réduction biologique des sulfures).
- le dépôt de déchets d'extraction :
  - ✓ dépôt temporaire ;
  - ✓ dépôt permanent.
- les activités directement associées à la gestion des déchets d'extraction :
  - ✓ traitement des eaux Influencées par les déchets extractifs (EWIW) ;
  - ✓ préparer les déchets d'extraction à remettre dans les vides d'excavation.

17.2.2.2 Mesures permettant de répondre au BREF

Dans l'éventualité où la valorisation des verses mortes aboutirait, le projet tiendra compte, autant que faire ce peu, des MTD présentées dans ce document. L'évaluation des dispositions retenues dans le cadre du projet sera alors présentée dans une actualisation ultérieure de l'étude d'impact du projet.

17.3 Propositions de MTD spécifiques à l'activité de stockage souterrain de déchets radioactifs dans le centre de stockage Cigéo

Le tableau ci-après est une proposition de MTD spécifiques à l'activité de stockage de déchets radioactifs dans le centre de stockage Cigéo au regard notamment, des techniques de stockage à long terme dans la couche géologique profonde argileuse du Callovo-Oxfordien, qui ne sont pas couvertes par les conclusions sur les MTD relatives à l'activité de traitement de déchets analysées dans les chapitres précédents.

Une attention particulière a été accordée aux douze critères de l'annexe III de la directive IED, comme requis réglementairement par l'article R 593-94 du code de l'environnement (cf. Chapitre 17 du volume VII de la présente étude d'impact). Les principaux critères en lien avec chaque proposition de MTD figurent dans la troisième colonne.

Cette proposition se base notamment sur les exigences du guide de l'ASN n° 1 publié le 8 février 2008 (16).

Tableau 17-1 Proposition de MTD spécifiques à l'activité de stockage souterrain de déchets radioactifs

Propositions de MTD spécifiques à l'activité de stockage souterrain de déchets radioactifs	Mesures permettant de répondre à la MTD	Principaux critères de l'annexe III de la directive IED
MTD 1 : Afin de mettre en sûreté les déchets radioactifs HA et MA-VL à long terme, la MTD consiste à choisir une roche hôte présentant des caractéristiques favorables à la limitation du transfert des radionucléides et substances toxiques chimiques vers la biosphère dans le temps (faible perméabilité, rétention élevée, transfert par diffusion lent et forte épaisseur)	La roche hôte du Callovo-Oxfordien présente des caractéristiques favorables à la limitation du transfert des radionucléides et substances toxiques chimiques depuis le stockage vers les formations géologiques encaissantes, puis la biosphère (cf. Chapitre 2.4.1.2 du volume II et chapitre 4 du volume III de la présente étude d'impact).	10. Nécessité de prévenir ou de réduire à un minimum l'impact global des émissions sur l'environnement et des risques qui en résultent pour ce dernier
MTD 2 : Afin de limiter les incidences sur l'homme et l'environnement sur le long terme, la MTD consiste à : • développer et mettre en œuvre une démarche de conception d'un stockage de déchets HA et MA-VL permettant d'atteindre l'objectif de protection de la santé des personnes et de l'environnement sans intervention humaine (sûreté passive) en : ✓ isolant les déchets des activités humaines banales et des phénomènes de surface ; ✓ limitant la migration des radionucléides et des substances toxiques chimiques vers la biosphère. • développer un concept de stockage intégrant plusieurs lignes de défense successives entre les déchets et l'environnement, ne nécessitant pas d'intervention humaine (sûreté passive) et permettant de répondre à l'objectif de protection.	Mise en œuvre de la démarche progressive et itérative « Éviter Réduire » (cf. Chapitre 18.6 du volume IV de la présente étude d'impact). Connaissance de l'inventaire en radionucléides et substances toxiques chimiques des déchets HA et MA-VL à stocker et de leur mode de conditionnement et/ou leur typologie. Par exemple déchets HA vitrifiés, déchets MA-VL métalliques (cf. Chapitre 1.3.4 du volume II de la présente étude d'impact). Acquisition des connaissances sur le milieu géologique (en particulier la couche du Callovo-Oxfordien) et l'environnement de surface du secteur d'implantation du centre de stockage (ZT, ZIRA et ZIOS) (cf. Chapitre 2.4.1.2 du volume II et chapitre 4 du volume III de la présente étude d'impact). Définition d'une architecture souterraine et de dispositions de conception selon le principe de défense en profondeur (intégration de différentes lignes de défense entre les colis de déchets et l'environnement en surface) : (i) colis de déchets stockés, (ii) alvéoles de stockage, (iii) Callovo-Oxfordien et (iv) scellement des ouvrages d'accès (liaisons surface-fond et galeries), (v) architecture souterraine borgne dans son ensemble et définie en quartiers de stockage des déchets HA et des déchets MA-VL éloignés les uns des autres (cf. Chapitre 2.5.2 du volume II et chapitre 4 et 18.2 du volume IV de la présente étude d'impact).	6. Nature, effets et volume des émissions concernées 10. Nécessité de prévenir ou de réduire à un minimum l'impact global des émissions sur l'environnement et des risques qui en résultent pour ce dernier
MTD 3 : La MTD consiste à choisir un site et une profondeur d'implantation du stockage afin de limiter les risques naturels (tels que l'érosion) à long terme.	Implantation des ouvrages de stockage en profondeur (environ 500 m) dans la couche du Callovo-Oxfordien, à l'écart des phénomènes de surface (en particulier l'érosion) dont les extensions maximales sont estimées à environ 200 mètres selon le guide ASN de 2008 et à l'écart des structures géologiques (failles) (cf. Chapitre 2.4.1.2 du volume II, chapitre 4 du volume III et chapitres 4 et 18.2 du volume IV de la présente étude d'impact).	10. Nécessité de prévenir ou de réduire à un minimum l'impact global des émissions sur l'environnement et des risques qui en résultent pour ce dernier 11. Nécessité de prévenir les accidents et d'en réduire les conséquences sur l'environnement
MTD 4 : La MTD consiste à isoler le stockage de la surface et à développer des actions visant à favoriser la mémoire, afin de limiter les risques liés à des actions humaines involontaires à long terme.	Profondeur d'implantation du stockage à environ 500 m le préservant ainsi d'activités humaines banales (*i.e.* Chantier routiers, constructions d'immeubles dont la profondeur est de quelques dizaines de mètres). Mise en œuvre dès la construction du centre de stockage Cigéo d'un processus de préservation de la mémoire le plus longtemps possible (*a minima* 500 ans). Absences de ressources souterraines exceptionnelles ou particulières. (cf. Chapitre 2.4.1.2 du volume II, chapitre 4 du volume III et chapitres 4 et 18.2 du volume IV de la présente étude d'impact).	10. Nécessité de prévenir ou de réduire à un minimum l'impact global des émissions sur l'environnement et des risques qui en résultent pour ce dernier 11. Nécessité de prévenir les accidents et d'en réduire les conséquences sur l'environnement

Propositions de MTD spécifiques à l'activité de stockage souterrain de déchets radioactifs	Mesures permettant de répondre à la MTD	Principaux critères de l'annexe III de la directive IED
MTD 5 : Concernant les éléments constituant les lignes de défense contribuant à la limitation des émissions (migrations des radionucléides et des toxiques chimiques), la MTD consiste à acquérir et consolider les connaissances relatives : • à l'évolution du comportement du milieu géologique (Callovo-Oxfordien et formations géologiques environnantes) ; • aux différents composants ouvragés du stockage, en prenant en compte leurs interactions ; • au comportement des radionucléides et substances toxiques chimiques afin de limiter leur transfert depuis les colis jusqu'à la biosphère en tenant compte des propriétés favorables du milieu géologique, plus particulièrement de la couche du Callovo-Oxfordien (forte rétention chimique, faible transport).	Acquisition de connaissances en continu des différents éléments, depuis plusieurs décennies et qui vont perdurer pendant les phases de construction et de fonctionnement (incluant la surveillance de paramètres importants pour la sûreté après fermeture) (cf. Chapitre 18.2 du présent volume). Reconnaissance du milieu géologique : investigations de surface (campagnes sismiques, investigation par forages en dehors de la ZIOS), travaux de R&D dans les laboratoires de surface (mesures des propriétés de sorption (Kd), des coefficients de diffusion et investigations par expérimentations dans le Laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne...) (cf. Chapitre 2.4.1.2 du volume II de la présente étude d'impact). Évaluation du comportement des composants ouvragés et de leurs interactions avec le Callovo-Oxfordien : travaux de R&D en laboratoire de surface et dans le Laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne et travaux d'ingénierie de faisabilité et de construction des composants ouvragés (démonstrateurs) (cf. Chapitre 2.5.2 du volume II de la présente étude d'impact). En complément, des études de simulations du comportement du stockage et du milieu géologique sur le long terme et de leurs interactions (cf. Chapitre 2.5.2 du volume II de la présente étude d'impact).	5. Progrès techniques et évolution des connaissances scientifiques 10. Nécessité de prévenir ou de réduire à un minimum l'impact global des émissions sur l'environnement et des risques qui en résultent pour ce dernier 11. Nécessité de prévenir les accidents et d'en réduire les conséquences sur l'environnement
MTD 6 : La MTD consiste à maîtriser les procédés utilisés avant leur mise en œuvre	Différents moyens sont mis en œuvre : • utilisation des techniques éprouvées ou mises en œuvre après des tests soit en laboratoire souterrain, soit en espace technologique en surface ; • prise en compte du retour d'expérience des techniques de creusement mises en œuvre au Laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne, par exemple : les essais de creusement des galeries et d'alvéoles HA ; • essais de mise en place des composants ouvragés, exemple le chemisage et le MREA (matériau de remplissage dans l'espace annulaire) des alvéoles HA. (cf. Chapitre 2.5.2 du volume II et chapitres 4 et 18.2 du volume IV de la présente étude d'impact).	4. Procédés, équipements ou modes d'exploitation comparables qui ont été expérimentés avec succès à une échelle industrielle 5. Progrès techniques et évolution des connaissances scientifiques
MTD 7 : Afin de mesurer la performance, la robustesse et l'acceptabilité de l'impact sur la santé et l'environnement à long terme, la MTD consiste à appliquer un processus itératif d'évaluation de l'impact à long terme reconnu par les autorités nationales et les instances internationales (AIEA).	Démarche d'évaluation d'impact long terme reconnue par les autorités nationales et les instances internationales (AIEA) : • identification et définition d'une série de scénarios représentatifs de l'évolution du stockage intégrant les incertitudes résiduelles de connaissances ;définition d'indicateurs de performance et évaluation de ces indicateurs sur la base des scénarios définis ; • vérification que les incidences sur la santé humaine à long terme liées aux quelques radionucléides qui parviendraient aux exutoires, évaluées de façon à représenter le fonctionnement attendu du stockage, restent inférieures à la valeur de référence fournie par le guide de sûreté de de 0,25 mSv/an et inférieure à la valeur réglementaire de 1 mSv/an fournie dans le code de la santé publique ; • vérification de la robustesse du système de stockage par la quantification de scénarios de déviation de l'évolution normale, liés par exemple au dysfonctionnement supposé d'un composant important (vérification des lignes de défense mises en place) ; • mise en œuvre d'une démarche itérative qui permet à chaque étape un retour possible sur l'acquisition de connaissances scientifiques et technologiques (réduction des incertitudes par exemple) et sur la conception le cas échéant. (cf. Chapitre 2.5.2 du volume II et chapitre 18.2.2 du volume IV et chapitre 5 volume VI de la présente étude d'impact).	5. Progrès techniques et évolution des connaissances scientifiques 6. Nature, effets et volume des émissions concernées 10. Nécessité de prévenir ou de réduire à un minimum l'impact global des émissions sur l'environnement et des risques qui en résultent pour ce dernier 11. Nécessité de prévenir les accidents et d'en réduire les conséquences sur l'environnement

Propositions de MTD spécifiques à l'activité de stockage souterrain de déchets radioactifs	Mesures permettant de répondre à la MTD	Principaux critères de l'annexe III de la directive IED
MTD 8 : Afin d'assurer la prise en compte de l'évolution des connaissances scientifiques et technologiques, la MTD consiste à participer et/ou initier : • des programmes de R&D et d'innovation scientifiques et technologiques ; • des échanges sur les connaissances scientifiques et technologiques, et sur la sûreté en particulier à l'international.	Politique scientifique et technique déployée dans le cadre du système de management intégré de l'Andra. Programme scientifique et technologique intégrant les expérimentations (au Laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne ou autres Laboratoires souterrains, dans les organismes de recherche, les universités, etc.). Échanges internationaux relatifs à la démarche de sûreté à long terme sous l'égide de la commission européenne, de l'AEN et de l'AIEA. Échanges internationaux de R&D scientifiques et technologiques sous l'égide de la commission européenne, de l'AEN et de l'AIEA. *Peer review* (examen critique par les pairs) des dossiers de sûreté émis par l'Agence, par exemple *peer review* du dossier d'options de sûreté, sous l'égide de l'AIEA. La *peer review* évalue la conformité des dossiers aux *safety guidance* et *safety rules* (SSR-5 par exemple (17)). Participation à la démarche de *knowledge* management (mémoire) sous l'égide de l'AEN. (cf. Chapitre 2.5.2 du volume II et chapitre 18.2 du volume IV et chapitre 5 du volume VI de la présente étude d'impact).	3. Développement des techniques de récupération et de recyclage des substances émises et utilisées dans le procédé et des déchets, le cas échéant 4. Procédés, équipements ou modes d'exploitation comparables qui ont été expérimentés avec succès à une échelle industrielle 5. Progrès techniques et évolution des connaissances scientifiques 12. Informations publiées par des organisations internationales publiques
MTD 9 : Afin de permettre aux générations successives, soit de poursuivre la construction puis l'exploitation des tranches successives d'un stockage, soit de réévaluer les choix définis antérieurement et de faire évoluer les solutions de gestion, la MTD consiste à mettre en œuvre le principe de la « réversibilité » conformément à l'article L. 542.10-1 du code de l'environnement.	Différents moyens sont mis en œuvre permettant d'intégrer les progrès technologiques et de s'adapter aux évolutions possibles de l'inventaire des déchets consécutives notamment à une évolution de la politique énergétique : • progressivité de la construction du centre de stockage Cigéo ; • adaptabilité de la conception du centre de stockage Cigéo ; • flexibilité de l'exploitation du centre de stockage Cigéo ; • récupérabilité éventuelle de colis pendant toute la durée du fonctionnement du centre de stockage Cigéo. (cf. Chapitre 4.3 du volume II de la présente étude d'impact).	10. Nécessité de prévenir ou de réduire à un minimum l'impact global des émissions sur l'environnement et des risques qui en résultent

17.4 Analyse vis-à-vis des BREFs horizontaux

17.4.1 BREF EFS – Émissions dues au stockage des matières dangereuses ou stockages en vrac

17.4.1.1 Présentation du BREF

Le document de référence dit BREF horizontal EFS de juillet 2006 (6) traite des meilleures techniques disponibles relatives à la réduction des émissions dues aux stockages des matières dangereuses ou stockages en vrac relevant de la directive sur les émissions industrielles.

Ce document de référence est traduit en français et ne dispose pas de conclusions sur les MTD, mais sert de support aux autres BREFs sectoriels ; il est notamment mentionné dans les conclusions sur les MTD pour le traitement des déchets (WT).

Ce document de référence est décomposé de la manière suivante :

- il contient des informations générales sur le stockage et la manipulation des substances dangereuses en vrac ; il précise que :
  - ✓ les émissions peuvent résulter d'une utilisation normale des stockages (notamment pour les réservoirs, entrée et sortie des substances et opérations de nettoyage) ou d'incidents et d'accidents (majeurs) ;
  - ✓ les émissions peuvent concerner les catégories suivantes : émissions dans l'air, émissions (déversements) dans l'eau (directes/indirectes), émissions de bruit et émissions de déchets.
- il traite des différents systèmes de classification des substances et des différentes catégories de substances, notamment substances toxiques, substances inflammables et substances nocives pour l'environnement et pour les solides en vrac, de la classe de dispersion ;
- il décrit les différentes techniques mises en œuvre pour le stockage, le transport et la manipulation d'une part, des liquides et des gaz liquéfiés, et d'autre part, des solides en vrac et identifie pour chacune les sources d'émission potentielles ;
- il présente les techniques à prendre en compte pour la détermination des MTD et fournit des informations sur les mesures de limitation des émissions (MLE), d'une part, pour les liquides et les gaz (évaluation des questions de sécurité, ainsi que des aspects opérationnels et économiques) et d'autre part, pour les matières solides (évaluation moins complète que pour les liquides et les gaz) ;
- il aborde ensuite le choix et la description des MTD et présente successivement les MTD relatives :
  - ✓ au stockage de liquides et gaz liquéfiés ⇨ stockage en réservoirs, stockage de substances dangereuses conditionnées, ou autres stockages ;
  - ✓ au transfert et à la manipulation de liquides et gaz liquéfiés ⇨ principes généraux pour prévenir et réduire les émissions, considérations relatives aux techniques de transport et de manipulation ;
  - ✓ au stockage des solides ⇨ stockage en vrac à l'air libre ou fermé, stockage de solides dangereux conditionnés, y compris considérations relatives à la prévention des incidents et des accidents majeurs;
  - ✓ au transfert et à la manipulation des solides ⇨ approches générales pour limiter les poussières, considérations relatives aux techniques de transport.

Il traite des émissions dans l'air, dans le sol et dans l'eau, mais s'intéresse plus particulièrement aux émissions dans l'air. L'énergie et les émissions sonores sont également abordées, mais de façon moins détaillée.

Il ne propose pas de valeurs limites d'émissions mais précise que la détermination des conditions d'autorisation appropriées supposera la prise en compte de facteurs locaux inhérents au site, tels que les caractéristiques techniques de l'installation concernée, son implantation géographique et les conditions locales de l'environnement.

17.4.1.2 Mesures permettant de répondre au BREF

Les activités IED menées sur le périmètre INB ainsi que les activités techniquement liées identifiées (cf. Chapitre 17.1.1 du présent volume) répondent aux attentes de ce BREF considérant les éléments présentés ci-après.

Pour ce qui concerne le transfert et le stockage des dépôts des déblais d'excavation du Callovo-Oxfordien (phases CI et F) :

- les déblais du Callovo-Oxfordien nécessitant un dépôt dans la zone des verses y sont transférés :
  - ✓ *via* une bande transporteuse semi-enterrée entre la zone descenderie et la zone puits en construction initiale, permettant d'éviter les émissions de poussières et les nuisances sonores (niveau sonore maximum de 55 dBA à 1 mètre de l'équipement) ;
  - ✓ via une bande transporteuse depuis le puits travaux MMT en phase de fonctionnement du centre de stockage et la zone de stockage ;
  - ✓ par engins de chantier depuis les puits en cours de réalisation en phase de construction initiale et la zone de stockage.
- à leur arrivée sur la zone de gestion des verses, ces déblais sont temporairement entreposés et, selon leur granulométrie, peuvent faire l'objet d'un traitement avant mise en verse (homogénéisation *via* des opérations de tri et de concassage). Afin de limiter les émissions de poussières et les nuisances sonores liées à la manutention et au traitement des déblais mais également le lessivage par les eaux météoriques des déblais en transit, ces opérations se font dans un bâtiment fermé ;
- à la sortie de la sauterelle permettant la mise en verses, un système de brumisation permet de limiter les émissions de poussières ;
- les verses sont ensuite progressivement recouvertes de matériaux terreux et végétalisées (à l'avancement) afin de protéger le Callovo-Oxfordien excavé du lessivage par les eaux météoriques et de réduire les impacts environnementaux liés à sa teneur en sulfate et au chargement d'eaux de ruissellement en MES ; pour les mêmes raisons, les eaux pluviales ruisselant sur les parties des verses non encore recouvertes sont collectées et traitées.

Pour ce qui concerne le stockage de produits liquides polluants et/ou dangereux susceptibles de générer une pollution des sols et des eaux, notamment la soude et les produits divers conditionnés présents au niveau des STEP (phases APR, CI et F) :

- les stockages se font à l'abri des intempéries (bâtiment fermé ou zone extérieure couverte d'un toit), sur des aires dédiées, imperméabilisées. Ils sont associés à des capacités de rétention, afin d'éviter la propagation d'éventuelles fuites. Les zones de stockage et d'utilisation sont organisées en tenant compte des règles d'incompatibilités chimiques, de manière à limiter les risques en situation accidentelle ;
- les aires de déchargement ou dépotage et d'utilisation des produits chimiques sont imperméabilisées et munies, lorsque nécessaire, de dispositifs de récupération, afin d'éviter la propagation d'éventuelles fuites ;
- les zones de stockage et d'utilisation sont pourvues de moyens de prévention et d'équipements de lutte contre l'incendie adaptés aux risques générés par les substances mises en œuvre.

Pour ce qui concerne les zones de chantiers (phases APR, CI et F) :

- la protection des zones à enjeux est assurée (zones humides, proximité cours d'eau…) par mise en place de barrières provisoires de mise en défend de la zone concernée et d'un panneautage rappelant les consignes environnementales à suivre (exemple au niveau d'un cours d'eau sensible) ; notamment le stockage de produits dangereux est interdit aux abords de ces zones sensibles ;
- les dispositifs de stockage de substances sont adaptés aux produits dangereux mis en œuvre. Les stockages aériens de substances dangereuses (huiles de décoffrage, huiles hydrauliques…) se font sur des capacités de rétention. Les règles d'incompatibilités chimiques sont prises en compte pour l'organisation de ces stockages ;
- lorsque stockés, les carburants le sont dans des cuves à doubles parois ou simples parois mais associées à des capacités de rétention. Des procédures spécifiques sont mises en place pour les approvisionnements en carburant des engins (approvisionnement des engins mobiles *via* un poste de distribution fixe de carburant

ou approvisionnement des engins peu mobiles *via* un camion-citerne muni d'un dispositif de sécurité (approvisionnement bord à bord)) ;

- les aires de dépotage et d'utilisation des produits chimiques (ateliers, centrale de béton…) sont munies de dispositifs de récupération (exemple : décanteurs déshuileurs respectant la norme de rejet de 5 mg/l – norme NF EN 858-1 classe, voile siphoïde, regards décanteurs, etc.), auxquels sont assujettis des protocoles de maintenance et de vidanges vers des filières de valorisation/traitement de déchets dûment autorisées ;
- des kits anti-pollution sont disponibles sur le chantier et dans les engins de chantier. Des procédures spécifiques relatives à l'intervention à mener en cas de déversement accidentel et/ou de pollution du sol ou des eaux sont mises en œuvre. La sensibilisation du personnel de chantier est préalablement réalisée et périodiquement actualisée ;
- les installations sont conçues pour éviter tout rejet des eaux pluviales directement dans le milieu naturel et toute infiltration non maîtrisée d'eau polluée dans les sols. Notamment un dispositif d'assainissement provisoire des eaux collectées sur les zones d'intervention potentielle est mis en place avant le démarrage des travaux. Des dispositifs définitifs d'assainissement des eaux collectées sur les zones d'intervention potentielle sont mis en place avant la fin de la phase d'aménagements préalables. Ces dispositifs d'assainissement font l'objet d'un entretien et d'une maintenance préventive. Leur performance est contrôlée.

17.4.2 BREF ICS – Systèmes de refroidissement industriel

17.4.2.1 Présentation du BREF

Le document de référence sur les meilleures techniques disponibles relatives aux systèmes de refroidissement industriel, dit BREF horizontal ICS de décembre 2001, décrit les MTD applicables à des systèmes de refroidissement auxiliaires de procédés industriels relevant de la directive sur les émissions industrielles et exploités dans des conditions normales (8).

Ce document de référence est traduit en français et ne dispose pas de conclusions sur les MTD, mais sert de support aux autres BREFs sectoriels. Notons qu'il n'est toutefois pas mentionné dans les conclusions sur les MTD pour le traitement des déchets (WT).

Ce document de référence précise qu'on entend par « systèmes de refroidissement industriel » des systèmes destinés à extraire le trop-plein de chaleur d'un fluide par échange calorique avec de l'eau ou de l'air, de manière à abaisser la température de ce fluide à la température ambiante.

Ce document de référence est décomposé de la manière suivante :

- il présente le concept général de MTD pour les systèmes de refroidissement et l'approche intégrée permettant de développer des MTD applicables au refroidissement ;
- il présente les différents systèmes de refroidissement susceptibles d'être utilisés (échangeurs de chaleur, systèmes de refroidissement à passage unique, tours aéroréfrigérantes ouvertes, systèmes de refroidissement en circuit fermé, systèmes de refroidissement par voie humide/sèche combinés, systèmes aéroréfrigérants directs ou indirects) ;
- il aborde les aspects environnementaux (consommations directe et indirecte d'énergie, émissions de chaleur et d'additifs dans les eaux de surface, bruit et formation de panache) et les risques microbiologiques (ou sanitaires), étant entendu qu'ils sont propres à chaque système précédemment décrits et qu'ils ne revêtent pas la même importance pour chacun ;
- il aborde enfin le choix et la description des MTD et présente successivement :
  - ✓ les MTD dites génériques (réduction des effets croisés et des pertes thermiques, adaptation aux exigences du process et du site) ;
  - ✓ les MTD liées à la gestion de l'énergie (principe de gestion de l'énergie) ;
  - ✓ les MTD liées à la gestion de l'eau (réduction des besoins en eau de refroidissement, évitement de l'entrainement des poissons) ;
  - ✓ les MTD liées à la réduction des émissions (réduction des émissions thermiques dans l'eau, des émissions chimiques dans l'eau, des émissions dans l'air et des émissions sonores) ;
  - ✓ les MTD liées à la prévention des risques (techniques de préventions des risques de fuite et des risques biologiques).

17.4.2.2 Mesures permettant de répondre au BREF

Les activités IED menées sur le périmètre INB ainsi que les activités techniquement liées identifiées (cf. Chapitre 17.1.1 du présent volume) répondent aux attentes de ce BREF considérant les éléments présentés ci-après.

Les équipements de refroidissements mis en œuvre sont des aéro-refroidisseurs à doubles boucles constitués d'une boucle principale (un par zone ZD et ZP), reliée à une sous-station de distribution, et de boucles secondaires permettant le refroidissement des installations concernées.

Il s'agit d'un système fermé, sans alimentation directe, peu consommateur d'eau et ne générant pas de rejet d'eau chaude au milieu naturel. Seuls des appoints d'eau sont réalisés sur le circuit en cas de besoin. Lorsque nécessaires, les purges du réseau sont collectées et dirigées vers les zones déchets pour y être prises en charge comme tels. L'eau utilisée est traitée de manière à limiter l'encrassement et le risque de gel (eau glycolée).

Une maintenance préventive régulière est réalisée pour déceler rapidement toute fuite. La consommation d'eau fait l'objet d'un suivi *via* des compteurs et des actions d'optimisation peuvent être conduites durant toute la vie de l'installation en prenant en compte les évolutions technologiques.

17.4.3 BREF ENE – Efficacité énergétique

17.4.3.1 Présentation du BREF

Le document de référence sur les meilleures techniques disponibles relatives à l'efficacité énergétique, dit BREF horizontal ENE de février 2009, présente des orientations et des conclusions quant aux techniques d'efficacité énergétique qui sont considérées comme étant compatibles avec les MTD au sens générique pour toutes les installations relevant de la directive sur les émissions industrielles (7).

Il précise que l'énergie est une priorité pour l'Union européenne (UE), pour trois raisons corrélées :

- le changement climatique, la combustion de combustibles fossiles pour produire de l'énergie étant la principale source anthropique de gaz à effet de serre ;
- la durabilité de la ressource, l'utilisation continue et à grande échelle de combustibles fossiles non renouvelables ne la garantissant pas ;
- la sécurité d'approvisionnement : l'UE importe à la date de la rédaction du BREF plus de 50 % de ses réserves de combustibles et cette proportion est susceptible d'atteindre plus de 70 % d'ici 2030 à 2040.

Il fait également référence à d'autres documents de référence dans lesquels des techniques particulières d'efficacité énergétique ont déjà fait l'objet de discussions détaillées et peuvent être appliquées à d'autres secteurs, en particulier, les documents relatifs aux MTD applicables aux grandes installations de combustion et aux systèmes de refroidissement industriel.

Ce document est traduit en français et ne dispose pas de conclusions sur les MTD, mais sert de support aux autres BREFs sectoriels ; il est notamment mentionné dans les conclusions sur les MTD pour le traitement des déchets (WT).

Ce document de référence est décomposé de la manière suivante :

- il donne des informations de contexte relatives à la consommation énergétique industrielle, aux questions d'efficacité énergétique dans le cadre de la réglementation européenne, aux aspects économiques et aux effets croisés ;

- il présente les techniques permettant d'assurer l'efficacité énergétique, qui peuvent être appliquées au niveau d'une installation, (système de management de l'efficacité énergétique (dit SM2E) et techniques qui facilitent la mise en œuvre d'un SM2E), qui comprennent entre autres :
  - ✓ l'importance de la planification des actions et des investissements de manière intégrée ;
  - ✓ la prise en compte d'une installation et de ses systèmes globalement (conception efficace) ;
  - ✓ l'augmentation de l'efficacité énergétique par :
    - une plus grande intégration des procédés ;
    - une actualisation périodique des SM2E.
  - ✓ le maintien d'une expertise suffisante au sein du personnel ;
  - ✓ la communication concernant les questions d'efficacité énergétique ;
  - ✓ le contrôle et la maintenance efficaces du procédé ;
  - ✓ le suivi et la mesure de l'utilisation d'énergie, voire l'audit énergétique ;
  - ✓ l'utilisation d'outils analytiques ainsi que les analyses des énergies absorbées ou dégagées ;
  - ✓ le suivi et l'établissement de niveaux de référence en matière d'efficacité énergétique pour les installations et les procédés mis en œuvre.
- il présente les techniques d'efficacité énergétique pour les systèmes, les procédés et les équipements utilisant de l'énergie ;
- il aborde enfin le choix et la description des MTD et présente successivement :
  - ✓ les MTD en matière d'efficacité énergétique au niveau d'une installation comprenant :
    - le management de l'efficacité énergétique ;
    - la planification et la définition d'objectifs et de cibles ;
    - la prise en compte de l'efficacité énergétique lors de la conception ;
    - l'intégration accrue des procédés ;
    - le maintien de la dynamique des initiatives en matière d'efficacité énergétique ;
    - le maintien de l'expertise ;
    - la bonne maitrise des procédés ;
    - les opérations de maintenance ;
    - la surveillance et le mesurage.
  - ✓ les MTD en matière d'efficacité énergétique pour les systèmes, les procédés, les activités ou les équipements consommateurs d'énergie suivants :
    - combustion ;
    - systèmes à vapeur ;
    - récupération de chaleur ;
    - cogénération ;
    - alimentation électrique ;
    - sous-systèmes entraînés par moteur électrique ;
    - systèmes d'air comprimé ;
    - systèmes de pompage ;
    - systèmes de chauffage, ventilation et climatisation ;
    - éclairage ;
    - procédés de séchage, séparation et concentration.

17.4.3.2 Mesures permettant de répondre au BREF

Les activités IED menées sur le périmètre INB ainsi que les activités techniquement liées identifiées (cf. Chapitre 17.1.1 du présent volume) répondent aux attentes de ce BREF considérant que les éléments présentés ci-après permettent de limiter les consommations énergétiques et d'assurer l'efficacité énergétique.

Les bâtiments, y compris les installations temporaires de chantier sont, chaque fois que possible, à énergie positive et à haute performance environnementale. La consommation d'énergie des bâtiments pour le chauffage, le refroidissement, la production d'eau chaude sanitaire et l'éclairage respectent les critères d'exemplarité énergétique. Le dimensionnement des installations de chauffage/climatisation fait l'objet d'une recherche d'optimisation en visant à répondre au juste besoin et afin de limiter les besoins, les installations tertiaires sont isolées et équipées de protection solaire efficace. Les offres des entreprises qui sont sollicitées pour la réalisation des équipements et la construction des installations sont analysées en prenant en compte leur approche dans la recherche de sobriété énergétique et la minimisation de l'impact Carbone.

Dans l'installation souterraine, la ventilation induit une consommation importante d'énergie (ventilateurs et traitement de l'air). Toutefois, les débits de ventilation sont adaptés en fonction des creusements et de l'exploitation des zones de stockage. Par ailleurs un échange thermique entre l'air extrait et l'air soufflé de la partie souterraine en exploitation permet un préchauffage (en hiver) ou un refroidissement (en été) de l'air entrant et une limitation des consommations d'énergie primaire. Le principe est similaire pour EP1 en hiver, limitant ainsi les besoins en énergie primaire pour le chauffage du bâtiment. Par ailleurs des sources de récupération d'énergie sont recherchées. Ainsi, la conception du funiculaire prend d'ores et déjà en compte la récupération d'énergie, la moitié du besoin en énergie pour la remontée du funiculaire est assurée par l'énergie produite pendant la descente.

Pour le centre de stockage Cigéo, la sobriété lumineuse est recherchée dès la phase d'aménagements préalables, et poursuivie en phase de construction initiale, puis de fonctionnement. L'optimisation du nombre et du type d'éclairage est recherchée dès les études de conception :

- l'éclairage est limité au juste besoin, notamment :
  - ✓ tous les bureaux occupés en moyenne plus d'une heure par jour comportent des baies transparentes apportant une lumière naturelle suffisante et permettant de limiter le recours à la lumière artificielle ;
  - ✓ l'éclairage de nuit est restreint à la nécessité de sécurité/protection du personnel ou pour l'éclairage des zones de chantiers (ex : zone d'accueil de centrale à béton, aires de stockage provisoires des matériaux excavés issu du creusement de l'installation souterraine situées à proximité des points d'extraction…) ;
  - ✓ les éclairages de chantier sont limités au strict nécessaire et adaptés aux travaux à réaliser. Ils sont déplacés en fonction des travaux à réaliser et sont donc présents seulement temporairement sur les zones concernées.
- les équipements retenus sont économes en énergie (notamment ampoules basse consommation) et durant toutes les phases, l'optimisation de la durée d'éclairage est recherchée, notamment le fonctionnement des éclairages des installations tient compte de la géolocalisation du personnel et de la nature des activités exercées :
  - ✓ les zones de circulation y compris dans l'installation souterraine sont éclairées en privilégiant le déclenchement sur détection de présence et un système d'extinction automatique est prévu dans les bâtiments tertiaires (mise en œuvre de minuteries) ;
  - ✓ des variateurs permettent d'optimiser l'éclairage en fonction de l'heure de lever et de coucher du soleil et il est prévu une adaptation de l'éclairage avec les temps d'activité. Les puissances et les durées de fonctionnement sont dimensionnées afin de limiter les consommations énergétiques.

Les principales sources d'énergies renouvelables de l'aire d'étude éloignée sont le bois énergie et les éoliennes. Pour des raisons de sécurité, il n'est pas envisageable d'installer des éoliennes dans la zone d'intervention potentielle du centre de stockage Cigéo. Toutefois pour le fonctionnement des chaudières l'utilisation de biomasse a été choisie, en lieu et place d'un combustible fossile. Par ailleurs, dans les bâtiments hors zones nucléaires (bâtiments tertiaires, restaurants…), afin de s'inscrire dans la démarche de soutien et de développement des énergies renouvelables, des panneaux solaires sont installés sur les bâtiments tertiaires et participent à la fourniture d'électricité complémentaire pour ces bâtiments (notamment pour l'approvisionnement en eau chaude sanitaire en été lors de l'arrêt des chaudières).

Une maintenance préventive régulière est réalisée pour éviter toute surconsommation énergétique. Les consommations énergétiques font l'objet d'un suivi *via* des compteurs répartis sur les sites et des actions d'optimisation peuvent être conduites durant toute la vie de l'installation en prenant en compte les évolutions technologiques. Un audit énergétique est réalisé à la fréquence définie réglementairement.

17.4.4 BREF ROM – Principes généraux de surveillance

17.4.4.1 Présentation du BREF

Le document de référence relatif aux principes généraux de surveillance des émissions dans l'air et dans l'eau des installations relevant de la directive sur les émissions industrielles (dit BREF horizontal ROM d'août 2018 (9)) fournit des orientations pratiques en matière de surveillance des émissions industrielles permettant de prévenir et réduire la pollution des installations industrielles et d'assurer un niveau élevé de protection de l'environnement dans son ensemble. Ces orientations permettent par ailleurs d'aider les autorités compétentes à définir les exigences de surveillance dans les autorisations des installations IED.

Il n'est pas traduit en français et ne dispose pas de conclusions MTD, mais sert de support aux autres BREFs sectoriels ; il est notamment mentionné dans les conclusions sur les MTD pour le traitement des déchets (WT).

Il traite des principes généraux et d'autres aspects pertinents concernant la surveillance des émissions et des paramètres associés qui servent de base pour décider de l'approche et de la fréquence de surveillance, ainsi que de la collecte, du traitement et de la communication des données de surveillance. Il couvre les sujets suivants :

- les principes généraux et autres aspects pertinents concernant la surveillance des émissions et des paramètres associés tels que :
  - ✓ les objectifs du suivi ;
  - ✓ l'approche de surveillance (mesures directes et méthodes indirectes) ;
  - ✓ l'assurance qualité (y compris qualifications des personnels et laboratoires), l'utilisation des normes EN, ISO et autres, ainsi que les incertitudes de mesure ;
  - ✓ la surveillance des approches pour des conditions d'exploitation autres que normales.
- la surveillance des émissions dans l'air (y compris odeurs, émissions diffuses et fugitives, biosurveillance) et dans l'eau (y compris le test de toxicité), couvrant :
  - ✓ la planification et la fréquence des mesures ;
  - ✓ les méthodes de mesure continue et périodique ;
  - ✓ la mesure, l'expression et la documentation des paramètres/grandeurs de référence ;
  - ✓ le traitement des données ;
  - ✓ la déclaration des données ;
  - ✓ les frais de suivi ;
  - ✓ la surveillance à l'aide de méthodes indirectes telles que les paramètres de substitution, les bilans de masse et les systèmes de surveillance prédictive des émissions.

17.4.4.2 Mesures permettant de répondre au BREF

Les activités IED menées sur le périmètre INB ainsi que les activités techniquement liées identifiées (cf. Chapitre 17.1.1 du présent volume) répondent aux attentes de ce BREF considérant les éléments présentés ci-après.

La responsabilité de la surveillance du centre de stockage Cigéo et de son environnement incombe à l'Andra en tant qu'exploitant des différentes installations. Dès la phase d'aménagements préalables, elle est exercée sur place par un représentant du maître d'ouvrage qui dispose d'un service compétent assurant les missions relatives à l'environnement.

Le service compétent assurant les missions relatives à environnement est notamment chargé :

- de définir et mettre en œuvre le suivi des consommations d'eau et d'énergie ;
- de définir et mettre en œuvre la surveillance des effluents liquides et gazeux produits par le centre de stockage Cigéo et les conditions de rejets à l'environnement (les propositions de paramètres et de fréquences de suivi sont données dans le chapitre 19 du volume IV de la présente étude d'impact) ;
- de définir et de mettre en place les modalités de la surveillance de l'environnement pour les suivis radiologiques (dès la phase de fonctionnement), physico-chimiques, piézométriques, hydrologiques, écologiques et des nuisances, et d'en contrôler l'application en conformité avec les réglementations ;
- de gérer les données produites dans le cadre des différents suivis et d'interpréter les données recueillies, notamment au regard de la réglementation ;
- de rédiger des rapports et déclarations périodiques de la surveillance de l'environnement et de les communiquer aux différentes administrations notamment à l'Autorité de sureté nucléaire et de radioprotection (ASNR) ;
- d'établir les études et bilans déchets et le suivi de la gestion des déchets produits.

Pour assurer ces missions, l'Andra a décidé de mettre en place un système de management intégré (SMI), pour contribuer à la protection des intérêts visés par l'article L. 593-1 du code de l'environnement c'est-à-dire de veiller à la sécurité, à la santé et à la salubrité publique, à la protection de la nature et de l'environnement, pour promouvoir la culture de sûreté et pour permettre l'amélioration continue des dispositions prises en faveur de ces objectifs.

Les méthodes de prélèvement et d'analyse des effluents et rejets sont conformes aux normes en vigueur au moment de leur réalisation. L'Andra fait appel à des sociétés ayant des personnels qualifiés et si nécessaire accrédités.

Dans le cadre d'une amélioration continue le programme de surveillance des installations est régulièrement audité et si besoin les paramètres/fréquences de mesure sont revus.

17.5 Synthèse des meilleures techniques disponibles

La notion de meilleures techniques disponibles est issue de la directive 2010/75/UE du 24 novembre 2010 relative aux émissions industrielles, dite IED (3). Elles se définissent comme le stade de développement le plus efficace et avancé des activités et de leurs modes d'exploitation, démontrant l'aptitude pratique de techniques particulières à constituer, en principe, la base des valeurs limites d'émission visant à éviter et, lorsque cela s'avère impossible, à réduire de manière générale les émissions et l'impact sur l'environnement dans son ensemble :

- « techniques » concerne aussi bien les techniques employées que la manière dont l'installation est conçue, construite, entretenue, exploitée et mise à l'arrêt ;
- « disponibles » se rapporte aux techniques mises au point sur une échelle permettant de les appliquer dans le contexte du secteur industriel ou agricole concerné, dans des conditions économiquement et techniquement viables, en prenant en considération les coûts et les avantages, que ces techniques soient utilisées ou produites ou non sur le territoire, pour autant que l'exploitant concerné puisse y avoir accès dans des conditions raisonnables ;
- « meilleures » fait référence aux techniques les plus efficaces pour atteindre un niveau général élevé de protection de l'environnement dans son ensemble.

L'étude d'impact doit contenir des éléments relatifs aux mesures prévues pour l'application des meilleures techniques disponibles, en raison de la combinaison des articles R. 122-5, R. 593-17 et R. 593-94 du code de l'environnement.

Sur la base de ces éléments de contexte réglementaire, et à ce stade d'avancement des études et des procédures associées à la réalisation du projet global Cigéo, **la comparaison aux meilleures techniques disponibles est faite pour :**

- **l'INB et les équipements, installations, ouvrages, travaux ou activités qui sont nécessaires à son fonctionnement,** à savoir :
  - ✓ en zone d'implantation des ouvrages souterrains :
    - les zones de stockage de déchets radioactifs dans la couche du Callovo-Oxfordien ;

- les zones de soutien logistique associées (exploitation et travaux).

✓ en zone descenderie :

- les installations et ouvrages nucléaires de surface de l'INB (terminal ferroviaire nucléaire, bâtiments nucléaires de surface, ETH et tête de descenderie colis) ;
- la tête de descenderie de service, installation de soutien au fonctionnement de l'INB.

✓ en zone puits :

- les installations de soutien aux activités de creusement de l'installation souterraine (puits travaux) ;
- les installations de soutien au dépôt des déblais d'excavation du Callovo-Oxfordien en zone puits travaux et verses (installations de transfert, de stockage et, le cas échéant, de traitement des déblais) ;
- les installations de soutien au fonctionnement de l'INB (puits exploitation).

- **et les installations ou équipements s'y rapportant directement, exploités sur le même site** (à savoir le centre de stockage Cigéo, incluant l'INB), **liés techniquement** (à l'INB et aux équipements, installations, ouvrages, travaux ou activités qui sont nécessaires à son fonctionnement) **et susceptibles d'avoir des incidences sur les émissions et la pollution de ces dernières**, à savoir :
  - ✓ les installations de gestion des déchets induits ;
  - ✓ les installations de gestion des effluents aqueux ;
  - ✓ les installations de production et de transfert du fluide « eau chaude » utilisés pour le chauffage de l'air frais introduit dans les zones souterraines ;
  - ✓ les installations de production et de transfert du fluide « eau glacée » utilisés pour le refroidissement de l'air vicié extrait des zones souterraines.

L'ensemble de ces équipements, installations, ouvrages, travaux ou activités est dénommé pour l'analyse « l'installation ».

Les analyses pour les autres opérations du projet seront faites, si requises, dans le cadre des procédures les concernant ; elles seront alors présentées dans une version actualisée de l'étude d'impact.

Deux catégories d'activités mentionnées à l'annexe I de la directive IED sont retenues et visées par la demande d'autorisation de création de l'INB Cigéo :

- **« 5.6. Stockage souterrain de déchets dangereux, avec une capacité totale supérieure à 50 tonnes »**, correspondant à l'activité exercée dans l'installation de stockage de déchets radioactifs en couche géologique profonde (la ZIOS du centre de stockage Cigéo) ⇨ **il s'agit de l'activité principale retenue au titre de la directive IED** ;
- **« 5.5. Stockage temporaire de déchets dangereux ne relevant pas du point 5.4, dans l'attente d'une des activités énumérées aux points 5.1, 5.2, 5.4 et 5.6 avec une capacité totale supérieure à 50 tonnes, à l'exclusion du stockage temporaire sur le site où les déchets sont produits, dans l'attente de la collecte »**, correspondant à l'activité exercée dans les bâtiments nucléaires EP1 et EP2.

Pour l'analyse, **les documents de référence sur les MTD retenus sont les suivants** :

- **« conclusions sur les meilleures techniques disponibles pour le traitement des déchets »** au titre de la directive 2010/75/UE du Parlement européen et du Conseil (3), adoptées par décision d'exécution (UE) 2018/1147 de la commission du 10 août 2018 (4, 5) ;
- **BREFs « EFS – Émissions dues au stockage » (6), « ENE – Efficacité énergétique » (7), « ICS – Systèmes de refroidissement industriel » (8) et « BREF ROM – Principes généraux de surveillance des émissions dans l'air et dans l'eau des installations relevant de la directive sur les émissions industrielles » (9)**.

Les MTD mentionnées dans les documents ci-dessus sont transposables aux activités de réception des colis de déchets expédiés par les producteurs, de contrôle et de préparation pour le stockage et de transfert vers l'installation souterraine où ils sont positionnés dans des alvéoles de stockage en fonction de leur nature et de leur activité, de stockage de déchets.

Par ailleurs le BREF « MWEI – Gestion des résidus d'industries extractives » adopté au titre de la directive 2006/21/CE du 15 mars 2006 (10) concernant la gestion des déchets de l'industrie extractive et modifiant la directive 2004/35/CE est également retenu pour l'activité potentielle de valorisation des verses.

La comparaison aux meilleures techniques disponibles est appliquée lors des choix de conception du projet et lors du choix des mesures d'évitement et de réduction des incidences potentielles. La justification de l'utilisation des meilleures techniques disponibles se fait sur la base de ces choix, pour l'installation IED. Pour ce faire une présentation des documents de référence ainsi qu'une comparaison des choix de conception/mesures faits dans le cadre du projet avec les meilleures techniques disponibles listées dans ces documents sont faits. Pour chaque document de référence analysé, les mesures prévues dans le cadre du projet pour répondre aux meilleures techniques disponibles retenues sont mises en avant, les principales sont précisées ci-après.

De manière générale lors des **études de conception**, il a été fait le choix d'éloigner le centre de stockage Cigéo des zones urbanisées et de l'implanter, au maximum, hors des zones à enjeux, notamment des zones présentant un caractère exceptionnel en termes de ressources souterraines.

Un **système de management environnemental intégré** dit SMI (ISO 9001 (11), ISO 14001 (12), ISO 45 001 (13), guide n° 30 de l'ASN (14)) est mis en œuvre et permet une amélioration continue de la prise en compte de la préservation de l'environnement. Dans le cadre de ce SMI :

- sont établis et mis en œuvre des procédures de caractérisation et d'acceptation des déchets reçus et traités au sein de l'INB, un système de suivi et d'inventaire de ces déchets ainsi que des procédures de manutention et de transfert des déchets ;
- sont définies, en accord avec les textes règlementaires applicables, l'administration et les arrêtés obtenus, les fréquences de suivi des consommations d'eau et d'énergie ;
- sont mis en place et régulièrement mis à jour un inventaire des flux d'effluents aqueux et gazeux générés ainsi qu'un plan de surveillance environnemental, en accord avec les textes règlementaires applicables, l'administration et les arrêtés obtenus (pour les installations entrant dans le périmètre INB, ils sont conformes aux attentes de la règlementation applicable aux INB).

Afin de **réduire les nuisances et le risque environnemental associé à la réception, la manutention, au transfert et au stockage des déchets radioactifs :**

- le transport des colis de déchets radioactifs se fait dans des emballages respectant des critères de protection fixés par la réglementation du transport de matières dangereuses et les colis sont conditionnés selon des spécifications d'acceptation fixées par l'Andra ;
- sur le périmètre du centre de stockage Cigéo, l'organisation de l'INB a été optimisée de manière à limiter la manutention inutile des colis de déchets. Notamment sont regroupées au niveau de la zone d'exploitation de la zone descenderie, les installations permettant d'assurer l'ensemble des opérations nécessaires à la prise en charge des colis, depuis leur réception, jusqu'à leur transfert vers les infrastructures souterraines de stockage ;
- au sein de l'INB, le transit des colis de déchets se fait dans l'installation nucléaire constituée d'un bâtiment fermé et climatisé (donc à l'abri des intempéries et des élévations importantes de températures) pour lequel les sols des zones présentant un risque de contamination sont imperméabilisés. Le temps de séjour des déchets dans la zone tampon de l'installation nucléaire (avant descente dans la zone souterraine) est limité. La descente des colis vers les ouvrages souterrains de stockage et les opérations de manutention en vue du stockage sont automatisées. L'installation nucléaire est par ailleurs équipée de systèmes de ventilation dédiés, avec filtres à très haute efficacité et émissaires de rejets canalisés en hauteur. Un suivi en continu des dispositifs de filtration sur la ventilation nucléaire est réalisé *via* des détections de fuite au niveau des émissaires ;
- un suivi de l'inventaire stocké est réalisé. La conception de l'installation souterraine garantit le maintien des caractéristiques du sous-sol favorables au confinement de la radioactivité et un périmètre de protection est défini.

En ce qui concerne l'**utilisation rationnelle de ressources naturelles :**

- la conception du centre de stockage Cigéo vise à préserver les ressources locales utilisées pour l'alimentation en eau potable. Elle privilégie le recyclage et la réutilisation des eaux produites par ses activités. Pour ce faire sur chaque installation de surface (zone puits, zone descenderie) sont implantés une

station d'épuration des eaux usées et industrielles et un dispositif de traitement des eaux de fond. Les consommations d'eau font l'objet d'un suivi *via* des compteurs répartis sur le centre de stockage Cigéo. Par ailleurs, l'entretien et la maintenance des réseaux et équipements sont réguliers. Afin de détecter une fuite, la surveillance des réseaux (eaux glacée, eaux chaude, eaux incendie, eau potable) est réalisée par suivi de pression ou débit. Enfin, les réseaux sont conçus pour pouvoir être isolés par partie en cas de besoin, permettant une limitation quantitative d'une fuite, le cas échéant ;

- l'efficacité énergétique est appréciée périodiquement dans les évaluations environnement conduites dans le cadre de la certification ISO et des objectifs d'améliorations pourront être définis dans le plan de management de l'environnement du SMI. Les consommations énergétiques font l'objet d'un suivi *via* des compteurs répartis sur le centre de stockage Cigéo et des actions d'optimisation pourront être conduites durant toute la vie de l'installation en prenant en compte les évolutions technologiques. Un audit énergétique est réalisé périodiquement.

En ce qui concerne la **gestion des eaux pluviales et effluents liquides conventionnels et non conventionnels :**

- pour la gestion des effluents aqueux, le principe des réseaux séparatifs est appliqué. Aucun rejet d'effluent liquides non conventionnel n'est réalisé dans le milieu naturel local. Des dispositifs de gestion et de traitement sont mis en place afin que les rejets d'eaux pluviales et d'effluents liquides conventionnels respectent les normes en vigueur pour le rejet en milieu naturel local ; ces rejets sont contrôlés ;
- les ouvrages de gestion des eaux pluviales et des effluents liquides conventionnels sont conçus et dimensionnés pour pouvoir collecter une pollution en cas d'écoulement sur le centre de stockage, notamment au niveau des voiries ou les eaux d'extinction incendie en cas de sinistre. En complément, les eaux pluviales du terminal ferroviaire nucléaire sont collectées et dirigées vers deux bassins de confinement pour contrôle radiologique ;
- les effluents liquides non conventionnels sont stockés dans des cuves dédiées (placées sur rétention et équipées de niveaux de sécurité) ou directement dans les zones sinistrées, en cas d'incendie ou de pollution (locaux des zones à production possible de déchets nucléaire en rétention *via* des seuils et un sol imperméabilisé).

En ce qui concerne les **émissions dans l'air** :

- des mesures visant à limiter les **émissions de poussières** sont prévues :
  - ✓ dépôt des verses dans une zone dédiée éloignée des zones urbanisées (en zone puits) ;
  - ✓ adaptation des équipements et engins pour limiter, au maximum, les émissions ;selon les conditions météorologiques, brumisation des verses en attente de couverture ;
  - ✓ transit interne des déblais du Callovo-Oxfordien par bande transporteuse semi-enterrée et capotée ;
  - ✓ opérations de traitement des déblais du Callovo-Oxfordien, lors de la reprise des verses en vue de la fermeture des installations, à l'intérieur d'un bâtiment fermé.
- des mesures visant à limiter les **émissions sonores et vibratoires** sont prévues :
  - ✓ pour les chantiers :
    - interruption des travaux susceptibles de causer une gêne pour le voisinage entre 22 h et 7 h (dans l'hypothèse où des travaux de nuit seraient nécessaires, des dérogations seront demandées dans le respect de la réglementation locale);
    - choix d'engins et équipements les moins bruyants ;
    - livraison de matériaux par trains puis transit interne par bande transporteuse semi-enterrée.
  - ✓ pour le fonctionnement proprement dit du centre de stockage :
    - manutention des déchets réceptionnés à l'intérieur d'un bâtiment fermé ou en zone souterraine ;
    - choix d'équipements les moins bruyants et silencieux sur les extractions des usines de ventilation ;
    - transit interne des déblais du Callovo-Oxfordien par bande transporteuse semi-enterrée et capotée ;
    - opérations de traitement des déblais du Callovo-Oxfordien, lors de la reprise des verses en vue de la fermeture des installations, à l'intérieur d'un bâtiment fermé ;
    - merlons et murs anti-bruit mis en place ou construits afin d'atténuer les émissions vers les zones sensibles.

Un **plan d'urgence interne**, précisant l'organisation, ainsi que les moyens matériels et humains pour la gestion de situations accidentelles est établi avant la mise en fonctionnement des installations. Des procédures sont mises en œuvre pour détecter les incidents et accidents, réagir et en tirer les enseignements ; elles sont incluses dans le SMI.

Au terme de l'analyse effectuée, considérant les mesures prises dans le cadre du projet, l'installation (telle que définie pour la présente analyse) répond aux attentes de ces documents de référence.

Conformément à l'article R. 593-94 du code de l'environnement, l'analyse est complétée par une proposition de meilleures techniques disponibles pour l'activité de stockage souterrain de déchets radioactifs.

Les MTD proposées visent à concevoir le centre de stockage Cigéo pour que l'homme et l'environnement soient protégés, à long terme, des radionucléides et des substances toxiques chimiques contenus dans les déchets radioactifs, sans qu'il soit nécessaire d'intervenir (sûreté passive).

Les propositions de MTD pour l'activité de stockage souterrain de déchets radioactifs du centre de stockage Cigéo sont :

- la protection de l'homme et de l'environnement à long terme repose sur le choix de la couche du Callovo-Oxfordien, qui joue un rôle central de cette protection. Elle présente en effet des caractéristiques favorables (faible perméabilité, rétention élevée, épaisseur…) à la limitation du transfert des radionucléides et substances toxiques chimiques depuis le stockage vers les formations géologiques su ou sous-jacentes de la couche du Callovo-Oxfordien, puis la biosphère ;
- la conception du stockage repose sur l'acquisition et la consolidation des connaissances relatives notamment au milieu géologique et à l'évaluation du comportement des composants ouvragés et de leurs interactions avec la couche du Callovo-Oxfordien ; elle intègre également des dispositions (architectures, composants ouvragés…) qui contribuent également à limiter la migration des radionucléides et des substances toxiques chimiques vers la biosphère ;
- les ouvrages de stockage sont implantés en profondeur (environ 500 mètres) dans la couche du Callovo-Oxfordien, dans une zone ne présentant pas de ressources souterraines exceptionnelles ou particulières, à l'écart des phénomènes de surface (en particulier l'érosion) et des actions humaines involontaires (chantiers routiers, constructions d'immeubles dont la profondeur est de quelques dizaines de mètres) ;
- dès la construction du centre de stockage Cigéo, un processus de préservation de la mémoire le plus longtemps possible (*a minima* 500 ans) est mis en place ;
- les procédés et techniques utilisés sont éprouvés ou mis en œuvre après des tests soit en laboratoire souterrain (en particulier le Laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne), soit en espace technologique en surface ;
- la performance, la robustesse et l'acceptabilité de l'impact sur la santé à long terme font l'objet d'une démarche itérative d'évaluation d'impact à long terme reconnue par les autorités nationales et les instances internationales (AIEA). Cette démarche permet de vérifier que les incidences sur la santé humaine à long terme liées aux quelques radionucléides qui parviendraient jusqu'aux points de prélèvements d'eau par l'homme (exutoires), évaluées de façon à représenter le fonctionnement attendu du stockage, restent inférieures à la valeur de référence fournie par le guide de sûreté de de 0,25 mSv/an et inférieure à la valeur réglementaire de 1 mSv/an fournie dans le code de la santé publique. La robustesse du système de stockage est vérifiée par la quantification de scénarios de déviation de l'évolution normale, liés par exemple au dysfonctionnement supposé d'un composant important (vérification des lignes de défense mises en place) ;
- l'Andra participe à des échanges, des programmes de R&D et d'innovation scientifiques et technologiques sur les connaissances scientifiques et technologiques, et sur la sûreté en particulier à l'international ;
- afin de permettre aux générations successives, soit de poursuivre la construction puis l'exploitation des tranches successives d'un stockage, soit de réévaluer les choix définis antérieurement et de faire évoluer les solutions de gestion, les différentes composantes de la « réversibilité » sont mises en œuvre.

18

Incidences du projet global Cigéo pendant la phase de démantèlement et de fermeture et incidences du stockage après fermeture définitive

18.1 Opérations de démantèlement et de fermeture 24
18.2 Stockage après fermeture définitive 32

Pour garantir la mise en sécurité des déchets stockés sur de très longues périodes, les ouvrages souterrains sont remblayés et scellés.

Tel que précisé dans l'article L. 593-7, l'autorisation de création l'INB Cigéo « *ne peut être délivrée que si, compte tenu des connaissances scientifiques et techniques du moment, l'exploitant démontre que les dispositions techniques ou d'organisation prises ou envisagées aux stades de la conception, de la construction et de l'exploitation* ***ainsi que les principes généraux proposés pour le démantèlement ou, pour les installations de stockage de déchets radioactifs, pour leur entretien et leur surveillance après leur fermeture*** *sont de nature à prévenir ou à limiter de manière suffisante les risques ou inconvénients que l'installation présente pour les intérêts mentionnés à l'article L. 593-1* ».

L'article L. 542-1-1 du code de l'environnement définit la fermeture d'une installation de stockage de déchets radioactifs comme « *l'achèvement de toutes les opérations consécutives au dépôt de déchets radioactifs dans l'installation, y compris les derniers ouvrages, ou autres travaux requis pour assurer, à long terme, la maîtrise des risques et inconvénients que l'installation présente pour les intérêts mentionnés à l'article L. 593-1* ».

L'article L. 593-31 du code de l'environnement précise que :

- « *1° L'arrêt définitif de fonctionnement est défini comme étant l'arrêt définitif de réception de nouveaux déchets ;*
- *2° Le démantèlement s'entend comme l'ensemble des opérations préparatoires à la fermeture de l'installation réalisées après l'arrêt définitif, ainsi que cette fermeture ;*
- *3° Les prescriptions applicables à la phase postérieure à la fermeture de l'installation, qualifiée de phase de surveillance, sont définies par le décret mentionné à l'article L. 593-28* [c'est-à-dire celui autorisant le démantèlement de l'INB] *et par l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection ;*
- *4° Le déclassement peut être décidé lorsque l'installation est passée en phase de surveillance* ».

Au moment de la préparation de ces opérations, une étude d'impact sera réalisée.

En effet, lorsqu'une installation nucléaire de base arrête de fonctionner, celle-ci doit être démantelée (article L. 593-25 du code de l'environnement). Son arrêt définitif est précédé d'une déclaration, qui entraîne la mise à jour du plan de démantèlement, elle-même suivie de l'envoi au ministre chargé de la sûreté nucléaire d'un dossier de demande de décret de démantèlement (article L. 593-27 du code de l'environnement).

Ce dossier comprend notamment une étude d'impact, dont le contenu concerne l'état du site avant le démantèlement et à l'impact des opérations de démantèlement et présentant, notamment, les modalités envisagées pour optimiser la gestion des déchets et l'élimination des déchets radioactifs ultimes issus du démantèlement (article R. 593-67 du code de l'environnement).

Dans le cas spécifique des installations de stockage de déchets radioactifs, le contenu de l'étude d'impact, qui va de pair avec la mise à jour du plan de démantèlement, de fermeture et de surveillance (PDFS) (18) [2], établi dès la demande d'autorisation de création, conformément à l'article R. 593-16 du code de l'environnement qui présente « *les principes d'ordre méthodologique et les étapes envisagées pour le démantèlement de l'installation »,* est adapté et appliqué aux opérations de démantèlement, y compris la fermeture, à la phase de surveillance et pour le long terme (article R. 593-75 du code de l'environnement).

[2] Le PDFS est une des pièces constitutives du dossier de demande d'autorisation de création (DAC) (pièce 13) et présente les principes méthodologiques, les étapes et les délais envisagés pour le démantèlement des parties de l'installation qui ne seront plus nécessaires à l'exploitation du stockage, pour la fermeture et pour la surveillance de l'installation ainsi que ceux applicables à la remise en état et à la surveillance ultérieure du site (18).

18.1 Opérations de démantèlement et de fermeture

Au terme de la phase de fonctionnement, l'ensemble des installations du centre de stockage Cigéo seront mises à l'arrêt définitif et démantelées. L'installation souterraine sera par ailleurs progressivement fermée.

Le démantèlement devra être autorisé par un décret (article L. 593-28 du code de l'environnement) et seule une loi pourra autoriser la fermeture définitive du centre de stockage Cigéo (article L. 541-10-1 du code de l'environnement).

18.1.1 Description des principales opérations de démantèlement des installations de surface

L'étape de démantèlement a pour objet l'évacuation de toute substance dangereuse ou radioactive du site, la découpe et le démontage des équipements. Elle est suivie d'une étape de déconstruction des installations de surface, des voiries et réseaux, etc., qui ne sont pas nécessaires aux activités de surveillance ultérieures après fermeture et à la mémoire du site.

Dès la fin de l'exploitation du quartier de stockage MA-VL, le bâtiment nucléaire de surface EP1 fait l'objet d'une première étape de démantèlement.

Dans un premier temps, le zonage de déchets du bâtiment est mis à jour afin de redéfinir la limite entre zones à production de déchets nucléaires et zones à déchets conventionnels, l'objectif étant une optimisation de la gestion des déchets.

Les opérations de démantèlement comprennent principalement deux types d'activités :

- le démantèlement des équipements activés ou contaminés (équipements situés dans les zones à production possible de déchets nucléaires (ZppDN[3]) et la gestion des flux de déchets induits correspondants (collecte, mesures radiologiques, tri, traitement et conditionnement pour évacuation vers les exutoires appropriés) ;
- l'assainissement des structures en béton activées ou contaminées. Les objectifs de cette phase, pour chaque périmètre, sont l'assainissement final du périmètre concerné en vue du déclassement des locaux en zone non réglementée avec un zonage à déchets conventionnels et l'évacuation des déchets produits au cours des opérations d'assainissement.

Pour ce qui concerne la déconstruction des bâtiments de surface (opérations illustrées par la figure 18-1), cela consiste à déconstruire :

- le génie civil et le second œuvre : les cuvelages de cellule, les hublots, les trappes métalliques, les portes blindées, les escaliers, les structures de soutien, les portes d'accès, les rails... ;
- les éventuels équipements de manutention maintenus pour les besoins de déconstruction ;
- les réseaux d'alimentation : les réseaux électriques, les réseaux fluides et utilités et, le cas échéant, les réseaux enterrés ;
- la ventilation nucléaire.

[3] Les « zones à production possible de déchets nucléaires » (ZppDN) sont les zones où sont produits des déchets contaminés, activés ou susceptibles de l'être. Les déchets produits dans ces zones doivent faire l'objet d'une gestion spécifique et renforcée, dans des filières dédiées, autorisées à cet effet.

Cette déconstruction concerne également les ouvrages de caractérisation et de surveillance environnementale pérenne qui sont alors déposés, démolis, et pour lesquels les terrains sont remis en état. Certains ouvrages peuvent être maintenus pour assurer le suivi post-fermeture en fonction des résultats de l'instruction du dossier de demande de fermeture et de passage en phase de surveillance.

Les équipements des forages sont alors retirés et les forages rebouchés par un bouchon de ciment.

Les dalles bétons d'accueil des équipements et matériels sont également éventuellement détruites, la grave non traité (GNT) mise en place décapée et les terres stockées en merlon autour des plateformes remises en place et revégétalisées, et les clôtures déposées.

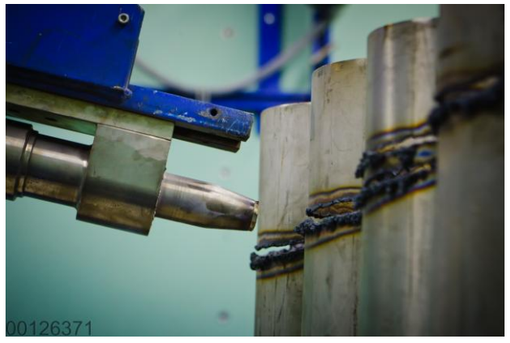


Figure 18-1 Illustration de technologie de découpe de métal

Les technologies associées à la démolition auront probablement évolué lorsque le démantèlement sera autorisé après la phase de fonctionnement.

Sont actuellement couramment utilisés pour des opérations de déconstruction, des pelles, des brises-roches hydrauliques, des marteaux-piqueurs hydrauliques, des cisailles à béton, des grappins hydrauliques de démolition et de tri... (cf. Figure 18-2).



Figure 18-2 Photographie d'opération de démolition (CEA de Grenoble) (19)

18.1.2 Description des principales opérations de fermeture de l'installation souterraine

Préalablement à la fermeture définitive, des premières opérations dites de fermeture « partielle », zone de stockage par zone de stockage, sont réalisées. En pratique, les opérations de fermeture partielle consistent au démontage des équipements d'exploitation et à la construction d'ouvrages, complémentaires de la barrière géologique, pour assurer le bon fonctionnement du stockage après sa fermeture définitive.

L'Installation souterraine est donc conçue pour que ces opérations de fermeture puissent être réalisées selon la stratégie de fermeture retenue. En fonction du choix qui sera retenu le moment venu, l'engagement de ces étapes de fermeture fera l'objet d'une procédure d'autorisation adaptée tenant compte des objectifs poursuivis de sûreté en exploitation et à long terme après fermeture, et de l'évolution des besoins industriels.

Avant le début des étapes de fermeture d'un alvéole de stockage MA-VL ou d'un alvéole de stockage HA, des opérations préalables sont menées. Pour l'alvéole de stockage MA-VL, un mur de radioprotection composé d'un ensemble de blocs de radioprotection préfabriqués est mis en place par couche au fur et à mesure du remplissage des couches de colis dans l'alvéole. Une fois l'alvéole de stockage MA-VL rempli, les équipements d'alvéole MA-VL non nécessaires pour l'exploitation de l'alvéole et qui ne nécessitent pas de maintenance sont mis en veille en attendant le début de la fermeture. Pour l'alvéole HA, dès la fin de son remplissage, un bouchon de fermeture assurant également une fonction de radioprotection pendant l'exploitation est inséré dans l'alvéole. Une fois ces opérations préalables réalisées, les étapes de fermeture définitive prévues peuvent être résumées de la façon suivante :

- étape 1 : obturation de l'alvéole, ce qui l'isole de sa galerie d'accès ;
- étape 2 : fermeture de la galerie d'accès à l'alvéole ;
- étape 3 : fermeture des galeries de liaison ;
- étape 4 : fermeture des zones de soutien logistique[4] et des Liaisons surface-fond[5]. À la fin de cette étape, le stockage est fermé.

À l'issue de cette étape de fermeture définitive, la couche de Callovo-Oxfordien et les ouvrages souterrains remblayés et scellés permettent d'assurer la protection des personnes et de l'environnement des substances radioactives et des toxiques chimiques contenus dans les déchets radioactifs, de façon passive, c'est-à-dire, sans nécessiter de dispositifs actifs (ventilation des ouvrages souterrains) ou d'intervention humaine (opérations de maintenance d'équipements…).

18.1.2.1 Obturation des alvéoles MA-VL et fermeture du quartier de stockage MA-VL

Au fur et à mesure du remplissage de l'alvéole MA-VL, une protection radiologique est placée à l'intérieur de l'alvéole au plus près des colis stockés. Cette protection prend la forme d'un « mur de radioprotection » (cf. Figure 18-3).

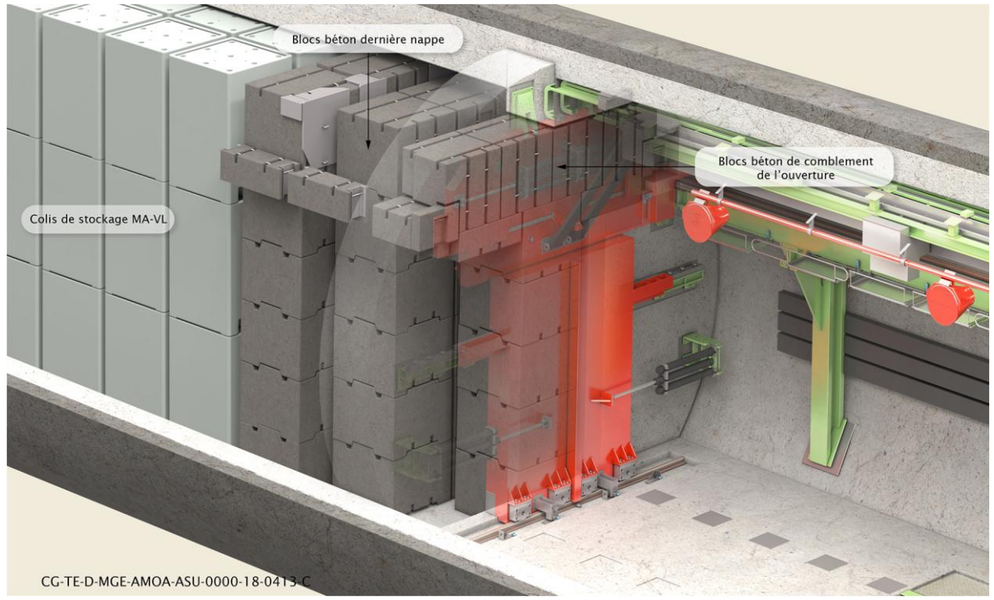


Figure 18-3 *Blocs de béton constituant le mur de radioprotection mis en place au niveau des alvéoles MA-VL*

Les équipements de manutention des colis et d'exploitation sont déposés et une ventilation provisoire pour les travaux de fermeture est mise en place.

Les galeries d'accès, puis toutes les galeries de liaison (et leurs recoupes) jusqu'à leur dernier scellement (inclus) avant les zones de soutien logistique sont déséquipées puis remblayées à l'exception des tronçons occupés par les scellements et les alvéoles de stockage de colis de déchets. Le remblayage se fait essentiellement avec les déblais du creusement, en particulier des déblais d'argilites du Callovo-Oxfordien excavées. Le but du remblayage est de s'opposer à la convergence résiduelle des ouvrages et de diminuer ainsi l'endommagement du terrain à long terme, notamment à partir du moment où le revêtement n'est plus en mesure de soutenir l'excavation. Les déblais, déposés en verses en surface (sur la zone puits) au moment des creusements, font alors l'objet d'un traitement préalable pour permettre leur compactage et leur mise en place.

Les équipements susceptibles de constituer des déchets sont laissés en place sous réserve d'une évaluation :

- qu'ils ne génèrent pas de volume de vide résiduel supplémentaire ;
- que les surfaces et les masses d'acier correspondantes ne constituent pas une source significative d'hydrogène par corrosion anoxique en regard de celle des alvéoles desservis par les galeries concernées.

Les équipements volumineux retirés sont quant à eux acheminés vers la surface par la descenderie de service et ensuite traités. Les petits déchets produits durant les opérations de fermeture (gants, outils usagés…) sont conditionnés sur place puis envoyés vers le local déchets d'exploitation de la zone de soutien logistique avant d'être acheminés vers la surface par la descenderie de service.

[4] Les zones de soutien logistique (ZSL) constituent l'interface entre les liaisons surface-fond et l'installation souterraine

[5] Les liaisons surface-fond (LSF) permettent de relier les installations de surface à l'installation souterraine. Celles-ci sont constituées des descenderies, des puits verticaux et d'éventuels forages d'utilité.

Des scellements sont mis en place, localement dans les galeries de liaison pour fermer les quartiers de stockage après remblayage des galeries. Des concepts de scellements, constitués d'un noyau à base d'argile gonflantes et d'un dispositif de confinement de ce noyau (cf. Figure 18-4) sont d'ores et déjà étudiés et testés (*e.g.* Essai FSS (*Full Scale Sealing*)) de fabrication et de mise en place d'un noyau de scellement, cf. Figure 18-5).

Ces ouvrages font l'objet d'un démonstrateur dans la zone de soutien logistique du centre de stockage Cigéo.

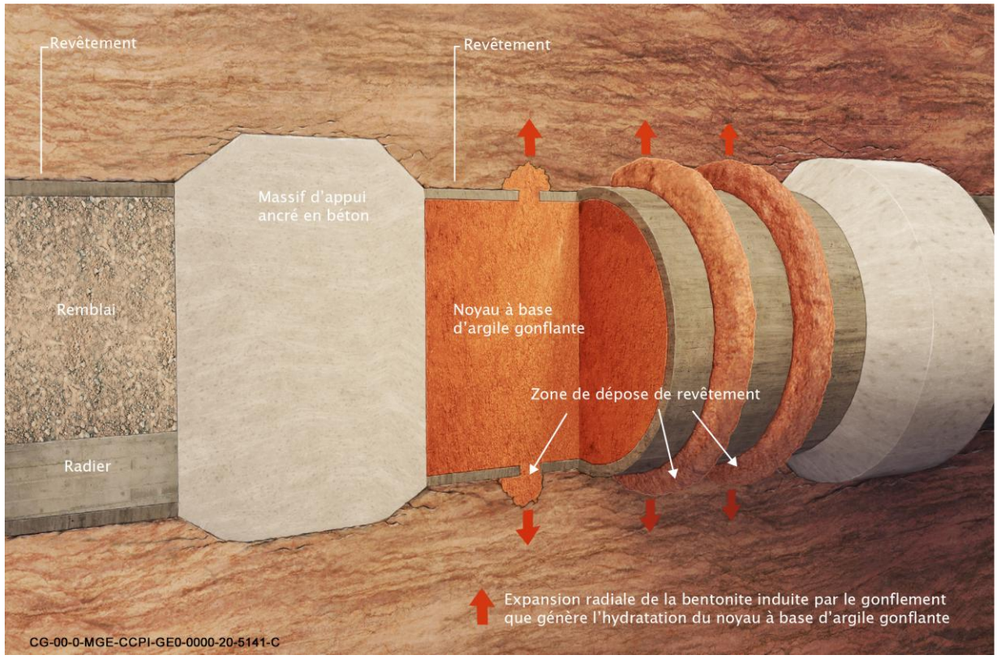


Figure 18-4 *Schéma de principe illustratif d'un scellement de galerie de liaison – Vue en écorché*



Figure 18-5 *Photographies d'essais de réalisation d'un scellement de galerie, notamment FSS (FULL SCALE SEALING) – démonstrateur à caractère technologique en surface à Saint-Dizier (dép. 52)*

18.1.2.2 Quartier pilote HA et quartier de stockage HA

Dès la fin du remplissage d'un alvéole, les éléments du bouchon de fermeture sont insérés dans l'alvéole (cf. Figure 18-6). Les éléments du « bouchon d'alvéole HA » sont, à ce stade, des éléments préfabriqués sous forme de conteneurs métalliques, à ouverture différée, remplis d'un matériau argileux destiné à obturer par gonflement la tête de l'alvéole HA, après la fermeture du stockage et avec sa restauration naturelle.

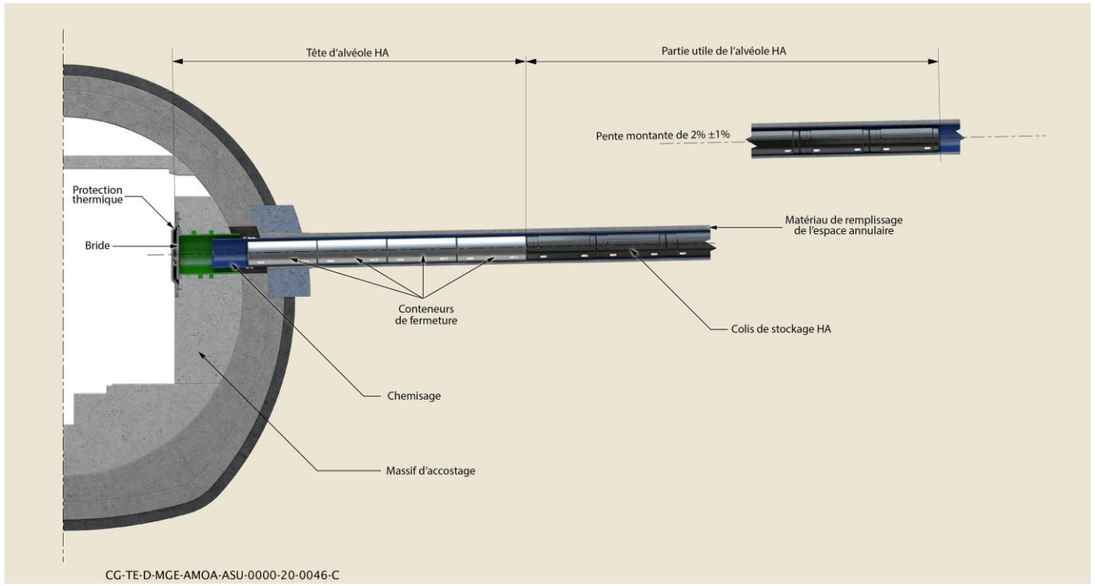


Figure 18-6 Schéma de principe d'un alvéole HA en attente de fermeture

Les équipements situés hors des zones de scellement susceptibles de constituer des déchets sont laissés en place sous réserve d'une évaluation, :

- qu'ils ne génèrent pas de volume de vide résiduel supplémentaire ;
- que les surfaces et les masses d'acier correspondantes ne constituent pas une source significative d'hydrogène par corrosion anoxique en regard de celle des alvéoles desservis par les galeries concernées.

Les équipements volumineux retirés sont quant à eux acheminés vers la surface par la descenderie de service et ensuite traités. Les petits déchets produits durant les opérations de fermeture (gants, outils usagés…) sont conditionnés sur place puis envoyés vers le local déchets exploitation de la zone de soutien logistique avant d'être acheminés vers la surface par la descenderie de service. Durant cette étape, tous les équipements situés en zone de scellement sont quant à eux systématiquement enlevés.

La galerie d'accès HA est remblayée intégralement par un matériau composé essentiellement d'argilites issues des verses vives, avec toutefois possibilité d'ajout d'autres matériaux ou d'additifs en quantités limitées.

Avant la fermeture de la galerie d'accès HA, une plaque de protection ainsi qu'un avertisseur sont positionnés devant les têtes d'alvéoles. Ces dispositions sont destinées à permettre de retrouver aisément le positionnement des alvéoles et ne pas abîmer les têtes d'alvéoles ainsi que les connexions des instruments lors des travaux de réouvertures si une opération de récupération des colis après fermeture était décidée.

Les chantiers de fermeture ne sont pas réalisés simultanément pour l'ensemble des galeries d'accès du quartier de stockage HA. Ces travaux sont réalisés de manière séquencée.

La fermeture de la zone de stockage HA comprend l'arrêt par tronçons successifs de la ventilation des galeries de liaison exploitation et évacuation/secours et des différentes recoupes. Elle comprend leur remblayage ainsi que la réalisation des scellements prévus dans ces ouvrages.

Dans la même logique que pour le quartier de stockage MA-VL, les galeries de liaison sont fermées par tronçons en commençant par le nord du quartier.

De la même façon que pour la fermeture du quartier de stockage MA-VL, dans les zones de mise en œuvre de scellement, le radier est enlevé et certaines zones du revêtement sont déposées aux endroits où le noyau gonflant doit être mis en contact avec les argilites du Callovo-Oxfordien.

Les scellements de la zone de stockage HA sont construits au fur et à mesure des opérations de remblayage. Le remblayage est réalisé par un matériau composé essentiellement d'argilites issues des verses vives.

18.1.2.3 Zones de soutien logistique

Lorsque toutes les galeries des quartiers de stockage HA et MA-VL ont été remblayées et les différents scellements réalisés, les zones de soutien logistique exploitation et travaux sont intégralement remblayées.

Ce remblayage est réalisé selon des techniques analogues à celles utilisées pour le remblayage des galeries des différentes zones de stockage et avec des matériaux identiques.

18.1.2.4 Liaisons surface-fond

Les liaisons surface-fond sont également remblayées et des scellements sont mis en place au niveau de l'unité silto-carbonatée (USC), voire de l'unité transition (UT) des argilites du Callovo-Oxfordien, de manière à tirer profit des caractéristiques mécaniques favorables de la roche au droit de ces unités (cf. Figure 18-7 et figure 18-8). Ces scellements sont complétés par la construction des ouvrages de fermeture supplémentaires au droit du Kimméridgien qui sont utilisés pour limiter la circulation d'eau entre les différents niveaux transmissifs dans les calcaires de l'Oxfordien et le Tithonien (calcaires du Barrois).

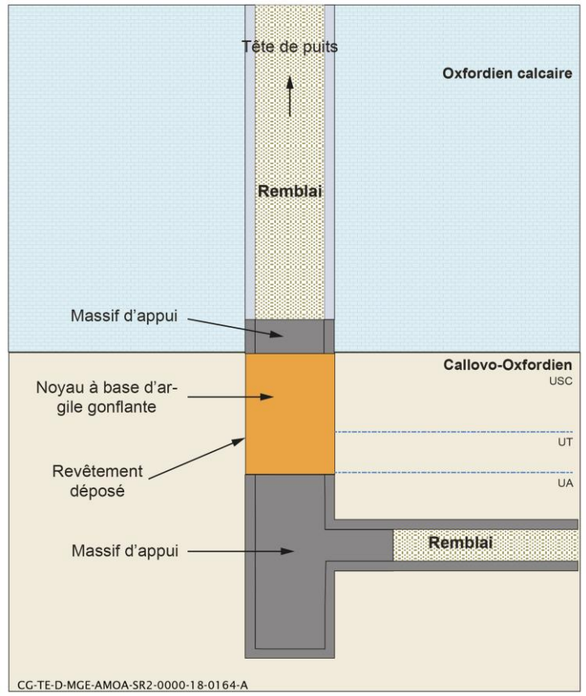


Figure 18-7 Principe de scellement d'un puits à titre illustratif

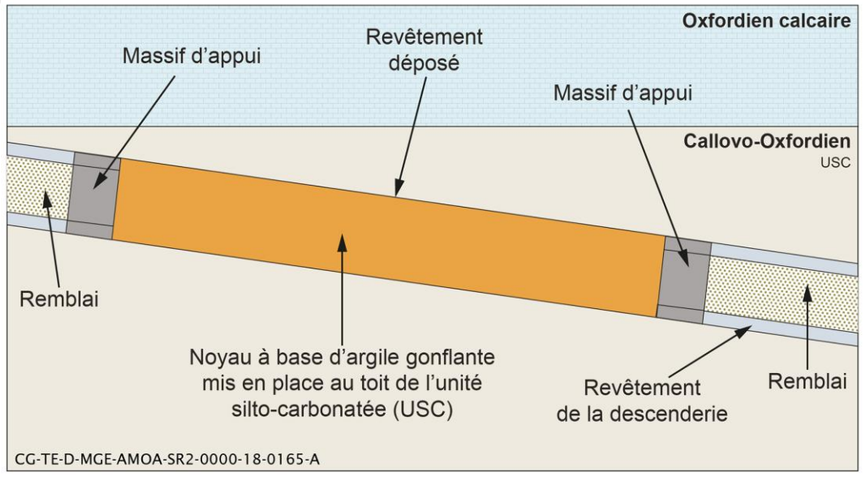


Figure 18-8 Principe de scellement en descenderie à titre illustratif

18.1.3 Échéancier envisagé

Le schéma de fermeture, proposé par l'Andra au stade de la demande d'autorisation de création (DAC), est d'obturer les alvéoles et de fermer les quartiers de stockage au même horizon temporel. Ces opérations pourraient être menées à différents stades du déploiement du stockage, pendant la phase de fonctionnement ou de démantèlement. La proposition de l'Andra consiste à fermer (cf. Figure 18-9Schéma de fermeture proposé par l'Andra au stade de la demande d'autorisation de création de l'INB Cigéo) :

- le quartier pilote HA à l'horizon 2080, après environ 30 ans de fonctionnement et de surveillance ;
- le quartier de stockage MA-VL à l'horizon 2100 à l'issue de son remplissage, après environ 50 ans de fonctionnement et environ 20 ans après la fermeture du quartier pilote HA ;
- le quartier de stockage HA à l'horizon 2150 à l'issue de son remplissage, après jusqu'à environ 70 ans de fonctionnement et environ 50 ans après la fermeture du quartier de stockage MA-VL.

La fermeture définitive est réalisée après fermeture de l'ensemble des quartiers de stockage (à l'horizon 2150) à condition que la loi l'autorisant soit votée.

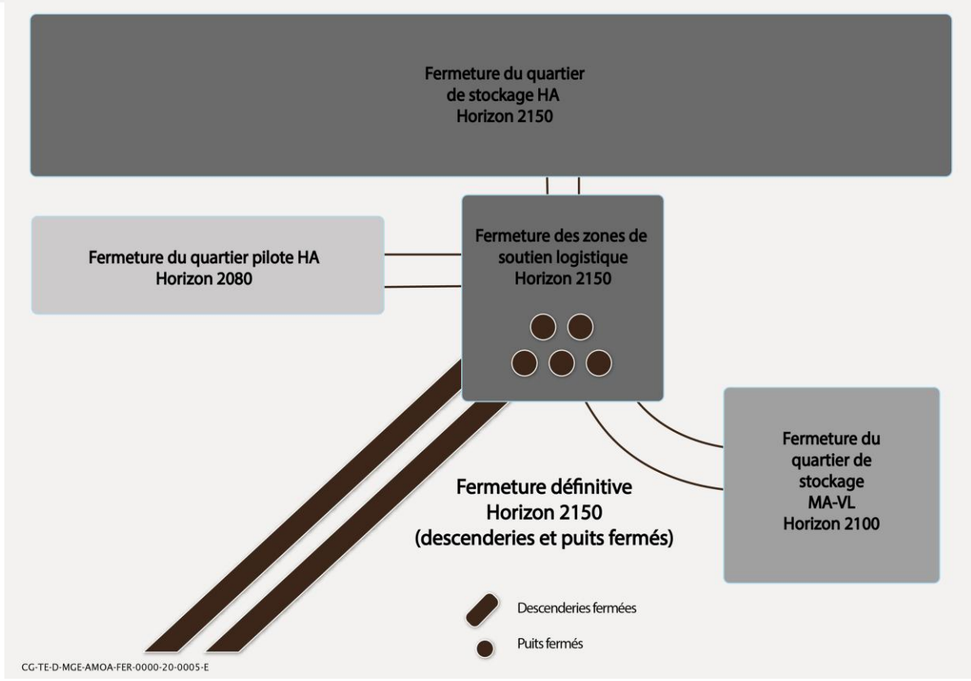


Figure 18-9 Schéma de fermeture proposé par l'Andra au stade de la demande d'autorisation de création de l'INB Cigéo

Le planning envisagé pour les opérations de démantèlement et de fermeture serait le suivant :

- la fermeture du quartier pilote HA est envisagée à l'horizon 2080 ;
- la fin de l'exploitation du bâtiment nucléaire de surface « EP1 » correspond à la fin des opérations de remplissage du quartier de stockage MA-VL et intervient à l'horizon 2100. Le démantèlement des installations/ouvrages liés à son exploitation est alors engagé conformément aux recommandations du guide n° 6 de l'ASN (20). La déconstruction d'EP1 est réalisée en parallèle à la déconstruction du bâtiment nucléaire de surface EP2, à l'horizon 2150 ;
- le démantèlement des ouvrages liés aux travaux de creusement est engagé dès la fin du creusement du dernier sous-quartier du quartier de stockage HA, à l'horizon 2130 ;
- la fermeture du quartier de stockage HA est réalisée à l'issue de son remplissage, à l'horizon 2150 ;
- à l'horizon 2150 :
  - ✓ le démantèlement des ouvrages et équipements liés à l'exploitation de l'INB et jugés non nécessaires pour les étapes de démantèlement ultérieures est engagé, conformément aux recommandations du guide n° 6 de l'ASN. À titre illustratif les ouvrages de maintenance sont démantelés ;
  - ✓ à la suite son démantèlement, le bâtiment nucléaire de surface EP2 est déconstruit. Les ouvrages liés à son exploitation (postes de garde, clôtures, sous-station électrique associée) sont également déconstruits ;
  - ✓ à la fin de la fermeture du dernier sous-quartier du quartier de stockage HA, la déconstruction des ouvrages en support à la fermeture des alvéoles est engagée ;
  - ✓ à la fin de la fermeture des ouvrages souterrains jusqu'aux liaisons surface-fond, les ouvrages de surface associés aux opérations de fermeture (têtes de descenderies et émergences de puits notamment) sont démantelés ;
  - ✓ le démantèlement des derniers ouvrages (quelques ouvrages utilités) est ensuite engagé.

18.1.4 Incidences potentielles

Les opérations de démantèlement et de fermeture n'étant, à ce stade, pas déterminées avec précision et de façon définitive, les incidences anticipées présentées dans le présent chapitre le sont à titre indicatif.

Les incidences potentielles et notables sont liées :

- aux émissions de poussières ;
- à la modification de l'occupation du sol et du paysage ;
- aux rejets d'eau dans le milieu ;
- aux trafics routiers ;
- à la production de déchets conventionnels et radioactifs ;
- aux émissions sonores ;
- aux émissions de vibrations ;
- aux consommations en eau et énergie.

D'après le retour d'expériences des opérations de démantèlement d'installations nucléaires, celles-ci pourraient s'étaler sur plusieurs dizaines d'années.

Le devenir des autres installations et infrastructures associées au centre de stockage Cigéo alimentation électrique, adduction en eau, déviation route départementale D60/960, ligne ferroviaire 27000) sera étudié en lien avec les besoins du territoire, à ce moment.

Les incidences liées aux autres installations et infrastructures associées au centre de stockage Cigéo sont considérées comme similaires à celles des phases précédentes et sont non notables. L'opération d'expédition et de transport des colis de déchets radioactifs est terminée.

Le tableau 18-1 synthétise les incidences potentielles du projet global Cigéo :

Tableau 18-1 *Incidences potentielles du projet global Cigéo pendant la phase de démantèlement et de fermeture*

Effets potentiels	Centre de stockage Cigéo	Alimentation électrique	Adduction d'eau	Mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000	Déviation de la route départementale D60/960	Expédition et transport des colis de déchets radioactifs
Émissions de poussières						
Modification de l'occupation du sol et du paysage						
Rejet d'eau dans le milieu						
Production de déchets conventionnels et radioactifs						
Trafics routiers						
Émissions sonores et vibrations						
Consommations en eau et énergie						

En orange : incidence potentielle notable ; en bleu : incidence potentielle non notable ; en gris : opération non concernée par l'incidence évoquée

Compte tenu des travaux envisagés pendant la phase de démantèlement et de fermeture, seules les incidences potentielles du centre de stockage Cigéo sont notables.

18.1.5 Mesures d'évitement et de réduction

Compte tenu des évolutions technologiques, les mesures actuellement prévues seront affinées afin de réduire les incidences sur l'homme et l'environnement.

18.1.5.1 Émissions de poussières, sonores, vibrations et circulation

Les mesures prises lors des phases d'aménagements préalables et de construction initiale peuvent être mises en œuvre :

- transport d'une partie des matériaux issus du démantèlement et de la déconstruction par le convoyeur semi-enterré afin de réduire les transports par véhicule ;
- dispositifs d'arrosage afin de réduire les émissions de poussières dans l'air ;
- capotage des engins, limitation de la vitesse des véhicules, entretien des installations et engins, sensibilisation du personnel du chantier, etc. afin de réduire les autres types de nuisances.

18.1.5.2 Rejets d'eau dans le milieu

Les différents dispositifs de gestion des eaux (réseaux, bassins qualitatifs et quantitatifs) sont maintenus jusqu'à la fin du chantier de démantèlement et de fermeture pour assurer la gestion et le suivi des écoulements, y compris en cas de pollutions accidentelles.

18.1.5.3 Modification de l'occupation des sols et du paysage

Les aménagements paysagers (ouest, nord et est), les bandes boisées et les différents masques de végétaux sont maintenus afin de limiter la visibilité du chantier.

18.1.5.4 Production de déchets conventionnels et radioactifs

Les mesures prises lors des phases d'aménagements préalables, de construction initiale et de fonctionnement peuvent être mises en œuvre.

Les verses dites « vives », correspondant à environ 40 % du volume total de Callovo-Oxfordien excavé, servent, après leur traitement, de matériau de remblai pour l'obturation et la fermeture définitive des alvéoles de stockage, des galeries de l'installation souterraine, des zones de soutien logistique, des quartiers de stockage puis des liaisons surface-fond, à l'issue du fonctionnement du centre de stockage Cigéo.

Une partie du béton issu de la démolition peut être utilisée sur le site pour le remblayage des espaces et les mises à niveau des terrains. Les matériaux et matériels sont triés et orientés vers des filières de traitement favorisant le recyclage et la valorisation.

Dans l'installation nucléaire, une distinction est faite entre les zones dites « à production possible de déchets nucléaires », et les zones dites « conventionnelles ». Après arrêt définitif, et préalablement au démantèlement, un état radiologique des équipements et des locaux est réalisé à l'aide de dispositifs spécifiques (cf. Figure 18-10), afin d'identifier les éventuelles opérations d'assainissement nécessaires et les natures des déchets qui peuvent être générés.



Figure 18-10 Illustration de dispositif de cartographie radiologique

Le nombre de zones générant potentiellement des déchets nucléaires est limité. En effet, pendant la phase fonctionnement, les colis réceptionnés sur le centre de stockage Cigéo ont un niveau de contamination très limité à l'arrivée (cf. Chapitre 11 du volume IV de la présente étude d'impact).

De plus, pour ces zones, des revêtements décontaminables sont mis en place sur les sols et les parois et de la peinture décontaminable est utilisée sur les équipements.

Les équipements non nécessaires au fonctionnement de l'installation nucléaire sont localisés en dehors de telles zones.

Différentes techniques d'assainissement et de décontamination sont actuellement disponibles et peuvent être utilisées. Ces techniques pourront évoluer d'ici ce démantèlement, notamment en intégrant le retour d'expérience des démantèlements des autres installations nucléaires.

Les déchets radioactifs générés sont en grande majorité de très faible activité, et potentiellement en quantité limitée, de faible à moyenne activité. Ils sont évacués vers une filière appropriée pour être soit traités et si possible valorisés (centre d'incinération, atelier de découpe, etc.), soit stockés définitivement en centres de stockage de déchets radioactifs adaptés à leur nature et activité radiologique.

18.1.5.5 Consommations en eau et en énergie

Les mesures prises lors des phases précédentes sont mises en œuvre, en particulier celles permettant de limiter et de suivre les consommations.

Les besoins en eau et énergie pour cette phase ne nécessitent pas de modification des infrastructures desservant le site et utilisées lors des phases précédentes.

18.1.6 Incidences résiduelles

18.1.6.1 Émissions de poussières

L'émission de poussières lors du chantier de démantèlement est induite en particulier par la démolition des ouvrages de génie civil, les opérations de découpe de béton, les opérations de concassage et la circulation des engins.

Lors des opérations de fermeture, l'émission de poussières est principalement générée par la reprise et le transport des matériaux. En effet, de l'ordre de 40 % des matériaux extraits lors du creusement de l'installation souterraine, constituant les verses vives, sont retirés de la zone puits pour être réutilisés pour le remblayage de l'installation souterraine.

Les poussières émises par l'ensemble de ces opérations de démantèlement et de fermeture sont donc principalement des poussières de béton, de métaux, de bois et des poussières minérales.

Les incidences résiduelles sont de même nature que celles des opérations de construction.

18.1.6.2 Modification de l'occupation des sols et du paysage

Le paysage est modifié par la disparition des bâtiments et des émergences en surface dans la zone descenderie et la zone puits. La reprise des matériaux (argilites) pour la fermeture de l'installation souterraine entraîne également une évolution de la topographie de la zone de dépôt des verses et du couvert végétal.

À l'issue des opérations de démantèlement et de fermeture, la zone descenderie et la zone puits pourront faire l'objet d'un réaménagement paysager. Ce réaménagement sera l'opportunité de rechercher une incidence résiduelle positive sur le paysage, le cadre de vie et la biodiversité. Il fera l'objet d'échanges dans le cadre de la gouvernance du projet.

18.1.6.3 Rejets d'eau dans le milieu

Les opérations de démantèlement et de fermeture peuvent modifier l'état du sol en le rendant plus perméable que lors du fonctionnement du site, notamment lorsque les bâtiments et revêtements routiers sont retirés.

Les différents dispositifs de gestion des eaux (réseaux, bassins qualitatifs et quantitatifs) étant maintenus jusqu'à la fin du chantier de démantèlement et de fermeture, les incidences résiduelles sont de même nature que celles en phase de fonctionnement.

18.1.6.4 Circulation

L'opération d'expédition et du transport des colis de déchets radioactifs est terminée.

Les opérations de démantèlement et de fermeture entraînent une augmentation de la circulation par rapport à la fin de la phase de fonctionnement. Les circulations sont toutefois inférieures à celles en phase d'aménagements préalables et de construction initiale.

Les incidences résiduelles sont de même nature que celles de la phase d'aménagement préalable et de construction initiale.

18.1.6.5 Production de déchets conventionnels et radioactifs

Le démantèlement et la fermeture des installations, principalement la déconstruction des bâtiments en surface génère une quantité importante de matériaux (principalement des gravats de béton de génie civil et des déchets métalliques) et de matériels.

Le démantèlement des locaux de l'installation de surface ayant contenu des colis de déchets est à l'origine de la production de déchets radioactifs (écroutage du béton du génie civil sur quelques millimètres, équipements de manutention des colis de déchets radioactifs…). Les équipements et les zones dans lesquelles ont circulé des colis de déchets radioactifs peuvent être contaminés superficiellement. Ces déchets peuvent être de très faible à moyenne activité.

Cette phase de démantèlement et de fermeture est à l'origine d'une production notable de déchets, de l'ordre de 1,5 millions de tonnes dont 8 000 tonnes de déchets radioactifs estimées à ce stade.

18.1.6.6 Émissions de bruit et de vibrations

Les engins utilisés, en particulier ceux utilisés pour la démolition du génie civil des installations de surface et pour les opérations de fermeture de l'installation souterraine engendrent du bruit et des vibrations au niveau de la zone descenderie et de la zone puits.

Les incidences résiduelles sont de même nature que celles des opérations de construction.

18.1.6.7 Besoins en eau et en énergie

Les opérations de démantèlement et de fermeture entraînent une augmentation de la consommation en eau et en énergie par rapport à la fin de la phase de fonctionnement. Les besoins sont toutefois inférieurs à ceux des opérations de construction initiale du génie civil. Les incidences résiduelles sont de même nature que celles des opérations de construction.

18.1.7 Synthèse des incidences et mesures des opérations de démantèlement et fermeture

Au terme de la phase de fonctionnement, l'ensemble des installations de surface du centre de stockage Cigéo seront mises à l'arrêt définitif et démantelées. L'installation souterraine sera par ailleurs progressivement fermée. Le démantèlement devra être autorisé par un décret et seule une loi pourra autoriser la fermeture définitive du centre de stockage Cigéo.

Les principales incidences seront liées aux nuisances associées à ces opérations, telles que le bruit et les vibrations, ainsi que les quantités de déchets générés, principalement des déchets conventionnels et des poussières induites par les travaux de démolition et les mouvements de terre.

Compte tenu des évolutions technologiques, les mesures actuellement prévues seront affinées afin de réduire les incidences sur l'homme et l'environnement.

Les verses dites « vives », correspondant à environ 40 % du volume total de Callovo-Oxfordien excavé, servent, après leur traitement, de matériau de remblai pour l'obturation et la fermeture définitive des alvéoles de stockage, des galeries de l'installation souterraine, des zones de soutien logistique, des quartiers de stockage puis des liaisons surface-fond, à l'issue du fonctionnement du centre de stockage Cigéo.

La topographie au niveau de la zone des verses sera modifiée à la suite de leur reprise pour la fermeture de l'installation souterraine, ainsi que des puits et des descenderies. Les bâtiments, en particulier les émergences, disparaitront. Toutefois, compte tenu des dispositions prises pour l'intégration paysagère dès la construction, le paysage sera faiblement impacté par ces opérations. Les aménagements à l'issue des opérations de démantèlement et de fermeture seront l'opportunité de rechercher un impact positif sur le paysage, le cadre de vie et la biodiversité en concertation avec les besoins qui seront alors exprimés par le territoire.

Les incidences résiduelles lors des opérations de démantèlement et de fermeture sont du même niveau que lors des opérations de construction, hormis la production notable de déchets durant cette phase.

18.2 Stockage après fermeture définitive

Le centre de stockage Cigéo est conçu pour être fermé à la fin de sa phase de fonctionnement afin de protéger durablement l'homme et l'environnement sans nécessiter d'interventions humaines ultérieures. La sûreté est assurée de façon passive, c'est-à-dire que l'homme et l'environnement sont protégés des éléments radioactifs et des substances chimiques toxiques contenus dans les déchets radioactifs, sans qu'il soit nécessaire d'intervenir. La protection de l'homme et de l'environnement à long terme repose sur la couche du Callovo-Oxfordien, qui joue un rôle central de cette protection, par des dispositifs ouvragés de fermeture tels que, notamment, les scellements, des liaisons surface-fond et de galerie qui s'opposent aux écoulements au sein des ouvrages souterrains.

L'installation souterraine et de la roche hôte le Callovo-Oxfordien constituent le système de stockage en phase après-fermeture.

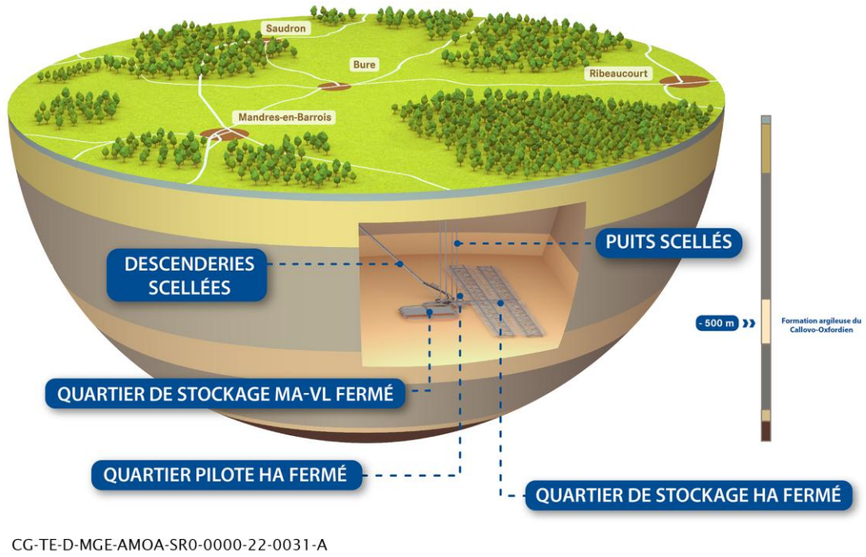


Figure 18-11 Illustration du centre de stockage Cigéo après fermeture

Après la décision d'autorisation de fermeture, l'INB Cigéo passe en phase de surveillance. La surveillance de l'environnement au cours de la phase de surveillance consiste à vérifier l'absence de contamination en s'appuyant notamment sur la surveillance de la qualité des eaux superficielles et de la qualité de l'air. D'une façon générale, elle s'inscrit dans la continuité de la surveillance de l'environnement mise en place au cours du fonctionnement de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo. Son ampleur sera adaptée à cette phase en intégrant l'ensemble des réglementations qui seront alors en vigueur. Sa durée n'est pas fixée à ce jour mais pourrait couvrir plusieurs siècles, à l'instar de ce qui est prévu pour les centres de stockage de surface. Les modalités de surveillance sont présentées au chapitre 18.2.4 du présent volume.

Après la décision de déclassement de l'INB Cigéo commence la phase de « post surveillance » marquant la fin des activités de surveillance. Seuls des dispositifs de maintien de la mémoire du stockage perdureront le plus longtemps possible. Par définition, elle n'a pas de fin. Elle correspond à la perspective temporelle visée par l'objectif de mise en sécurité définitive des déchets radioactifs fixé par le code de l'environnement. Cette notion est utilisée notamment dans les évaluations de sûreté. Elle permet de caractériser les impacts radiologiques et chimiques à très long terme après le déclassement de l'installation. L'évaluation de sûreté prend pour hypothèse la fin de tout contrôle institutionnel et la perte de la mémoire de l'existence du stockage. Le centre de stockage Cigéo est conçu pour que la sûreté puisse être garantie de façon totalement passive pendant cette phase.

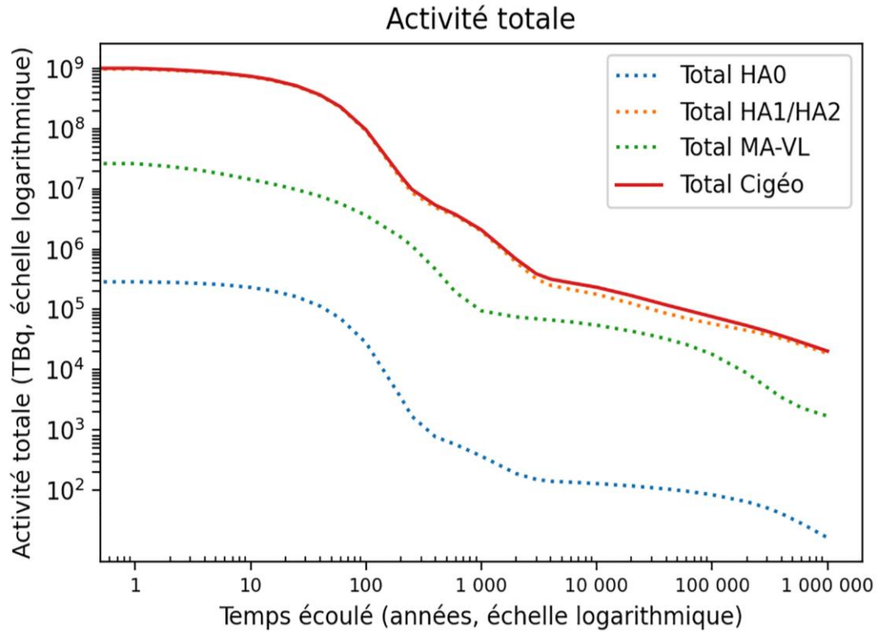
» LIENS AVEC LE VOLUME VI DE L'ETUDE D'IMPACT ET AVEC L'ETUDE DE MAITRISE DES RISQUES

Les évaluations des incidences du centre de stockage Cigéo après fermeture sur la santé humaine sont détaillées dans le chapitre 5 du volume VI de la présente étude d'impact.

Les incidences et mesures présentées dans ce chapitre correspondent aux principaux éléments présentés au chapitre 4 de la « Pièce 8 - Étude de maîtrise des risques » (21).

18.2.1 Incidences potentielles

Même si la radioactivité des déchets HA et MA-VL décroit dans le temps, les échelles de temps associées à leur dangerosité sont très longues (cf. Figure 18-12). En ordre de grandeur, ce n'est qu'au bout de plusieurs centaines de milliers d'années que leur radioactivité approchera la radioactivité initiale des déchets de faible activité qui peuvent être stockés en surface ou à faible profondeur.



CG-TE-D-MGE-AMOA-SR0-0000-21-0012-C

Figure 18-12 *Illustration de la décroissance dans le temps de la radioactivité totale des déchets de l'inventaire de référence de l'INB Cigéo (courbe rouge) et de la radioactivité de l'inventaire total des colis de déchets HA0, HA1/HA2 et MA-VL (courbes pointillées)*

Après fermeture, la sûreté est assurée de façon passive, c'est-à-dire que l'homme et l'environnement sont protégés des éléments radioactifs et des substances chimiques toxiques contenus dans les déchets radioactifs, sans qu'il soit nécessaire d'intervenir.

La protection de l'homme et de l'environnement à long terme repose sur la couche du Callovo-Oxfordien, qui joue un rôle central de cette protection, complétée par des dispositifs ouvragés comme les ouvrages de fermeture des liaisons surface-fond (puits et descenderies) et les conditionnements des déchets. La figure 18-11 illustre le centre de stockage Cigéo après sa fermeture.

Les ouvrages de stockage vont se resaturer très lentement en eau. En présence d'eau, les colis de déchets HA et MA-VL vont se dégrader dans le temps, et les radionucléides et substances toxiques chimiques contenus dans ces colis de déchets vont alors peu à peu être relâchés dans les alvéoles de stockage. L'eau est le principal vecteur de la migration des radionucléides et substances toxiques chimiques contenus dans les déchets vers la biosphère.

L'Andra a ainsi mis en place différentes mesures pour limiter les incidences potentielles sur l'homme et l'environnement. Cet objectif se décline par la mise en œuvre de mesures d'évitement et de réduction présentées ci-après.

Par ailleurs, le fonctionnement du centre ayant cessé, il n'y a plus d'activité d'acheminement de matériaux et de colis. Les incidences liées à l'utilisation des installations et infrastructures associées aux opérations du projet global Cigéo (alimentation électrique, adduction en eau, déviation route départementale D60/960, ligne ferroviaire 27000) sont considérées comme similaires à celles des phases précédentes et sont non notables.

18.2.2 Mesures d'évitement et de réduction

Afin de répondre à l'objectif fondamental de protection des personnes et l'environnement contre les risques liés à la radioactivité des déchets, le système de stockage après fermeture consiste à **isoler les déchets des phénomènes de surface et des actions humaines sur le long terme et limiter la migration jusqu'à la surface des radionucléides contenus dans les déchets**.

Pour ce faire, l'Andra s'appuie sur les connaissances scientifiques et technologiques capitalisées dans des socles de connaissances partagés. Ceux-ci comprennent la connaissance (i) des colis de déchets radioactifs, (ii) du site d'implantation en particulier de la couche du Callovo-Oxfordien et ses milieux environnants, et (iii) des composants ouvragés de l'installation de stockage et de leur comportement dans le temps :

- les connaissances sur les caractéristiques des colis de déchets HA et MA-VL (inventaires, nature des déchets, nombre de colis...) sont fournies par les producteurs et suivent un processus d'analyse et d'instruction par l'Andra. Le « socle de connaissances colis » se matérialise par une base de connaissances dénommée « OSCAR » (organisation du socle de connaissances des colis de l'Andra et du référentiel) permettant à l'Andra de disposer d'un référentiel stabilisé et partagé au sein de l'Agence ;
- le socle de connaissances du site d'implantation et de l'environnement rassemble les travaux de caractérisation (forages, reconnaissances) du site d'implantation et de la couche du Callovo-Oxfordien (profondeur de la couche, stabilité, hydrogéologie, évolution à long terme). Il contient en particulier les connaissances acquises sur la couche du Callovo-Oxfordien dans le Laboratoire souterrain et lors d'échanges internationaux sur des formations géologiques ;
- le socle de connaissance des composants ouvragés ainsi que leur comportement sur le long terme. La base de connaissance du comportement phénoménologique du système de stockage après sa fermeture regroupe l'ensemble des connaissances relatives aux différents phénomènes physico-chimiques et au comportement des divers composants ouvragés et naturels. Il prend en considération la spécificité des grandes échelles de temps (le million d'années par convention) en rapport avec la décroissance de la radioactivité des déchets à vie longue.

Afin d'empêcher toute activité susceptible de remettre en cause la pérennité du système de stockage ou d'affecter son intégrité, le périmètre de protection prévu par l'article L. 542 10 1 de code de l'environnement sera maintenu pendant la phase de surveillance.

18.2.2.1 Maintien du périmètre de protection pendant la phase de surveillance

Le périmètre de protection prévu par l'article L. 542-10-1 de code de l'environnement sera maintenu (cf. Chapitre 4 du volume IV de la présente étude d'impact). Ce périmètre a pour objectif d'empêcher toute activité susceptible de remettre en cause la pérennité du système de stockage ou d'affecter son intégrité.

Ce périmètre est représenté en figure 18-13.

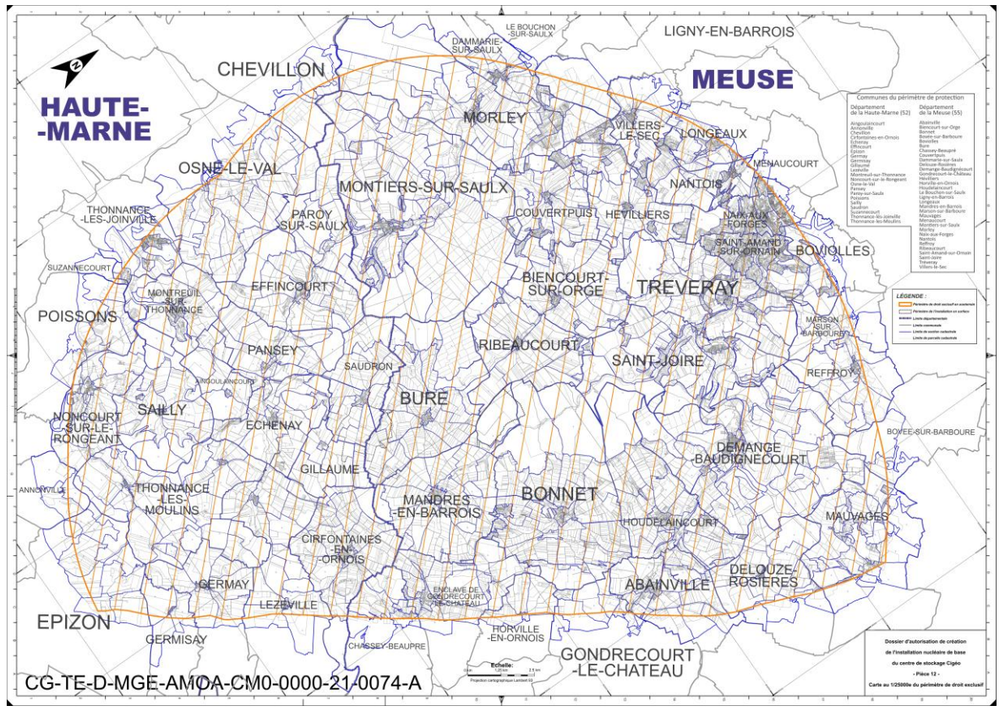


Figure 18-13 Carte au 1/50 000e du périmètre de protection

18.2.2.2 Mesures visant à isoler les déchets des phénomènes naturels et des actions humaines sur le long terme

18.2.2.2.1 Implantation des zones de stockage en profondeur dans la couche du Callovo-Oxfordien

La couche du Callovo-Oxfordien dans laquelle sont implantées les zones de stockage se situe à une profondeur d'environ 500 mètres. Elle préserve le stockage des aléas naturels de surface (pluie, tornade, incendies…) et plus particulièrement de l'érosion qui n'affecte, à l'échelle de plusieurs centaines de milliers d'années, qu'une épaisseur de terrain inférieure à 200 mètres[6], comme le montre les études de l'histoire géologique passée et celles prospectives de l'histoire future.

La profondeur d'implantation permet également de préserver le stockage de toute activité humaine courante comme les constructions d'habitations ou les chantiers routiers, dont la profondeur est de quelques dizaines de mètres.

[6] Le guide de sûreté n° 1 de l'ASN de 2008 (16) mentionne que « l'épaisseur de la zone superficielle pouvant être ainsi perturbée est *a priori* de l'ordre de 200 mètres ».

18.2.2.2.2 Absence de ressources souterraines exceptionnelles

Le choix du site pouvant accueillir le centre de stockage Cigéo tient compte de l'absence de zones présentant un intérêt exceptionnel en termes de ressources souterraines (cf. Chapitre 2.3 du volume II de la présente étude d'impact), tel que le recommande le guide de sûreté relatif au stockage définitif des déchets radioactifs en formation géologique profonde de l'ASN (16).

18.2.2.2.3 Maintien de la mémoire à long terme

Le maintien de la mémoire du stockage le plus longtemps possible (500 ans minimal selon le guide de sûreté n° 1 de l'ASN 2008 (16)) vise à éviter une intrusion humaine involontaire dans le stockage par la méconnaissance de sa présence.

Sur la base de son expérience d'exploitation du centre de stockage de la Manche, l'Andra a développé un dispositif mémoriel de référence qu'elle applique à l'ensemble de ses centres de stockage en l'adaptant à leurs spécificités. Il comporte un volet réglementaire et institutionnel (basé essentiellement sur le dispositif archivistique) et un volet de mémoire « vivante » qui consiste en la transmission de la mémoire issue du volet réglementaire et institutionnel.

En 2010, l'Andra a souhaité compléter cette solution de référence afin de renforcer son efficacité et l'étendre sur une échelle de temps très longue (plurimillénaire), dans une optique de minimiser les impacts potentiels en cas d'intrusion. C'est l'objet du programme *Mémoire pour les générations futures*.

a) Volet réglementaire et institutionnel

La mémoire du centre de stockage Cigéo sera préservée pendant 500 ans au moins, grâce à plusieurs dispositifs, dont :

- la mise en place de servitudes (cf. Chapitre 18.2.2.1 du présent volume) ;
- un dossier synthétique de mémoire (DSM), destiné au grand public, qui comportera la description des installations et l'inventaire des déchets ;
- un dossier détaillé de mémoire (DDM), destiné en priorité aux futurs exploitants du centre de stockage Cigéo, qui compilera des documents techniques donnant accès à une connaissance exhaustive du centre. Il sera conservé en deux exemplaires, un sur le centre et l'autre aux Archives nationales.

Le centre de stockage Cigéo bénéficiera du retour d'expérience acquis dans ce domaine par l'Andra sur ses autres centres : le DSM du Centre de stockage de la Manche (CSM) (22) a déjà été publié ; les DDM du CSM et du Centre de stockage de l'Aube (CSA) sont en cours d'élaboration. La méthodologie d'élaboration des DDM s'articule notamment avec les pratiques de management des connaissances d'ores et déjà en œuvre à l'Andra, qui assurent la capitalisation et la transmission des connaissances d'une génération d'employés à la suivante. Les DDM et DSM du centre de stockage Cigéo seront initiés au plus tard au lancement de la phase industrielle pilote (Phipil).

b) Volet de mémoire « vivante »

En plus des dispositifs réglementaires cités ci-dessus, la préservation de la mémoire s'appuiera sur d'autres dispositifs, médiés et non médiés, tels que :

- un bâtiment d'accueil du public et de conservation de la mémoire qui sera intégré aux installations de surface du centre de stockage Cigéo pendant sa phase d'exploitation ;
- des marqueurs, porteurs pérennes de messages d'information ;
- des interactions sociales organisées selon un passage de relais spatial et temporel, qui participeront au maintien d'un contexte culturel et cognitif propice à une compréhension facile de ces messages.

Ces dispositifs seront progressivement définis et déployés par l'Andra, qui les étudie et les initie d'ores et déjà dans le cadre de son « programme Mémoire pour les générations futures ».Il y a en effet une responsabilité collective à maintenir la mémoire le plus longtemps possible (sur plusieurs siècles, voire plusieurs millénaires). En croisant des disciplines aussi variées que l'archéologie des paysages, la linguistique, le vieillissement des matériaux, l'archivistique et les sciences humaines et sociales, l'Andra travaille sur plusieurs pistes associant messages, supports physiques et relais. L'objectif est de conserver et de transmettre la mémoire du site aux générations futures, afin que nos lointains descendants trouvent et comprennent les informations que nous leur aurons laissées sur le centre de stockage Cigéo. Ces éléments contribueront à limiter les intrusions humaines involontaires par méconnaissance du site.

Le principe retenu par l'Andra en matière de gestion de la mémoire repose sur la recherche de solutions techniques, institutionnelles et sociétales pour maintenir la mémoire le plus longtemps possible.

L'Andra travaille donc à développer des dispositifs pour favoriser la transmission intergénérationnelle des connaissances des déchets et de leur lieu de stockage, considérant ces connaissances comme un patrimoine collectif et mémoriel de ce que notre civilisation a créé.

Un archivage des données est mis en place dès maintenant. L'Andra travaille à développer des dispositifs pour favoriser l'archivage et la transmission intergénérationnelle des connaissances des déchets, de leur lieu de stockage, des opérations menées dans l'installation et des éventuels accidents, ainsi que des résultats de la surveillance de l'environnement.

Le bâtiment « mémoire », dédié à accueillir une partie des dispositifs mémoriels mis en œuvre par l'Andra, notamment pour la conservation et la consultation des archives historiques et intermédiaires de l'Andra, en redondance de sécurité par rapport aux versements également effectués aux archives nationales, sera accessible aussi longtemps que nécessaire sur l'emplacement du centre de stockage Cigéo.

La question de la mémoire a fait l'objet d'une attention particulière de la part des 17 citoyennes et citoyens qui ont pris part à la conférence de citoyens organisée par l'Andra sur la phase industrielle pilote du centre de stockage Cigéo[7]. En effet, il ressort de leur avis[8] des recommandations sur des sujets variés et notamment sur celui de la mémoire :

« Nous recommandons *:*

- *que la mémoire fasse partie des enjeux à prendre en compte par le Parlement pour la décision sur la phase industrielle pilote, ce qui n'est pas le cas dans les propositions actuelles ;*
- *d'attribuer une partie du budget pour financer des thèses et recherches multidisciplinaires ou des prix de thèses transdisciplinaires sur les modalités pour garder la mémoire (physique des matériaux durables, linguistique, théorie de la communication, etc.). Prenons le temps d'inventer des solutions ;*
- *d'organiser la mémoire au plus haut sommet de l'État pour garantir que ce site est à protéger et non forable en lui donnant un statut particulier (par exemple terrain inaliénable en sous-sol, avec des servitudes spécifiques).*

Enfin, nous recommandons de mettre en place, dès le début de la phase industrielle pilote, divers types de supports afin de conserver la mémoire du site. La nature de la forte dangerosité des matières enfouies à 500 mètres y serait très clairement explicitée. Cette mémoire comprendrait l'historique du site, et couvrirait toute la période de développement et d'activité du projet Cigéo.

Nous envisageons une période de diffusion et de pérennité de ces supports qui couvrirait au minimum la phase d'exploitation du site (si le projet Cigéo est validé), sa fermeture et après scellement du site. Ces supports seraient créatifs, le plus durable possible, et de différentes nature (artistiques, pédagogiques, technologiques, etc.). Ils seraient facilement compréhensibles pour tout public. Nous les distinguons clairement des rapports techniques destinés à un public averti (institutions, personnel de l'industrie nucléaire, etc.). Ces supports devront être très différents dans leur nature, car il est difficile de savoir lesquels seront compréhensibles par les générations futures. Une transmission de la mémoire de génération à génération serait également recommandée, avec les incertitudes liées à ce que réserve le futur ».

C'est pourquoi l'Andra a mis en place un « programme mémoire » sur la transmission de la mémoire de ses centres de stockage. Le maintien du souvenir du centre de stockage Cigéo poursuit trois objectifs principaux :

- maintenir la protection des générations futures : il s'agit autant que possible de retarder l'oubli, qui doit être envisagé sur l'échelle de temps de la dangerosité des déchets HA-MA-VL, pour éviter la mise en contact d'une personne avec les déchets. En effet, en cas de mise en contact, les conséquences sur la personne concernée pourraient être très importantes, même si sur le plan sanitaire et environnemental elles resteraient très limitées ;
- éclairer et faciliter les décisions : il s'agit de transmettre aux générations futures tous les éléments qui leur permettront, en cas de besoin ou si c'est souhaité, d'entretenir, de modifier ou d'améliorer les centres de stockage, de comprendre les solutions mises en œuvre, de les réévaluer ;
- transmettre un héritage : conserver la mémoire du centre de stockage Cigéo permettra aux générations à venir de comprendre les évènements passés, au même titre que d'autres types de patrimoines (architectural, littéraire, artistique, etc.).

Le programme mémoire est décrit sur une page dédiée du site de l'Andra (https://www.andra.fr/nos-expertises/conserver-et-transmettre-la-memoire (24)) et des communications régulières sont faites sur le sujet, tant au niveau local que national. Il suscite régulièrement l'intérêt des médias, et fait l'objet d'interviews et articles.

Le programme mémoire est présenté dans le plan directeur de l'exploitation du centre de stockage Cigéo (PDE) (25), qui est public et a vocation à être mis à jour tous les cinq ans, en concertation avec les parties prenantes et le public, dans le cadre de la gouvernance du centre de stockage.

Pour travailler sur le sujet de la mémoire à long terme, l'Andra a ainsi déployé un ensemble d'initiatives variées autour de :

- la constitution de trois « groupes mémoire », composés de riverains bénévoles des sites du CSM, CSA et CMHM, d'élus locaux, d'acteurs de la vie associative ainsi que d'anciens salariés des centres de stockage, qui proposent régulièrement, depuis 2011, des pistes de dispositifs mémoriels (https://www.andra.fr/cigeo/un-centre-pour-plus-dun-siecle#section-963 (26)) ;
- l'organisation de colloques et de visites ;
- le soutien à la recherche ;
- les appels à projets auprès d'artistes d'horizons divers ;
- l'étude de supports durables de conservation de la mémoire.

Les demandes émanant des citoyens, notamment au niveau du territoire, plaident toutes en faveur d'un ancrage local de la mémoire, synonyme du maintien d'un tissu social suffisamment dense. Les recherches en socio-anthropologie menées à l'initiative de l'Andra démontrent que la compréhension d'un message sur le long terme est favorisée par la connaissance du contexte contemporain à la création du message et à son objet. Cette connaissance repose notamment sur les interactions humaines à proximité du centre. L'exemple du canal Midi, qui a fait l'objet d'une étude commanditée par l'Andra et réalisée par le chercheur Frédéric Ogé (27), montre que la mémoire du canal, ouvrage d'art inauguré il y a plus de trois siècles, a été favorisée notamment par la présence d'activités humaines à proximité, y compris sans lien direct avec l'usage premier du canal : tourisme, promenade, etc.

C'est à ce titre que l'Andra associe étroitement et régulièrement les riverains et les membre du groupe mémoire à l'élaboration du dispositif mémoriel du projet de stockage Cigéo.

[7] https://www.andra.fr/lavis-de-la-conference-de-citoyens-sur-la-phase-industrielle-pilote-de-cigeo (23).

[8] https://www.andra.fr/sites/default/files/2021-08/CC_AvisFinal_Web_V4.pdf (24).

18.2.2.3 Mesures visant à limiter la migration jusqu'à la biosphère des radionucléides et substances chimiques toxiques contenus dans les déchets

L'eau est le principal facteur d'altération des colis de déchets et le principal vecteur de la migration des radionucléides et substances chimiques toxiques vers la biosphère. La maîtrise de la voie aqueuse constitue donc un objectif essentiel de la sûreté après fermeture.

Les caractéristiques très favorables de la couche du Callovo-oxfordien (rétention de la majorité des radionucléides, très faible écoulement de l'eau, migration dominante des substances dans l'eau par diffusion lente…) jouent un rôle central dans la sûreté après fermeture sur le long terme. Les colis, la conception du stockage et les composants ouvragés du stockage, plus particulièrement l'architecture à terminaison de l'installation souterraine et les scellements des ouvrages de stockage permettent de limiter la dégradation physico-chimique des colis de déchets, de retenir les radionucléides et les substances chimiques toxiques au plus près du stockage et de limiter leur migration jusqu'à la surface.

L'ensemble de ces mesures permet de bénéficier de la décroissance radioactive des radionucléides, de retarder et d'atténuer fortement la quantité et le niveau d'activité des quelques radionucléides qui arriveraient potentiellement jusqu'à la biosphère (cf. Figure 18-14).

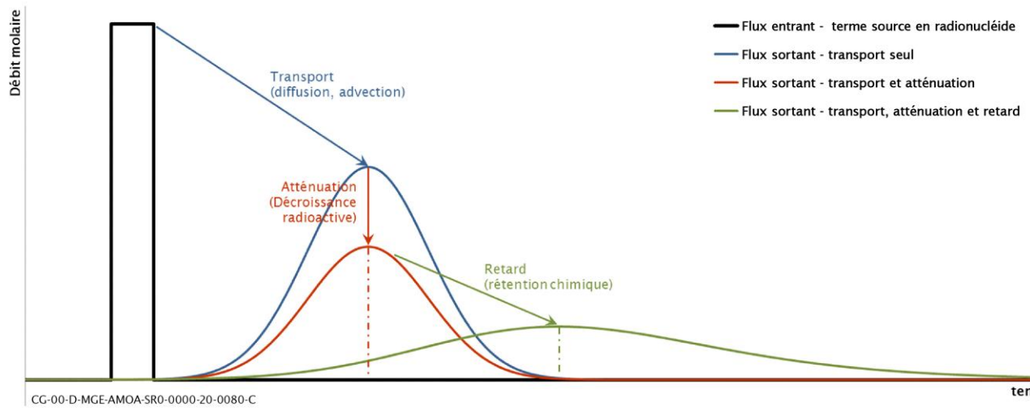


Figure 18-14 *Schéma illustrant les processus de décroissance, atténuation et retard des radionucléides vis-à-vis de leur migration dans le temps*

Ainsi, le choix de la couche du Callovo-Oxfordien, complété par les choix retenus en termes de conception des ouvrages souterrains y compris de leur fermeture, visent à :

- s'opposer à la circulation d'eau ;
- limiter le relâchement des radionucléides et substances toxiques chimiques contenus dans les déchets, et les immobiliser dans les alvéoles de stockage ;
- retarder et atténuer la migration des radionucléides et substances toxiques chimiques relâchés hors des alvéoles de stockage ;
- préserver les caractéristiques favorables de la couche du Callovo-Oxfordien et des composants ouvragés contribuant à la sûreté après fermeture.

18.2.2.3.1 Mesures visant à s'opposer à la circulation d'eau

Les mesures mises en œuvre renvoient à la limitation des flux d'eau au sein du système de stockage et à favoriser un transfert lent des radionucléides et des substances toxiques chimiques par diffusion dans le stockage et dans la formation argileuse du Callovo-Oxfordien. La couche du Callovo-Oxfordien qui a été choisie notamment pour sa faible perméabilité, et les principes généraux de choix de conception de l'installation souterraine et des ouvrages de fermeture par scellements (des liaisons surface-fond et des galeries) contribuent à s'opposer à la circulation de l'eau et ainsi limiter la migration des radionucléides et substances toxiques chimiques.

Les mesures sont ainsi :

a) L'implantation du stockage dans la couche du Callovo-Oxfordien de faible perméabilité

De par sa très faible perméabilité et les faibles gradients hydrauliques, la couche du Callovo-Oxfordien limite les circulations d'eau, vecteur potentiel de dégradation des colis et de migration des radionucléides et substances toxiques chimiques relâchées par ces colis de déchets, au sein du stockage et au sein de la couche elle-même.

b) Le regroupement des puits et de la base des descenderies au niveau de la couche du Callovo-Oxfordien

Le regroupement des puits et de la base des descenderies dans une même zone d'emprise restreinte dans le Callovo-Oxfordien permet de limiter les « moteurs hydrauliques » entre les ouvrages de liaison surface-fond depuis l'Oxfordien calcaire, qui seraient de nature à augmenter les circulations d'eau au sein du stockage[9], plus particulièrement au niveau des quartiers de stockage.

c) Des scellements limitant la circulation d'eau au sein des ouvrages souterrains

Les scellements des ouvrages puits, descenderies et galeries, s'opposent à la circulation d'eau par les ouvrages souterrains :

- de par leur position spécifique en sortie du stockage (cf. Figure 18-15), les scellements des puits et des descenderies en plus de la couche du Callovo-Oxfordien ont un rôle important dans la protection de l'homme et l'environnement après fermeture sur le long terme. Ces scellements dans les puits et les descenderies sont implantés au niveau de la couche du Callovo-Oxfordien. Ils limitent les perturbations hydrauliques issues des formations encaissantes sus-jacentes, contribuent à limiter les flux d'eau au sein du stockage et ainsi isolent hydrauliquement les ouvrages souterrains. Ce rôle est conforme au guide de sûreté n° 1 de l'ASN de 2008 (16) qui indique : « *Les liaisons jour-fond et éventuellement certaines galeries et certains ouvrages de l'installation de stockage devront faire l'objet de scellements assurant une étanchéité de qualité spécifiée. Cette préoccupation doit être intégrée dès leur conception* ». ;
- les scellements horizontaux (dans les galeries) contribuent également à limiter les flux d'eau au sein du stockage (cf. Chapitre 18.1.2.4 du présent volume).

[9] Circulation préférentielle en U entre les ouvrages de liaison surface-fond

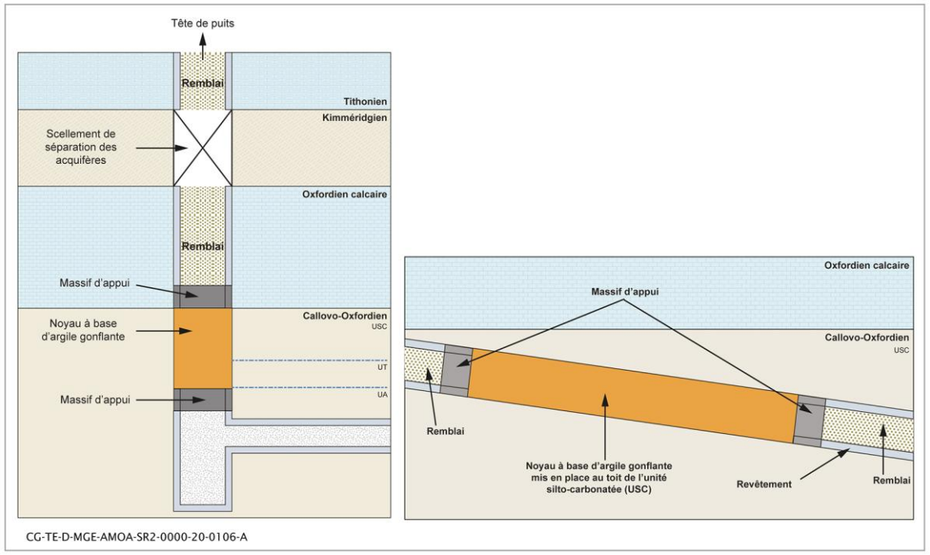


Figure 18-15 *Schéma de principe des scellements des puits (à gauche) et des descenderies (à droite)*

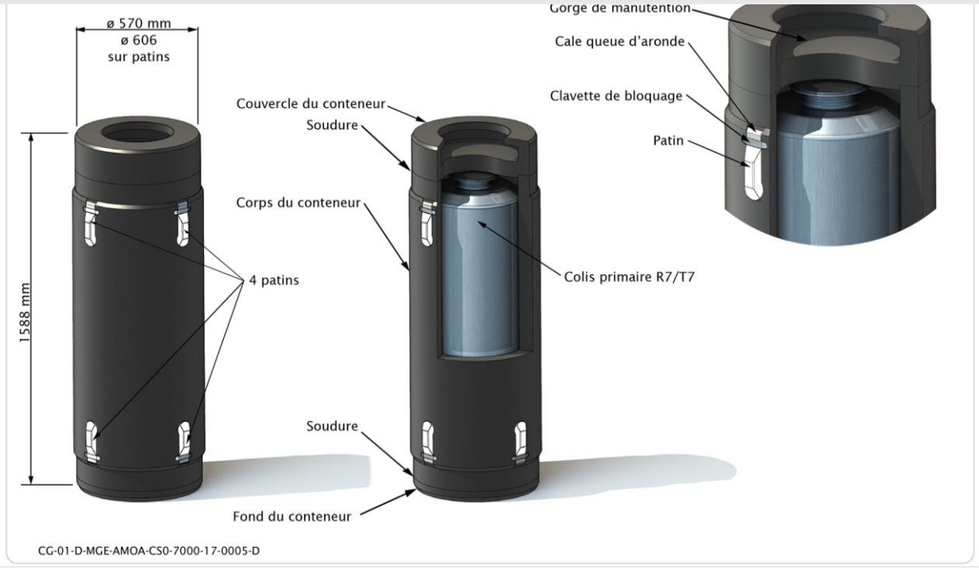


Figure 18-16 *Illustration d'un colis de stockage des déchets vitrifiés avec son conteneur de stockage*

d) Le caractère borgne de l'architecture, de manière globale et au niveau des quartiers de stockage des déchets radioactifs

Chaque quartier de stockage est borgne par rapport au reste de l'installation souterraine. Par ailleurs les accès à chaque quartier de stockage sont peu nombreux et regroupés. Cette disposition d'architecture contribue à limiter les flux d'eau dans le stockage.

Le flux d'eau drainé vers les liaisons surface-fond dans chaque quartier borgne se limite ainsi à celui venant de la couche du Callovo-Oxfordien, et est donc très faible du fait notamment de sa faible perméabilité. La migration des solutés par advection au sein de chaque quartier ; c'est-à-dire par entrainement avec le déplacement de l'eau, s'en trouve réduite, favorisant la migration des radionucléides et substances chimiques toxiques par la couche de Callovo-Oxfordien.

18.2.2.3.2 Mesures visant à limiter le relâchement des radionucléides et des substances toxiques chimiques et les immobiliser dans les alvéoles de stockage

a) Le conteneur de stockage

Les colis de stockage HA sont constitués d'un colis primaire HA provenant des producteurs de déchets complétés par un conteneur de stockage.

Les colis de stockage HA empêchent puis limitent la dissémination des radionucléides et des substances toxiques chimiques contenus dans les déchets en exploitation et après fermeture :

- le conteneur de stockage en acier assure à lui seul le confinement aussi longtemps qu'il conserve son étanchéité à l'eau. Cela correspond à une première période après la mise en stockage (de l'ordre de quelques centaines d'années) caractérisée par une activité encore élevée des radionucléides à période courte et moyenne des déchets HA. Cette période permet également, lors de la perte d'étanchéité du conteneur, de mobiliser les caractéristiques de la couche du Callovo-Oxfordien et de la matrice de verre dans des conditions thermiques correspondant au domaine de bonne connaissance du comportement des radionucléides et des substances toxiques chimiques en température ;
- la matrice de verre limite les relâchements des radionucléides et des substances toxiques chimiques, après la perte d'étanchéité du conteneur de stockage HA.

b) Choix de matériaux favorisant la rétention des radionucléides et des substances toxiques chimiques

Les bétons présents dans l'alvéole de stockage des colis de déchets MA-VL contribuent à maintenir un domaine de pH au sein de l'alvéole favorable à une faible solubilité (donc une faible mobilité en solution) de l'essentiel des radionucléides et des substances toxiques chimiques.

c) Conditions physico-chimiques dans les alvéoles de stockage limitant le relâchement des radionucléides et des substances toxiques chimiques dans les alvéoles

Les conditions réductrices des eaux du Callovo-Oxfordien favorisent par exemple, une corrosion lente des matériaux.

18.2.2.3.3 Mesures visant à retarder et atténuer la migration des radionucléides et des substances toxiques chimiques qui auraient été relâchés hors des colis puis hors des alvéoles de stockage

a) Implantation des ouvrages souterrains visant à préserver un maximum d'épaisseur de la couche du Callovo-Oxfordien

La structure générale de l'architecture (diamètres des galeries et des alvéoles) et son implantation (plane) visent à préserver les épaisseurs importantes de la couche du Callovo-Oxfordien de part et d'autre des alvéoles de stockage d'au moins 50 mètres non endommagées par les techniques de construction et d'exploitation.

b) Géométries des alvéoles et des galeries de l'installation souterrain

Les longueurs des alvéoles de stockage HA et MA-VL aussi grandes que possibles (pluri décamétriques pour les alvéoles HA et de plusieurs centaines de mètres pour les alvéoles MA-VL) favorisent le transfert des radionucléides et substances toxiques chimiques depuis les alvéoles de stockage vers la couche du Callovo-Oxfordien et contribuent à limiter les flux qui arriveraient au niveau des galeries puis des ouvrages de liaison surface-fond. Ainsi, la migration des radionucléides et substances toxiques chimiques le long des ouvrages est limitée et la voie de transfert par le Callovo-Oxfordien est privilégiée par rapport à celle par les ouvrages de stockage.

18.2.2.3.4 Mesures visant à préserver les caractéristiques favorables de la couche du Callovo-Oxfordien et des composants ouvragés contribuant à la sûreté après fermeture

a) Dimensionnements thermique et thermo-hydromécaniques des quartiers de stockage

Les colis primaires de déchets HA se caractérisent par un dégagement de chaleur qui est pris en compte dans le dimensionnement :

- l'Andra a choisi de limiter la température et les effets thermo-hydromécaniques sur le Callovo-Oxfordien dans un domaine :
  - ✓ évitant d'une part une altération irréversible des caractéristiques du système de stockage contribuant aux fonctions de sûreté, particulièrement pour le Callovo-Oxfordien ;
  - ✓ permettant d'autre part de maîtriser le domaine dans lequel les processus régissant l'évolution du système de stockage peuvent être représentés et modélisés de manière fiable. Ce domaine est notamment défini par une température des alvéoles toujours inférieure à 100 °C, donc *de facto* dans le Callovo Oxfordien (en pratique une valeur de dimensionnement de 90 °C est retenue à ce stade de manière prudente afin de couvrir les incertitudes résiduelles et variabilités de toutes natures relatives au dégagement et au transfert de la chaleur).

  Le respect de ce domaine repose sur la conjugaison de la puissance thermique des colis, elle-même liée à leur contenu radiologique et à leur durée d'entreposage préalable, et du dimensionnement de l'installation souterraine (nombre et espacement des colis par alvéole, espacement des alvéoles).
- l'Andra a retenu le choix de zones de stockage éloignées entre elles de plusieurs centaines de mètres environ, permettant de limiter toute interaction thermique : une zone de stockage des déchets HA fortement exothermiques (déchets HA1/HA2) implantée au nord de la ZIOS, une zone de stockage spécifique aux déchets MA-VL, non ou faiblement exothermiques, au sud-est de la ZIOS, et un quartier pilote HA entre le quartier de stockage HA et des déchets MA-VL.

b) Choix de matériaux des composants ouvragés « compatibles » avec les caractéristiques du Callovo-Oxfordien

Le choix des matériaux des composants ouvragés compatibles avec les caractéristiques du Callovo-Oxfordien permet de limiter les interactions physico-chimiques. Il s'agit notamment du choix d'argile pour les noyaux des scellements, *de facto* en équilibre avec les argilites du Callovo-Oxfordien.

On notera par ailleurs que la couche du Callovo-Oxfordien présente en raison de ses caractéristiques un fort pouvoir tampon intrinsèque des perturbations chimiques, comme par exemple la perturbation alcaline (contact avec des matériaux et/ou des eaux cimentaires) ou la perturbation fer/argile, de sorte que ces perturbations restent limitées en champ proche du stockage et contribuent à garantir une préservation des propriétés favorables de la couche du Callovo-Oxfordien.

c) Dispositions restrictives en matière de co-stockage des déchets MA-VL

Certaines substances associées aux déchets, sans considérer leur mise en conteneur de stockage, peuvent être à l'origine de perturbations du Callovo-Oxfordien et modifier ses propriétés de transport et rétention (solubilité et sorption). Les principales perturbations chimiques induites par les déchets sont (i) la perturbation organique due à la dégradation des déchets MA-VL riches en composés organiques susceptibles de générer des espèces complexantes, et (ii) la perturbation saline due aux déchets MA-VL salins.

Pour maîtriser la mobilité des radionucléides et des substances toxiques chimiques dans le Callovo Oxfordien, une séparation entre certains colis de déchets MA-VL susceptibles de générer des perturbations chimiques est retenue. La conception du quartier de stockage MA-VL vise à en réduire l'effet à la fois dans le Callovo-Oxfordien et sur les autres alvéoles en définissant des dispositions restrictives en matière de co-stockage des déchets MA-VL. Les familles de colis ont été regroupées en sept catégories en considérant que l'ensemble des colis d'une même catégorie, quelle que soit leur famille d'appartenance, était co-stockable d'un point de vue physico chimique. Cette catégorisation permet l'identification des familles de déchets susceptibles d'être placés dans un même alvéole.

d) Orientation des alvéoles suivant la contrainte principale limitant l'endommagement mécanique

Les alvéoles de stockage ainsi les galeries de liaison des quartiers de stockage devant être fermées par des scellements sont orientées selon la contrainte horizontale majeure. Cette disposition limite l'extension verticale de l'endommagement mécanique du Callovo-Oxfordien à leur pourtour et préserve ainsi au maximum des épaisseurs de Callovo-Oxfordien non endommagée (sain) de part et d'autre.

e) Implantation du stockage dans une zone géologique d'activité sismique très faible

La couche du Callovo-Oxfordien est stable depuis 160 millions d'années, située dans une zone, le Bassin parisien, reconnu comme très peu sismique, et localisée à une profondeur d'environ 500 mètres, soit bien supérieure à celle de l'érosion possible à l'échelle de plusieurs centaines de milliers d'années (inférieure à 200 mètres) ; elle protège ainsi le stockage des phénomènes d'évolution géodynamique (tectonique, climat, érosion) sur le prochain million d'années et en limite les effets potentiels sur le stockage.

L'aléa sismique est examiné vis à vis de ses effets potentiels sur les caractéristiques de la couche du Callovo-Oxfordien et de ses encaissants ainsi que sur les ouvrages de fermeture, principalement les scellements. Bien qu'aucun indice d'activité sismique récente n'ait été décelé depuis a minima 2,5 millions d'années (le Quaternaire) sur les failles identifiées à proximité du stockage (systèmes de failles de la Marne et de Poissons, fossé de Joinville, fossé de Gondrecourt, système de failles d'Apremont-Prény-Seicheprey et le système de failles de Vittel), il est cependant considéré dans une démarche conservative que ces failles puissent être actives et générer un séisme. Ceci se traduit par la prise en compte de manière pénalisante d'un « séisme maximum physiquement possible » (SMPP) tel que prescrit par le guide de sûreté ASN relatif au stockage définitif des déchets radioactifs en formation géologique profonde (2008) (16). Ce séisme est basé sur l'hypothèse d'une rupture totale d'une faille ou de l'ensemble des segments d'une faille.

Les connaissances scientifiques acquises montrent qu'un séisme basé sur l'une des failles principales avoisinantes (Poissons, Gondrecourt, Vittel, Marnes…) n'a aucun impact sur les propriétés du Callovo-Oxfordien.

Par ailleurs, les études menées montrent que l'influence de la présence du stockage, en cas de séisme, sur la couche du Callovo-Oxfordien en champ proche est négligeable et ne remet pas en cause les propriétés favorables (homogénéité, rétention…) de la couche du Callovo-Oxfordien.

Concernant plus spécifiquement les scellements, les connaissances acquises sur la sismicité de la zone d'implantation des ouvrages souterrains et la conception des scellements fondée sur l'emploi de matériaux argileux gonflants très tolérants vis-à-vis de sollicitations mécaniques et hydrauliques (*i.e.* Capacité de cicatrisations hydraulique et mécanique), les éventuelles sollicitations sismiques des scellements et leurs effets sont négligeables quel que soit le niveau de l'aléa sismique.

f) Limitation des vides dans les alvéoles de stockage

La limitation des vides dans les alvéoles de stockage concourt à limiter une éventuelle extension de la zone endommagée de Callovo-Oxfordien à leur pourtour sur le long terme.

18.2.3 Incidences résiduelles

18.2.3.1 Incidences sur la santé humaine

L'évaluation des incidences résiduelles sur la santé humaine consiste à évaluer quantitativement le niveau de protection offert par le système de stockage vis-à-vis des quelques radionucléides et substances toxiques chimiques qui parviendraient éventuellement jusqu'à un exutoire (point d'extraction d'eau) accessible à l'homme et qui en ferait usage pour ses activités (eau de boisson, irrigation, abreuvement des animaux…).

Le détail des évaluations et de la méthodologie associée sont présentés dans le chapitre 4.4 de la « Pièce 8 - Étude de maîtrise des risques » (21) et synthétisés le chapitre 5.3 du volume VI de la présente étude d'impact.

L'évaluation de la sûreté après fermeture vise à s'assurer de manière robuste que le système de stockage (milieu naturel, en particulier la couche argileuse hôte du Callovo-Oxfordien, les composants ouvragés du stockage, en

particulier les colis de déchets et les scellements, et l'architecture du stockage) garantit la protection de l'homme et de l'environnement dans le temps.

Il ressort de l'ensemble des études de l'évaluation de sûreté après fermeture que :

- la grande majorité des radionucléides restent dans le stockage ou en son champ proche ;
- seuls quelques radionucléides, ceux à vie longues et mobiles, parviennent aux extrémités de la roche hôte puis aux exutoires, mais en quantité faible et diluée dans le temps et l'espace.

En termes d'indicateur de dose à l'homme, pour le scénario d'évolution normal de référence, représentatif du comportement attendu du stockage, la dose maximale est de l'ordre de 0,0015 mSv/an, donc très inférieure à la valeur de référence de 0,25 mSv/an.

La situation d'évolution normale enveloppe, qui constitue une estimation conservative des impacts en situation d'évolution normale du stockage confirme la robustesse du système de stockage face aux incertitudes résiduelles de connaissance. Les incidences sur la santé des personnes restent très inférieures à la valeur de référence (0,25 mSv/an) dans la majorité des exutoires et biosphères étudiés, même en cumulant les hypothèses conservatives afin de majorer les transferts des solutés vers la biosphère. Elles sont de l'ordre de grandeur de cette valeur pour un des exutoires « Pompage dans l'Oxfordien » (pour une classe d'âge dans le cas d'une biosphère chaude).

La démonstration de la robustesse du système de stockage est renforcée par les résultats des scénarios de déviation de l'évolution normale du système de stockage et de son environnement, ce d'autant que ces scénarios ont traité les deux situations notamment la situation enveloppe du scénario d'évolution normale qui est fondée sur les caractéristiques « enveloppes » de la couche du Callovo-Oxfordien.

Les résultats des évaluations de ces scénarios soulignent encore le rôle central de la couche du Callovo Oxfordien, même avec des caractéristiques enveloppes, renforcé par la conception du stockage précitée (en particulier la modularité du stockage ou les longueurs de galeries depuis les alvéoles jusqu'aux ouvrages de liaison surface-fond). Ces résultats sont pour l'essentiel similaires à ceux du scénario d'évolution normale, en termes de performances de confinement. L'impact de la santé humaine maximale en termes de dose annuelle reste du même ordre de grandeur que celle du scénario d'évolution normale.

Dans tous les cas pour les scénarios SEA, *What-if*, SIHI, les niveaux de dose maximale restent inférieurs aux niveaux susceptibles d'induire des effets déterministes et dans la plupart des cas inférieurs à la valeur de référence retenue pour le SEN (0,25 mSv/an).

L'ensemble des résultats confirment ainsi la robustesse du système de stockage face aux incertitudes résiduelles de connaissance.

La surveillance de l'environnement au cours de la phase de surveillance consiste alors à vérifier l'absence de contamination en s'appuyant notamment sur la surveillance de la qualité des eaux superficielles et de la qualité de l'air. Les modalités de surveillance de l'environnement sont décrites dans le chapitre 18.2.4.1 ci-après.

18.2.3.2 Incidences sur la faune et la flore sauvages

18.2.3.2.1 Démarche d'évaluation de l'impact radiologique sur la faune et la flore sauvages

Pour évaluer l'impact radiologique sur la faune et la flore sauvages sur la période long terme après la fermeture du stockage, l'Andra s'appuie sur les pratiques internationales et celles développées en phase de fonctionnement.

La démarche applique les trois niveaux de l'approche graduée, définie au niveau national dans le guide méthodologique dédié de l'ASNR de 2021 (28) et reconnue à l'international dans le cadre du projet européen associé au code de calcul ERICA (29) (cf. Figure 18-17) :

- au niveau 1, les valeurs d'activité volumique dans l'eau obtenues sont comparées aux valeurs de concentration sans effet données par ERICA pour chaque radionucléide et correspondant à la dose repère, conservative et reconnue au niveau européen, de 10 $\mu Gy.h^{-1}$ (30). Le ratio des deux valeurs donne le quotient de risque (QR), si ce QR est inférieur ou égal à 1, l'impact radiologique est considéré être sans effet sur la faune et la flore ;
- si le risque ne peut pas être écarté au niveau 1, le niveau 2 consiste à déterminer un débit de dose d'exposition ou PDR (*Predicted Dose Rate*) pour un organisme et à le comparer à un débit de dose sans effet attendu (PNEDR : *Predicted No-Effect Dose Rate*) pour tous les organismes de l'écosystème « eau douce » donnés par défaut dans le code ERICA V2.0. Au niveau 2, la valeur seuil de débit dose sans effet (PNEDR) de 40 - 400 $\mu Gy.h^{-1}$, moins enveloppe, recommandée par l'UNSCEAR et la CIPR, est appliquée. L'indicateur de risque pour le niveau 2 permettant d'écarter le risque est, comme pour le niveau 1, un QR inférieur ou égal à 1 ;
- si le risque ne peut être écarté aux niveaux 1 puis 2 alors un niveau 3 consistant en une expertise est actionné. Le niveau 3 ne s'appuie pas sur une valeur d'indice de risque, l'analyse et l'interprétation des données sont de la responsabilité de l'expert en charge se positionner.

Pour la période long terme après fermeture du stockage, l'approche s'applique uniquement au cas du scénario d'évolution normale (SEN) et ne considère que le cas du ou des exutoires naturels de surface retenus dans le SEN.

La méthode d'évaluation du risque radiologique, pour les niveaux 1 et 2, repose sur les quatre composantes recommandées par l'Ineris (31), pour évaluer l'état des milieux et des risques sanitaires :

- la définition du contexte de l'évaluation (cette étape nécessite que soient définis les enjeux de l'évaluation et la nature des données d'entrée) ;
- l'évaluation des expositions ;
- la définition des éléments d'appréciation des effets (relations dose-réponse) ;
- la caractérisation du risque.

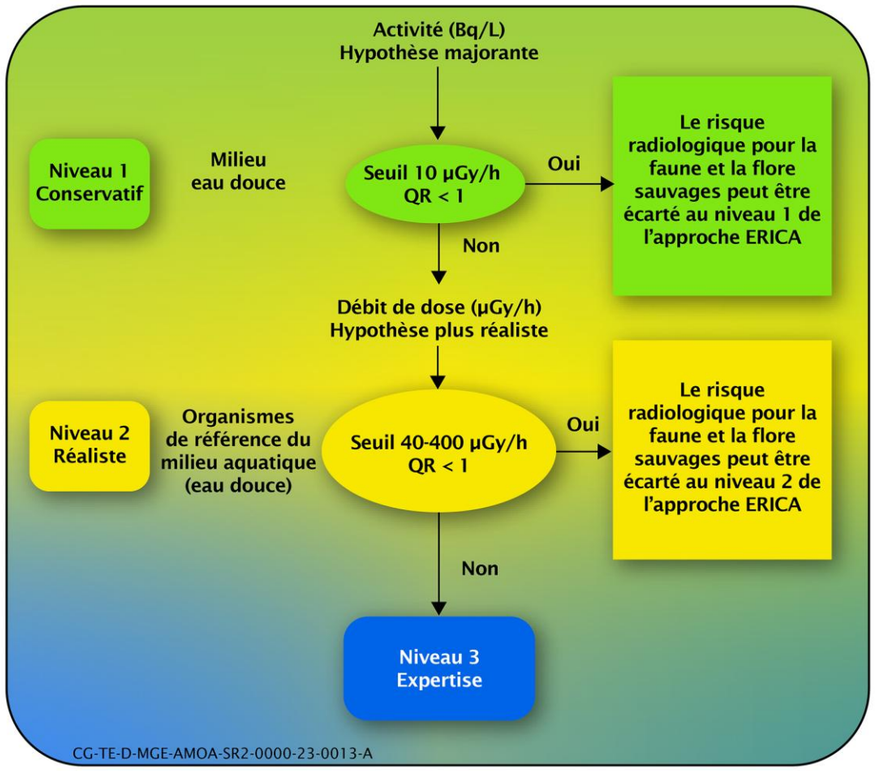


Figure 18-17 *Synthèse de la démarche graduée pour définir le risque radiologique à l'environnement sur la période long terme après fermeture*

18.2.3.2.2 Démarche d'évaluation du risque chimique sur la faune et la flore sauvages

L'évaluation par l'Andra du risque lié aux substances toxiques chimiques sur la faune et la flore sauvages pour la période long terme après fermeture applique les trois niveaux de l'approche graduée ERICA (cf. Figure 18-18).

L'Andra retient pour ces évaluations l'approche graduée suivante comportant trois niveaux :

- niveau 1 (criblage) : il s'agit d'une approche simplifiée basée sur des hypothèses pénalisantes visant à calculer un indice de risque total et enveloppe pour l'écosystème vis-à-vis des substances toxiques chimiques prenant en compte des valeurs maximales d'exposition ; cette pratique conduit à une évaluation majorante des quotients de danger (QD) par l'usage de valeurs repères telles que les *« Predicted No Effect Concentration »* (PNEC) ou les « valeurs guide pour l'environnement » (VGE); le risque est écarté si le QD est inférieur ou égal à 1 (QD = PEC/PNEC) ;
- niveau 2 (évaluation générique) : cette approche est plus réaliste et est basée sur des hypothèses moins conservatives. À ce niveau, les PNEC et les VGE sont aussi utilisées comme valeurs repères pour caractériser le risque lié aux substances toxiques chimiques et évaluer si le QD est bien inférieur ou égal à 1 ;
- niveau 3 (évaluation détaillée) : cette approche s'appuie sur des informations spécifiques au site étudié et des compétences spécialisées, les valeurs repères telles que les PNEC ou les VGE utilisées dans les niveaux 1 et 2 peuvent par exemple être remplacées par des informations sur les effets écotoxiques qui doivent être scientifiquement justifiées et référencées.

Pour l'évaluation du risque lié aux substances toxiques chimiques sur la période long terme après fermeture, il est examiné en priorité les niveaux 1 et 2. La méthode d'évaluation du risque chimique pour les niveaux 1 et 2, repose sur les quatre composantes recommandées par l'Ineris, pour évaluer l'état des milieux et des risques sanitaires :

- la définition du contexte de l'évaluation intégrant l'identification des dangers ;
- l'évaluation des expositions aux émissions chimiques ;
- la définition des éléments d'appréciation des effets : relations dose-réponse ;
- la caractérisation du risque.

Les valeurs repères de protection retenues (relations dose-réponse) pour les calculs proviennent de quatre sources : l'arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement (32), l'Ineris (33–37), l'Agence européenne des produits chimiques (ECHA) (38, 39), et l'Institut national de la santé publique et de l'environnement néerlandais (RIVM) (40).

Cette démarche prévoit que l'évaluation du risque lié aux substances toxiques chimiques en période long terme après-fermeture ne soit réalisée que pour le scénario d'évolution normale (SEN).

Les concentrations, auxquelles sont exposées la faune et la flore sauvages sont les concentrations des substances toxiques chimiques dans les exutoires naturels (rivière, lac, mer…). L'écosystème étudié dans le cadre des évaluations du risque lié aux substances toxiques chimiques pour la faune et la flore sauvages pour le long terme est l'écosystème aquatique de surface (eaux douces).

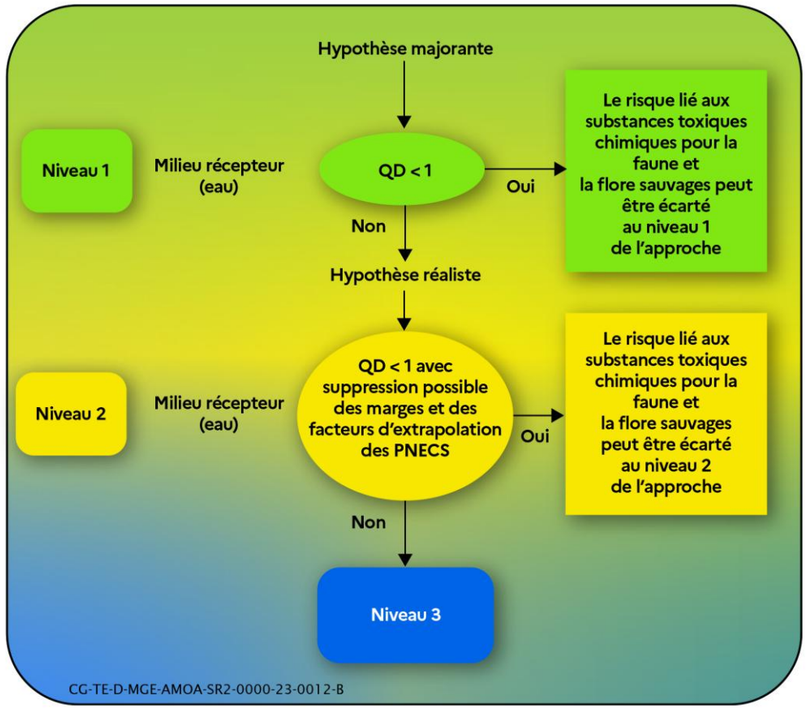


Figure 18-18 *Les trois niveaux de l'approche graduée pour l'évaluation du risque lié aux substances toxiques chimiques à la faune et à la flore sauvages en phase de post-surveillance*

18.2.3.2.3 Résultats

L'évaluation de l'impact radiologique et chimiques sur la faune et la flore sauvages en période long terme après-fermeture s'applique uniquement au cas du scénario d'évolution normale (SEN).

Le risque radiologique ou chimique sur la faune et la flore sauvage au niveau de la rivière de l'Ornain (seul exutoire de type naturel) peut être écarté et ce dès l'application du niveau 1 de l'approche graduée décrite ci-dessus (les indicateurs de quotient de danger restent très inférieurs à la valeur de 1).

18.2.4 Modalités de surveillance

Après la loi autorisant la fermeture définitive du centre de stockage Cigéo (article L. 541-10-1 du code de l'environnement), l'INB Cigéo passe en phase de surveillance. Les activités de surveillance visent à vérifier l'absence de contamination de l'environnement et ainsi le respect des exigences réglementaires de protection des intérêts.

La stratégie de surveillance retenue par l'Andra prévoit la mise en place de dispositions de surveillance dès la phase de construction initiale. Ces dispositions, adaptées aux spécificités de l'INB Cigéo, visent à vérifier la préservation de la couche du Callovo-Oxfordien afin qu'elle puisse jouer pleinement son rôle central de protection, et sans qu'il soit nécessaire d'intervenir après la fermeture vis-à-vis de la protection à long terme de l'homme et de l'environnement. Les modalités de mise en œuvre de la surveillance sont adaptées et privilégient :

- la prise en compte des « bonnes pratiques » mises en place dans des contextes similaires. L'Andra favorise des modalités de surveillance simples, éprouvées et durables ;
- la limitation de dispositifs de surveillance intrusifs pour préserver les caractéristiques favorables du Callovo-Oxfordien vis-à-vis de la sûreté après-fermeture.

Les moyens et dispositions mis en œuvre pour la surveillance après fermeture se fondent notamment sur les acquis de connaissances des centres de stockage de la Manche et de l'Aube, et sur le retour d'expérience de fermeture d'ouvrages souterrains (par exemple le laboratoire de recherche souterrain du lac du Bonnet au Canada (Dixon et al., 2017 (41))).

D'une façon générale, la surveillance de l'environnement au cours de la phase de surveillance s'inscrit dans la continuité de la surveillance de l'environnement mise en place au cours du fonctionnement du centre de stockage Cigéo, dont elle intégrera par ailleurs les enseignements. Son ampleur sera adaptée à cette phase en intégrant l'ensemble des réglementations qui seront alors en vigueur.

Les modalités de surveillance de l'environnement envisagées à ce stade sont présentées sont les chapitres ci-après. Elles seront précisées dans le cadre de la loi entérinant la fermeture du centre de stockage, en tenant compte des moyens et de la connaissance disponibles alors.

18.2.4.1 Dispositions de surveillance de l'installation souterraine mises en place dès la construction initiale en vue de la protection à long terme après la fermeture

Les dispositions de surveillance mises en œuvre sur l'INB Cigéo intègrent sa spécificité, en lien avec l'objectif de protection à long terme et des composants importants pour satisfaire cette protection à long terme qui doit être assurée de manière passive.

Ainsi, la stratégie de surveillance retenue par l'Andra intègre cet objectif à terme qui est qu'une fois l'installation souterraine fermée et scellée, le système de stockage assure les fonctions de sûreté après fermeture et à long terme et de manière passive (sans intervention).

Par ailleurs, la surveillance au regard des spécificités de l'INB Cigéo et, en particulier, vis-à-vis de la maîtrise de la sûreté après fermeture nécessite d'être mise en place également dès la construction initiale pour certains processus.

Pour cela, des dispositions de surveillance sont mises en œuvre dès la phase de construction initiale, puis pendant la phase de fonctionnement et visent notamment à s'assurer du bon comportement des différents composants naturel (cas de la couche du Callovo-Oxfordien) et ouvragés (cas de colis de déchets radioactifs par exemple) pendant ces phases.

Lors du creusement des ouvrages souterrains en particulier des descenderies et des puits, les caractéristiques de la couche du Callovo-Oxfordien support à sa surveillance seront confortés dans le cadre de la reconnaissance à l'avancement tout au long du déploiement de l'installation souterraine. L'Andra sera alors en mesure de commencer la surveillance du comportement de la couche du Callovo-Oxfordien et ainsi vérifier que ses propriétés favorables sont préservées et que les perturbations en particulier mécaniques apportées par le creusement évoluent dans le domaine des valeurs retenu pour l'évaluation de sûreté après fermeture et à long terme (*i.e.* Caractérisation de la zone endommagée par le creusement).

Pour ce qui concerne les conteneurs de stockage HA, des opérations de contrôles, notamment pendant et après la soudure de la tête sur le corps du conteneur, sont mises en place dans l'installation pour garantir les exigences définies.

Pour ce qui concerne les alvéoles et colis de stockage HA vis-à-vis de la fonction « limiter le relâchement des radionucléides et des substances toxiques chimiques et les immobiliser dans le stockage », les dispositions de surveillance visent les conditions d'ambiance de l'alvéole (température, hygrométrie et présence d'eau liquide, présence d'oxygène ou d'hydrogène), la composition chimique de l'eau liquide récupérée en tête d'alvéole, les déformations des chemisages et des colis et l'état de corrosion des conteneurs. Pour les alvéoles du quartier de stockage HA, les besoins de surveillance seront réexaminés notamment au regard du retour d'expérience qui aura été capitalisé sur l'exploitation et la surveillance des alvéoles HA du quartier pilote pendant la phase industrielle pilote.

Pour ce qui concerne les alvéoles de stockage MA-VL vis-à-vis de la même fonction de sûreté, l'Andra prévoit également de surveiller les conditions d'ambiance de l'alvéole ainsi que les déformations de l'alvéole et des colis, et les déplacements et l'état physico-chimique des colis.

18.2.4.2 Modalités de surveillance pendant la phase de surveillance

Après publication du décret de démantèlement et de fermeture de l'INB et à l'issue des opérations préalables à la fermeture définitive de l'installation, il sera de la compétence de l'ASNR d'autoriser son passage en phase de surveillance. Cette autorisation sera délivrée au regard d'éléments complémentaires apportés par l'Andra et qui porteront notamment sur la démonstration de l'efficacité des actions de surveillance. Cette autorisation précisera également les modalités envisagées pour la conservation et la transmission de la mémoire de l'installation pendant et après la phase de surveillance.

En lien avec l'objectif fondamental de protection de l'homme et de l'environnement, et en s'appuyant sur les caractéristiques favorables de la couche du Callovo-Oxfordien, les activités de surveillance, une fois l'installation souterraine fermée et scellée, visent à vérifier l'absence de contamination de l'environnement.

Plusieurs pistes sont à ce stade envisagées :

- des techniques non intrusives en surface en s'appuyant sur la surveillance des eaux superficielles, de l'atmosphère et des verses ;
- des mesures dans des forages instrumentés réalisés depuis la surface jusqu'à l'Oxfordien calcaire, formation encaissante située au-dessus du Callovo-Oxfordien (eaux souterraines) ;
- des dispositifs déjà mis en place avant la fermeture définitive et maintenus si besoin après fermeture. Ils peuvent correspondre à des mesures issues d'instruments laissés au fond pour suivre par exemple l'évolution du comportement de certains ouvrages (ouvrages de fermeture des liaisons surface-fond).

Les modalités de mise en œuvre de la surveillance sont adaptées et privilégient :

- la prise en compte des « bonnes pratiques » mises en place dans des contextes similaires. Ceci se traduit par la favorisation de modalités de surveillance simples, éprouvées et durables ;
- la limitation de dispositifs de surveillance intrusifs pour préserver les caractéristiques favorables du Callovo-Oxfordien vis-à-vis de la sûreté après-fermeture.

Les modalités de mise en œuvre des dispositions de surveillance pendant la phase de surveillance après fermeture (nature des mesures, dispositifs, etc.) seront précisées dans le cadre de la loi entérinant sa fermeture.

18.2.4.2.1 Surveillance de la qualité des eaux superficielles (ruisseaux, rivières, etc.) et des eaux des Calcaires du Barrois

Dans la continuité de ce qui est fait pendant la phase de fonctionnement, la surveillance de l'environnement pendant la phase de surveillance consiste également en la vérification de la qualité des eaux superficielles dans l'environnement du centre de stockage Cigéo avec, par exemple, la vérification de l'absence de contamination des cours d'eau dans l'environnement du site et des eaux des Calcaires du Barrois.

18.2.4.2.2 Surveillance de la qualité de l'air

Après la fermeture de l'installation souterraine, il n'est pas attendu de rejet de radionucléide gazeux ce qui conduit à ne pas envisager de dispositif de surveillance particulier. Cependant, le cas échéant, dans la continuité de ce qui est fait pendant la phase de fonctionnement, les stations de suivi de la qualité de l'air déjà présentes sur la zone descenderie et la zone puits pourront être maintenues pour suivre pendant la phase de surveillance la qualité de l'air à la suite du démantèlement.

Une surveillance de l'absence de pollution radioactive par émission de gaz provenant du stockage est maintenue si nécessaire, par exemple, par la vérification de l'absence de contamination dans l'environnement du site.

18.2.4.3 Surveillance de l'évolution des verses

Une surveillance des verses mortes (volumes d'argilites du Callovo-Oxfordien excavées qui ne sont pas réutilisées pour remblayer l'installation souterraine ni valorisées dans d'autres filières) pourra être maintenue, en particulier lors des premières années de la phase de surveillance, par exemple par le suivi de leur évolution topographique ainsi que celui de la composition de leurs eaux de ruissellement.

18.2.4.4 Surveillance de la qualité des eaux souterraines dans les formations encaissantes du Callovo-Oxfordien

Compte tenu de la conception de l'installation de stockage en formation géologique profonde et des caractéristiques favorables de la couche du Callovo-Oxfordien, il n'est attendu aucun impact mesurable sur les aquifères profonds du stockage après sa fermeture avant des milliers d'années. Ainsi, la surveillance ne pourra consister qu'en la vérification de l'absence de pollution radioactive ou chimique dans les aquifères des formations encaissantes au Callovo-Oxfordien en provenance du stockage.

À très long terme, les aquifères de l'Oxfordien calcaire et du Dogger peuvent constituer des voies de transfert potentiel des radionucléides et substances toxiques chimiques vers les exutoires lorsque ceux-ci auront traversé le Callovo-Oxfordien. Les temps de transfert jusqu'au toit du Callovo-Oxfordien, sont, de manière générale, supérieurs à 100 000 ans lorsque les radionucléides empruntent la voie de transfert par le Callovo-Oxfordien (voie dominante de transfert).

La surveillance radiologique et physico-chimique des eaux souterraines vise ainsi à confirmer l'absence de contamination des aquifères de l'Oxfordien et du Dogger pendant la phase de surveillance.

Cette surveillance radiologique et physico-chimique des eaux souterraines peut être effectuée au moyen de forages instrumentés qui interceptent les aquifères de l'Oxfordien. Les forages instrumentés permettent de prélever des échantillons d'eau à des fins d'analyses radiologiques et physico-chimiques. Les forages de surveillance de ces aquifères mis en place pour les phases antérieures peuvent être utilisés si leur état le permet, si cela se révèle nécessaire et si leur éventuelle réalisation ne vient pas compromettre la robustesse des lignes de défense établies pour l'INB Cigéo et le milieu naturel.

18.2.4.5 Surveillance de l'évolution hydraulique des formations encaissantes du Callovo-Oxfordien, en particulier celle de l'Oxfordien calcaire

Les formations encaissantes au Callovo-Oxfordien n'ont pas de fonction de sûreté. Toutefois, selon le guide de sûreté de l'ASN n° 1 (16), il faut préserver leurs caractéristiques naturelles. La surveillance des formations géologiques encaissantes au Callovo-Oxfordien et, en particulier celle de l'Oxfordien calcaire, consiste principalement en la surveillance de l'impact de l'INB Cigéo sur leur hydrologie.

De même que pour la surveillance de la qualité des eaux, les ouvrages de surveillance des formations encaissantes mis en place au cours des phases antérieures peuvent permettre de suivre par exemple la résorption de la perturbation hydraulique engendrée par l'installation, notamment s'il y a eu rabattement au niveau des ouvrages de liaison surface-fond (par exemple : Mesure de la charge hydraulique).

18.2.4.6 Surveillance de l'installation souterraine

La surveillance du comportement de l'installation souterraine fermée permet de vérifier, en support à la démonstration de sûreté, le bon fonctionnement du stockage et en particulier qu'il fonctionne de manière passive et en conformité avec sa conception (42).

Même si la fermeture rend difficile l'observation directe du stockage, quelques dispositifs d'observation peuvent être mis en place, principalement pour suivre de manière non intrusive le comportement mécanique et hydraulique des ouvrages de fermeture des puits et des descenderies :

- situés à proximité de ces ouvrages permettant de suivre, par exemple, le tassement en surface des ouvrages de fermeture des ouvrages de liaisons surface-fond à l'échelle pluri-centennale ;
- situés à distance du stockage, comme, par exemple des moyens de mesures géophysiques de surface, des moyens de mesures de la gravimétrie, des instruments laissés au fond ou en forage, etc., selon les développements technologiques réalisés d'ici là.

En tout état de cause, les modalités de mise en œuvre de la surveillance prendront en compte les développements technologiques réalisés dans ce domaine au cours du prochain siècle.

La surveillance du comportement des ouvrages de fermeture s'appuie également sur le retour d'expérience acquis lors de la fermeture d'ouvrages similaires (mines, laboratoires souterrains (dont le Laboratoire de recherche souterrain de Meuse Haute/Marne)) le moment venu, etc.

18.2.5 Synthèse des incidences et mesures du stockage après fermeture

Le centre de stockage Cigéo est conçu pour être fermé à la fin de sa phase de fonctionnement afin de protéger durablement l'homme et l'environnement sans nécessiter d'interventions humaines ultérieures. La sûreté est assurée de façon passive, c'est-à-dire que l'homme et l'environnement sont protégés des éléments radioactifs et des substances chimiques toxiques contenus dans les déchets radioactifs, sans qu'il soit nécessaire d'intervenir. La protection de l'homme et de l'environnement à long terme repose sur la couche du Callovo-Oxfordien, qui joue un rôle central de cette protection, complétée par notamment des dispositifs ouvragés tels que des scellements, des liaisons surface-fond qui permettent de fermer l'accès aux ouvrages souterrains.

Après la décision d'autorisation de fermeture, l'INB Cigéo passe en phase de surveillance. La surveillance de l'environnement au cours de la phase de surveillance consiste à vérifier l'absence de contamination en s'appuyant notamment sur la surveillance de la qualité des eaux superficielles et de la qualité de l'air. Sa durée n'est pas fixée à ce jour mais pourrait couvrir plusieurs siècles, à l'instar de ce qui est prévu pour les centres de stockage de surface.

Après la décision de déclassement de l'INB Cigéo commence la phase de « post surveillance » marquant la fin des activités de surveillance. Seuls des dispositifs de maintien de la mémoire du stockage perdureront le plus longtemps possible. Par définition, elle n'a pas de fin. Elle correspond à la perspective temporelle visée par l'objectif de mise en sécurité définitive des déchets radioactifs fixé par le code de l'environnement. Cette notion est utilisée notamment dans les évaluations de sûreté. Elle permet de caractériser les impacts radiologiques et chimiques à très long terme après le déclassement de l'installation. L'évaluation de sûreté prend pour hypothèse la fin de tout contrôle institutionnel et la perte de la mémoire de l'existence du stockage. Le centre de stockage Cigéo est conçu pour que la sûreté puisse être garantie de façon totalement passive pendant cette phase.

Une fois l'installation souterraine fermée définitivement, c'est-à-dire les ouvrages souterrains ainsi que les puits et descenderies remblayés et scellés, les colis de déchets HA et MA-VL vont se dégrader lentement dans le temps. Les radionucléides contenus dans ces colis de déchets vont peu à peu être relâchés dans les alvéoles de stockage. L'eau est le principal facteur d'altération des colis de déchets et le principal vecteur de la migration des radionucléides et substances toxiques chimiques contenus dans les déchets vers la biosphère. L'évaluation des incidences résiduelles sur la santé humaine consiste à évaluer quantitativement le niveau de protection offert par le système de stockage vis-à-vis des quelques radionucléides et substances toxiques chimiques qui parviendraient éventuellement jusqu'à un exutoire (point d'extraction d'eau) accessible à l'homme et qui en ferait usage pour ses activités (eau de boisson, irrigation, abreuvement des animaux…).

L'évaluation de la sûreté après fermeture vise à s'assurer de manière robuste que le système de stockage (milieu naturel, en particulier la couche argileuse hôte du Callovo-Oxfordien, les composants ouvragés du stockage, en particulier les colis de déchets et les scellements, et l'architecture du stockage) garantit la protection de l'homme et de l'environnement dans le temps.

Les résultats de l'évaluation de sûreté après fermeture confirment la capacité du stockage et du milieu géologique, plus particulièrement la roche argileuse hôte du Callovo-Oxfordien, à garantir la sûreté sur le long terme. Ils soulignent :

- le rôle central de la roche argileuse hôte de par ses caractéristiques (faible perméabilité, capacité de rétention élevée des radionucléides, faible migration des radionucléides très solubles et non retenus du fait d'une faible diffusion, épaisseur élevée…) ;
- la complémentarité apportée par le stockage et sa conception. Cette dernière vise à garantir le maintien des caractéristiques favorables de la roche hôte (par exemple en limitant la température maximale dans la roche hôte en deçà de 100 °C autour des quartiers de déchets exothermiques, comme les déchets vitrifiés de hautes activités) et à tirer parti de ces caractéristiques favorables.

Il ressort de l'ensemble des études de l'évaluation de sûreté après fermeture que sur le long terme :

- la grande majorité des radionucléides restent dans le stockage ou dans la couche du Callovo-Oxfordien en son champ proche ;
- seuls quelques radionucléides, ceux à vie longues et mobiles, parviennent aux extrémités de la roche hôte puis aux exutoires, mais en quantité faible et diluée dans le temps et l'espace.

Cela est le cas pour le scénario d'évolution normale, mais aussi pour les autres scénarios, qui mobilisent peu de radionucléides du fait des caractéristiques de la roche hôte du Callovo-Oxfordien, même en prenant en compte des propriétés dégradées, et de la conception du stockage. Par exemple un forage ou une fracture de la roche hôte qui intercepte un alvéole de stockage ne mobilise qu'une fraction de la quantité de radionucléides contenus dans cet alvéole.

En termes d'indicateur de dose à l'homme, pour le scénario d'évolution normal de référence, représentatif du comportement attendu du stockage, la dose maximale est de l'ordre de 0,0015 mSv/an, donc très inférieure à la valeur de référence de 0,25 mSv/an. Le scénario d'évolution normale « enveloppe » conduit à des impacts qui sont au maximum de l'ordre de grandeur de cette valeur de référence. La démonstration de la robustesse du système de stockage est renforcée par les résultats des scénarios de déviation de l'évolution normale du système de stockage et de son environnement, ce d'autant que ces scénarios ont traité les deux situations notamment la situation enveloppe du scénario d'évolution normale qui est fondée sur les caractéristiques « enveloppes » de la couche du Callovo-Oxfordien.

Les résultats des évaluations de ces scénarios soulignent encore le rôle central de la couche du Callovo-Oxfordien, même avec des caractéristiques enveloppes, renforcé par la conception du stockage précitée (en particulier la modularité du stockage ou les longueurs de galeries depuis les alvéoles jusqu'aux ouvrages de liaison surface-fond). Ces résultats sont pour l'essentiel similaires à ceux du scénario d'évolution normale, en termes de performances de confinement. L'impact de la santé humaine maximale en termes de dose annuelle reste du même ordre de grandeur que celle du scénario d'évolution normale.

Dans tous les cas pour les scénarios SEA, What-if, SIHI, les niveaux de dose maximale restent inférieurs aux niveaux susceptibles d'induire des effets déterministes et dans la plupart des cas inférieurs à la valeur de référence retenue pour le SEN (0,25 mSv/an).

L'ensemble des résultats confirment ainsi la robustesse du système de stockage face aux incertitudes résiduelles de connaissance.

La surveillance de l'environnement au cours de la phase de surveillance consiste alors à vérifier l'absence de contamination en s'appuyant notamment sur la surveillance de la qualité des eaux superficielles et de la qualité de l'air.

L'évaluation de l'impact radiologique et chimique sur la faune et la flore sauvages en période long terme après-fermeture s'applique uniquement au cas du scénario d'évolution normale (SEN). Le risque radiologique ou chimique sur la faune et la flore sauvage au niveau de la rivière de l'Ornain (seul exutoire de type naturel) peut être écarté et ce dès l'application du niveau 1 de l'approche graduée décrite ci-dessus (les indicateurs de quotient de danger restent très inférieurs à la valeur de 1).

19

Nature et modalités de suivi des mesures environnementales et de surveillance

19.1 Plan de surveillance de l'environnement 46
19.2 Modalités de suivi des mesures environnementales 53
19.3 Moyens de secours et de gestion accidentelle spécifiques à l'INB Cigéo 80
19.4 Moyens de secours et de gestion accidentelle pendant les travaux (hors INB Cigéo) 81
19.5 Synthèse 82

Ce chapitre présente :

- le plan de surveillance de l'environnement (chapitre 19.1 du présent volume) ;
- les modalités de suivi des mesures environnementales (chapitre 19.2 du présent volume) ;
- les systèmes de surveillance, des moyens de secours et de gestion accidentelle (chapitre 19.3 du présent volume).

Le plan de surveillance de l'environnement a pour objectif de suivre l'impact des activités du projet global Cigéo sur son environnement et de prévenir tout risque de contamination, pollution ou nuisance. Cette surveillance concerne notamment la surveillance des consommations d'eau et d'énergie, la surveillance des rejets, la surveillance de l'environnement, la surveillance des milieux post-travaux.

Le plan de surveillance de l'environnement s'appuie sur un ensemble de dispositions dont le suivi dans le temps doit permettre :

- de vérifier le respect des exigences réglementaires en matière de protection de l'environnement notamment celles qui seront définies dans les différentes autorisations délivrées ;
- de détecter toute situation ou évolution anormale afin d'en localiser et d'en identifier les causes ;
- de définir, le cas échéant, de nouvelles mesures destinées à éviter la réapparition de situation ou évolution anormale.

Les modalités de suivi des mesures mises en œuvre dans le cadre de la démarche « Éviter, Réduire et Compenser » (ERC) visent à s'assurer :

- de la mise en œuvre effective des mesures définies ;
- de l'efficacité de la mesure mise en œuvre. Il est à noter que, pour certaines mesures, la modalité de suivi peut s'arrêter au constat de mise en œuvre ; cela concerne par exemple certaines mesures d'évitement. Il n'y a ainsi pas de paramètre spécifique mesuré pour juger l'efficacité de la mesure.

Les moyens de secours et de gestion accidentelle visent à décrire plus spécifiquement les systèmes/procédures de gestion en cas de survenue d'une situation incidentelle ou accidentelle.

19.1 Plan de surveillance de l'environnement

19.1.1 Centre de stockage Cigéo

19.1.1.1 Dispositif organisationnel permettant d'assurer la surveillance environnementale du centre de stockage Cigéo

19.1.1.1.1 Organisation Andra

La responsabilité de la surveillance du centre de stockage Cigéo et de son environnement incombe à l'Andra en tant qu'exploitant des différentes installations. Dès la phase d'aménagements préalables, la fonction Q3SER[10] a en charge les missions relatives à l'environnement.

Cette fonction est notamment chargée :

- de définir et mettre en œuvre la surveillance des effluents liquides et gazeux produits par le centre de stockage Cigéo et les conditions de rejets à l'environnement ;
- de définir et de mettre en place les modalités de la surveillance de l'environnement pour les suivis radiologiques, physico-chimiques, piézométriques, hydrologiques, écologiques et des nuisances, et d'en contrôler l'application en conformité avec les réglementations ;
- de gérer les données produites dans le cadre des différents suivis et d'interpréter les données recueillies, notamment au regard de la réglementation ;
- de rédiger des rapports et déclarations périodiques de la surveillance de l'environnement et de les communiquer aux différentes administrations notamment à l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR) ;
- d'établir les études et bilans déchets et le suivi de la gestion des déchets produits.

Ces missions sont mises en place dans le cadre du système de management intégré (SMI) ayant, en particulier, pour objectif la protection des intérêts visés par l'article L. 593-1 du code de l'environnement c'est-à-dire de veiller à la sécurité, à la santé et à la salubrité publique, à la protection de la nature et de l'environnement. Le SMI vise également à permettre l'amélioration continue des dispositions prises en faveur des intérêts à protéger en favorisant la sensibilisation des acteurs concernés.

19.1.1.1.2 Échanges avec le territoire

a) Cli/Clis

Les articles L. 125-17 à L. 125-33 du code de l'environnement prévoit la création d'une Commission locale d'information (Cli) auprès de chaque installation nucléaire de base (INB), sous l'égide du président du Conseil général. Elle définit la mission des Cli comme une mission générale de suivi, d'information et de concertation en matière de sûreté nucléaire, de radioprotection et d'impact des activités nucléaires sur les personnes et l'environnement pour ce qui concerne les installations du site.

La Cli reçoit les informations nécessaires à sa mission de la part de l'exploitant, de l'ASNR et des autres services de l'État. Elle peut faire réaliser des expertises ou faire procéder à des mesures relatives aux rejets de l'installation dans l'environnement.

Dans le cas particulier de l'Andra, il existe déjà un Comité local d'information et de suivi (CLIS) créé pour le Laboratoire de rechercher souterrain de Meuse/Haute-Marne en application de la loi du 30 décembre 1991 (43) relative aux recherches sur la gestion des déchets radioactifs (la disposition légale correspondante figure maintenant à l'article L. 542-13 du code de l'environnement) qui est chargé d'une mission générale de suivi, d'information et de concertation en matière de recherche sur la gestion des déchets radioactifs et, en particulier, sur le stockage de ces déchets en couche géologique profonde.

b) Échanges avec le territoire

Par ailleurs, les échanges avec le territoire ainsi qu'avec les autorités administratives se poursuivront *via* différentes commissions et groupes de travail.

En complément, en particulier pour les riverains pendant les aménagements préalables et la construction initiale, divers autres moyens d'échanges et d'information sont à l'étude. Une concertation avec le territoire sur cette thématique a été programmée fin 2020. La réunion dédiée à la thématique chantier s'est tenue le mardi 27 octobre 2020 à Gondrecourt-le-Château. À l'issue de cette dernière, l'Andra s'est engagée à constituer un groupe de suivi de chantier, notamment pour travailler sur l'élaboration et le suivi d'une charte de chantier pour le projet de centre de stockage Cigéo (44).

Le chapitre 2.6.2.2.2 du volume II de la présente étude d'impact détaille les concertations en lien avec l'insertion territoriale et environnementale du projet global Cigéo depuis 2018. Ces concertations abordent les thématiques suivantes : énergie, aménagement de l'espace et cadre de vie, mise en compatibilité des documents d'urbanisme, raccordement au réseau de transport d'électricité, mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000, variantes de tracé de la route départementale D60/960, adduction d'eau, phase industrielle pilote.

[10] Q3SER : qualité, sureté-sécurité-santé-environnement, radioprotection.

19.1.1.1.3 Observatoire de la santé des riverains autour du centre de stockage Cigéo

Une demande sociétale pour la mise en place d'un suivi de l'état de santé des populations a été exprimée à plusieurs reprises notamment par le Clis de Bure qui depuis la création du Laboratoire Souterrain, a demandé « *la réalisation d'un observatoire épidémiologique chargé de procéder à un état de référence et un suivi épidémiologique* » ou par la Commission nationale d'évaluation (CNE) des recherches et études relatives à la gestion des matières et des déchets radioactifs instituée par la loi n° 2006-739 du 28 juin 2006 (45) qui recommande dans ses rapports de 2010 (46), 2012 (47) et 2014 (48) de disposer d'une base de données de santé.

L'Andra attentive à cette demande a participé depuis 2007 à un travail de réflexion associant les services de l'État concernés (DGEC, DGS, Préfecture de la Meuse, Agence Régionale de la Santé Grand Est) et la communauté scientifique (Santé publique France, Inserm) sur le sujet de l'accompagnement sanitaire du territoire. La constitution et la mise en œuvre de l'Observatoire de la santé des riverains autour du centre de stockage Cigéo (OSaRiB) fait l'objet d'une convention cadre signée le 30 septembre 2022 entre Santé publique France, l'ARS Grand Est, le Comité local d'information et de suivi du Laboratoire souterrain de Bure et la Préfecture de la Meuse. Cette convention a pour objet de définir les contributions de chacun à l'OSaRiB ainsi que leurs modalités de collaboration. Par ailleurs, chacun s'engage à apporter ses compétences, ses connaissances et savoir-faire, ses moyens humains, matériels, financiers et techniques nécessaires à la mise en œuvre de l'OSaRiB.[11] L'Andra, en tant que futur exploitant, reste mobilisée pour contribuer dans la limite de ses prérogatives aux démarches de santé publique qui pourraient être menées autour du centre de stockage Cigéo.

19.1.1.2 Surveillance des consommations et rejets des installations du centre de stockage Cigéo

19.1.1.2.1 Surveillance des consommations et des déchets

Les suivis suivants sont réalisés :

- une surveillance continue des consommations d'eau potable, des volumes d'eau recyclée et des volumes d'eau d'exhaure ;
- un suivi annuel des consommations d'énergie ;
- un suivi annuel de la gestion des déchets produits.

19.1.1.2.2 Surveillance des rejets

Le tableau 19-1 présente le plan de surveillance des rejets atmosphériques et liquides du centre de stockage Cigéo.

Les résultats de cette surveillance, accompagnés de commentaires sur les causes des dépassements éventuellement constatés ainsi que sur les actions correctives mises en œuvre ou envisagées, sont tenus à la disposition des administrations en charge du contrôle des installations et ouvrages du centre de stockage Cigéo.

[11] https://www.santepubliquefrance.fr/presse/2022/creation-de-l-observatoire-de-la-sante-des-riverains-du-projet-de-centre-de-stockage-de-bure-osarib

Tableau 19-1 Surveillance des rejets atmosphériques et liquides du centre de stockage Cigéo dans l'environnement

Type de rejet surveillé	Nature de la surveillance	Zone concernée	Localisation des points de mesures/prélèvements	Analyses ou Paramètres suivis	Fréquence d'analyse		
					Aménagements préalables	Construction initiale	Fonctionnement
Émissions atmosphériques	Contrôle des rejets radiologiques de la ventilation nucléaire	Zone descenderie Zone puits	Sur chaque point de rejet en façade et émissaires de la ventilation nucléaire : • bâtiment nucléaire de surface EP1 (rejets en façade et émissaire) ; • puits air vicié exploitation (VVE) (rejet en émissaire) ; • descenderie de service et descenderie colis (rejets en façade).	Émissaires et rejets façade : Débits et volumes hygrométrie et température (débit exprimé en Nm^3/h)	Sans objet	Sans objet	Continu*
				Émissaires : Activités tritium, iode, krypton 85 et carbone 14			
				Émissaires et rejets façade : Activités alpha globale et bêta globale			
	Contrôle des rejets conventionnels de la ventilation de l'installation souterraine	Zone descenderie	Descenderie de service	Teneurs en CO, NO_x, PM_{10}, $PM_{2,5,}$ COV	Sans objet	Périodique	Sans objet (cf. Contrôle radiologique)
			Descenderie colis	Teneurs en CO, NO_x, PM_{10}, $PM_{2,5}$, COV	Sans objet	Périodique	Sans objet (cf. Contrôle radiologique)
		Zone puits	Puits air vicié travaux (VVT)	Teneurs en CO, NO_x, PM_{10}, $PM_{2,5}$, COV	Sans objet	Périodique	Périodique
			Puits air vicié exploitation (VVE)	Teneurs en CO, NO_x, SO_x, PM_{10}, $PM_{2,5}$, COV	Sans objet	Périodique	Sans objet (cf. Contrôle radiologique)
	Contrôle des rejets conventionnels canalisés des installations de combustion**	Zone puits Zone descenderie	Sur chaque point de rejet canalisé d'installations de combustion générant des rejets	Débits (Nm^3/h) Température (°c) Vitesse d'éjection des gaz (m/s)	Sans objet	Installations de puissance thermique nominale totale <5 MW : au moins tous les trois ans Installations de puissance thermique nominale totale ≥5 MW : au moins tous les deux ans	Installations de puissance thermique nominale total <5 MW : au moins tous les trois ans Installations de puissance thermique nominale totale ≥5 MW : au moins tous les deux ans
				Pour chaudières GPL : Teneurs en oxygène, NO_x, SO_x, COV non méthaniques Pour chaudières Biomasse : Teneurs en oxygène, NO_x, SO_2, COV non méthaniques, poussières totales, PM_{10}, $PM_{2,5}$, dioxines et furanes			
	Contrôle des rejets conventionnels canalisés des autres ouvrages/installations (y compris installations de chantier, hors installations temporaires)	Emprises du centre de stockage, y compris emprises travaux	Sur chaque point de rejet canalisé d'installations générant des rejets[12]	À définir en fonction de l'installation (nature des émissions) et de l'AMPG applicable (valeurs limites d'émission)	En fonction de l'AMPG applicable	En fonction de l'AMPG applicable	En fonction de l'AMPG applicable
Émissions liquides	Contrôle des effluents conventionnels liquides avant rejet au milieu naturel	Zone puits Zone descenderie	En amont des points de rejets au milieu naturel	Paramètres physico-chimiques faisant l'objet d'une valeur limite d'émission (VLE) réglementaire - paramètres classiques = température, pH, MES, DCO, DBO_5, N global, P total - substances caractéristiques des activités industrielles = HCT, FE + Al, Cu, Pb, Zn, Cr, Ni - autres substances dangereuses entrant dans la qualification de l'état des masses d'eau = Cd, As, Hg, HAP, Benzo(a)pyrène	Mensuelle ou continue	Mensuelle ou continue	Mensuelle ou continue*

[12] Pour les rejets visés par la nomenclature ICPE (exemples : Ateliers de maintenance, centrales à béton, centrale d'enrobage, installations de broyage/concassage…)

Type de rejet surveillé	Nature de la surveillance	Zone concernée	Localisation des points de mesures/prélèvements	Analyses ou Paramètres suivis	Fréquence d'analyse		
					Aménagements préalables	Construction initiale	Fonctionnement
				Autres paramètres = Se, U	Sans objet	Mensuelle	Mensuelle
				Débits et volumes	Ponctuel	Continue*	Continue*

* Suivi défini conformément à l'arrêté du 9 août 2013 (49) relatif à la maîtrise des nuisances et de l'impact sur la santé et l'environnement des INB

** Selon exigences de l'arrêté ministériel du 3 août 2018 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration au titre de la rubrique 2910 (50)

19.1.1.3 Surveillance de l'environnement des installations du centre de stockage Cigéo

Le tableau 19-2 présente le plan de surveillance qui sera mis en œuvre pour les différents compartiments de l'environnement.

Tableau 19-2 Surveillance de l'environnement des installations du centre de stockage Cigéo

Types de surveillance	Natures des suivis	Installations potentiellement impactantes	Localisation des points de mesures/prélèvements	Analyses ou Paramètres suivis	Fréquence d'analyse		
					Aménagements préalables	Construction initiale	Fonctionnement
Surveillance des nuisances sonores et vibratoires	Mesures de bruit	Toutes installations	Limites de site et zones à émergences réglementées	Niveaux d'émissions sonores**	Mensuelle	Semestrielle	Annuelle
	Mesures de vibrations	Toutes installations	Sur site et au niveau des habitations et installations les plus proches durant les travaux générateurs de vibrations	Mesure du niveau des vibrations	Lors des travaux concernés	Lors des travaux concernés	Lors des travaux concernés
Surveillance atmosphérique	Activité volumique de l'air au niveau du sol	Installation souterraine, zones puits et descenderie	Position de la station de prélèvements à définir	Tritium, carbone 14, iode	Sans objet	Sans objet	Hebdomadaire*
	Surveillance des retombées de poussières atmosphériques non conventionnelles	Installation souterraine, zones puits et descenderie	Positions des stations d'aspiration en continu sur un filtre fixe de prélèvements à définir. Un point de mesure étant nécessairement situé sous les vents dominants par rapport aux installations	Détermination de l'activité alpha globale et bêta globale	Sans objet	Sans objet	Quotidienne*
				Spectrométrie alpha ou-gamma si respectivement l'activité alpha globale ou bêta- globale est supérieure à 2 mBq/m³			
				Spectrométrie gamma sur le regroupement mensuel des filtres hebdomadaires (+ spectrométrie alpha si émission d'émetteurs alpha)			Mensuelle*
	Suivi de la radioactivité ambiante	Zones puits et descenderie	10 km autour des installations zones puits et descenderie et en limite de clôture des installations.	Débit de dose gamma ambiant	Sans objet	Sans objet	Enregistrement continu*
	Suivi de la radioactivité sur précipitations atmosphériques	Installation souterraine, zones puits et descenderie	Position des préleveurs à définir (sur sites et hors site)	Détermination de l'activité alpha et bêta globale, potassium et tritium	Sans objet	Sans objet	Hebdomadaire*
	Suivi climatologique	-	Positions à définir sur les zones puits et descenderie	Vitesses et direction des vents, température, sur deux hauteurs de mesure Humidité, précipitations	Sans objet	Sans objet	Continue*
	Suivi de la qualité de l'air par unité mobile (paramètres conventionnels)	Toutes installations	Positions à définir en fonction de la phase considérée du projet	NO_x, NO_2, SO_2, CO, O_3, Poussières totales, PM_{10}	Mensuelle***	Semestrielle	Annuelle
	Surveillance des retombées des poussières atmosphériques conventionnelles	Toutes installations	Sur cultures et zones d'habitations situées sous les vents dominants	Suivi quantitatif sur une période représentative de l'activité du site	Mensuelle	Mensuelle	Trimestrielle

Types de surveillance	Natures des suivis	Installations potentiellement impactantes	Localisation des points de mesures/prélèvements	Analyses ou Paramètres suivis	Fréquence d'analyse		
					Aménagements préalables	Construction initiale	Fonctionnement
Surveillance des eaux superficielles	Débit et qualité des sources alimentant les cours d'eau	Toutes installations	*A minima* sources du Cité, du Bindeuil et de la Fontaine	*A minima* les paramètres faisant l'objet d'une valeur réglementaire limitent et substances susceptibles de caractériser une éventuelle pollution compte tenu des activités	Mensuel	Mensuel	Continue*
	Qualité des eaux/milieu récepteur Contrôle des eaux de surface en amont et aval des rejets	Toutes installations	En amont et aval des points de rejets des installations de l'Ormançon, l'Orge et la Bureau	Mesure ou évaluation représentative du débit des cours d'eau aux points de rejet	Mensuelle	Mensuelle	Continue*
				Température, pH, oxygène dissous et conductivité	Mensuelle	Mensuelle	Continue*
				A minima les paramètres faisant l'objet d'une valeur réglementaire limitent et substances susceptibles de caractériser une éventuelle pollution compte-tenu des activités	Mensuelle	Mensuelle	Mensuelle À Hebdomadaire
				Suivi hydrobiologique	Semestrielle	Semestrielle	Semestrielle
				Suivi hydromorphologique	Annuelle	Annuelle	Annuelle
				Détermination de l'activité alpha globale et bêta globale, tritium, carbone 14 et potassium	Sans objet	Sans objet	Mensuelle
Surveillance des eaux souterraines	Niveaux piézométriques et qualité des eaux souterraines	Toutes installations	Réseau piézométrique de surveillance localisé sur sites, en amont et aval hydraulique	Niveaux piézométriques	Mensuelle	Mensuelle	Continue À Mensuelle
				Suivi du débit des eaux d'exhaure	Continu	Continu	Continu
				Paramètres physico-chimiques faisant l'objet d'une valeur réglementaire limite et substances susceptibles de caractériser une éventuelle pollution de la nappe compte tenu des activités	Mensuelle	Mensuelle	Mensuelle
				Détermination de l'activité alpha globale et bêta globale, tritium, carbone 14 et potassium	Sans objet	Sans objet	Mensuelle À Annuelle*
Surveillance des écosystèmes terrestres	Couches superficielles des terres	Installation souterraine, zones puits et descenderie	Sur site et environnement proche sous les vents dominants	Détermination de l'activité alpha et bêta globale, Spectrométries alpha et gamma	Sans objet	Sans objet	Annuelle*
	Végétaux			Spectrométrie gamma	Sans objet	Sans objet	Mensuelle*

Types de surveillance	Natures des suivis	Installations potentiellement impactantes	Localisation des points de mesures/prélèvements	Analyses ou Paramètres suivis	Fréquence d'analyse		
					Aménagements préalables	Construction initiale	Fonctionnement
		Installation souterraine, zones puits et descenderie	Prélèvement de végétaux dans une zone située sous les vents dominants	Tritium (HTO)			Annuelle*
				Carbone 14			Trimestrielle*
	Lait	Installation souterraine, zones puits et descenderie	Prélèvement de lait produit au voisinage de l'installation (0 – 10 km) sous les vents dominants	Spectrométrie gamma	Sans objet	Sans objet	Mensuelle*
				Tritium			Annuelle*
				Carbone 14			Trimestrielle*
	Principales productions agricoles	Installation souterraine, zones puits et descenderie	Zones situées sous les vents dominants	Tritium (eau tritiée HTO et tritium organiquement lié TOL) et spectrométrie gamma	Sans objet	Sans objet	Annuelle*
	Sédiments, faune et flore aquatiques	Installation souterraine, zones puits et descenderie	Prélèvements de sédiments, de faune et de flore aquatiques dans les cours d'eau pouvant être potentiellement impactés par des rejets contaminés	Spectrométrie gamma et alpha dans les sédiments	Sans objet	Sans objet	Annuelle*
				Tritium (TOL) sur les poissons			
				Carbone 14 sur les poissons			

* Suivi défini conformément à l'arrêté du 9 août 2013 (49) relatif à la maîtrise des nuisances et de l'impact sur la santé et l'environnement des INB

** Suivi défini conformément à l'arrêté du 23 janvier 1997 (51) relatif à la limitation des bruits émis dans l'environnement par les ICPE

*** Localement, les suivis atmosphériques des poussières sont mesurés en continu en phase d'aménagements préalables

19.1.1.4 Surveillance des milieux post-travaux en termes de biodiversité du centre de stockage Cigéo

19.1.1.4.1 Surveillance de la bonne remise en état écologique des emprises travaux

La remise en état après travaux des emprises non nécessaires à l'exploitation du projet, et sur lesquelles aucun projet d'aménagement n'est prévu (R21q/MR13 « Remise en état ou revégétalisation après travaux des emprises impactées »), permet de restaurer des habitats et des conditions écologiques favorables aux espèces présentes. Le suivi de la bonne remise en état de terrain est assuré par un écologue. Le suivi de la bonne recolonisation des espèces fréquentant actuellement le site est assuré sur une période de cinq ans.

Le planning d'intervention est le suivant :

N + 2	N + 3	N + 5

Un compte rendu de ce suivi est rédigé et, si besoin, transmis aux administrations compétentes.

19.1.1.4.2 Surveillance de la non remise en cause de l'état de conservation des espèces concernées par le projet

Afin de vérifier la non remise en cause de l'état de conservation des espèces impactées par le projet, le suivi du cortège des espèces protégées et/ou patrimoniales fréquentant la zone d'emprise travaux est prévu à une fréquence bisannuelle en phase chantier, soit sur une période de 10 à 15 ans. Ce suivi se fait à raison de deux passages par groupes (amphibiens, reptiles, oiseaux, insectes, mammifères et chiroptères) en période de reproduction (mars et septembre) et aux périodes d'observation favorables pour la flore patrimoniale impactée.

Une fois le chantier terminé, un suivi de la recolonisation des espèces est réalisé pendant *a minima* cinq ans, ce qui conduit à un suivi bisannuel des espèces sur une durée totale comprise entre 15 ans et 20 ans, complété ensuite par un suivi bisannuel tous les cinq ans. Ce suivi est adapté en fonction des opérations.

Ce suivi, en plus d'évaluer la dynamique des populations des espèces concernées par les mesures d'évitement et de réduction, veille à évaluer la dynamique locale des espèces présentes sur une aire d'étude dont les contours restent à définir. Il vérifie :

- la répartition des espèces fréquentant le secteur ;
- l'évolution des densités de populations présentes.

19.1.2 Autres opérations du projet global Cigéo

Un plan de surveillance de l'environnement est proposé par les différents MOA pour chaque opération constituant le projet global Cigéo. Le suivi de ces plans est assuré par les MOA pour chaque phase (aménagements préalables et fonctionnement) et couvre tous les compartiments de l'environnement. Il est bien entendu adapté aux incidences de l'opération concernée. Les études de conception pour ces opérations étant en cours, les plans de surveillance associés sont détaillés dans les demandes d'autorisation à venir de chaque opération du projet global Cigéo.

Concernant le poste de transformation, un plan de contrôle et de surveillance des champs magnétiques est mis en œuvre dès sa mise en fonctionnement. En effet, conformément à l'article L. 323-13 du code de l'énergie, RTE est tenu de mettre en œuvre un dispositif de surveillance des champs électromagnétiques émis par les ouvrages du réseau de transport d'électricité par l'arrêté du 23 avril 2012 (52).

Ce dispositif de surveillance des champs magnétiques suit trois étapes :

- RTE établit pour l'ouvrage concerné un Plan de contrôle et de surveillance (PCS) dont l'objectif est d'identifier les parties de l'ouvrage susceptibles d'exposer de façon continue des personnes au champ magnétique. Il contient les caractéristiques de l'ouvrage (référence, technologie, niveau de tension, nombre de circuits) et notamment son intensité maximale en régime normal d'exploitation. Le PCS inclut également des éléments cartographiques faisant apparaître la nature de l'environnement de l'ouvrage, l'identification des zones de surveillance et des points où les mesures de champ magnétique 50 Hz seront réalisées. Le PCS est soumis à l'approbation du préfet de département ;
- le contrôle initial (les mesures de champs magnétiques) est effectué dans les 12 mois suivant la mise en service (ou la remise sous tension) de l'ouvrage par un laboratoire indépendant accrédité COFRAC. Ces mesures sont ensuite corrigées afin de refléter la situation la plus pénalisante susceptible d'être rencontrée en régime normal d'exploitation ;
- les résultats de ces mesures (données brutes et corrigées) sont transmis, au plus tard, le 31 mars de chaque année, à l'ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire) qui les mettra à disposition du public. RTE publie les mesures sur le site internet « clefdeschamps.info ».

La surveillance des champs magnétiques se poursuit tout au long de l'exploitation de l'ouvrage. Aussi, tous les 10 ans, RTE est tenu de vérifier que des évolutions intervenues dans l'environnement de la ligne électrique n'ont pas augmenté l'exposition des personnes au champ magnétique.

Dans le cadre du partenariat signé en décembre 2008, et renouvelé en novembre 2013, entre RTE et l'Association des maires de France (AMF), RTE met à la disposition des maires concernés par ses ouvrages, un dispositif d'information et de mesures sur les champs magnétiques de très basse fréquence. Concrètement, les maires peuvent demander à RTE de faire évaluer les niveaux de champs magnétiques 50 Hz et bénéficier d'une information particularisée à l'environnement de leur commune.

19.2 Modalités de suivi des mesures environnementales

19.2.1 Modalités transverses de suivi des mesures

Quelle que soit l'organisation retenue pour la réalisation des travaux, des principes organisationnels et de contrôle sont appliqués afin de garantir la mise en œuvre et l'efficacité des mesures définies dans le cadre de l'étude d'impact, des dossiers d'autorisation et des arrêtés en résultant.

Tout d'abord, les études de conception, prenant en compte les différentes mesures définies, font l'objet d'un processus de contrôle. La fiabilité de ce processus est garantie par la mise en place d'un système d'assurance de la qualité.

Ensuite, dans le cadre des marchés travaux, l'engagement de prise en compte des mesures environnementales telles que définies dans les dossiers réglementaires – qui constituent des pièces du marché - est systématiquement inscrit au cahier des charges de l'entreprise. Il est demandé à ces entreprises de mettre en place une organisation qui doit leur permettre de suivre la mise en œuvre de ces mesures et de faire le reporting au maître d'ouvrage.

Dans ce contexte, la rédaction d'un certain nombre de documents d'organisation et de suivi (un plan de respect de l'environnement, un plan d'assurance qualité, un plan de contrôle, un SOGED (Schéma d'organisation et de gestion des déchets)…), en conformité avec les mesures environnementales définies, est exigée des entreprises en charge des travaux.

En complément, une structure de conseil et de suivi environnemental de chantier – dont la nature et le fonctionnement sont adaptés à chaque tranche de travaux et/ou maître d'ouvrage - est mise en place pendant toute la durée des travaux. Cette structure participe à l'ensemble des phases pour guider et contrôler les entreprises travaux dans la bonne réalisation des mesures.

Cette organisation permet de définir notamment des niveaux de contrôle en fonction des enjeux locaux. À titre d'exemple, les niveaux de contrôle suivants pourraient être définis comme présentés dans le tableau ci-après.

Tableau 19-3 Exemples de niveaux de contrôle

Point sensible	Point de contrôle de l'exécution ne nécessitant pas : • une formalisation particulière ; • l'information ou la présence du contrôle externe. Ce point ne fait pas forcément l'objet d'une fiche de suivi. Le point sensible relève de la maîtrise interne de la conformité des ouvrages au regard des règles de l'art. Il marque un arrêt des travaux jusqu'à la réalisation du contrôle interne et autorisation de poursuite des travaux car travaux conformes ou en cours de remise en conformité (via une fiche d'écart par exemple).
Point critique	Point de contrôle qui nécessite une matérialisation du contrôle interne sur un document de suivi d'exécution. L'entreprise informe le maître d'œuvre avec un délai de préavis suffisant (défini dans le PAQ de la Maîtrise d'œuvre) de la date de réalisation des tâches concernées. Cela lui permet d'être présent, s'il le souhaite. L'entreprise met à disposition les documents de contrôle d'exécution relatifs aux tâches concernées. Il marque un arrêt des travaux jusqu'à la réalisation du contrôle externe (laboratoire, topo, qualité par exemple) et autorisation de poursuite des travaux car travaux conformes ou en cours de remise en conformité (via une fiche d'écart par exemple). L'intervention ou l'accord du contrôle extérieur et du contrôle postérieur n'est pas nécessaire à la poursuite de l'opération.
Point d'arrêt	Point de contrôle qui nécessite l'accord explicite et documenté du maître d'œuvre ou d'un organisme mandaté par lui pour la poursuite de l'exécution. L'entreprise informe le maître d'œuvre de la date de réalisation des contrôles correspondants avec un délai de préavis suffisant (défini dans le PAQ de la Maîtrise d'œuvre). Cela lui permet d'être présent s'il le souhaite. La levée d'un point d'arrêt peut être exclusivement documentaire et ne pas nécessiter de déplacement sur site. Il marque un arrêt des travaux jusqu'à réalisation du contrôle extérieur et autorisation de poursuite des travaux car travaux conformes ou en cours de remise en conformité (via une fiche d'écart par exemple).

Ainsi, avant le démarrage des travaux, les derniers plans du projet, dit plans d'exécution, font l'objet d'une validation/approbation formelle (point d'arrêt) attestant de leur conformité technique et aux exigences environnementales.

Pendant les travaux, chaque entreprise veille à la bonne organisation du chantier, la sensibilisation et la formation du personnel intervenant, et réalise ou fait réaliser des contrôles et visites régulières pendant toute la durée du chantier.

Il s'agit en particulier :

- de localiser les éléments à enjeux à partir de l'état initial et positionner le balisage et les barrières pour limiter les emprises travaux au strict nécessaire avec les entreprises en charge des travaux ;
- de former/sensibiliser les intervenants chantier aux enjeux (avec feuille d'émargement à signer à chaque accueil notamment) ;
- de déterminer les modalités de mise en œuvre du chantier (accès, emprises, bases vie) ;
- de vérifier régulièrement sur le terrain du bon état des installations mises en place pour la protection des milieux naturels (balisage notamment, barrières anti-retours…).

Pour ce faire :

- des visites sont régulièrement réalisées faisant l'objet de compte rendu de la bonne réalisation des mesures et/ou de propositions de mise en œuvre de mesures correctives ;
- des registres permettent de consigner :
  - ✓ les éventuelles incidences et accidents survenus sur le chantier et de suivre leur gestion ;
  - ✓ les éventuels écarts ou non-conformité relevée par rapport aux engagements pris et les modalités mises en œuvre pour les corriger.

À l'issue des travaux, une étape de réception des ouvrages est réalisée qui permet :

- de vérifier le respect des mesures en termes de localisation, de dimension et éventuellement performance (exemple : cas d'écrans acoustiques) ;
- de solder le traitement des éventuels écarts ou non conformités.

Enfin, pour certaines mesures, un suivi se poursuit au-delà du chantier pour surveiller que le devenir du site est conforme aux engagements pris (par exemple le reprise de la végétation).

Dans le cadre des autorisations environnementales, puis de leurs arrêtés, seront précisées les dispositions mises en œuvre par les maîtres d'ouvrage pour garantir le suivi et la réussite des mesures ERC.

Grâce à ces modalités de suivi, l'Andra garantit le respect des engagements environnementaux pris au fur et à mesure des actualisations de l'étude d'impact du projet global Cigéo.

Les modalités de suivi sont détaillées pour chaque mesure ERC dans les chapitres thématiques du présent volume IV. Le tableau 19-4 ci-après synthétise l'ensemble de ces modalités de suivi et les thématiques auxquelles elles sont rattachées.

Tableau 19-4 Synthèse des modalités de suivi des mesures ERC

Modalités de suivi	Mesures	Facteur environnemental concerné												
		Atmosphère	Sol	Sous-sol	Eaux	Biodiversité et milieu naturel	Emploi, activités économiques, population	Activités agricoles et sylvicoles	Réseaux	Déchets radioactifs et conventionnels	Infrastructures de transport	Cadre de vie	Paysage, patrimoine culturel, tourisme et activités de loisirs	Planification territoriale et aménagement du territoire
Contrôles de l'étanchéité des équipements frigorifiques ou climatiques	R2.2z Mise en place de systèmes de climatisation permettant de récupérer une partie de l'énergie	X												
Suivi de la répartition de l'occupation du sol dès la conception	R1.2a Optimisation des surfaces minéralisées limitant le phénomène d'îlot de chaleur	X												
	R2.2k Végétalisation importante des espaces extérieurs limitant le phénomène d'îlots de chaleur	X												
Suivi du bon entretien du site	R2.2k Végétalisation importante des espaces extérieurs limitant le phénomène d'îlots de chaleur	X												
Suivi de la prise en compte dans la conception	R2.2k Création de toitures végétalisées limitant le phénomène d'îlot de chaleur	X												
	R2.2n Intégration de matériaux alternatifs aux enrobés sombres limitant le phénomène d'îlot de chaleur	X												
Suivi des installations et des températures	R2.2z Choix de conception des installations nucléaires et de protection, des équipements électriques résistant aux risques météorologues extrêmes	X												
	R2.2z Sécurisation de la ligne RTE	X												
Suivi des consommations d'eau	R2.1z Maîtrise des consommations d'eau	X			X									
	R2.2z Recyclage des eaux produites	X												
	R2.2z Réutilisation prioritaire des eaux traitées pour les besoins en eau non potable du centre de stockage Cigéo				X									
	E3.2b Raccordement du centre de stockage au réseau local d'adduction				X									
Surveillance du bon fonctionnement des ouvrages constituant les dispositifs de recyclage des eaux	R2.2z Recyclage des eaux produites	X												
	R2.2z Réutilisation prioritaire des eaux traitées pour les besoins en eau non potable du centre de stockage Cigéo				X									
Suivi de la résistance des végétaux	R2.2q Choix d'essences résistantes aux sécheresses pour la végétalisation du site et dans le cadre de la compensation	X												
Alerte sécheresse Météo-France	R2.2q Choix d'essences résistantes aux sécheresses pour la végétalisation du site et dans le cadre de la compensation	X												
Suivi des volumes recueillis	R2.2q Dimensionnement des bassins définitifs de collecte des eaux pluviales pour une pluie centennale	X												

Modalités de suivi	Mesures	Facteur environnemental concerné												
		Atmosphère	Sol	Sous-sol	Eaux	Biodiversité et milieu naturel	Emploi, activités économiques, population	Activités agricoles et sylvicoles	Réseaux	Déchets radioactifs et conventionnels	Infrastructures de transport	Cadre de vie	Paysage, patrimoine culturel, tourisme et activités de loisirs	Planification territoriale et aménagement du territoire
Suivi de la répartition de l'occupation des sols et notamment des surfaces boisées	R2.2e Évitement partiel des zones boisées	X												
Suivi régulier du bilan carbone depuis la conception jusqu'à la fermeture	R2.2z Intégration des évolutions technologiques dans la conception du projet	X												
Suivi des trafics de trains et de camions accédant au centre de stockage Cigéo	R2.2a Desserte du centre de stockage par train	X												
Suivi de la répartition de l'occupation des sols, notamment des surfaces végétalisées	R1.2a Maintien et restitution des capacités de séquestration carbone	X												
Suivi des quantité et types de matériaux consommés	R2.1c Réduction des besoins en matériaux et utilisation de matériaux bas carbone	X												
Surveillance des consommations d'énergie	R2.1z Utilisation rationnelle de l'énergie	X												
Suivi des puissances d'énergies renouvelables installées	R2.2z Recours aux énergies renouvelables pour les consommations énergétiques du centre de stockage Cigéo	X												
Contrôle du bon entretien des véhicules et engins	R2.1a Réduction des émissions liées aux engins et véhicules thermiques	X												
Contrôles d'étanchéité des équipements frigorifiques ou climatiques	R2.2z Surveillance et maintenance des équipements contenant des fluides frigorigènes	X												
Inventaire des équipements et stockage fixes susceptibles d'être à l'origine des émissions de gaz à effet de serre fluorés	R2.2z Surveillance et maintenance des équipements contenant des fluides frigorigènes	X												
Registre de suivi des opérations de dégazage	R2.2z Surveillance et maintenance des équipements contenant des fluides frigorigènes	X												
Suivi des mesures annoncées dans les offres des entreprises	R2.1z Critère de sobriété énergétique lors de la consultation des entreprises	X												
Suivi des tonnages de déchets acheminés vers les différentes filières	R2.1c Optimisation de la gestion des déchets	X												
Suivi des plans d'exécution	E2.1z Verses issues du creusement de l'installation souterraine principalement remontées sur la zone puits	X												
	E3.1a Raccordement à la ligne très haute tension la plus proche	X												
Volume de matériaux transportés par le convoyeur	E3.1a Mise en place d'une bande transporteuse semi-enterrée entre la zone descenderie et la zone puits	X												

Modalités de suivi	Mesures	Facteur environnemental concerné												
		Atmosphère	Sol	Sous-sol	Eaux	Biodiversité et milieu naturel	Emploi, activités économiques, population	Activités agricoles et sylvicoles	Réseaux	Déchets radioactifs et conventionnels	Infrastructures de transport	Cadre de vie	Paysage, patrimoine culturel, tourisme et activités de loisirs	Planification territoriale et aménagement du territoire
Mesures régulières de la qualité de l'air	E3.1a Mise en place d'une bande transporteuse semi-enterrée entre la zone descenderie et la zone puits	X												
	R2.1a Gestion optimisée des déblais et remblais permettant la réduction des distances de transport des matériaux par camion	X												
	R2.1a Entretien des véhicules	X												
	R2.2z Émissaires de rejets canalisés en hauteur	X										X		
Mesures régulières des dépôts de poussières	E3.2b Réutilisation d'installations existantes	X												
	R2.1a Prise en compte des conditions météorologiques	X												
	R2.1z Mise en place de dispositifs pour limiter les émissions de poussières	X												
	R2.1a Mise en place d'un revêtement sur les principales pistes empruntées par les véhicules	X												
	R2.2z Végétalisation des verses afin de réduire les surfaces soumises aux intempéries et au vent	X												
	R2.2z Brumisation des verses non couvertes	X												
	R2.1a Gestion optimisée des déblais et remblais permettant la réduction des distances de transport des matériaux par camion	X												
Suivi des volumes de déblais réutilisés en remblais	E1.1c Réutilisation de déblais en remblais	X												
Suivi des dispositions prises en vue de prévenir l'envol de poussières et de matières diverses	R2.1a Prise en compte des conditions météorologiques	X												
	R2.1z Mise en place de dispositifs pour limiter les émissions de poussières	X												
	R2.1a Mise en place d'un revêtement sur les principales pistes empruntées par les véhicules	X												
	R2.1a Gestion optimisée des déblais et remblais permettant la réduction des distances de transport des matériaux par camion	X												
Suivi du bon fonctionnement des dispositifs de captation, de filtration et d'épuration des rejets atmosphériques	R2.1z Mise en place de dispositifs pour limiter les émissions de poussières	X												
	R2.2z Émissaires de rejets canalisés en hauteur	X												
Contrôles de vitesse réguliers et inopinés	R2.1a Limitation de la vitesse de circulation des véhicules	X												

Modalités de suivi	Mesures	Facteur environnemental concerné												
		Atmosphère	Sol	Sous-sol	Eaux	Biodiversité et milieu naturel	Emploi, activités économiques, population	Activités agricoles et sylvicoles	Réseaux	Déchets radioactifs et conventionnels	Infrastructures de transport	Cadre de vie	Paysage, patrimoine culturel, tourisme et activités de loisirs	Planification territoriale et aménagement du territoire
Cahier de suivi et contrôles	R2.1a Entretien des véhicules	X												
Suivi du bon fonctionnement des chaudières et réalisation des contrôles réglementaires	R2.2z Émissaires de rejets canalisés en hauteur	X												
Suivi régulier de la superficie des verses à nu et des surfaces végétalisées	R2.2z Végétalisation des verses afin de réduire les surfaces soumises aux intempéries et au vent	X												
	R2.2z Végétalisation progressive des verses		X											
Suivi de la qualité des colis de déchets radioactifs (contrôles de la production au stockage en alvéole)	R3.2b Conditionnement des déchets radioactifs (colis primaires), selon les spécifications d'acceptation fixées par l'Andra	X												
Suivi du fonctionnement des systèmes de ventilation et maintenance associée	R2.2z : systèmes de ventilation nucléaires équipés de filtres à très haute efficacité (rétention de 99,9 % des aérosols au minimum)	X												
	R2.2z : émissaires de rejets canalisés en hauteur	X												
Suivi du colmatage des filtres et maintenance associée	R2.2z : Systèmes de ventilation nucléaires équipés de filtres à très haute efficacité (rétention de 99,9 % des aérosols au minimum)	X												
Mesure des rejets radioactifs	R2.2z Émissaires de rejets canalisés en hauteur	X												
Suivi de la répartition de l'occupation des sols et notamment des surfaces artificialisées	E3.2b Réutilisation d'installations existantes		X											
	E2.1b Utilisation de la voirie existante, des chemins et autres pistes ainsi que les layons existants		X											
	R2.2z Approvisionnement en énergie par des lignes électriques enterrées		X											
	R1.2a Optimisation de la zone d'intervention potentielle du centre de stockage		X											
	R2.1r Remise en état des zones d'intervention potentielle temporaires		X											
	R1.2a Réduction des emprises de travaux le long de la ligne électrique 400 kV		X											
Suivi de la liste des installations réutilisées à toutes les étapes clefs de la conception	E3.2b : réutilisation d'anciennes infrastructures ferroviaires		X								X		X	
	E2.1b Utilisation de la voirie existante, des chemins et autres pistes ainsi que les Approvisionnement en existants		X											
Suivi régulier des superficies imperméabilisées et végétalisées de la conception jusqu'à la fermeture	R2.2k Création d'espaces verts au sein des zones artificialisées		X											

Modalités de suivi	Mesures	Facteur environnemental concerné												
		Atmosphère	Sol	Sous-sol	Eaux	Biodiversité et milieu naturel	Emploi, activités économiques, population	Activités agricoles et sylvicoles	Réseaux	Déchets radioactifs et conventionnels	Infrastructures de transport	Cadre de vie	Paysage, patrimoine culturel, tourisme et activités de loisirs	Planification territoriale et aménagement du territoire
Suivi régulier du phasage des travaux dès la conception	R.2.2.z : optimisation de la planification de la réalisation et mutualisation des installations de chantier		X										X	
	R2.1z Aménagements paysagers dès la fin des APR		X											
	R2.1z Intégration des verses dans le relief et le paysage		X											
Suivi régulier du phasage des travaux de la conception à la fin des terrassements	R2.1c Équilibrer le bilan remblais/déblais par réutilisation des déblais sur site		X											
Campagne photographique tout au long du projet	E2.1z Valorisation des verses et déploiement progressif de la surface de stockage		X											
Entretien et maintenance des dispositifs	R2.1d Mise en place de dispositifs de stockage adaptés pour les produits dangereux		X	X										
	R2.1c Optimisation de la gestion des déchets		X	X										
	R2.1z : organisation globale du chantier			X										
	R2.2q Mise en place d'un dispositif de traitement complémentaire des eaux de ruissellement des verses			X	X									
	R2.2z Mise en place d'une station d'épuration par zone pour un rejet conforme au bon état chimique et écologique des eaux superficielles			X										
	R2.1z Mise en place d'un dispositif de traitement des eaux de fond par zone : objectif d'un rejet conforme au bon état chimique et écologique des eaux superficielles			X										
	R2.1z Mise en place d'un dispositif de traitement des eaux de fond par zone				X									
Registre de suivi des accidents et des pollutions accidentelles	R2.1d Mise en place de dispositifs de stockage adaptés pour les produits dangereux		X		X									
	R2.1z Organisation globale du chantier				X									
Surveillance du bon fonctionnement des dispositifs de protection des eaux prévus au niveau des zones de dépotage puis de stockage de matières dangereuses reçues en vrac et des zones de distribution des carburants	R2.1d Mise en place de dispositifs de stockage adaptés pour les produits dangereux		X		X									
Maintien de l'étanchéité des sols des locaux de travail et surveillance de la présence et de l'état des capacités de rétention sous les stockages de matières dangereuses conditionnées	R2.1d Mise en place de dispositifs de stockage adaptés pour les produits dangereux		X		X									

Modalités de suivi	Mesures	Facteur environnemental concerné												
		Atmosphère	Sol	Sous-sol	Eaux	Biodiversité et milieu naturel	Emploi, activités économiques, population	Activités agricoles et sylvicoles	Réseaux	Déchets radioactifs et conventionnels	Infrastructures de transport	Cadre de vie	Paysage, patrimoine culturel, tourisme et activités de loisirs	Planification territoriale et aménagement du territoire
Vérification régulière des conditions d'entreposage des déchets	R2.1d Mise en place de dispositifs de stockage adaptés pour les produits dangereux		X		X									
Registre des stocks (entrées/sorties)	R2.1d Mise en place de dispositifs de stockage adaptés pour les produits dangereux		X		X									
Maintenance des dispositifs	R2.1z Mise en place de dispositifs pour limiter les émissions de poussières		X											
Entretien et maintenance des dispositifs et des procédures	R2.1z Organisation globale du chantier		X	X										
Suivi des modalités de travaux	R2.1z Mise en place de dispositifs pour limiter les émissions de poussières		X											
	R2.1z Organisation globale du chantier		X											
	R2.1d Mise en place de dispositifs de stockage adaptés pour les produits dangereux		X	X										
	R2.1z Organisation globale du chantier			X										
	R2.1c Optimisation de la gestion des déchets		X	X										
	R2.2z Mise en place d'un assainissement non-collectif sur les bases vie (traitement des eaux générées) ou raccordement au réseau local			X										
	R2.1j Déclaration des travaux auprès des gestionnaires des réseaux et mise en place de mesures de protection si nécessaire								X					
	R3.1b Information préalable des usagers des interruptions temporaires de réseaux								X					
	R2.1z Mise en place d'un dispositif de traitement des eaux de fond par zone				X									
	R2.1z Arrêt des travaux en cas de découverte fortuite de vestiges												X	
	R2.2m Conception adaptée de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine en zone descenderie				X									
	R2.1d Mise en place d'un système de gestion des eaux souterraines lors des travaux de terrassements				X									
	R2.2m Dispositions constructives adaptées pour les liaisons surface-fond				X									
	R2.1z Dispositions constructives adaptées liées au creusement et à la réception des forages/piézomètres				X									

Modalités de suivi	Mesures	Facteur environnemental concerné												
		Atmosphère	Sol	Sous-sol	Eaux	Biodiversité et milieu naturel	Emploi, activités économiques, population	Activités agricoles et sylvicoles	Réseaux	Déchets radioactifs et conventionnels	Infrastructures de transport	Cadre de vie	Paysage, patrimoine culturel, tourisme et activités de loisirs	Planification territoriale et aménagement du territoire
	R2.2p Remise en état des zones d'intervention				X									
	R2.1d Mise en place d'un dispositif de traitement des eaux pluviales pour ne pas altérer la qualité des eaux superficielles et des eaux souterraines par transfert				X									
	R2.1z Conception et travaux limitant les incidences sur les usages des eaux souterraines				X									
Chargé environnement	R2.1z Organisation globale du chantier			X										
Suivi du débit des eaux d'exhaure	R2.2m Dispositions constructives adaptées pour les liaisons surface-fond				X									
	R2.1d Mise en place d'un système de gestion des eaux souterraines lors des travaux de terrassements				X									
	R2.2m Dispositions constructives adaptées pour les liaisons surface-fond				X									
	R2.1z Mise en place d'un dispositif de traitement des eaux de fond par zone				X									
Suivi de la gestion des eaux d'exhaure en surface	R2.2m Dispositions constructives adaptées pour les liaisons surface-fond				X									
	R2.1z Mise en place d'un dispositif de traitement des eaux de fond par zone				X									
Suivi quantitatif et qualitatif des nappes d'eau souterraine	R2.1z Conception et travaux limitant les incidences sur les usages des eaux souterraines				X									
	R2.1z Mise en place d'un dispositif de traitement des eaux de fond par zone				X									
	R2.2m Dispositions constructives adaptées pour les liaisons surface-fond				X									
	R2.1z Dispositions constructives adaptées liées au creusement et à la réception des forages/piézomètres				X									
Contrôle de la performance des dispositifs quantitatifs/qualitatifs de gestion des eaux pluviales	R2.2m Mise en place d'une gestion quantitative des eaux pluviales pour une non-aggravation du risque d'inondation en aval des points de rejet				X									
	R2.1d Mise en place de dispositifs de traitement des eaux pluviales pour ne pas altérer la qualité des eaux superficielles et des eaux souterraines par transfert				X									
Contrôle de la performance des dispositifs de gestion des eaux superficielles, entretien et maintenance	R2.2z Utilisation de dispositifs visant à réduire le tassement des sols				X									
	R2.1s Respect des prescriptions techniques et protection du chantier en zone inondable				X									
Entretien et maintenance des dispositifs de gestion des eaux	R2.1d Mise en place de dispositifs de traitement des eaux pluviales pour ne pas altérer la qualité des eaux superficielles et des eaux souterraines par transfert			X										

Modalités de suivi	Mesures	Facteur environnemental concerné												
		Atmosphère	Sol	Sous-sol	Eaux	Biodiversité et milieu naturel	Emploi, activités économiques, population	Activités agricoles et sylvicoles	Réseaux	Déchets radioactifs et conventionnels	Infrastructures de transport	Cadre de vie	Paysage, patrimoine culturel, tourisme et activités de loisirs	Planification territoriale et aménagement du territoire
Suivi de la qualité des eaux de ruissellement des verses issues du traitement complémentaire	R2.2q Mise en place d'un dispositif de traitement complémentaire des eaux de ruissellement des verses			X	X									
Suivi de la qualité des eaux recyclées issues des stations d'épuration	R2.2z Mise en place d'une station d'épuration par zone pour un rejet conforme au bon état chimique et écologique des eaux superficielles			X										
Suivi de la qualité des eaux recyclées issues des dispositifs de traitement des eaux de fond	R2.1z Mise en place d'un dispositif de traitement des eaux de fond par zone pour un rejet conforme au bon état chimique et écologique des eaux superficielles			X										
	R2.1z Mise en place d'un dispositif de traitement des eaux de fond par zone				X									
Contrôle de la performance des dispositifs de traitement des eaux usées	R2.2z Mise en place d'un assainissement non-collectif sur les bases vie (traitement des eaux générées) ou raccordement au réseau local			X										
Suivi de la qualité des colis de déchets radioactifs de la production jusqu'au stockage	R2.2z Conditionnement définitif des déchets radioactif selon les spécifications d'acceptation fixées par l'Andra			X										
Contrôles plus précis sur échantillonnage aléatoire	R2.2z Conditionnement définitif des déchets radioactif selon les spécifications d'acceptation fixées par l'Andra			X										
Instruments de mesure au sein d'un échantillonnage d'alvéoles	R2.2z Conception de l'installation souterraine garantissant le maintien des caractéristiques du Cox favorables au confinement			X										
Suivi du phasage des travaux de l'installation souterraine	R2.1a Séparation des opérations de stockage des déchets et de creusement de nouveaux alvéoles			X										
Suivi des activités dans le périmètre de droit exclusif et dans le périmètre de protection	R1.2b Définition d'un périmètre de droit exclusif et d'un périmètre de protection			X										
Réseau d'écoute sismique	E2.2f Implantation stockage dans une zone géologique d'activité sismique très faible			X										
Contrôle à la réception de chaque installation de surface et veille pendant toute la phase de fonctionnement, notamment en cas de séisme	R2.2z Conception et exploitation conformes aux règles spécifiques applicables aux installations nucléaires			X										
Suivi de l'adéquation entre l'inventaire des déchets et le dimensionnement de l'installation souterraine de la conception jusqu'à la fermeture	E4.1z Déploiement progressif de l'installation souterraine			X										
Mesure des modifications structurelles	R2.2z Choix de l'orientation des alvéoles de stockage			X										
Mesure des forces appliquées sur l'installation souterraine et les liaisons surface-fond dès la phase de construction initiale	R2.1z Adaptation des méthodes de creusement			X										
Contrôle à la réception de chaque installation de surface et veille pendant toute la phase de fonctionnement	R2.1b Adaptation des méthodes de construction des installations de surface			X										

Modalités de suivi	Mesures	Facteur environnemental concerné												
		Atmosphère	Sol	Sous-sol	Eaux	Biodiversité et milieu naturel	Emploi, activités économiques, population	Activités agricoles et sylvicoles	Réseaux	Déchets radioactifs et conventionnels	Infrastructures de transport	Cadre de vie	Paysage, patrimoine culturel, tourisme et activités de loisirs	Planification territoriale et aménagement du territoire
Suivi des quantités de matériaux importés et réutilisés de la conception jusqu'à la fermeture	R2.1c Réduction des besoins de matériaux de construction			X										
	R2.1c Réemploi et traitement des matériaux			X										
Suivi quantitatif et qualitatif de la nappe des calcaires du Barrois	R2.2m Conception adaptée de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine en zone descenderie				X									
	E4.1a Travaux suspendus en période de plus hautes eaux de la nappe d'eau souterraine avec des mesures de mise en sécurité du chantier				X									
	R2.1d Mise en place d'un système de gestion des eaux souterraines lors des travaux de terrassements				X									
	R2.2m Conception adaptée de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine en zone descenderie				X									
Suivi des quantités et de la radioactivité des effluents liquides non conventionnels	R2.2z Gestion des effluents non conventionnels				X									
Inventaire des flux d'effluents aqueux générés	R2.2z Gestion des effluents non conventionnels				X									
Mise en place d'un plan de surveillance environnemental	R2.2z Gestion des effluents non conventionnels				X									
Respect du plan d'implantation des ouvrages	E2.2b Choix de l'emplacement des descenderies en dehors des zones de fracturation géologiques pour préserver les nappes d'eau souterraine				X									
	E2.2f Pas d'emprises des installations temporaires et définitives dans les zones inondables identifiées				X									
	E3.1z Conception des liaisons surface-fond : ouvrages espacés et de faibles diamètres au regard des formations géologiques traversées				X									
Suivi régulier des superficies imperméabilisées et végétalisées	R2.1z Limitation des surfaces imperméabilisées et du ruissellement				X									
Suivi régulier de la superficie des verses	R2.1z Limitation des surfaces imperméabilisées et du ruissellement				X									
Suivi de la répartition de l'occupation du sol et notamment des emprises imperméabilisées et végétalisées	R2.1z Limitation des surfaces imperméabilisées et du ruissellement				X									
Suivi de l'intégration de toitures végétalisées au centre de stockage Cigéo	R2.1z Limitation des surfaces imperméabilisées et du ruissellement				X									
Balisage des chemins avant le début des travaux	E2.1b Utilisation des routes et chemins existants à proximité des cours d'eau				X									

Modalités de suivi	Mesures	Facteur environnemental concerné												
		Atmosphère	Sol	Sous-sol	Eaux	Biodiversité et milieu naturel	Emploi, activités économiques, population	Activités agricoles et sylvicoles	Réseaux	Déchets radioactifs et conventionnels	Infrastructures de transport	Cadre de vie	Paysage, patrimoine culturel, tourisme et activités de loisirs	Planification territoriale et aménagement du territoire
Mise en œuvre d'un plan d'alerte et d'intervention en cas de pollution	R2.1d : mise en place de dispositifs de traitement des eaux pluviales pour ne pas altérer la qualité des eaux superficielles et des eaux souterraines par transfert				X									
Contrôle cimentation	R2.1z Dispositions constructives adaptées liées au creusement et à la réception des forages/piézomètres				X									
Inscription dans le cahier des charges environnemental	E4.1a Réalisation des travaux en période d'assec des travaux au droit des cours d'eau temporaires				X									
	E1.1z Interdiction de réalisation des prélèvements dans les cours d'eau				X									
	E3.1a Limitation du nombre de bases vie				X									
	E2.1z Absence de travaux dans le lit mineur d'un cours d'eau				X									
Suivi de la qualité des eaux recyclées au sein des stations d'épuration et des dispositifs de traitement des eaux de fond pour des usages d'eau non potable du centre de stockage Cigéo	Réutilisation prioritaire des eaux traitées pour les besoins en eau non potable du centre de stockage Cigéo				X									
	R2.1z Mise en place d'un dispositif de traitement des eaux de fond par zone				X									
Suivi de la compatibilité des prélèvements d'eaux avec les exigences relatives à la règlementation IOTA	R2.2z Réutilisation prioritaire des eaux traitées pour les besoins en eau non potable du centre de stockage Cigéo				X									
	E3.2b Raccordement du centre de stockage au réseau local d'adduction				X									
Suivi des zones d'expansion des crues	R2.2m Mise en place d'une gestion quantitative des eaux pluviales pour une non-aggravation du risque d'inondation en aval des points de rejet				X									
Suivi quantitatif des eaux superficielles	R2.2z Utilisation de dispositifs visant à réduire le tassement des sols				X									
	R2.1s Respect des prescriptions techniques et protection du chantier en zone inondable				X									
Suivi hydromorphologique des cours d'eau	R2.2h Ouvrage de franchissement hydraulique défini par rapport aux caractéristiques écologiques et hydrauliques des cours d'eau				X									
	R2.2m Dispositifs assurant la transparence hydraulique des aménagements				X									
Réseau de suivi des eaux superficielles	R2.2p Remise en état des zones d'intervention				X									
	R2.2z Réutilisation prioritaire des eaux traitées pour les besoins en eau non potable du centre de stockage Cigéo				X									
	R2.2o Respect de la politique Zéro phyto pour limiter l'apport de produits chimiques dans les eaux superficielles lors de l'entretien des accotements et espaces verts				X									

Modalités de suivi	Mesures	Facteur environnemental concerné												
		Atmosphère	Sol	Sous-sol	Eaux	Biodiversité et milieu naturel	Emploi, activités économiques, population	Activités agricoles et sylvicoles	Réseaux	Déchets radioactifs et conventionnels	Infrastructures de transport	Cadre de vie	Paysage, patrimoine culturel, tourisme et activités de loisirs	Planification territoriale et aménagement du territoire
	R2.2z Utilisation de sels en solution sous forme de saumure pour limiter l'apport de sel dans les eaux superficielles en saison hivernale				X									
Contrôle de la performance des dispositifs de traitement des eaux usées et industrielles	R2.2z Mise en place d'une gestion des eaux industrielles et des eaux usées selon les principes de l'assainissement collectif (et non collectif pour les eaux usées durant la phase d'aménagements préalables)				X									
Surveillance du bon fonctionnement des dispositifs de collecte et de traitement des eaux usées d'origine sanitaire et des eaux industrielles de surface	R2.2z Mise en place d'une gestion des eaux industrielles et des eaux usées selon les principes de l'assainissement collectif (et non collectif pour les eaux usées durant la phase d'aménagements préalables)				X									
Surveillance du bon fonctionnement des dispositifs de collecte et de traitement des eaux pluviales susceptibles d'être polluées	R2.1d Mise en place de dispositifs de traitement des eaux pluviales pour ne pas altérer la qualité des eaux superficielles et des eaux souterraines par transfert				X									
Surveillance du bon fonctionnement des dispositifs de collecte et de traitement des eaux de ruissellement des verses	R2.2q Mise en place d'un dispositif de traitement complémentaire des eaux de ruissellement des verses				X									
Suivi de la compatibilité des émissions liquides avec les exigences relatives à la règlementation IOTA	R2.1z Mise en place d'un dispositif de traitement des eaux de fond par zone				X									
	R2.2q Mise en place d'un dispositif de traitement complémentaire des eaux de ruissellement des verses				X									
	R2.1d Mise en place de dispositifs de traitement des eaux pluviales pour ne pas altérer la qualité des eaux superficielles et des eaux souterraines par transfert				X									
	E3.1a Aucun rejet d'eau non traitée dans les cours d'eau				X									
	R2.2z Mise en place d'une gestion des eaux industrielles et des eaux usées selon les principes de l'assainissement collectif (et non collectif pour les eaux usées durant la phase d'aménagements préalables)				X									
Surveillance du bon fonctionnement des obturateurs permettant l'isolement des réseaux d'évacuation des eaux pluviales et autres effluents	R2.1z Mise en place d'un dispositif de traitement des eaux de fond par zone				X									
	R2.1d Mise en place de dispositifs de traitement des eaux pluviales pour ne pas altérer la qualité des eaux superficielles et des eaux souterraines par transfert				X									
	R2.2q Mise en place d'un dispositif de traitement complémentaire des eaux de ruissellement des verses				X									
	R2.2z Mise en place d'une gestion des eaux industrielles et des eaux usées selon les principes de l'assainissement collectif (et non collectif pour les eaux usées durant la phase d'aménagements préalables)				X									
Surveillance du bon fonctionnement des dispositifs de collecte et de traitement des eaux de fond	R2.1z Mise en place d'un dispositif de traitement des eaux de fond par zone				X									

Modalités de suivi	Mesures	Facteur environnemental concerné												
		Atmosphère	Sol	Sous-sol	Eaux	Biodiversité et milieu naturel	Emploi, activités économiques, population	Activités agricoles et sylvicoles	Réseaux	Déchets radioactifs et conventionnels	Infrastructures de transport	Cadre de vie	Paysage, patrimoine culturel, tourisme et activités de loisirs	Planification territoriale et aménagement du territoire
Entretien régulier des bassins de rétention	E3.1a Aucun rejet d'eau non traitée dans les cours d'eau				X									
Suivi qualitatif des nappes d'eau souterraine	R2.2m Dispositions constructives adaptées pour les liaisons surface-fond				X									
Suivi de l'évolution des besoins en eau des collectivités, de l'état de la ressource et des besoins du centre de stockage Cigéo	E3.2b Raccordement du centre de stockage au réseau local d'adduction				X									
Suivi des ratios de consommation d'eau prélevée dans le réseau public par tonne de produit en béton fabriqué	E3.2b Raccordement du centre de stockage au réseau local d'adduction				X									
Surveillance du bon fonctionnement des ouvrages de prélèvement d'eaux, des dispositifs de disconnexion, des dispositifs de limitation des débits d'eau prélevée et des réseaux de distribution d'eaux	E3.2b Raccordement du centre de stockage au réseau local d'adduction				X									
Avis de l'hydrogéologue sur la conception de l'opération au sein des périmètres de protection	R2.1z Conception et de travaux limitant les incidences sur les usages des eaux souterraines				X									
Suivi par une structure de conseil et de suivi environnementale de chantier (MR 20)	E2.2e Optimisation des emprises de la zone puits					X								
	E3.2b Valorisation des verses pour limiter le volume stocké					X								
	E4.1a Phasage du défrichement en zone puits					X								
	E2.2e Maintien des boisements périphériques en zone puits					X								
	E2.1a Préservation des éléments arbustifs et arborés					X								
	E3.1z Choix d'un convoyeur pour la liaison intersites					X								
	E3.1z Absence de clôture des infrastructures linéaires					X								
	E2.2e Réutilisation d'infrastructures existantes					X								
	E3.2b Création limitée de lignes aériennes					X								
	E2.2b Implantation en dehors des zones naturelles sensibles					X								
	R1.1c Balisage des zones ou éléments à enjeux au sein des emprises travaux					X								

Modalités de suivi	Mesures	Facteur environnemental concerné												
		Atmosphère	Sol	Sous-sol	Eaux	Biodiversité et milieu naturel	Emploi, activités économiques, population	Activités agricoles et sylvicoles	Réseaux	Déchets radioactifs et conventionnels	Infrastructures de transport	Cadre de vie	Paysage, patrimoine culturel, tourisme et activités de loisirs	Planification territoriale et aménagement du territoire
	R3.1a Démarrage des travaux entraînant une destruction d'habitats d'espèces (suppression de végétation, de murets, pierriers, etc.) en dehors des périodes sensibles pour la faune					X								
	E3.1z Mise en place de barrières anti-intrusion de la faune (amphibiens, reptiles, micromammifères) en préalable des travaux sur les zones de chantier					X								
	R2.1o Capture/déplacement des individus en amont de la phase chantier					X								
	R2.1f Plan de gestion des espèces végétales exotiques envahissantes (EVEE)					X								
	R2.1i Déplacer les caches naturelles à reptiles et amphibiens préalablement au début du chantier					X								
	R2.1k Passage d'un chiroptérologue avant toute destruction de gîtes potentiels et préconisations en cas de présence d'individus					X								
	R1.1a Mesures de réduction génériques lors de la réalisation des travaux, intégrées au Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) des entreprises					X								
	R2.1r Remise en état ou revégétalisation après travaux					X								
	R2.1n Collecte et conservation des plants des espèces de flore patrimoniale sur les zones concernée par les travaux, pour réimplantation ultérieure					X								
	R2.2k Création et entretien d'un réseau de haies en milieu de grande culture entre le massif de Gramont et le bois Lejuc					X								
	R2.1z Création d'un couvert agricole favorable à l'Œdicnème criard					X								
	R2.2k Restauration du corridor boisé au niveau de l'ITE					X								
	R2.2o Intégration de la gestion différenciée des espaces verts du centre de stockage Cigéo dans le cahier des charges des gestionnaires					X								
	R3.1a Adaptation des travaux aux zones humides en cas d'emprise sur celles-ci					X								
Suivi de la non remise en cause de l'état de conservation des espèces concernées par le projet (MS3)	E2.2e Optimisation des emprises de la zone puits					X								
	E3.2b Valorisation des verses pour limiter le volume stocké					X								
	E4.1a Phasage du défrichement en zone puits					X								
	E2.2e Maintien des boisements périphériques en zone puits					X								

Modalités de suivi	Mesures	Facteur environnemental concerné												
		Atmosphère	Sol	Sous-sol	Eaux	Biodiversité et milieu naturel	Emploi, activités économiques, population	Activités agricoles et sylvicoles	Réseaux	Déchets radioactifs et conventionnels	Infrastructures de transport	Cadre de vie	Paysage, patrimoine culturel, tourisme et activités de loisirs	Planification territoriale et aménagement du territoire
	E2.2e Préservation de bandes boisées et de milieux ouverts en zone descenderie					X								
	E2.1a Préservation des éléments arbustifs et arborés					X								
	E3.1z Choix d'un convoyeur pour la liaison intersites					X								
	E3.1z Absence de clôture des infrastructures linéaires					X								
	E2.2e Réutilisation d'infrastructures existantes					X								
	E3.2b Création limitée de lignes aériennes					X								
	E2.2b Implantation en dehors des zones naturelles sensibles					X								
	R3.1a Démarrage des travaux entraînant une destruction d'habitats d'espèces (suppression de végétation, de murets, pierriers, etc.) en dehors des périodes sensibles pour la faune					X								
	R2.1o Capture/déplacement des individus en amont de la phase chantier					X								
	R2.1h Adaptation d'ouvrages (ouvrages hydrauliques, ouvrages d'art) et de clôtures pour permettre le passage de la faune					X								
	R3.1b Adaptation de l'éclairage en phase chantier et de fonctionnement					X								
	R2.1i Déplacer les caches naturelles à reptiles et amphibiens préalablement au début du chantier					X								
	R2.2f Mise en place de passages à faune					X								
	R2.1k Passage d'un chiroptérologue avant toute destruction de gîtes potentiels et préconisations en cas de présence d'individus					X								
	R2.1n Collecte et conservation des plants des espèces de flore patrimoniale sur les zones concernée par les travaux, pour réimplantation ultérieure					X								
	R2.2k Création et entretien d'un réseau de haies en milieu de grande culture entre le massif de Gramont et le bois Lejuc					X								
Intégration de ces dispositions dans les cahiers des charges des entreprises et dans les consignes. Vérifications régulières du respect de ces prescriptions.	R2.1d Dispositions générales limitant le risque de pollution chronique ou accidentelle en phase travaux et de fonctionnement					X								
	R2.1f Privilégier l'absence d'importation de terre végétale en réutilisant préférentiellement la terre localement (éviter la prolifération des espèces exotiques envahissantes)					X								

Modalités de suivi	Mesures	Facteur environnemental concerné												
		Atmosphère	Sol	Sous-sol	Eaux	Biodiversité et milieu naturel	Emploi, activités économiques, population	Activités agricoles et sylvicoles	Réseaux	Déchets radioactifs et conventionnels	Infrastructures de transport	Cadre de vie	Paysage, patrimoine culturel, tourisme et activités de loisirs	Planification territoriale et aménagement du territoire
Suivi de la fréquentation des ouvrages de franchissement par la petite et moyenne faune en phase chantier et en phase exploitation (MS4)	R2.1h Adaptation d'ouvrages (ouvrages hydrauliques, ouvrages d'art) et de clôtures pour permettre le passage de la faune					X								
	R2.2f Mise en place de passages à faune					X								
Vérification du respect des consignes	R3.1b Limiter les travaux et activités d'exploitation de nuit (20 h -7 h)					X								
Suivi par une structure de conseil et de suivi environnementale de chantier de la bonne remise en état écologique des emprises travaux (MS2)	R1.1a Mesures de réduction génériques lors de la réalisation des travaux, intégrées au Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) des entreprises					X								
Rédaction d'un compte-rendu du suivi de chantier	R2.1z : Mise en place d'une structure de conseil et de suivi environnemental de chantier					X								
Plan de gestion des mesures compensatoires	Marquage et conservation d'arbres adultes (gros bois et très gros bois), incluant arbres à cavités existants, jusqu'à leur mort naturelle (MF-01 F1)					X								
	Marquage et conservation d'arbres adultes (gros bois et très gros bois) blessés par la tempête de 1999 (MF-02)					X								
	Marquage et dévitalisation sur pied d'arbres adultes (MF-03)					X								
	Coupe d'arbres laissés sur la parcelle jusqu'à décomposition complète (MF-04)					X								
	Création d'amorces de cavité (MF-05)					X								
	Gestion et exploitation des peuplements sylvicoles en futaie irrégulière (MF-06)					X								
	Introduction d'espèces végétales forestières typiques et indicatrices de forêts anciennes (MF-07)					X								
	Plantation de feuillus (MF-08)					X								
	Adaptation des modalités de chasse aux exigences écologiques des espèces ciblées par la compensation (MF-09					X								
	Conversion de peuplements résineux en peuplements feuillus autochtones (MF-10)					X								
	Création de clairières et de milieux ouverts en forêt ou en lisière forestière (MF-11)					X								
	Création et préservation de mares, ornières et autres milieux aquatiques en forêt ou en lisière forestière (MF-12)					X								
	Gestion des étangs de Vigne-Chardon en milieu forestier (MF-13)					X								

Modalités de suivi	Mesures	Facteur environnemental concerné												
		Atmosphère	Sol	Sous-sol	Eaux	Biodiversité et milieu naturel	Emploi, activités économiques, population	Activités agricoles et sylvicoles	Réseaux	Déchets radioactifs et conventionnels	Infrastructures de transport	Cadre de vie	Paysage, patrimoine culturel, tourisme et activités de loisirs	Planification territoriale et aménagement du territoire
	Création et préservation des lisières forestières (MF-14)					X								
	Mesures de diversification au sein des parcelles agricoles (MO-01)					X								
	Mise en place de pratiques agricoles associant couverture permanente des sols, couverts d'interculture complexes et à forte production de biomasse, absence de travail du sol et absence de traitements insecticides (MO-02)					X								
	Conversion à l'agriculture biologique en grandes cultures (MO-03)					X								
	Mise en place de pratiques agricoles extensives sur sols calcaires maigres destinées à la conservation des plantes messicoles patrimoniales (MO-04)					X								
	Conversion de cultures ou de prairies dégradées en herbages naturels à vocation fourragère (MO-05)					X								
	Restauration d'herbages naturels par débroussaillage d'herbages en déprise et en cours d'embroussaillement, sur prairies naturelles humides ou mésophiles, et sur pelouses calcicoles (MO-06)					X								
	Gestion extensive conservatoire des herbages naturels par la fauche ou par le pâturage, sur prairies naturelles humides ou mésophiles, et sur pelouses calcicoles (MO-07)					X								
	Mise en place d'aménagements permettant le pâturage (MO-08)					X								
	Plantation et entretien de haies en milieu agricole (cultures ou prairies) (MO-09)					X								
	Mise en place de bandes enherbées en milieu agricole (MO-10)					X								
	Coupes d'éclaircie et maintien d'une strate ligneuse très ouverte associée à une végétation herbacée dense (MO-11)					X								
	Restauration et gestion conservatoire des berges de ruisseaux et de fossés agricoles (MO-12)					X								
	Création et/ou restauration de milieux aquatiques en milieu ouvert (MO-13)					X								
	Création, diversification et gestion conservatoire de mégaphorbiaies (MO-14)					X								
	Création, diversification et gestion conservatoire de roselières et de cariçaies (MO-15)					X								
	Création d'un verger d'arbres de haute tige sur prairie naturelle (MO-16)					X								
	Milieu laissé à sa libre évolution (MO-17)					X								

Modalités de suivi	Mesures	Facteur environnemental concerné												
		Atmosphère	Sol	Sous-sol	Eaux	Biodiversité et milieu naturel	Emploi, activités économiques, population	Activités agricoles et sylvicoles	Réseaux	Déchets radioactifs et conventionnels	Infrastructures de transport	Cadre de vie	Paysage, patrimoine culturel, tourisme et activités de loisirs	Planification territoriale et aménagement du territoire
	Aménagement de chemins ruraux (pour desservir les parcelles agricoles et prairies) (MO-18)					X								
	Recherche et protection de nids de busards en milieu agricole (MO-19)					X								
	Pose de nichoirs et de gîtes (MO-20)					X								
	Création de refuges artificiels pour la petite faune (MO-21)					X								
Suivi de l'évitement des zones d'activités existantes lors de la conception	E3.2z Évitement des activités économiques existantes (hors agriculture et sylviculture)						X							
	A4.2z Mise en place d'une clause sociale d'insertion dans les marchés de travaux						X							
Suivi de la bonne application dans les marchés lancés	A4.2z Assurer les conditions de marchés pour favoriser l'accès aux petites et moyennes entreprises						X							
Suivi de l'évitement des zones d'habitations à toutes les étapes clefs de la conception	E.2.2.b : évitement des zones d'habitation						X							
Suivi de la consommation de surface agricole	E2.2f Implantation des installations de surface équilibrée entre surfaces agricoles et surfaces boisées							X						
	E2.2b Mise en œuvre de compensation sylvicole en dehors des terres agricoles							X						
	E2.1z Création d'une liaison intersites regroupant les moyens d'acheminement des matériaux entre la ZD et la ZP et la route publique et s'appuyant sur les limites parcellaires							X						
	E3.2b réutilisation d'installations existantes							X						
	R1.2a Optimisation des surfaces occupées							X						
Suivi de la consommation de surface agricole à forte valeur ajoutée	E.2.2.f : préservation des terres à forte valeur ajoutée							X						
Suivi de la superficie agricole restituée	E2.1z Constitution d'une réserve foncière Safer/Andra et anticipation des échanges							X						
Suivi de la réserve foncière	E2.1z Constitution d'une réserve foncière Safer/Andra et anticipation des échanges							X						
	R2.2z Échanges fonciers de terres présentant des caractéristiques au moins équivalentes							X						
S'assurer de la non-destruction de bâtis agricoles	E2.2e Pas de bâti agricole dans la zone d'intervention potentielle							X						
Vérification des remises en état	R2.1r Remise en état des surfaces objet d'occupation temporaire							X						

Modalités de suivi	Mesures	Facteur environnemental concerné												
		Atmosphère	Sol	Sous-sol	Eaux	Biodiversité et milieu naturel	Emploi, activités économiques, population	Activités agricoles et sylvicoles	Réseaux	Déchets radioactifs et conventionnels	Infrastructures de transport	Cadre de vie	Paysage, patrimoine culturel, tourisme et activités de loisirs	Planification territoriale et aménagement du territoire
Modalités de suivi retenues dans le cadre du protocole	R2.1r Application du protocole d'accord existant entre RTE, APCA et FNSEA							X						
Suivi du prix du marché	E2.2z Constitution d'une réserve foncière Safer/Andra							X						
Suivi du bon respect du calendrier de travaux	R3.1a Adaptation du calendrier des travaux en concertation avec les agriculteurs							X						
Suivi de la mise en œuvre des projets (comité de pilotage et de suivi)	C2.1 Création d'un fonds de compensation pour le développement de projets							X						
Vérification du rétablissement des drainages avant démarrage des travaux	R2.1l Rétablissement des réseaux de drainage							X						
Suivi des émissions de poussières	R.2.1.j : convoyeur reliant le terminal fret de l'ITE à la ZP							X						
Vérification auprès des exploitants	R2.1z Rétablissement des itinéraires agricoles et information des exploitants							X						
	R2.1z Rétablissement des itinéraires sylvicoles							X						
	R2.1a Mise en place de plans de circulation limitant le nombre de pistes d'accès et information des exploitants							X						
Suivi de l'évolution des résultats des analyses	R2.2b Publication des résultats des prélèvements et analyses de lait et autres productions agricoles							X						
Suivi de la consommation de surface sylvicole	E2.2 Implantation d'une partie seulement des installations (zone puits) dans une forêt dont plus de l'ordre 40 % uniquement à une valeur marchande							X						
Suivi des surfaces défrichées	R2.1c Défrichement par phase et au juste besoin							X						
Suivi des projets et du respect des engagements (convention Andra/propriétaires)	C2.1d Mise en œuvre de la compensation forestière et en particulier de projets de reboisement							X						
Suivi des parcelles entretenues	R2.1s Mise en œuvre de documents de gestion							X						
Suivi de la part des marchés confiée à des entreprises locales	R1.2z Sollicitation des entreprises locales pour les aménagements paysagers et travaux sylvicoles							X						
Modalités de fonctionnement et d'utilisation des chaudières biomasse	R2.2z Mise en place et utilisation de chaudières biomasse							X						
Suivi des étapes clefs de la conception	E1.1z Prise en compte des réseaux existants dans le choix des emprises des réseaux à créer								X					
Tenue et maintien à jour d'un registre déchets	R2.1c Optimisation de la gestion des déchets	X												

Modalités de suivi	Mesures	Facteur environnemental concerné												
		Atmosphère	Sol	Sous-sol	Eaux	Biodiversité et milieu naturel	Emploi, activités économiques, population	Activités agricoles et sylvicoles	Réseaux	Déchets radioactifs et conventionnels	Infrastructures de transport	Cadre de vie	Paysage, patrimoine culturel, tourisme et activités de loisirs	Planification territoriale et aménagement du territoire
	R2.2z Réduction à la source des quantités et de la nocivité des déchets radioactifs produits									X				
	R2.2q Contrôles et caractérisations radiologiques									X				
	R2.2z Traçabilité et suivi des déchets									X				
	R2.2z Contrôle radiologique des déchets conventionnels provenant de l'INB									X				
	R2.2q Traçabilité des déchets radioactifs									X				
Vérification régulière de la bonne réalisation du tri des déchets	R2.2z Tri des déchets radioactifs solides et collecte des effluents liquides non conventionnels à la source									X				
	R2.2q Conditionnement adapté des déchets induits									X				
	R2.2z Tri des déchets									X				
Suivi de la régularité administrative des transporteurs et des filières de traitement des déchets	R2.2q Filières de gestion adaptées et autorisées									X				
	R2.2z Choix de prestataires agréés et autorisés pour la collecte et le traitement									X				
Suivi des volumes de déblais/remblais	E3.1z Réutilisation de déblais en remblais									X				
	E3.2b Réutilisation de déblais pour les aménagements paysagers									X				
Suivi des volumes de verses vives	E3.2b Réutilisation des verses vives									X				
Suivi de chantier	R2.1z Sensibilisation des entreprises intervenantes à une bonne gestion des déchets									X				
Revues de conception	R2.2z Programmation de la construction des ouvrages en fonction de l'évolution des besoins									X				
	R2.2z Choix de conception permettant la réduction à la source des déchets									X				
Suivi des taux de valorisation pour les différents types de déchets	R2.2z Privilégier le réemploi et la valorisation									X				
Contrôle de conception jusqu'à la phase préparatoire des travaux	E2.2f Implantation du centre de stockage Cigéo en dehors des axes routiers majeurs										X			
	E2.1b Création d'une liaison intersites										X			

Modalités de suivi	Mesures	Facteur environnemental concerné												
		Atmosphère	Sol	Sous-sol	Eaux	Biodiversité et milieu naturel	Emploi, activités économiques, population	Activités agricoles et sylvicoles	Réseaux	Déchets radioactifs et conventionnels	Infrastructures de transport	Cadre de vie	Paysage, patrimoine culturel, tourisme et activités de loisirs	Planification territoriale et aménagement du territoire
	E.2.2.b : pas de construction nouvelle sur la plateforme logistique										X		X	
	R2.2b Choix de matériaux adaptés au contexte paysager pour la plateforme logistique										X		X	
	R2.1z Consultation de l'ABF pour tous travaux aux abords d'un monument historique inscrit/classé										X		X	
	E1.1a Prise en compte des chemins de grande randonnée traversant la zone puits dans les études de conception										X		X	
	R2.2z Réalisation d'un pont-rail sur le chemin d'exploitation de Mandres										X		X	
	R2.2z Mise en place d'un passage à niveau à hauteur du chemin d'exploitation des Anges et du chemin d'exploitation de la Courbière										X		X	
	R2.1q Remise en état du pont route de Luméville-en-Ornois à hauteur du chemin n° 5 vicinal ordinaire de Tourailles-aux-Bois à Luméville-en-Ornois										X		X	
Vérification de la mise en service des rétablissements routiers avant la coupure éventuelle des infrastructures	R2.1r Rétablissement des routes départementales interceptées par le projet global Cigéo										X			
	R2.1r Rétablissement des chemins ruraux et agricoles interceptés par le projet global Cigéo										X			
Bilans sur les trafics routiers	E2.1b Création d'une liaison intersites										X			
	R2.2b Analyse de la gestion optimale des accès véhicules légers/poids lourds aux zones puits et descenderie										X			
	R2.2b Circulation des poids lourds privilégiée sur les voiries les plus larges										X			
	R2.2b Vérification de la cohérence des aménagements routiers existants dans les traversées de bourgs										X			
Bilans sur les trafics routiers et ferroviaires	E3.2z Utilisation privilégiée des infrastructures ferroviaires pour la livraison de colis de déchets radioactifs										X			
	R2.2b Incitation des entreprises à utiliser la voie ferroviaire										X			
Vérification de l'intégration de cette mesure à toutes les étapes de conception	E.1.1.b : choix d'implantation du projet global Cigéo à distance des zones urbanisées											X		
	R3.1b Optimisation de la durée de l'éclairage											X		
	R2.1k Adaptation de la nature de l'éclairage											X		

Modalités de suivi	Mesures	Facteur environnemental concerné												
		Atmosphère	Sol	Sous-sol	Eaux	Biodiversité et milieu naturel	Emploi, activités économiques, population	Activités agricoles et sylvicoles	Réseaux	Déchets radioactifs et conventionnels	Infrastructures de transport	Cadre de vie	Paysage, patrimoine culturel, tourisme et activités de loisirs	Planification territoriale et aménagement du territoire
	R2.1j Optimisation du nombre d'éclairage											X		
	E2.2b Implantation du poste de transformation 400/90 kV sont éloignées des zones d'habitation											X		
	E2.2b Éloignement des postes de livraison et de transformation 90/20 kV des zones puits et descenderie des zones habitées											X		
Inscription comme objectif à atteindre ou à maintenir à toutes les phases de conception	E4.2b : circulation des trains uniquement de jour (6 h – 22 h) sauf de très rares exceptions										X	X		
	R2.2b Incitation des entreprises à utiliser la voie ferroviaire										X			
	R2.2b Circulation des poids lourds privilégiée sur les voiries les plus larges										X			
	R3.1b Optimisation de la durée de l'éclairage											X		
	R.2.1.a : utilisation privilégiée des infrastructures ferroviaires pour l'approvisionnement des matériaux de construction et évacuation de déchets											X		
Respect par les entreprises en charge des travaux	E4.2b : circulation des trains uniquement de jour (6 h – 22 h) sauf de très rares exceptions										X	X		
	R.2.1.a : utilisation privilégiée des infrastructures ferroviaires pour l'approvisionnement des matériaux de construction et évacuation de déchets											X		
Inscription dans les cahiers des charges des entreprises	E4.2b : circulation des trains uniquement de jour (6 h – 22 h) sauf de très rares exceptions											X		
	R3.1b : interruption des travaux susceptibles de causer une gêne pour le voisinage entre 22 h et 7 h											X		
	R2.1j Utilisation des avertisseurs sonores type « cri du lynx »											X		
	R2.1j Préférence donnée aux engins les moins bruyants											X		
	R2.1a Circulations des poids lourds et engins de chantier à faible vitesse											X		
	R2.1g Chaussées entretenues afin de maintenir leur bon état dans les périmètres des opérations											X		
	E3.1c Absence d'éclairage le long de la LIS, de l'ITE, de la ligne 027000, de l'adduction d'eau et de la déviation de la route départementale D60/960											X		
	R2.1j Optimisation du nombre d'éclairage											X		

Modalités de suivi	Mesures	Facteur environnemental concerné												
		Atmosphère	Sol	Sous-sol	Eaux	Biodiversité et milieu naturel	Emploi, activités économiques, population	Activités agricoles et sylvicoles	Réseaux	Déchets radioactifs et conventionnels	Infrastructures de transport	Cadre de vie	Paysage, patrimoine culturel, tourisme et activités de loisirs	Planification territoriale et aménagement du territoire
	R2.1k Adaptation de la nature de l'éclairage											X		
	R2.1g Engins et véhicules régulièrement entretenus											X		
Suivi environnemental	R2.1z : Organisation globale du chantier											X		
	R2.1j Préférence donnée aux engins les moins bruyants											X		
	R2.1j Merlon d'une hauteur de 22 m au sud-ouest de la ZD											X		
	R2.1j Convoyeur reliant le terminal fret de l'ITE à la ZP											X		
	R2.1j Implantation des bases vie											X		
	R2.1j Mur anti-bruit à proximité de l'hôtel du Bindeuil											X		
	R2.1j Mur anti-bruit le long des voies de circulation ouest de la zone descenderie											X		
	R.2.1.j : Mesures complémentaires permettant de limiter les nuisances sonores de certaines zones de chantier											X		
	R2.1j Mise en place de protections acoustiques au niveau du poste de transformation 400/90 kV											X		
	R2.1j Installation de silencieux sur les usines de ventilation											X		
	E3.1c Absence d'éclairage le long de la LIS, de l'ITE, de la ligne 027000, de l'adduction d'eau et de la déviation de la route départementale D60/960											X		
	R2.1j Optimisation du nombre d'éclairage											X		
	R3.1b Optimisation de la durée de l'éclairage											X		
	R2.1k Adaptation de la nature de l'éclairage											X		
	R2.1j : mur antibruit le long des voies de circulation ouest de la zone descenderie											X		
Campagne de mesure des émissions sonores	R2.1z : Organisation globale du chantier											X		
	R.2.1.j : Merlon périphérique au sud-ouest de la ZD											X		

Modalités de suivi	Mesures	Facteur environnemental concerné												
		Atmosphère	Sol	Sous-sol	Eaux	Biodiversité et milieu naturel	Emploi, activités économiques, population	Activités agricoles et sylvicoles	Réseaux	Déchets radioactifs et conventionnels	Infrastructures de transport	Cadre de vie	Paysage, patrimoine culturel, tourisme et activités de loisirs	Planification territoriale et aménagement du territoire
	R2.1j Convoyeur reliant le terminal fret de l'ITE à la ZP											X		
	R2.1j Implantation des bases vie											X		
	R2.1j Mur antibruit à proximité de l'hôtel du Bindeuil											X		
	R2.1j Mur antibruit le long des voies de circulation ouest de la zone descenderie											X		
	R.2.1.j : Mesures complémentaires permettant de limiter les nuisances sonores de certaines zones de chantier											X		
	R2.1j Mise en place de protections acoustiques au niveau du poste de transformation 400/90 kV											X		
	R2.1j Installation de silencieux sur les usines de ventilation											X		
	R2.1j : mur antibruit le long des voies de circulation ouest de la zone descenderie											X		
Campagne de mesure des vibrations	R2.1g Dispositifs limitant les vibrations des engins non mobiles de chantier											X		
	R2.1j Optimisation des plans de tirs											X		
	R2.1a Limitation des vibrations des équipements divers											X		
Contrôle et entretien régulier des engins	R2.1j Préférence donnée aux engins les moins bruyants											X		
Suivi du respect de la limitation de la vitesse	R2.1a Limitation de la vitesse maximale des trains											X		
Registre de suivi	R2.1a Limitation de la vitesse maximale des trains											X		
	E4.2b : circulation des trains uniquement de jour (6 h – 22 h) sauf de très rares exceptions											X		
	R2.1j Adaptation de l'armement des voies ferrées											X		
	R2.2b Semelles résilientes											X		
	R2.1a : dispositifs limitants les vibrations des engins non mobiles de chantier											X		

Modalités de suivi	Mesures	Facteur environnemental concerné												
		Atmosphère	Sol	Sous-sol	Eaux	Biodiversité et milieu naturel	Emploi, activités économiques, population	Activités agricoles et sylvicoles	Réseaux	Déchets radioactifs et conventionnels	Infrastructures de transport	Cadre de vie	Paysage, patrimoine culturel, tourisme et activités de loisirs	Planification territoriale et aménagement du territoire
Mesures dans toutes les zones susceptibles d'exposer de façon continue des personnes à un champ électromagnétique	R1.2a Implantation du poste de transformation 400/90 kV à proximité immédiate de la ligne 400 kV Houdreville-Méry											X		
	R2.2z Présence d'un écran métallique coaxial extérieur relié à la terre											X		
	R2.2z Études spécifiques et dispositions techniques mises en œuvre en cas de mise en évidence de tensions parasites sur des installations tierces											X		
Reportage photographique	E2.2b Implantation de la zone descenderie et de la zone puits en dehors des sites paysagers emblématiques et éloignée des zones urbanisées												X	
	R2.2b Appui sur un élément identitaire du paysage, la butte de Gillaumé, pour l'aménagement paysager												X	
	R2.2b Installation de merlon végétalisé												X	
	R2.2b Principe de dépôt des verses peu ou pas visible depuis le territoire												X	
	E2.2b Implantation de la zone descenderie en dehors des sites paysagers emblématiques et éloignée des zones urbanisées												X	
	E2.2b Préservation des milieux ouverts aux abords de la zone descenderie												X	
	E2.2b Implantation de la zone puits en dehors des sites paysagers emblématiques et éloignée des zones urbanisées												X	
	E2.2e Maintien des boisements périphériques de la zone puits												X	
	E2.2b Préservation de 1,1 ha de chênaie-charmaie au sud de la zone puits												X	
	R1.2z Éloignement de la liaison intersites de Mandres-en-Barrois et Bure												X	
	R2.2b Mise en place d'un convoyeur de plaine												X	
	E3.2b Réutilisation d'infrastructures existantes (ITE)												X	
	R2.2b Conservation des franges arborées présentent le long du tracé de l'ITE sur sa partie existante												X	
Plan de nivellement après les terrassements	R2.2b Mesures de nivellement afin de limiter la modification de topographie												X	

Modalités de suivi	Mesures	Facteur environnemental concerné												
		Atmosphère	Sol	Sous-sol	Eaux	Biodiversité et milieu naturel	Emploi, activités économiques, population	Activités agricoles et sylvicoles	Réseaux	Déchets radioactifs et conventionnels	Infrastructures de transport	Cadre de vie	Paysage, patrimoine culturel, tourisme et activités de loisirs	Planification territoriale et aménagement du territoire
Suivi des plantations	R2.2b Structures paysagères et palette végétale issues du territoire												X	
	R2.2b Plantation de masque boisé et de bosquets forestiers												X	
	R2.2b Installation de merlon végétalisé												X	
Suivi du bon entretien du site	R2.1j Végétalisation des espaces travaillés												X	
Carte des zones diagnostiquées	R2.1z Consultation de la DRAC pour connaître le besoin de réaliser des diagnostics archéologiques												X	
	R2.1z Réalisation de diagnostics et de fouilles archéologiques												X	
Suivi des plans de chasse	R2.1i Organisation de battues du sud au nord dans le bois Lejuc, préalablement au défrichement												X	
Constat d'évitement	E1.1a Évitement des espaces boisés classés													X
Suivi de la consommation de surface non urbanisée	R2.2z Anticiper et maîtriser le développement induit de l'urbanisation													X

19.2.2 Focus sur les modalités de suivi des sites de compensation écologique

Afin de vérifier la bonne mise en œuvre des mesures de restauration des milieux, un écologue est mandaté par l'Andra pour suivre le déroulement des opérations. Outre son rôle de conseil, il est le garant du principe d'additionnalité du programme de compensation écologique en vérifiant notamment la bonne application par les entreprises des dispositions contenues dans les plans de gestion écologique (éradication des espèces exotiques envahissantes, balisage des îlots de senescence…). Il rédige des comptes rendus de suivi à destination de l'administration (DREAL, DDT…).

Afin de vérifier l'efficacité des mesures de compensation, un suivi écologique sur le long terme est assuré sur une durée minimale de 50 ans. Le plan de suivi sera intégré aux plans de gestion détaillés des sites de compensation qui seront fournis avec les demandes d'autorisation de travaux ultérieures. Le suivi, en plus d'évaluer la fréquentation des espèces visées par les mesures et plus particulièrement les espèces impactées par le projet, veillera à évaluer l'atteinte des objectifs fixés dans les arrêtés d'autorisation. Des comptes rendus sont rédigés après chaque campagne de suivi et envoyés aux services de l'État concernés. Si un risque de dérive est identifié, des mesures de rectification, voire une mise à jour du plan de gestion, sont proposées en lien étroit avec l'administration.

L'Andra s'engage à réétudier au bout de 50 ans le devenir des sites de compensation avec les services de l'État en charge du suivi des mesures compensatoires : maintien des mesures, transfert ou non de propriété, nature et durée des mesures de gestion conservatoire.

Un comité de pilotage du programme de compensation est mis en place. Les contours et les prérogatives de ce comité restent à définir mais y participent les administrations concernées et les différents maîtres d'ouvrage assujettis à la mise en œuvre de mesures compensatoires.

19.3 Moyens de secours et de gestion accidentelle spécifiques à l'INB Cigéo

19.3.1 Moyens humains et matériels

L'installation nucléaire dispose d'un système de secours dédié, doté de moyens en adéquation avec la nature des risques auxquels l'installation est exposée.

L'installation dispose également de forces d'intervention internes composées *a minima* :

- d'une équipe force de sécurité correspondant aux secours internes, présents 24/24 h ;
- d'une équipe de radioprotection ;
- d'une équipe environnement.

Ces équipes peuvent être renforcées d'équipes techniques, voire de secours externes.

Lorsque l'intervention humaine dans la zone accidentée reste possible, les équipes d'intervention disposent de matériels spécialisés adaptés à la situation, tels que, entre autres : véhicules et équipements de lutte contre l'incendie, matériel de mesure d'une contamination surfacique, matériel de décontamination.

En cas de survenue d'une situation accidentelle où l'ambiance radiologique ne permet pas l'intervention *in situ* de personnel, les opérations de reconnaissance et d'analyse de la situation, de reprise du ou des colis accidentés ainsi que l'évacuation de tout terme source de la zone accidentée doivent être réalisées par des moyens matériels déportés ou de robots téléopérés. Ces zones sont équipées de balises de surveillance de la contamination atmosphérique, qui permettent d'analyser avant intervention la situation au sein des cellules.

19.3.2 Plans d'urgence interne et situations accidentelles graves

Le Plan d'urgence interne (PUI) définit l'organisation et les moyens mis en place par la direction du site en cas de situation accidentelle considérée comme grave.

Des dispositions de gestion de crise sont définies dans le cadre du plan d'urgence interne pour déployer, à temps, des moyens d'urgence adaptés (techniques, organisationnels et humains) afin de gérer la crise et d'en limiter les conséquences.

La version définitive du Plan d'urgence interne sera fournie par l'exploitant à l'ASNR dans le dossier de demande d'autorisation de mise en service (article R. 593-30 du code de l'environnement) (53).

Le déclenchement du PUI est envisagé :

- si la situation est susceptible de nuire gravement aux intérêts et nécessite une intervention immédiate de la part de l'exploitant. Cela concerne notamment :
  - ✓ les situations d'urgence radiologique, définies au titre de l'article L. 1333-3 du code de la santé publique, soit toute situation impliquant une source de rayonnements ionisants et nécessitant une réaction rapide pour atténuer des conséquences négatives graves pour la santé, l'environnement ou les biens, ou un risque qui pourrait entraîner de telles conséquences négatives graves ;
  - ✓ les situations liées à l'émission de substances dangereuses dépassant les seuils d'effets toxiques en annexe II de l'arrêté du 29 septembre 2005 (54).
- si la situation nécessite des mesures de protection à l'extérieur du site ;
- si la situation nécessite l'information des autorités et la production d'éléments de communication externe.

Tableau 19-5 Objectifs d'un Plan d'urgence interne (PUI)

1	Maîtriser la situation d'urgence de façon à en prévenir et/ou limiter les conséquences
2	Alerter, informer et coopérer avec les autorités publiques et les services extérieurs compétents pour prévenir et/ou limiter les conséquences de la situation d'urgence
3	Alerter et protéger le personnel, porter secours aux victimes
4	Le cas échéant, caractériser l'état radiologique du site et caractériser l'état radiologique de l'environnement à l'extérieur du site
5	Informer les parties prenantes locales et les médias en liaison avec les pouvoirs publics

Les situations éligibles au déclenchement d'un PUI sont donc des situations nécessitant la mise en œuvre d'une organisation et de moyens spécifiques qui se substituent à l'organisation et aux moyens habituels.

Ceci se traduit par la constitution de différents postes de commandement (poste de commandement central, poste de commandement et de coordination, poste central de sécurité, etc.) dont l'organisation est conçue dans le but de prévenir en temps réel un développement plus grave de l'accident et en limiter les conséquences. Des exercices de mise en œuvre du PUI sont réalisés avec la participation des acteurs concernés des pouvoirs publics et de l'ASNR.

De plus, le Plan d'urgence interne peut être complété par un Plan particulier d'intervention (PPI) qui est un volet du plan ORSEC départemental qui décrira également les moyens techniques et humains, leur organisation ainsi que les modalités d'information du public en cas d'alerte.

La décision d'établir un Plan particulier d'intervention appartient au préfet en regard des impacts potentiels d'un accident sur une installation nucléaire. Rappelons qu'aucun scénario d'accident évalué sur le centre de stockage Cigéo ne conduira à des impacts dosimétriques importants et dans tous les cas les impacts restent très inférieurs au seuil prescrit de mise à l'abri ou d'évacuation des populations (cf. Chapitre 11.3.2 du présent volume).

Les dispositions d'information des populations prévues dans le plan d'urgence interne ou l'éventuel plan particulier d'intervention sont également discutés avec la Commission locale d'information (Cli).

19.4 Moyens de secours et de gestion accidentelle pendant les travaux (hors INB Cigéo)

Les travaux seront réalisés dans les règles de l'art. Le principal risque de ce type de travaux est un déversement incidentel de produit polluant qui pourrait s'infiltrer dans le sol ou se rejeter dans les eaux superficielles par ruissellement.

Un Plan d'organisation et d'intervention (POI), ou document équivalent, est établi afin de définir les modalités d'intervention en cas d'incident ou d'accident. Ce POI ou document équivalent, précise l'organisation, les moyens humains et matériels à mettre en œuvre en cas de pollution accidentelle et de départ de feu. Il définit notamment les étapes successives à suivre en cas de pollution accidentelle :

- alerter selon le plan d'alerte et de secours mis en place en concertation avec le Service Départemental d'Incendie et de Secours ;
- identifier la source et l'origine de la pollution ;
- neutraliser la pollution : disposer des produits (absorbant…) et matériels spécifiques (kit de dépollution dans les engins et véhicules de chantier) permettant une intervention rapide en cas de déversement et de limiter la propagation de la pollution vers les eaux souterraines, les eaux superficielles et les zones humides, ou toutes autres zones environnementales sensibles ; des kits anti-pollution sont prévus dans les engins, véhicules, bungalows et installations mobiles de chantier ;
- traiter la pollution : récupération des matériaux à l'aide d'équipements adaptés et stockage sur une aire étanche ;
- évacuer les terres polluées vers un centre de traitement spécifique et adapté.

Le POI définit également les mesures organisationnelles et matérielles mises en place en cas de départ de feu.

Un panneau est mis en place sur chaque chantier avec un numéro vert joignable pour les riverains. Un autre numéro du responsable des installations est également mis à la disposition des autorités compétentes et des gestionnaires spécialisés (collectivités…).

Un numéro d'astreinte est joignable 24 h/24 et 365 j/an afin de pouvoir gérer tout type d'incident pouvant impacter les zones environnementales sensibles. Celui-ci doit pouvoir intervenir sans délai. Ce numéro de téléphone est communiqué avant le démarrage des travaux aux services de l'État et aux mairies des communes concernées par les travaux.

En cas d'accident entrainant un risque pour la ressource en eau, les autorités administratives compétentes en sont immédiatement informées ainsi que les organismes susceptibles d'être concernés (pompiers, cellule antipollution…).

Le personnel sur le chantier est formé à l'usage des équipements d'intervention et à la conduite à tenir en cas de situation d'urgence environnementale.

19.5 Synthèse

Dispositif organisationnel permettant d'assurer la surveillance environnementale du centre de stockage Cigéo

Le plan de surveillance de l'environnement s'appuie sur un ensemble de principes dont le suivi dans le temps doit permettre :

- de vérifier le respect des exigences réglementaires en matière de protection de l'environnement, notamment celles qui sont définies dans les différentes autorisations délivrées ;
- de détecter toute situation ou évolution anormale afin d'en localiser et d'en identifier les causes ;
- de définir, le cas échéant, de nouvelles dispositions destinées à éviter la réapparition de situation ou évolution anormale.

Le plan de surveillance de l'environnement comprend un dispositif organisationnel mis en place pour assurer la surveillance environnementale du centre de stockage Cigéo. Il repose notamment sur :

- un service compétent assurant la fonction environnement (mise en œuvre du dispositif de surveillance, recueil et interprétation des données, rédaction et communication des rapports aux différentes administrations...) placé sous l'autorité d'un chef de site ;
- la création, par les services de l'État, d'une Commission locale d'information (Cli) qui a pour mission générale le suivi, l'information et la concertation en matière de sûreté nucléaire, de radioprotection et d'impact des activités nucléaires sur les personnes et l'environnement pour ce qui concerne les installations du site. La Cli reçoit les informations nécessaires à sa mission de la part de l'exploitant, de l'ASNR et des autres services de l'État. Elle peut faire réaliser des expertises ou faire procéder à des mesures relatives aux rejets de l'installation dans l'environnement ;
- la contribution d'Andra, dans la limite de ses prérogatives, aux démarches de santé publique qui pourraient être menées, en particulier dans le cadre de la mise en œuvre de l'Observatoire de la santé des riverains autour du centre de stockage Cigéo ;
- la réalisation de contrôles programmés et inopinés par l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection.

Le plan de surveillance de l'environnement, validé notamment par l'Autorité de sureté nucléaire et de radioprotection, permet de contrôler :

- les consommations et émissions des installations du centre de stockage Cigéo : chaque type d'effluents et d'émissions atmosphériques fait l'objet de mesures et de prélèvements sur un ou plusieurs points, sur une fréquence adaptée aux types d'effluents, à la nature envisagée des suivis et au phasage ;
- l'environnement des installations du centre de stockage Cigéo : plusieurs compartiments de l'environnement (environnement sonore et vibratoire, atmosphère, eaux, écosystèmes terrestres) font l'objet de mesures et de prélèvements sur un ou plusieurs points, sur une fréquence adaptée aux types, à la nature envisagée des suivis et au phasage du projet.

Ce plan permet également de surveiller :

- les différents compartiments de l'environnement des installations du centre de stockage Cigéo ;
- les milieux post-travaux en termes de biodiversité du centre de stockage Cigéo.

Sont aussi prévus :

- des modalités de suivi des mesures environnementales avec notamment la mise en place d'une organisation du chantier adaptée aux enjeux environnementaux. Ces modalités permettent notamment de vérifier la bonne mise en œuvre des sites de compensation écologique et de suivre leur efficacité dans le temps ;
- des moyens de secours et de gestion en cas d'accident ;
- un plan de surveillance de l'environnement pour les autres opérations du projet global Cigéo.

20

Estimation des dépenses liées aux mesures prises pour l'environnement

20.1 Estimation des dépenses liées aux mesures d'évitement et de réduction du centre de stockage Cigéo 84
20.2 Estimation des dépenses des mesures portées par les autres maîtres d'ouvrage 86
20.3 Estimation des dépenses liées aux mesures de compensation pour le projet global Cigéo 86
20.4 Estimation des dépenses de surveillance environnementale pour le projet global Cigéo 87
20.5 Synthèse des dépenses liées aux mesures pour l'environnement 87

Le présent chapitre présente l'estimation des dépenses correspondant aux mesures d'évitement et de réduction des effets négatifs du projet global Cigéo, ainsi qu'aux mesures de compensation proposées et aux opérations de suivi et surveillance associées, conformément aux exigences de l'article R. 122-5 II 8° du code de l'environnement.

Ces dépenses sont intégrées au montant prévisionnel des investissements nécessaires à la mise en service du projet global Cigéo qui s'élèvent à 8,26 Md€ (milliards d'euros). Le coût supplémentaire pour la poursuite de la construction du centre de stockage Cigéo après la mise en service est estimé à 6,54 Md€ (conditions économiques de janvier 2018) [13]. Plus particulièrement, les coûts des opérations du projet global Cigéo, hors centre de stockage Cigéo, qui seront financés en tout ou partie par l'Andra (alimentation électrique, adduction d'eau, mise à niveau de la ligne ferroviaire et déviation routière) sont estimés à environ 191 M€ (millions d'euros, conditions économiques de janvier 2018)[14].

Le budget des mesures d'évitement et de réduction des effets négatifs concernent l'estimation du chiffrage des investissements des grands choix stratégiques présentés dans le volume II de la présente étude d'impact, les mesures techniques présentées tout au long du volume IV de la présente étude d'impact et les coûts de la compensation dans le chapitre 20.3 du présent volume. Les dépenses liées au plan de surveillance correspondent aux dispositions présentées dans le chapitre 20.4 du présent volume. Tous ces coûts sont présentés selon les conditions économiques de janvier 2018.

20.1 Estimation des dépenses liées aux mesures d'évitement et de réduction du centre de stockage Cigéo

20.1.1 Dépenses liées aux mesures d'évitement stratégiques

Les dépenses associées aux options stratégiques et d'implantation décrites dans le volume II correspondent à des budgets d'investissements des infrastructures qui ont été retenues dans le projet global Cigéo et qui ont pour vocation principale de minimiser les impacts environnementaux.

Les dépenses liées aux études d'ingénierie ne sont pas indiquées ici. En effet, il s'agit des études de conception, nécessairement itératives et multicritères. Les dépenses de fonctionnement des infrastructures et installations concernées ne sont pas non plus intégrées dans cette estimation des dépenses.

Les principales installations concernées sont :

- **l'installation terminale embranchée** (ITE), dont la création répond à une volonté de minimiser des impacts induits par les transports (trafic, bruit et qualité de l'air induit, sécurité…). La création de l'ITE correspond à un montant de **76 M€** ;
- une **liaison intersites** par bande transporteuse entre la zone descenderie et la zone puits indépendante des réseaux routiers locaux et éloignée des villages assurant en particulier le transport des matériaux de creusement. Cette infrastructure permet de réduire les transports par camion et les nuisances aux riverains (bruits, poussières) ; la création de ce convoyeur correspond à un montant de **36 M€**, hors coûts de maintenance liés à son utilisation pendant la construction initiale.

Pour mémoire, d'autres dispositions liées aux options stratégiques d'implantation correspondent à des optimisations financières et non directement à des choix environnementaux. Ces éléments ne sont donc pas repris ici. À titre d'exemple, les choix d'optimisation énergétique du projet global Cigéo ont un double objectif : minimiser les émissions de gaz à effet de serre et réduire la facture énergétique.

Le montant prévisionnel total des dépenses liées aux mesures d'évitement stratégique lors de la réalisation des investissements nécessaires à la mise en service du projet global Cigéo est de 112 M€.

[13] Dans le dossier de chiffrage publié en mai 2025 (https://www.andra.fr/cigeo/les-documents-de-reference (2)) exprimé en conditions économiques de janvier 2012, les investissements nécessaires à la mise en service du projet global Cigéo s'élèvent à 7,77 Md€ et le coût supplémentaire pour la poursuite de la construction s'élève à 6,24 Md€.

20.1.2 Dépenses liées aux autres mesures d'évitement et aux mesures de réduction

Les mesures d'évitement et de réduction sont de plusieurs types :

- des dispositifs techniques de conception ;
- des dispositifs techniques de chantier et d'exploitation, dont l'intérêt est important pour la limitation des impacts, mais qui ne représentent pas un budget significatif (ex : arrosage de pistes, tri des déchets…).

Les mesures ayant conduit à des réaménagements des sites ou des ajustements organisationnels dans le cadre des réflexions itératives liées à la conception du projet ne sont pas chiffrées dans ce chapitre ; elles sont intégrées aux coûts des acquisitions foncières, des études et de maîtrise d'œuvre du montant prévisionnel des dépenses engendrées par la réalisation des investissements nécessaires à la mise en service du projet global Cigéo.

Les chiffrages des mesures d'évitement et de réduction mises en œuvre pour la préservation de l'environnement, et présentant des dépenses significatives sont présentés dans le tableau 20-1estimation des dispositifs de conception mis en place pour éviter ou réduire les impacts sur l'environnement et le tableau 20-2.

L'estimation des dépenses sera mise à jour en fonction de l'évolution des études de conception des différentes opérations du projet global Cigéo.

Tableau 20-1 Estimation des dispositifs de conception mis en place pour éviter ou réduire les impacts sur l'environnement

Dispositif technique de conception	Montant (€)
Dispositifs d'étanchement des liaisons surface-fond afin d'éviter la mise en communication des différents aquifères et pour limiter les venues d'eau dans les ouvrages	33 M€
Revêtement étanche de l'ITE au niveau des captages AEP	1,5 M€
Ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine autour du bâtiment nucléaire semi-enterré EP1	37 M€
Couverture et végétalisation des verses, incluant le tri et la réutilisation de la terre végétale	10 M€
Dispositif de gestion des eaux et effluents en phase chantier	0,5 M€
Mise en place de réseaux séparatifs et bassins définitifs de collecte des eaux et effluents ; mise en place de séparateurs sur l'ITE/la LIS et le centre de stockage Cigéo (bassins)	0,5 M€
Dispositifs de gestion des eaux des verses	2,4 M€
Dispositif de collecte des effluents liquides potentiellement contaminés (cuves tampon dans EP1)	0,4 M€
Dispositifs de traitement des eaux usées et industrielles	0,6 M€
Revêtements routiers réalisés au plus tôt dans les installations en phase chantier (pour limiter les émissions de poussières)	1,3 M€
Aménagement d'aire de dépotage de carburant et zone d'entreposage et de manipulation des produits chimiques	1 M€
Capotage/couverture des bâtiments ou installations contre les envols de poussière, concernant les équipements des matériaux pulvérulents (ciments, sable…), et aire de dépotage des carburants ; zone d'entreposage et de manipulation des produits chimiques	0,2 M€

[14] Soit 187 M€ en conditions économiques de janvier 2012

Dispositif technique de conception	Montant (€)
Dispositifs antibruit sur les équipements fixes : • **pièges à son sur installations de ventilation ;** • **parois phoniques des ateliers et hangars.**	7,5 M€
Bâtiments tertiaires, surcoût lié à la construction en haute performance énergétique	Pour mémoire, l'investissement étant amorti en plusieurs années
Toitures végétalisées pour l'installation nucléaire de surface et pour certains ouvrages conventionnels	3,9 M€
Équipements ferroviaire antibruit de l'ITE	5,3 M€
Système de ventilation et filtration des poussières, aérosols et gaz des galeries (zone chantier et zone exploitation)	8,8 M€
Filtration des effluents atmosphériques des chaudières, centrales à béton	0,8 M€
Dispositifs de limitation des éclairages	0,15 M€
Rétablissements des chemins agricoles	3,8 M€
Aménagements de passage faune sur la liaison intersites	0,25 M€
Dispositifs de prévention des pollutions (ouvrages de collecte, stockage, traitement et rejet des eaux pluviales, effluents conventionnels et eaux usées, stations d'épuration)	0,01 M€
Installations de surveillance de l'environnement (station météorologiques, forages de surveillance, balise de mesure de la radioactivité…)	1 M€
Aménagements paysagers	48 M€
Bâtiments de tri des déchets y compris dispositifs de capotage pour protection contre les envols	4,4 M€
Total des dépenses	**172,31 M€**

Tableau 20-2 *Estimation des dispositifs techniques mis en place pour éviter ou réduire les impacts sur les écosystèmes, la faune et la flore en phases d'aménagements préalables (APR), de construction initiale (CI) et de fonctionnement (F) par l'Andra (centre de stockage Cigéo)*

Dispositifs techniques en phases APR, CI et F	Phase	Fréquence/ durée	Montant (€)
Intervention d'écologue pour la surveillance du chantier (en complément des équipes dédiées)	APR, CI	Pendant tous les travaux	1,2 M€
Mise en place de clôtures autour des installations de chantier avec dispositif anti-franchissement pour les amphibiens	APR, CI	Pendant les travaux en zones sensibles	
Balisage des secteurs sensibles/intérêt écologique	APR, CI	Pendant les travaux en zones sensibles	
Maintien des continuités écologiques (passages à petite faune ; associés aux ouvrages hydrauliques de rétablissement des écoulements)	APR, CI, F	Temporaire (travaux) ou permanent	
Adaptation d'ouvrages (ouvrages hydrauliques, ouvrages d'art et autres) pour permettre le passage de la faune.	APR, CI, F	Temporaire (travaux) ou permanent	
Mise en place d'un protocole spécifique adapté aux plantes invasives relevées sur site.	APR, CI, F	Pendant tous les travaux	
Enlèvement des caches naturels à reptiles et amphibiens	APR	Préalable aux travaux	
Capture/déplacement des espèces sensibles	APR, CI	Préalable aux travaux, puis pendant si nécessaire	

Le total des dépenses pour les mesures d'évitement et de réduction (en dehors des mesures d'évitement stratégique) liées aux investissements nécessaires à la mise en service du centre de stockage Cigéo s'élève à environ 173,5 M€.

En dehors des mesures d'évitement et de réduction présentées ci-avant, il existe également des dépenses liées à des actions positives en faveur du public, telles que le développement du tourisme industriel *via*, entre autres, la création et le fonctionnement d'un bâtiment d'accueil du public, dont la construction représente **35 M€.**

20.2 Estimation des dépenses des mesures portées par les autres maîtres d'ouvrage

Des mesures ont été pré-chiffrées par RTE pour l'opération d'alimentation électrique. Comme pour le centre de stockage Cigéo, toutes les mesures en faveur de l'environnement ne sont pas listées ici, mais uniquement les principales mesures ayant donné lieu à un chiffrage spécifique.

Tableau 20-3 Estimation des dispositifs techniques mis en place pour éviter ou réduire les impacts sur l'environnement par RTE (opération d'alimentation électrique)

Dispositifs techniques d'exploitation et/ou de chantier	Montant (€)
Mise en souterrain des lignes 90 kV	1 870 k€
Murs pare-vue, pare-son pare-feu des transformateurs 90/20 kV	170 k€
Aménagement de merlons paysagers - prévisions	10 k€
Aménagements paysagers autour du poste - prévisions	150 k€
Mise en œuvre de fosses déportées couvertes et étanches sous les transformateurs (récupération huiles et eaux), avec un séparateur et un récupérateur	200 k€
Le cas échéant intervention de prestataires pour le suivi du chantier du pylône 255	10 k€
Suivi environnemental du chantier	30 k€
Total des dépenses	**2 440 k€**

Des mesures de protection de l'environnement sont également prises en compte pour l'adduction d'eau, la mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000, la déviation de la route départementale D60/960. Il est par exemple envisagé de mettre en place des bassins de régulation des eaux. À ce stade, ces investissements ne sont pas chiffrés.

La mise en place d'un programme d'accompagnement du projet par RTE correspond à un montant de 10 % du coût de raccordement aérien constitué de deux nouveaux pylônes et des câbles associés, soit un montant estimé à 180 k€.

Le montant prévisionnel actuel des dépenses liées aux mesures d'évitement et de réduction prises pour l'environnement lors de la réalisation des opérations complémentaires (uniquement l'alimentation électrique à ce stade) au centre de stockage Cigéo s'élève à environ 2,4 M€.

20.3 Estimation des dépenses liées aux mesures de compensation pour le projet global Cigéo

La compensation sera définie de manière précise à l'issue des différentes procédures administratives qui jalonneront les étapes de création du projet global Cigéo. C'est en effet lors de la délivrance des autorisations administratives que sont définitivement validées les mesures de compensation. Néanmoins, l'estimation des dépenses à venir est présentée sur la base des engagements actuels de l'Andra présentés dans cette étude d'impact.

Les compensations présentées ici concernent l'ensemble du projet global Cigéo, c'est-à-dire les compensations associées au centre de stockage Cigéo d'une part, et aux autres opérations d'autre part.

Le montant prévisionnel total des dépenses liées aux mesures compensatoires lors de la réalisation des investissements nécessaires à la mise en service du projet global Cigéo s'élève à 8 M€.

20.3.1 Compensation écologique

Deux appuis techniques, Biotope et CDC Biodiversité, accompagnent l'Andra dans la quantification, la définition et la mise en œuvre des mesures de compensation.

Les mesures de compensation écologique comprennent, sur les sites proposés, la réalisation des travaux d'aménagement.

Le montant prévisionnel des dépenses liées à la compensation écologique lors de la réalisation des investissements nécessaires à la mise en service du projet global Cigéo correspondent à environ 20 M€ sur 50 ans.

20.3.2 Compensation collective agricole

La compensation collective agricole a pour objectif est de consolider l'économie agricole locale. L'Andra propose la mise en place d'un fonds de compensation pour accompagner le financement de projets collectifs agricoles novateurs sur le territoire.

Le développement des projets économiques éligibles au fonds de compensation nécessitera plusieurs années (étude de marché, autorisation, construction, organisation, production, valorisation…) avant d'atteindre l'optimum de leur activité et de la valeur-ajoutée attendue. Une durée de mise en œuvre des projets de 5 ans à maximum 10 ans est envisagée.

L'estimation des incidences économiques et les modalités de compensation font l'objet d'échanges avec les différents services de l'État (DDT 52 et 55, DRAAF, Préfecture Mission Cigéo) et représentants de la profession agricole (élus des chambres départementales d'agriculture 52 et 55).

Le montant final de la compensation collective agricole retenue est fixé à 4 394 850 €.

Le montant final de la compensation collective agricole devant alimenter le fonds de compensation sera ajusté en fonction des surfaces définitives du projet global Cigéo et du calendrier prévisionnel de développement des projets de compensation.

Cette compensation prend en compte les autres opérations du projet global Cigéo en Meuse et en Haute-Marne.

20.3.3 Compensation forestière

Le montant prévisionnel des dépenses liées à la compensation forestière lors de la réalisation des investissements nécessaires à la mise en service du centre de stockage Cigéo correspond à environ à 2,3 M€.

À ce stade des études, seul le centre de stockage Cigéo conduit à la réalisation de défrichement ; les compensations concernent uniquement l'Andra.

L'enveloppe financière pour la compensation forestière de la première phase de défrichement (reboisements et/ou abondement au fonds structurel forestier), est estimée, sur la base du retour d'expérience de l'Andra ces dernières années. Le montant sera précisé par la direction département du territoire de la Meuse lors de l'instruction de la demande de défrichement.

1,4 M€ supplémentaires sont prévus pour la compensation forestière des phases ultérieures à la mise en service du centre de stockage Cigéo. Le coût à terminaison est un estimatif si l'ensemble des phases de défrichement sont engagées. Pour mémoire, les phases 2 et 3 de défrichement ne seront engagées que dans plusieurs années (phase 2) ou décennies (phase 3), et uniquement dans le cas où les études d'optimisation à venir (recyclage des matériaux, évacuation hors site…) ne s'avéreraient pas fructueuses.

20.4 Estimation des dépenses de surveillance environnementale pour le projet global Cigéo

L'estimation des dépenses liées au plan de surveillance de l'environnement et des rejets des installations comprend à la fois des charges de personnel, des coûts de prélèvements et d'analyses ainsi que l'ensemble des coûts d'ingénierie associés nécessaires à la réalisation des bilans et synthèses.

Les dispositions d'entretien et de surveillance des sites de compensation écologiques et forestières sont comprises dans cette surveillance, pour une durée d'au moins 50 ans pour les mesures écologiques, et de 15 ans pour les mesures forestières (5 ans pour le MOA et 10 ans pour le bénéficiaire public ou privé).

Le coût annuel est estimé à 130 k€.an^{-1} pour les sites de compensation, et devrait représenter 800 k€.an^{-1} **à 1 000 k€.an^{-1} pour le plan de surveillance**.

Enfin, pour mémoire, des dispositions de surveillance de l'environnement se prolongent après la phase de fonctionnement, fermeture et démantèlement d'une installation nucléaire ; elles ne sont pas chiffrées ici.

En l'état d'avancement des études, les plans de surveillance détaillés des autres maîtres d'ouvrage sont en cours de définition.

20.5 Synthèse des dépenses liées aux mesures pour l'environnement

Synthèse

Les dispositions de protection de l'environnement représentent, pour l'ensemble du projet global Cigéo, un budget de l'ordre de **296 M€** (millions d'euros, conditions économiques de janvier 2018), réparti comme suit :

- **112 M€** correspondent aux options de conception stratégiques prises en faveur de l'environnement ;
- **176 M€** correspondent aux mesures d'évitement et de réduction des impacts, dont 2,4 M€ pour l'opération d'alimentation électrique ;
- **8 M€** correspondent aux mesures de compensation écologique, forestière et agricole collective.

D'autres coûts de suivi et de surveillance environnementale tout au long des phases de vie du projet (travaux puis fonctionnement, entretien et suivi des sites de compensation) s'ajoutent sur la durée de vie du projet global Cigéo. Ils représentent un budget d'environ **1 M€.an^{-1}**.

Ces budgets sont à mettre en perspective du montant prévisionnel des investissements nécessaires à la mise en service du centre de stockage Cigéo, évalué à environ **8,26 Md€** (milliards d'euros - conditions économiques de janvier 2018). Le coût supplémentaire pour la poursuite de la construction du centre de stockage Cigéo est estimé à environ **6,54 Md€** (conditions économiques de 2018). Plus particulièrement, les coûts des opérations du projet global Cigéo hors centre de stockage Cigéo, qui seront financés en tout ou partie par l'Andra (alimentation électrique, adduction d'eau, mise à niveau de la ligne ferroviaire et déviation routière) sont estimés à environ 191 **M€** (conditions économiques de janvier 2018).

21

Évolution de l'environnement en cas de mise en œuvre du projet et en son absence

21.1 Horizons de temps considérés 90
21.2 Évolution de l'environnement avec et sans projet aux horizons 2030 et 2050 90
21.3 Projections d'évolution démographique dans les aires d'étude du facteur population, emploi, activités économiques et habitat 96
21.4 Évolution du climat à horizon 2100 97
21.5 Évolution de l'environnement souterrain sur le long terme 97
21.6 Synthèse évolution de l'environnement avec et sans le projet 98

L'article R. 122-5 II 3° du code de l'environnement, indique que l'étude d'impact doit contenir :

> *« Une description des aspects pertinents de l'état initial de l'environnement, et de leur évolution en cas de mise en œuvre du projet ainsi qu'un aperçu de l'évolution probable de l'environnement en l'absence de mise en œuvre du projet, dans la mesure où les changements naturels par rapport à l'état initial de l'environnement peuvent être évalués moyennant un effort raisonnable sur la base des informations environnementales et des connaissances scientifiques disponibles ».*

21.1 Horizons de temps considérés

La particularité du projet global Cigéo réside en partie dans sa durée. Si le stockage, incluant les installations de surface, restera en activité pendant une période séculaire, l'installation souterraine, après sa fermeture définitive, vise à isoler de manière passive les déchets radioactifs de l'homme et de la biosphère sur des échelles de temps très longues, jusqu'à plusieurs centaines de milliers d'années.

L'évolution des aspects pertinents de l'état actuel de l'environnement, en cas d'absence ou, à l'inverse, de mise en œuvre du projet, a été étudiée respectivement, lorsque les informations et données scientifiques sont disponibles :

- à un horizon 2030 recoupant la phase de construction initiale ;
- à un horizon 2050 recoupant la phase de fonctionnement.

L'évolution de la population fait l'objet d'un chapitre dédié permettant de détailler les données prospectives de certains documents de planification (SRADDET de la région Grand Est (55) et SCoT du Pays Barrois et nord Haut-Marnais (56, 57)) qui sont résumés dans le tableau des évolutions des aspects pertinents de l'environnement.

L'évolution du climat à l'horizon 2100 fait également l'objet d'un chapitre spécifique, afin de présenter les tendances du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) après 2050.

Enfin, l'évolution de l'environnement souterrain est analysée après la fermeture du centre de stockage Cigéo à l'horizon 2150. En effet :

- aucune installation de surface (à l'exception des verses résiduelles qui n'auraient été ni valorisées ni réutilisées) ne sera présente à l'issue de la phase de fermeture du centre de stockage Cigéo. Ainsi, il devrait y avoir peu de différence d'évolution de l'environnement avec ou sans projet ;
- trop d'incertitudes subsistent sur l'évolution de l'environnement de surface et présenter un scénario prospectif ne garantirait pas la robustesse requise dans la présente étude d'impact.

L'analyse présentée ci-après est réalisée « moyennant un effort raisonnable sur la base des informations environnementales et des connaissances scientifiques disponibles » (article R. 122-5 du code de l'environnement).

21.2 Évolution de l'environnement avec et sans projet aux horizons 2030 et 2050

Les évolutions de l'environnement sans le projet qui pourraient être observables à l'horizon 2030 et 2050 seraient principalement liées à l'évolution du milieu humain et notamment l'évolution de l'occupation des sols, de l'urbanisation et au changement climatique.

Le tableau suivant indique qualitativement l'évolution possible des différents aspects de l'environnement décrits par ailleurs dans l'état initial de l'environnement.

Tableau 21-1 Évolution des aspects pertinents de l'environnement

Aspects de l'environnement	Évolutions du fait du projet ?	Scénario	Horizon 2030	Horizon 2050
Climat et changement climatique	Contribution mineure à l'échelle de la planète et non visible à l'échelle locale	Sans le projet	L'évolution climatique attendue est liée à l'activité humaine qui émet, entre autres, des quantités importantes de gaz à effet de serre. À un horizon 2050, le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) conclut que la France pourrait subir : • une hausse des températures moyennes comprise entre 0,6 °C et 3 °C ; • une augmentation du nombre de jours de vague de chaleur en été (en particulier dans les régions du sud-est) ; • une diminution du nombre de jours anormalement froids en hiver sur l'ensemble France métropolitaine (en particulier dans les régions du quart nord-est).	
		Avec le projet	Le projet global Cigéo participe au changement climatique car il est à l'origine d'émissions de gaz à effet de serre. Néanmoins, ces émissions sont actuellement estimées à environ 0,02 % des émissions annuelles nationales. Sa contribution au changement climatique reste donc faible.	
Qualité de l'air	Oui, ponctuellement et temporairement	Sans le projet	La qualité de l'air à l'échelle de l'aire d'étude rapprochée est principalement déterminée par le trafic routier. La surveillance de la qualité de l'air met en évidence le respect global des objectifs de qualité de l'air et une évolution générale de la pollution plutôt positive. L'évolution favorable globale constatée de la qualité de l'air est à mettre en parallèle avec la mise en application des normes sur la réglementation thermique, au renouvellement progressif du parc automobile et à la relative stagnation du trafic automobile. La mise en œuvre des documents de planification tels que le Schéma régional, climat, air, énergie (SRCAE) et le Plan de déplacements urbains (PDU) combinée au renouvellement du parc automobile permettront de confirmer et d'amplifier la baisse des émissions et concentrations routières. Par ailleurs, aucun nouveau projet d'industrie ou d'aménagement susceptibles de nuire de manière significative à la qualité de l'air au sein de l'aire d'étude immédiate n'est connu à ce jour. Cette thématique est dépendante de l'évolution du milieu humain et des conditions climatiques. Si le milieu reste rural, la qualité de l'air ne devrait pas varier de façon notable.	
		Avec le projet	La qualité de l'air pourrait être dégradée localement (à proximité immédiate des zones puits et descenderie) et temporairement lors des travaux (augmentation des poussières, des gaz de combustion...). Toutefois en phase de construction initiale, les modélisations de dispersions atmosphériques ne mettent pas en évidence de dépassements des normes de qualité de l'air. Ces impacts résiduels faibles sont détaillés au chapitre 2.4 du volume IV de la présente étude d'impact.	La qualité de l'air en phase de fonctionnement sera peu affectée par les activités liées au projet global Cigéo. En effet en phase de fonctionnement, les modélisations de dispersions atmosphériques ne mettent pas en évidence de dépassements des normes de qualité de l'air. Des radionucléides seront potentiellement présents dans l'air, associés aux rejets atmosphériques de l'installation, à des niveaux très inférieurs aux valeurs règlementaires. Ces impacts résiduels sont détaillés au chapitre 2.4 du volume IV de la présente étude d'impact.
Sol **Sites pollués ou potentiellement pollués**	Oui	Sans le projet	L'occupation des sols, qui restera majoritairement agricole et boisée, pourrait être modifiée par des projets mais de façon très localisée. Il y aura une dégradation ou une amélioration de la qualité des sols associée à l'évolution des pratiques agricoles (utilisation de produits phytosanitaires, monoculture, agriculture intensive d'une part, convention en agriculture biologique et culture raisonnée d'autre part). Si le projet devait être abandonné, cela pourrait impliquer la mise en friche ou la reprise de l'exploitation agricole au niveau de la zone descenderie.	
		Avec le projet	Le projet global Cigéo modifie l'occupation du sol d'environ 783 ha, parmi lesquels environ 587 ha de terrains sont artificialisés. La modification d'occupation du sol est marginale au sein des zones urbaines existantes. La topographie sera modifiée par les terrassements et le stockage des matériaux argileux (verses intégrées dans le relief). De faibles pollutions des sols peuvent être induites par le déplacement des engins et des véhicules. La qualité des eaux souterraines et superficielles ne sera pas affectée de façon notable grâce aux mesures prises (cf. Chapitre 5 du présent volume). Ces impacts résiduels sont détaillés au chapitre 3 du volume IV de la présente étude d'impact.	Le projet global Cigéo modifie l'occupation du sol d'environ 783 ha, parmi lesquels environ 587 ha de terrains sont artificialisés. La modification d'occupation du sol est marginale au sein des zones urbaines existantes. La topographie sera modifiée par les terrassements et le stockage des matériaux argileux (verses intégrées dans le relief). Des impacts positifs sur la qualité des sols se feront localement par le changement des pratiques agricoles au niveau des zones de compensation (passage en agriculture biologique ou sans labour pour les grandes cultures conventionnelles). La qualité des eaux souterraines et superficielles ne sera pas affectée de façon notable grâce aux mesures prises (cf. Chapitre 5 du présent volume). Ces impacts résiduels sont détaillés au chapitre 3 du volume IV de la présente étude d'impact.
Sous-sol	Oui	Sans le projet	L'évolution du sous-sol se fait très lentement sur des millions d'années. Aucun changement n'est donc perceptible aux horizons 2030 et 2050. Le phénomène de retrait-gonflement des argiles pourra s'accentuer avec les effets du changement climatique (sécheresses et forte précipitations plus fréquentes).	

Aspects de l'environnement	Évolutions du fait du projet ?	Scénario	Horizon 2030	Horizon 2050
		Avec le projet	Les travaux de mise en place de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine n'auront pas d'incidence notable sur le sous-sol. Le projet global Cigéo nécessitera l'apport de matériaux de construction. L'utilisation de matériaux de recyclage est privilégiée. Ces impacts résiduels sont détaillés au chapitre 4 du volume IV de la présente étude d'impact.	La mise en place du stockage de déchets radioactifs se fera dans le sous-sol, sans migration des radionucléides. Un ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine sera mis en place. L'aléa de retrait-gonflement des argiles ne sera pas aggravé par le projet global Cigéo. Ces impacts résiduels sont décrits au chapitre 4 du volume IV de la présente étude d'impact.
Eaux souterraines	Oui	Sans le projet	D'un point de vue quantitatif, évolution possible en lien avec les évolutions climatiques (baisse des niveaux des masses d'eau souterraine en interface avec les eaux superficielles). D'un point de vue qualitatif : • évolution visible sur la période de temps considérée uniquement en cas d'évolution du milieu humain (urbanisation de la zone, intensification de l'agriculture, etc.) ; • la qualité des masses d'eau devrait s'améliorer (atteinte des objectifs DCE et du SDAGE par amélioration des pratiques d'assainissement et agricoles).	
		Avec le projet	Les différents travaux (fondation profonde, ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine, descenderie, puits, etc.) ont une incidence notable sur les nappes d'eau souterraine avec la création d'un cône de rabattement à proximité de la zone descenderie. Le principe de compensation d'usage sera mis en œuvre pour les forages et puits dont l'usage pourrait être perturbé par le centre de stockage de Cigéo. La qualité des eaux souterraines et l'usage d'alimentation en eau potable ne seront pas affectés de façon notable grâce aux mesures prises. Ces impacts résiduels et les mesures de compensation sont détaillés au chapitre 5.2.4 du volume IV de la présente étude d'impact.	
Eaux superficielles	Oui	Sans le projet	D'un point de vue quantitatif, une évolution est possible en lien avec les évolutions climatiques (augmentation des assecs, baisse des débits des cours d'eau, et conditions torrentielles). D'un point de vue qualitatif : • évolution visible sur la période de temps considérée uniquement en cas d'évolution du milieu humain (urbanisation de la zone, intensification de l'agriculture, etc.) ; • la qualité des cours d'eau devrait s'améliorer (atteinte des objectifs DCE et du SDAGE par amélioration des pratiques d'assainissement et agricoles). Augmentation du risque d'inondation associé au changement d'intensité des pluies.	
		Avec le projet	Les différents rejets issus du centre de stockage Cigéo ne devraient pas modifier de façon notable les cours d'eau (aspect qualitatif, quantitatif et usages) en phase de construction, ni entraîner une augmentation des zones inondables. Ces impacts résiduels sont détaillés dans le chapitre 5.3 du présent volume.	Les différents rejets issus du centre de stockage Cigéo ne devraient pas modifier de façon notable les cours d'eau (aspect qualitatif, quantitatif et usages) en phase de fonctionnement, ni entraîner une augmentation des zones inondables. Ces impacts résiduels sont détaillés dans le chapitre 5.2 du présent volume.
Biodiversité et milieu naturel	Oui	Sans le projet	L'évolution dépend du développement des pratiques agricoles, de la protection de la biodiversité, ainsi que de l'évolution climatique. L'évolution climatique entraîne en particulier : • la modification des écosystèmes ; • la modification des aires de répartition d'espèces ; • la disparition d'espèces et d'habitats naturels ; • l'expansion d'espèces exotiques envahissantes.	
		Avec le projet	Des habitats seront détruits et les espèces présentes seront potentiellement dérangées. Des mesures d'évitement, de réduction et de compensation seront mises en œuvre pour atteindre l'objectif de zéro perte nette de biodiversité. Les incidences résiduelles et les mesures de compensation sont détaillées au chapitre 6 du présent volume.	Le projet global Cigéo vise l'absence de perte nette de biodiversité, voire d'un gain de biodiversité après application des mesures de compensation. Il est probable que les importants aménagements paysagers des installations du centre de stockage aient un impact positif sur la faune, en particulier sur l'avifaune des milieux ouverts et semi-ouverts. Les rejets radioactifs liés au projet global Cigéo n'auront pas d'incidence notable sur l'environnement non humain. Ces incidences résiduelles en phase de fonctionnement et les mesures de compensation sont détaillées dans le chapitre 6 du présent volume.

Aspects de l'environnement	Évolutions du fait du projet ?	Scénario	Horizon 2030	Horizon 2050
Emploi, activités économiques, population	Oui	Sans le projet	La définition de l'état de référence du milieu humain montre que le nombre d'habitants résidant dans un périmètre de 20 km autour du centre de stockage Cigéo a diminué à un rythme annuel moyen de -0,6 % sur la période comprise entre 1968 et 2019. Selon les dernières projections de population de l'INSEE, si les tendances démographiques observées jusqu'ici se prolongeaient, la population du Grand Est s'élèverait à 5 705 800 habitants, soit une croissance de 0,07 % par an en moyenne, Par ailleurs, dans ce scénario, le vieillissement de la population se poursuivrait. Les départements de la Meuse et de la Haute-Marne, isolés des grands pôles de croissance du Grand Est, connaîtraient de fortes baisses de population. Le département de la Meuse compterait ainsi 172 500 habitants à l'horizon 2030 et 166 400 à l'horizon 2050, soit respectivement 19 600 et 25 700 de moins qu'en 2013 (INSEE 2010 (58)). Le vieillissement de la population se traduira à l'horizon 2030 par un recul du pourcentage de la population en âge de travailler. Le SCoT du Pays Barrois (56) vise une diminution du nombre de logements vacants d'ici 2030.	
		Avec le projet	Une création d'emploi (effet direct) sera induite dans le domaine de l'industrie notamment et augmentation de la démographie (effet indirect). Le projet participera à la redynamisation économique et démographique du territoire. Ces incidences positives sont détaillées au chapitre 7 du présent volume.	
Activités agricoles et sylvicoles	Oui	Sans le projet	Les exploitations agricoles sont toujours essentiellement orientées vers de grandes cultures. La tendance à la baisse du nombre d'exploitations associée à une augmentation de leur surface se poursuit. Compte tenu du changement climatique, les cultures moins demandeuses en eau sont recherchées. Les productions biologiques, qui apportent de la valeur ajoutée, se développent : le SRADDET de la région Grand Est (55) vise une multiplication par trois des surfaces en agriculture biologique et signes de qualité d'ici 2030 par rapport à 2016. Les surfaces boisées, partiellement dévastées depuis l'ouragan de 1999, se régénèrent peu à peu.	
		Avec le projet	Bien que des superficies agricoles soient prélevées, les exploitations actuelles sont pérennisées mais la tendance à la baisse du nombre d'exploitations associée à une augmentation de leur surface se poursuit. Les productions biologiques, qui apportent de la valeur ajoutée, se développent. Les mesures de compensation agricole collective apportent un soutien à l'économie agricole *via* le financement de projets de développement économique novateurs. Ces projets ont pour objectif une amélioration de la compétitivité des outils existants, la diversification des productions agricoles et le développement de nouvelles activités durables de production et de valorisation. Une partie de la forêt de la commune de Mandres-en Barrois et potentiellement de Bonnet en fonction des besoins associés à l'entreposage des matériaux extraits, ne sont plus exploitables. Les mesures de compensation forestière contribueront au maintien de la « ressource forêt » et au soutien de l'économie sylvicole (reboisements et/ou abondement au fonds structurel forestier). Les incidences sont détaillées au chapitre 8 du présent volume.	
Réseaux	Oui	Sans le projet	L'aire d'étude est maillée par des réseaux divers. Certains réseaux présentent des lacunes (réseaux d'assainissement collectif peu développé, réseaux d'eau potable à faible rendement (fuites) et peu interconnectés). Des réseaux majeurs sont présents dans l'aire d'étude (THT, gaz). Des projets d'aménagement et de mise à niveau des réseaux actuellement inscrits dans les documents de planification pourraient être réalisés.	
		Avec le projet	Des réseaux seront créés pour alimenter le centre de stockage (électrique, eau potable, internet, téléphonique…) dont certains pourront bénéficier au territoire. Les impacts résiduels sont décrits au chapitre 9 du volume IV de la présente étude d'impact.	
Déchets	Oui	Sans le projet	Les volumes de déchets radioactifs HA et MA-VL en attente d'une filière de gestion durable augmenteront, en lien avec les installations nucléaires existantes sur le territoire national. Les tonnages de différents types de déchets conventionnels augmenteront selon l'un des scénarios du SRADDET, sauf pour les déchets du BTP (inertes), pour lesquels une baisse est prévue.	Pas de données disponibles, tendance vraisemblablement similaire.
		Avec le projet	Des déchets conventionnels seront produits lors de la phase travaux, essentiellement constitués des argilites extraites lors du creusement de l'installation souterraine et de déchets inertes. Le détail de la production de déchets est présenté dans le chapitre 10 du présent volume.	Le projet global Cigéo constitue la solution française de mise en sécurité définitive des déchets radioactifs HA et MA-VL. Des déchets très faiblement radioactifs (TFA) et faiblement et moyennement radioactifs (FMA), ainsi que des effluents non conventionnels, seront produits lors de la phase de fonctionnement. Des déchets conventionnels seront produits lors de la phase de fonctionnement, essentiellement constitués des argilites extraites lors du creusement de l'installation souterraine et de déchets inertes, dont les opérations de jouvence. Le détail de la production de déchets est présenté dans le chapitre 10 du volume IV de la présente étude d'impact.

Aspects de l'environnement	Évolutions du fait du projet ?	Scénario	Horizon 2030	Horizon 2050
Risques (autres que naturels)	Oui	Sans le projet	Le territoire est peu industrialisé. Aucune évolution majeure n'est attendue.	
		Avec le projet	Les risques d'accidents et de catastrophes majeurs sont limités mais peuvent être à l'origine d'incidences sur l'environnement et la santé humaine.	
Infrastructures de transport	Oui	Sans le projet	Le territoire est faiblement desservi par les infrastructures de transport. Il n'y aura pas d'évolution majeure des axes de transport et des trafics. Sur le périmètre couvert par le SRADDET, augmentation du tonnage de marchandises transporté ; diminution de la part modale du transport routier au profit du rail et du transport fluvial.	
		Avec le projet	Le transport de matériaux se fera par le fer et par la route. Le trafic routier augmentera. La ligne ferroviaire 027000 et l'ITE seront remis en service et la route départementale D60/960 sera déviée avec le trafic associé. Le projet global Cigéo engendrera un report modal du transport routier vers le train pour l'acheminement des matériaux de construction, des équipements et des déchets radioactifs. Les infrastructures de transport du projet global Cigéo ne sont pas de nature à induire un développement de l'urbanisation. Les impacts résiduels sont décrits au chapitre 12 du présent volume.	
Cadre de vie	Oui	Sans le projet	Le territoire restera rural donc soumis à peu de nuisances (sonores, vibratoires, lumineuses ou olfactives). Le faible développement démographique et urbain prévu dans l'aire d'étude rapprochée n'engendrera pas de hausse des besoins de mobilité (routière ou ferroviaire), ce qui limitera les nuisances sur le cadre de vie. Par ailleurs, le renforcement du dispositif règlementaire (Directive européenne sur le bruit dans l'environnement qui impose des plans de prévention du bruit et la résorption des points noirs du bruit), les politiques en faveur des modes de déplacements alternatifs et les innovations technologiques devraient permettre à terme une réduction des sources d'émissions et une protection renforcée des bâtiments les plus exposés. Le contexte vibratoire du territoire ne devrait pas non plus connaître d'évolution significative.	
		Avec le projet	Les nuisances associées au trafic routier augmenteront (bruits, vibrations, poussières). Des nuisances (acoustiques, lumières, odeurs, vibrations…) liées aux travaux des phases d'aménagement préalable, de construction initiale et de fonctionnement vont modifier le cadre de vie. Les impacts résiduels sont décrits au chapitre 13 du présent volume.	Des nuisances (acoustiques, lumière, odeurs, vibrations…) liées à la phase de fonctionnement pourront modifier faiblement le cadre de vie. Les impacts résiduels sont décrits au chapitre 13 du volume IV de la présente étude d'impact.
Paysage	Oui	Sans le projet	L'évolution du paysage dans l'aire d'étude rapprochée ne sera visible sur la période de temps considérée uniquement en cas d'évolution du milieu humain (urbanisation de la zone, intensification de l'agriculture, modification de la gestion des bois…), ce qui est peu probable. Aucune évolution naturelle notable n'est prévue vis-à-vis de la topographie sur cette échelle de temps. Des projets (origine anthropique) peuvent venir modifier la topographie actuelle mais de façon très localisée.	
		Avec le projet	L'implantation du projet dans un territoire rural ponctué de bosquets vient modifier le paysage de façon notable en phase d'aménagement préalable et en construction initiale. Les impacts résiduels sont détaillés au chapitre 14.1 du présent volume.	En phase de fonctionnement, des mesures d'intégration paysagère basées sur l'étude des motifs paysagers actuels permettront en phase de fonctionnement de rendre le projet discret de loin. La topographie sera modifiée localement (dépôt des verses notamment). Les impacts résiduels sont détaillés au chapitre 14.1 du présent volume.

Aspects de l'environnement	Évolutions du fait du projet ?	Scénario	Horizon 2030	Horizon 2050
Patrimoine culturel, tourisme et loisirs	Oui	Sans le projet	De nouveaux vestiges archéologiques pourraient être découverts. Les activités de loisirs et de tourisme pratiquées dans la région sont principalement des activités de plein air pour lesquelles aucune évolution significative n'est attendue. Le développement touristique du territoire, inscrit dans les documents de planification, restera modéré.	
		Avec le projet	Compte tenu des opérations d'archéologie préventive et des nombreux remaniements de terrain en phase d'aménagements préalables, la probabilité de découverte fortuite de vestiges archéologiques est faible. La ligne ferroviaire 027000 traverse plusieurs périmètres de protection de monuments historiques. En phase de construction initiale (exploitation de la ligne), les incidences sur le patrimoine architectural sont faibles. L'accès aux activités de plein air sera maintenu (pêche, baignade, chasse, cueillette, ramassage de bois de chauffe et randonnée). Le centre de stockage Cigéo est créateur d'activité qui bénéficie également au secteur de l'hébergement et de la restauration. Les impacts résiduels sont détaillés au chapitre 14 du présent volume.	Compte tenu des opérations d'archéologie préventive et des nombreux remaniements de terrain en phase d'aménagements préalables, la probabilité de découverte fortuite de vestiges archéologiques est faible. L'accès aux activités de plein air sera maintenu (pêche, baignade, chasse, cueillette, ramassage de bois de chauffe et randonnée). Le centre de stockage Cigéo disposera de structures d'accueil du public permettant d'enrichir l'offre de tourisme industriel et d'avoir un effet positif sur la fréquentation des hôtels et autres établissements d'accueil du territoire. Les impacts résiduels sont détaillés au chapitre 14 du présent volume.
Santé	Non	Sans le projet	L'amorce d'une évolution de la santé humaine en lien avec un changement climatique ne devrait survenir qu'à l'horizon 2050.	Le changement climatique pourrait induire de nombreuses conséquences dont : • hausse des décès liés aux vagues de chaleur ; • hausse des risques liés à la pollution de l'air ; • hausse des risques allergiques ; • prolifération de certaines cyanobactéries, et contamination de l'eau potable, des eaux récréatives, des poissons ; • extension de l'aire de peuplement du moustique tigre.
		Avec le projet	Les émissions physiques (lumières, odeurs, vibrations, champs électromagnétiques…) ne sont pas susceptibles de provoquer des incidences notables sur la santé des populations vivant à proximité du projet. L'augmentation du niveau sonore occasionnée par certains travaux en journée pourrait ponctuellement être une source de gêne pour les populations sur les quelques lieux de vie à proximité immédiate du projet. En phase d'aménagement préalable et de construction initiale, les émissions chimiques sont typiques d'un grand chantier et conduisent à des concentrations inférieures aux valeurs réglementaires de protection de la santé humaine. Il n'y aura pas d'émissions radioactives avant la mise en service du centre de stockage Cigéo, prévue au-delà de 2030. Le détail de ces impacts résiduels se trouve dans le volume VI de la présente étude d'impact.	L'exposition des populations riveraines aux émissions de lumière, de bruit, de vibrations, d'odeurs et électromagnétiques est faible. Les eaux rejetées par le projet global Cigéo sont de bonne qualité, et ne présentent donc pas de danger pour la santé en fonctionnement normal. Les concentrations de composés chimiques dans les rejets atmosphériques du projet sont en deçà des valeurs réglementaires de protection de la santé humaine. L'exposition aux émissions radioactives est très faible. Elle n'est pas perceptible par rapport à l'exposition naturelle en France et dans l'aire d'étude rapprochée. Le détail de ces impacts résiduels se trouve dans le volume VI de la présente étude d'impact.

21.3 Projections d'évolution démographique dans les aires d'étude du facteur population, emploi, activités économiques et habitat

21.3.1 Projections d'évolution démographique au sein de l'aire d'étude éloignée

Selon l'Insee (Omphale 2017, scénario central), la population du Grand Est s'élèverait à 5 705 800 habitants en 2050, soit une croissance de 0,07 % par an en moyenne. Cette croissance serait la plus faible des 13 régions et quatre fois moins forte que sur l'ensemble du territoire national y compris les départements d'outre-mer (DOM ; +0,32 %) (cf. Figure 21-1).

Par ailleurs, dans ce scénario, le vieillissement de la population se poursuivrait. L'âge moyen des résidents du Grand Est passerait de 40,4 ans en 2017 à 45,4 ans en 2050 et la part des plus de 65 ans augmenterait de plus de 8 %.

Ces éléments prospectifs posent ainsi de nombreuses questions pour les politiques publiques et notamment l'enjeu d'adaptation à ces évolutions démographiques et d'intervention prioritaire sur les facteurs d'attractivité de la région.

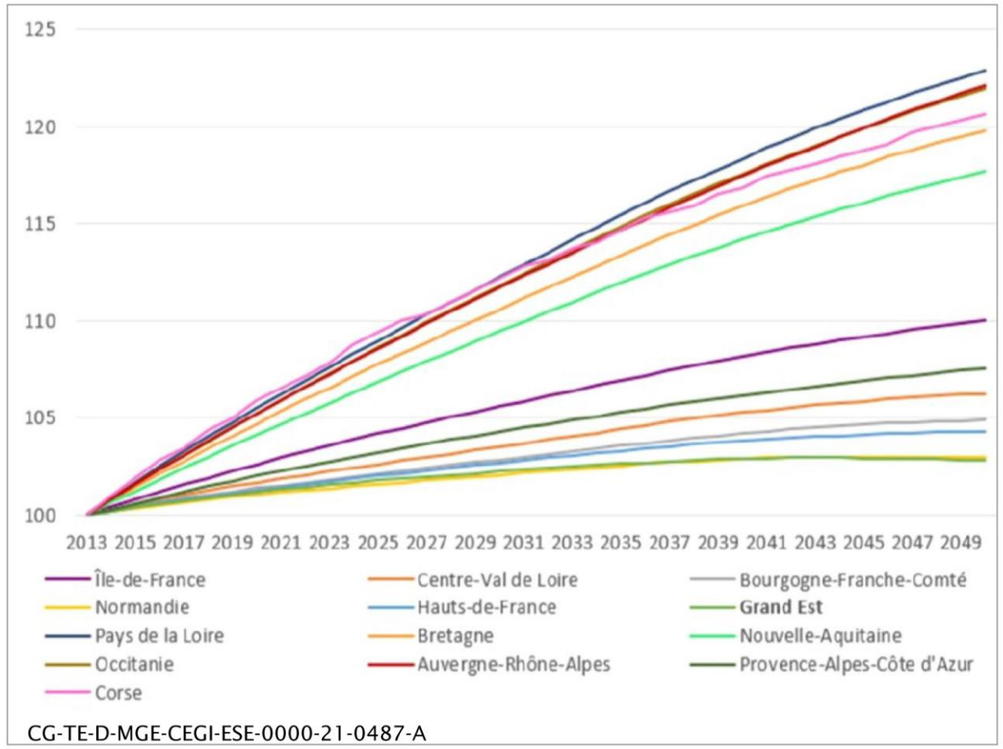


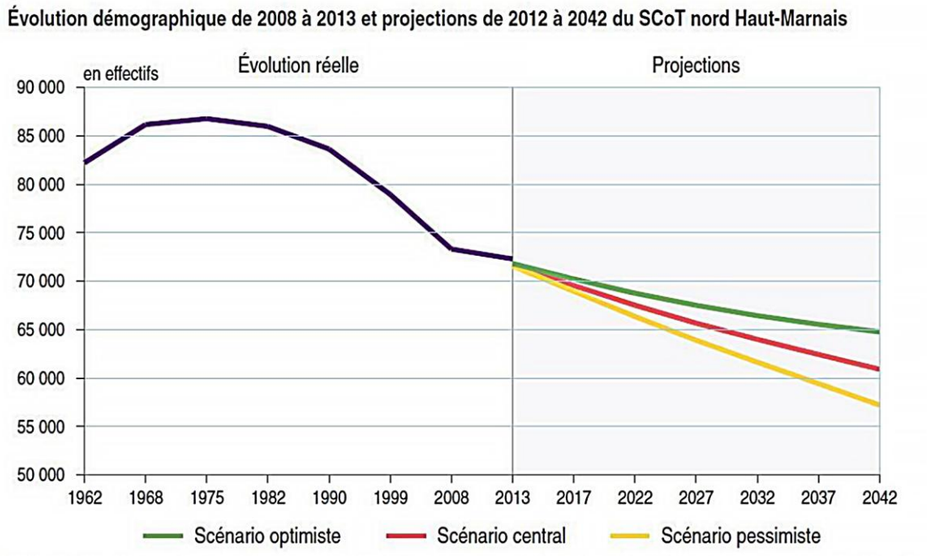
Figure 21-1 Projections démographiques à horizon 2050 par région de France Métropolitaine (Source : Insee 2017, données récoltées dans le cadre du SRADDET (55)) Projections d'évolution démographique au sein de l'aire d'étude rapprochée

21.3.2 Projections d'évolution démographique au sein de l'aire d'étude rapprochée

D'après l'étude de l'Insee d'avril 2013 intitulée « Le laboratoire de Bure-Saudron : des emplois jusqu'à 50 km à la ronde » (59) : « *à l'horizon 2030, les perspectives restent pessimistes : 10 000 habitants de moins et une forte progression du nombre d'habitants âgés de 80 ans ou plus. […] Cette perte n'est pas uniforme sur l'ensemble du territoire. Les communes situées en périphérie de Saint-Dizier, de Commercy et de Toul sont plutôt en croissance démographique. […] Il s'agit d'un phénomène classique de périurbanisation, les actifs privilégient l'installation dans des communes rurales près des centres d'emploi et proches des commodités (Nancy, Vitry-le-François, Châlons-en-Champagne, Troyes), mais délaissent les cœurs de ville. […] Le solde migratoire est déficitaire quelle que soit la classe d'âges et particulièrement pour la tranche d'âge 18-25 ans. Les jeunes bacheliers quittent en effet massivement l'aire d'étude rapprochée pour poursuivre leurs études. L'offre de formation attire les jeunes majoritairement vers Nancy et Reims. Si, dans d'autres territoires similaires [à l'aire d'étude rapprochée] (dépourvus d'universités, d'écoles supérieures, d'IUT…), on voit couramment apparaître un phénomène de « retour au pays » après les études, ce n'est pas le cas ici. Par écho, le niveau de qualification générale de la population est inférieur [à la moyenne régionale]. Le taux de diplômés du supérieur est de 21,7 % des actifs. […] La problématique se pose de l'adéquation actuelle et surtout future du niveau de qualification de la population aux besoins des activités productives [de l'aire d'étude rapprochée]. Pour le projet Cigéo, il est probable qu'apparaisse une inadéquation entre offre et demande d'emploi dans certains secteurs de pointe.* ».

De même, cette baisse de la population est qualifiée de « préoccupante » dans le SCoT du Pays Barrois (56). Ce dernier, à partir des projections démographiques de l'Insee, prévoit une légère baisse de la population à un horizon 2030, et une très forte augmentation des plus de 60 ans (qui passeraient de 24 % à 35,5 % de la population totale). En effet, la population du Pays Barrois était de 66 500 habitants en 2009 et la projection de l'Insee à l'horizon 2030 serait de 63 000 habitants (toutefois les élus ont pour objectif une progression de la population du Pays à 71 000 habitants à l'horizon 2030).

Dans le SCoT nord Haut-Marnais (57) la population diminuerait de -0,4 % à -0,8 % par an en moyenne (cf. Figure 21-2). En prolongement de l'évolution récente, le déclin démographique du SCoT à l'horizon 2042 s'explique en grande partie par le vieillissement de la population et par la dégradation du solde naturel qui en découle. Près d'un tiers de la population du SCoT aurait 65 ans ou plus d'ici 2042.



Note : le décrochement des courbes en 2013 est dû au décalage entre l'évolution réelle de la population et les projections de population qui se basent sur le recensement de la population 2007.
Lecture : selon le scénario de projection central, la population du SCoT nord Haut-Marnais passerait de 72 290 habitants en 2013 à 60 899 en 2042.
Source : Insee, Omphale 2010.

CG-TE-D-MGE-AMOA-ESE-0000-20-0463-A

Figure 21-2 *Évolution démographique de 2008 à 2013 et projections de 2012 à 2042 du SCoT nord Haut-Marnais (source : Insee (Omphale 2010), données recueillies dans le SCOT nord Haut-Marnais (60)*

21.4 Évolution du climat à horizon 2100

21.4.1 Évolution du climat en l'absence du projet

Pour la période comprise en 2050 et 2100, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) indique que les tendances observées en début de siècle pourraient s'accentuer, avec l'observation notamment :

- d'une forte hausse des températures moyennes pour certains scénarios :
  - ✓ de 0,9 °C à 1,3 °C pour le scénario de plus faibles émissions (RCP 2,6) ;
  - ✓ de 2,6 °C à 5,3 °C en été pour le scénario de croissance continue des émissions (RCP 8,5).
- d'un nombre de jours de vagues de chaleur qui pourrait dépasser les 20 jours au sud-est du territoire métropolitain pour le scénario RCP 8,5 ;
- de la poursuite de la diminution des extrêmes froids ;
- de l'augmentation des épisodes de sécheresse dans une large partie sud du pays, pouvant s'étendre à l'ensemble du pays ;
- d'un renforcement des précipitations extrêmes sur une large partie du territoire, mais avec une forte variabilité des zones concernées.

Ces horizons ne couvrent pas la totalité de la vie du centre de stockage Cigéo dont le démantèlement des installations de surface est prévu un peu au-delà de 2100 mais permet de percevoir la progressivité des changements possibles tout en montrant les premiers impacts perceptibles.

D'autres études prospectives en particulier celles conduites dans le cadre du programme de recherche européen BIOCLIM 2003, programme qui étudie les changements à plus long terme, ne mettent pas en évidence d'élévation de température supérieure à celle indiquée dans le rapport du GIEC sur une période d'environ 300 ans.

21.4.2 Évolution du climat avec la mise en œuvre du projet

De la même façon qu'à l'horizon 2050, le projet global Cigéo continue de participer au changement climatique car il est à l'origine d'émissions de gaz à effet de serre, qui restent négligeables par rapport aux émissions nationales. Les émissions carbones du projet global Cigéo sont évaluées et mises en perspective avec les émissions de la filière électronucléaire dans le cadre du bilan carbone présenté au chapitre 2 du présent volume.

21.5 Évolution de l'environnement souterrain sur le long terme

21.5.1 Évolution de l'environnement souterrain en l'absence de mise en œuvre du projet

Les processus d'évolution du sous-sol qui s'étalent sur des millions d'années sont liés :

- aux phénomènes érosifs en surfaces par les agents météoritiques, notamment le creusement des vallées par les écoulements d'eau, la fracturation des roches par les alternances de gel et dégel, la sculpture des reliefs par le vent ;
- à la tectonique des plaques qui crée notamment des failles, les montagnes, les fossés d'effondrement et les zones de remontées magmatiques en fonction des forces qui s'exercent aux différents points du globe terrestre du fait du déplacement de ces plaques.

La bordure est du Bassin parisien concernée par le projet global Cigéo est reconnue pour sa stabilité tectonique depuis 65 millions d'années du fait de l'épaisseur importante de la croûte océanique et de son éloignement des zones de déformation comme les Alpes (cf. Chapitre 4 du présent volume). Les nombreuses études réalisées par l'Andra montrent que les réseaux de failles de la Marne et de Gondrecourt sont inactifs depuis *a minima* 2 millions d'années et probablement depuis 25 millions d'années. Sur cette base, les scientifiques estiment qu'il n'y aura aucune modification des caractéristiques tectoniques de la région pendant encore plusieurs millions années.

Enfin, il est estimé que l'érosion par les agents météoriques comme ils sont actuellement observés et selon un scénario de fort réchauffement climatique n'aura pas de conséquence au-delà de 50 mètres sous la surface actuelle. Ainsi, sous les plateaux de Bure l'érosion pourra toucher les formations du jurassique terminal et du crétacé indifférencié, les calcaires du barrois et la partie supérieure des Marnes du Kimméridgien. À Gondrecourt-le-Château, l'érosion pourra toucher la partie supérieure des affleurements de l'Oxfordien carbonaté.

21.5.2 Évolution de l'environnement souterrain avec la mise en œuvre du projet

Le centre de stockage Cigéo vise à isoler les déchets radioactifs de l'homme et de la biosphère et à les confiner dans une formation géologique profonde pour s'opposer à la dissémination des radionucléides qu'ils contiennent. Ces fonctionnalités s'effectuent sur de grandes échelles de temps (jusqu'à plusieurs centaines de milliers d'années), de manière passive, c'est-à-dire sans nécessiter de maintenance ou de surveillance. Cela repose sur le choix du milieu géologique, plus particulièrement le Callovo-Oxfordien qui accueillera l'installation souterraine et sur la conception du stockage, plus particulièrement son architecture et ses composants ouvragés.

En effet, comme le montre l'évolution de l'environnement sans le projet, à l'aplomb de l'installation souterraine, le Callovo-Oxfordien ne sera pas affecté par les modifications qui se produiront en surface sur le prochain million d'années. Cette couche pourrait être affectée par des déformations tectoniques qui soulèveraient toute la zone de façon homogène, ce qui n'entraînerait pas la formation de nouvelles fractures.

La conception du stockage vise à tirer parti de l'ensemble des propriétés favorables du Callovo-Oxfordien, en limitant les sollicitations thermiques, mécanique, hydraulique et chimique susceptibles d'être créées par le stockage (cf. Chapitre 2.2 du présent volume). Il est ainsi cherché à maintenir le Callovo-Oxfordien dans un état le plus proche de son état d'équilibre actuel. Les caractéristiques physiques et chimiques favorables du Callovo-Oxfordien ainsi préservées et son épaisseur importante (supérieure à 140 mètres) permettent de retenir les substances radioactives et toxiques contenues dans les déchets et de fortement ralentir leur migration vers la surface sur de longues échelles de temps.

21.6 Synthèse évolution de l'environnement avec et sans le projet

Les échelles de temps considérées pour étudier l'évolution de l'environnement avec et sans le projet sont 2030 et 2050. Ces dates recoupent la phase de construction initiale puis la phase de fonctionnement du projet global Cigéo.

Le changement climatique, lié aux activités humaines, pourra être à l'origine de l'évolution des différents milieux de l'environnement de l'aire d'étude.

Les scénarios d'évolution du climat associés au changement climatique des inondations et des sécheresses extrêmes. L'évolution des activités humaines aura également un impact significatif sur l'évolution de l'environnement. L'occupation et la pollution des sols, notamment, dépendent grandement de l'évolution des modes d'agriculture sur le territoire. Les tendances actuelles et futures concernant la population et l'emploi sont à la baisse. De plus le territoire présente un retard par rapport au reste de la France concernant les différents réseaux ou les infrastructures de transport, même si les documents de planification du territoire prévoient une amélioration dans ces domaines.

Avec la mise en place du projet global Cigéo, certains de ces facteurs de l'environnement vont évoluer de manière différente. L'occupation des sols va être grandement modifiée, avec 783 ha de sols dont l'occupation sera modifiée. Cette modification des sols entraînera des conséquences vis-à-vis de l'agriculture ou de la biodiversité par la perte de surface agricole ou la destruction d'habitats. Les installations viendront perturber le paysage lors de la phase de fonctionnement, mais ne seront vite plus perceptibles grâce aux plantations paysagères envisagées. Tout au long de sa durée de vie, le projet global Cigéo créera un nombre important d'emplois, ce qui permettra un changement positif de la démographie. Enfin, les infrastructures et réseaux mis en place pour le projet seront un atout non négligeable dans le développement du territoire.

Le projet global Cigéo aura une incidence indirecte positive sur l'organisation du territoire local, mais également à l'échelle de la région Grand Est (densification, extension et/ou création de zones d'activités et de zones résidentielles, développement de commerces, équipements et services, et adaptation du réseau de transport).

À 2100, le changement climatique lié aux activités humaines s'amplifie et ses conséquences sur l'évolution des différents milieux de l'environnement également.

Sur le long terme, les scientifiques estiment qu'il n'y aura aucune modification des caractéristiques tectoniques de la région pendant encore plusieurs millions années.

22

Synthèse des incidences sur l'environnement

Le présent chapitre propose une synthèse des incidences à l'échelle du projet global Cigéo.

L'évaluation de l'incidence dépend (cf. Chapitre 1.1 du présent volume) des phénomènes impliqués (émissions, occupation de sols…) ainsi que de leur ampleur, de leur durée et de la sensibilité des différents facteurs de l'environnement.

Différents éléments d'appréciation des niveaux d'impacts sont synthétisés dans le tableau 22-1 et sont utilisés comme « fil conducteur » pour apprécier le niveau des impacts.

Tableau 22-1 Éléments d'appréciation du niveau d'incidence (grille indicative d'aide)

Niveau d'impact	Éléments d'appréciation
Positif	Amélioration directe ou indirecte du facteur par la réalisation du projet
Très faible **Zéro perte nette de biodiversité**	Absence d'effet Altération nulle ou marginale d'un compartiment de l'environnement
Faible	Altération légère d'un facteur de l'environnement qui ne modifie pas ses fonctionnalités Effet peu perceptible sur une faible zone géographique et sur une durée limitée ou ponctuelle
Modéré	Modification perceptible d'un facteur de l'environnement localisée ou limitée dans le temps Perturbation ou dégradation importante de facteurs à enjeu faible
Fort	Modification importante d'un facteur de l'environnement sur une période longue ou permanente Perturbation ou dégradation importante de facteurs à enjeu modéré à fort
Très fort	Modification très importante d'un facteur de l'environnement sur une période longue ou permanente Destruction d'un facteur de l'environnement présentant un enjeu fort ou dégradation d'un facteur de l'environnement présentant un enjeu très fort

Il n'y a pas dans le code de l'environnement de définition de ce qu'est une incidence notable. Aussi, sur une échelle à cinq niveaux d'incidences négatives, il a été choisi dans cette étude d'impact de considérer que les trois niveaux négatifs les plus élevés (modéré, fort et très fort) correspondent aux incidences négatives notables.

Le tableau 22-2 reprend l'ensemble des thématiques susceptibles d'être affectées par le projet global Cigéo et la hiérarchisation des incidences. À noter que sont présentés dans ce tableau les niveaux d'enjeux et d'incidences les plus élevés à l'échelle du projet global Cigéo. Ainsi, ce tableau met en exergue que les incidences résiduelles pour le projet global Cigéo sont très faibles à modérées en lien avec les mesures mises en œuvre.

Parmi ces mesures, un certain nombre n'est pas attaché à une zone géographique particulière ; ainsi ces mesures ne sont donc pas cartographiables.

Pour le centre de stockage Cigéo, les cartographies ci-après (cf. Figure 22-1 à figure 22-9), représentent la localisation géographique des mesures ERC (plusieurs jeux de cartes selon les objets et le niveau de zoom), lorsque celles-ci sont matérialisables (bassin, mur, clôture …). Dans le cas contraire, ces mesures sont symbolisées par des étiquettes indiquant le nom de la mesure et sont présentées en « mesures transverses » dans des encarts spécifiques.

Au stade actuel de conception des différentes opérations, ces mesures cartographiables concernent le seul centre de stockage en phase de fonctionnement et sont présentées après le tableau 22-2 en présentant successivement la zone descenderie, la zone puits, la liaison intersite et l'installation terminale embranchée.

Tableau 22-2 Hiérarchisation des incidences des principaux facteurs environnementaux pour le projet global Cigéo

Milieu	Facteur	Sous-Facteurs	Hiérarchisation de l'enjeu	Mesures d'évitement	Mesures de réduction	Mesure de compensation	Niveau d'incidence après mesures E, R, C
Milieu physique	Atmosphère	Conditions météorologiques locales	Faible		X		Très faible
		Risques météorologiques			X		Très faible
		Énergie et gaz à effet de serre	Modéré	X	X		Faible
		Qualité de l'air : substances conventionnelles	Fort	X	X		Faible
		Qualité de l'air : substances radioactives		X	X		Très faible
	Sols	Occupation des sols	Modéré	X	X	X	Modéré Le projet global Cigéo modifie l'occupation de près de 783 ha de sols parmi lesquels environ 586,9 ha de terrains forestiers et agricoles sont artificialisés dont 158,7 ha imperméabilisés
		Relief			X		Faible
		Pollution des sols			X		Très faible
	Sous-sol	Pollution physico-chimique	Faible		X		Très faible
		Contamination radiologique			X		Très faible
		Risques naturels		X	X		Très faible
		Ressources du sous-sol		X	X		Faible
	Eaux	Eaux souterraines et superficielles : Quantitatif	Fort	X	X		Modéré
		Eaux souterraines et superficielles : Qualitatif	Fort	X	X		Faible
		Eaux souterraines et superficielles : Usages	Fort	X	X	Au besoin	Faible
Milieu naturel	Biodiversité	Zonages environnementaux	Modéré	X	X	X	Zéro perte nette de biodiversité
		Zones humides	Fort	X	X	Au besoin	Zéro perte nette de biodiversité
		Continuités écologiques	Modéré pouvant être localement fort	X	X		Zéro perte nette de biodiversité
		Habitats, faune, flore	Fort	X	X	X	Zéro perte nette de biodiversité

Milieu	Facteur	Sous-Facteurs	Hiérarchisation de l'enjeu	Mesures d'évitement	Mesures de réduction	Mesure de compensation	Niveau d'incidence après mesures E, R, C
Milieu humain	**Population, emploi, activités économiques et habitat**	Population, emploi et activités économiques	Fort	X			Positif
	Activités agricoles et sylvicoles	Activités agricoles	Fort	X	X	X	Faible à très faible
		Activités sylvicoles	Modéré	X	X	X	Faible à très faible
	Réseaux	Réseaux	Modéré	X	X		Très faible à Positif
	Déchets radioactifs et conventionnels	Déchets radioactifs	Fort	X	X		Faible à positif
		Déchets conventionnels	Modéré	X	X		Faible
	Infrastructures de transport	Infrastructures de transport	Modéré	X	X		Faible à très faible
	Cadre de vie	Environnement sonore	Modéré	X	X		• modéré en phases d'aménagement préalable et de construction initiale ; • faible en phase de fonctionnement.
		Environnement vibratoire		X	X		Faible
		Environnement lumineux		X	X		• faible en phase d'aménagements préalables ; • modérée en phases de construction initiale et de fonctionnement : le projet nécessite des éclairages nocturnes dans un environnement qui comporte peu d'éclairage à l'exception de l'éclairage public des villages et de l'éclairage du centre de Meuse/Haute-Marne.
		Environnement olfactif		X	X		Très faible
		Champs électriques et magnétiques		X	X		Très faible
	Paysage, patrimoine culturel, tourisme et activités de loisirs	Paysage	Fort	X	X		Faible à forte en phase d'aménagements préalables et de construction initiale, puis faible en phase de fonctionnement quand les plantations paysagères seront arrivées à maturité
		Patrimoine archéologique	Fort (partie ouest)		X		Modérée
		Patrimoine historique et architectural et sites inscrits, sites classés	Modéré (ligne ferroviaire 027000)	X	X		Faible
		Activités de tourisme et de loisirs	Faible	X	X		Très faible à positif
	Santé humaine	/	/	X	X		À toutes les phases du projet global Cigéo (aménagements préalables, construction initiale, fonctionnement, après fermeture, ainsi que lors d'accident ou de catastrophe majeure), les incidences, des émissions physiques, chimiques ou radioactives, sur la santé humaine sont faibles à très faibles.

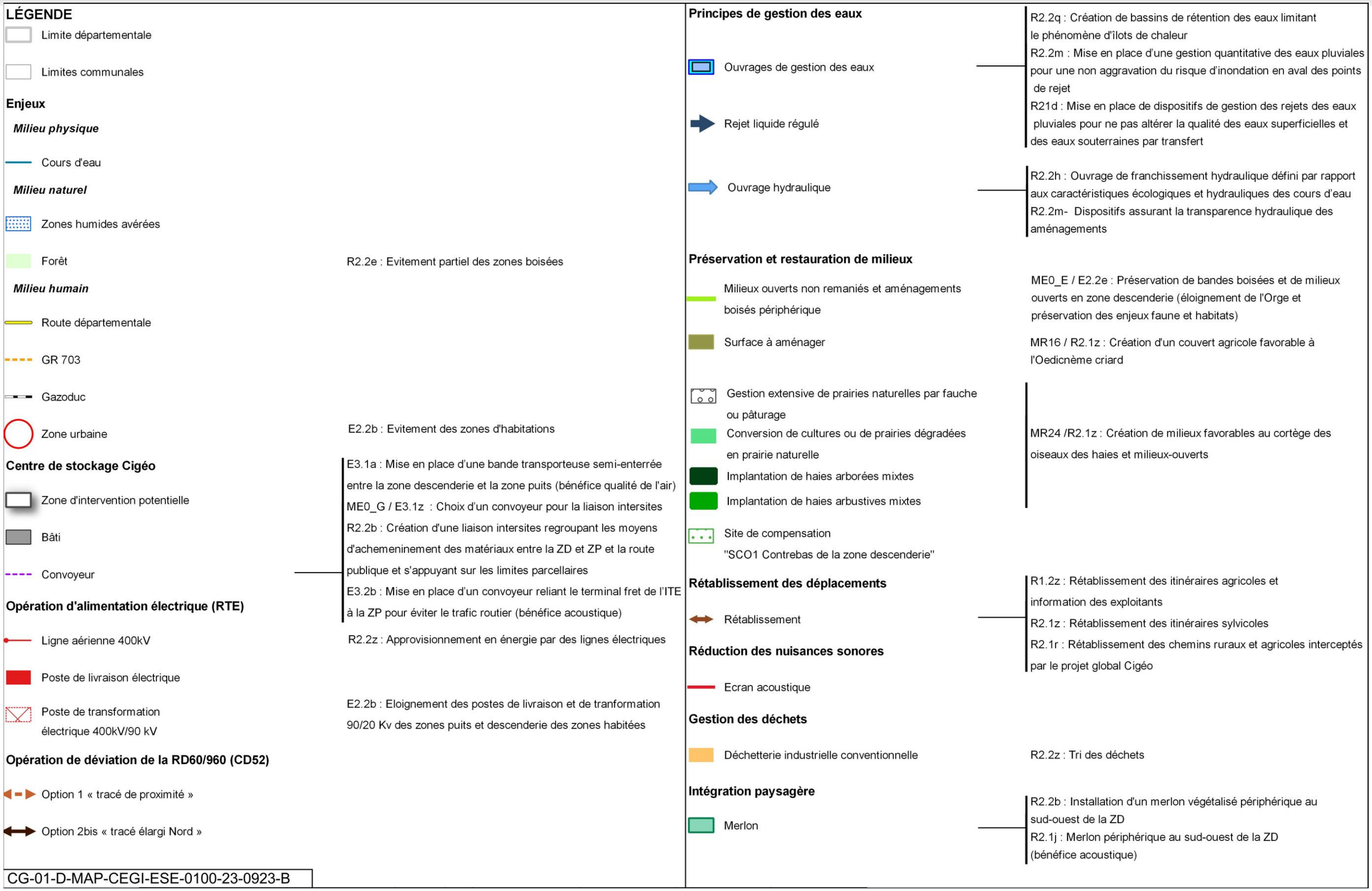


Figure 22-1 Synthèse des mesures sur la zone descenderie du centre de stockage Cigéo - Légende de la carte

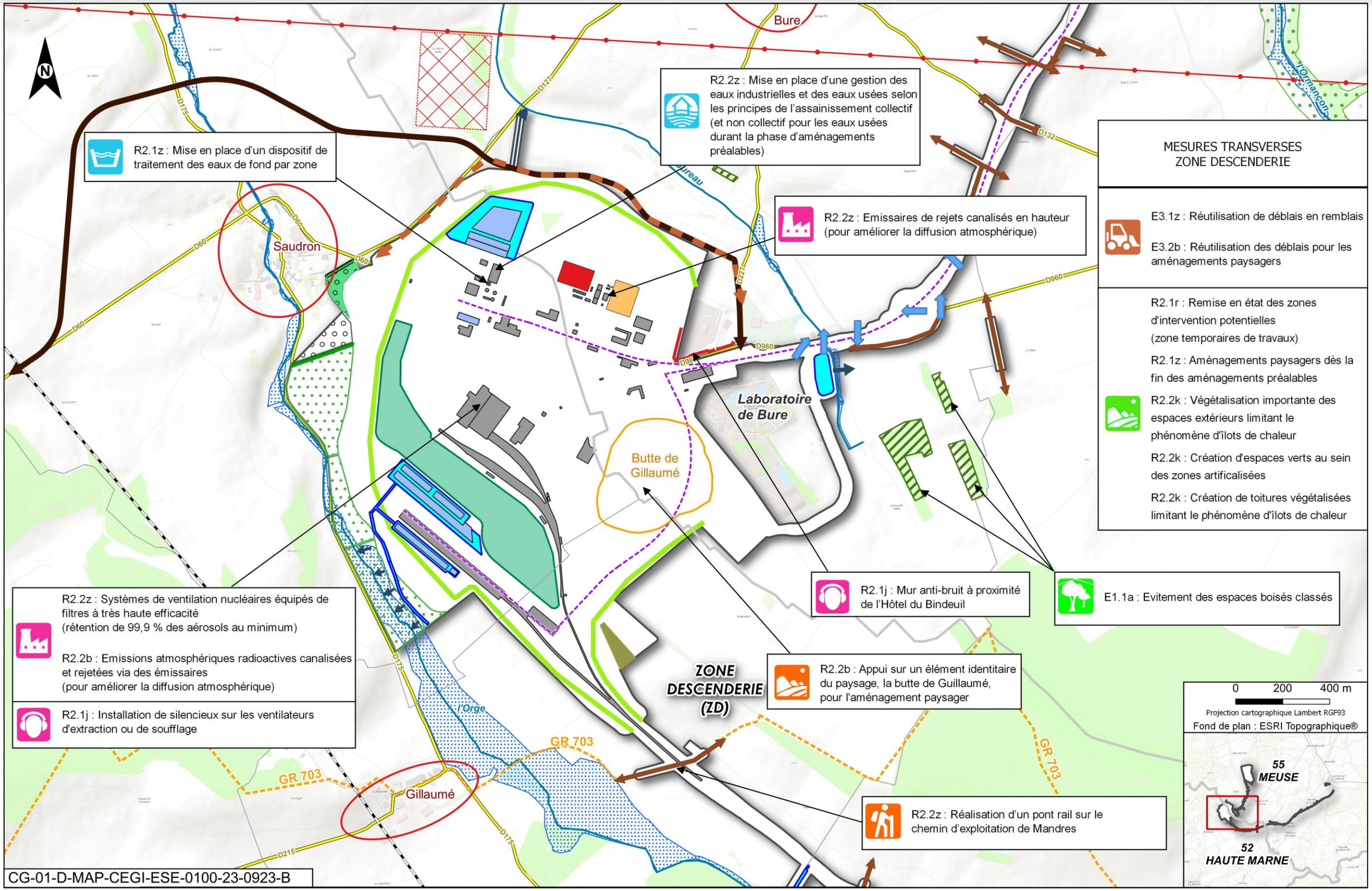


Figure 22-2 Synthèse des mesures sur la zone descenderie du centre de stockage Cigéo

LÉGENDE

Limite départementale

Limites communales

Enjeux

Milieu physique

Cours d'eau

Milieu naturel

Zones humides avérées

Milieu humain

Route départementale

GR 714

Centre de stockage Cigéo

Zone d'intervention potentielle

Bâti

Convoyeur

Opération d'alimentation électrique (RTE)

Poste de livraison électrique

E3.1a : Mise en place d'une bande transporteuse semi-enterrée entre la zone descenderie et la zone puits (bénéfice qualité de l'air)
ME0_G / E3.1z : Choix d'un convoyeur pour la liaison intersites
R2.2b : Création d'une liaison intersites regroupant les moyens d'achemeninement des matériaux entre la ZD et ZP et la route publique et s'appuyant sur les limites parcellaires
E3.2b : Mise en place d'un convoyeur reliant le terminal fret de l'ITE à la ZP pour éviter le trafic routier (bénéfice acoustique)

E2.2b : Eloignement des postes de livraison et de tranformation 90/20 Kv des zones puits et descenderie des zones habitées

Principes de gestion des eaux

Ouvrages de gestion des eaux

Rejet liquide régulé

Ouvrage hydraulique

R2.2q : Création de bassins de rétention des eaux limitant le phénomène d'îlots de chaleur
R2.2m : Mise en place d'une gestion quantitative des eaux pluviales pour une non aggravation du risque d'inondation en aval des points de rejet
R21d : Mise en place de dispositifs de gestion des rejets des eaux pluviales pour ne pas altérer la qualité des eaux superficielles et des eaux souterraines par transfert

R2.2h : Ouvrage de franchissement hydraulique défini par rapport aux caractéristiques écologiques et hydrauliques des cours d'eau
R2.2m- Dispositifs assurant la transparence hydraulique des aménagements

Préservation des espaces naturels

Boisements préservés

ME0_D / E2.2e : Maintien des boisements périphériques en zone puits

Rétablissement des déplacements

Rétablissement

R1.2z : Rétablissement des itinéraires agricoles et information des exploitants
R2.1z : Rétablissement des itinéraires sylvicoles
R2.1r : Rétablissement des chemins ruraux et agricoles interceptés par le projet global Cigéo

Gestion des déchets

Déchetterie industrielle conventionnelle

R2.2z : Tri des déchets

Gestion des matériaux

Verses

ME0_B / E3.2b : Valorisation des verses pour limiter le volume stocké
R2.2z : Végétalisation progressive des verses
R2.1z : Intégration des verses dans le relief et le paysage

Intégration paysagère

Plantation de bosquets

ME0_D / E2.2e : Maintien des boisements périphériques en zone puits

Zone d'extension potentielle de la zone puit

ME0_B / E3.2b : Valorisation des verses pour limiter le volume stocké

CG-01-D-MAP-CEGI-ESE-0100-23-0959-B

Figure 22-3 Synthèse des mesures sur la zone puits du centre de stockage Cigéo - Légende de la carte

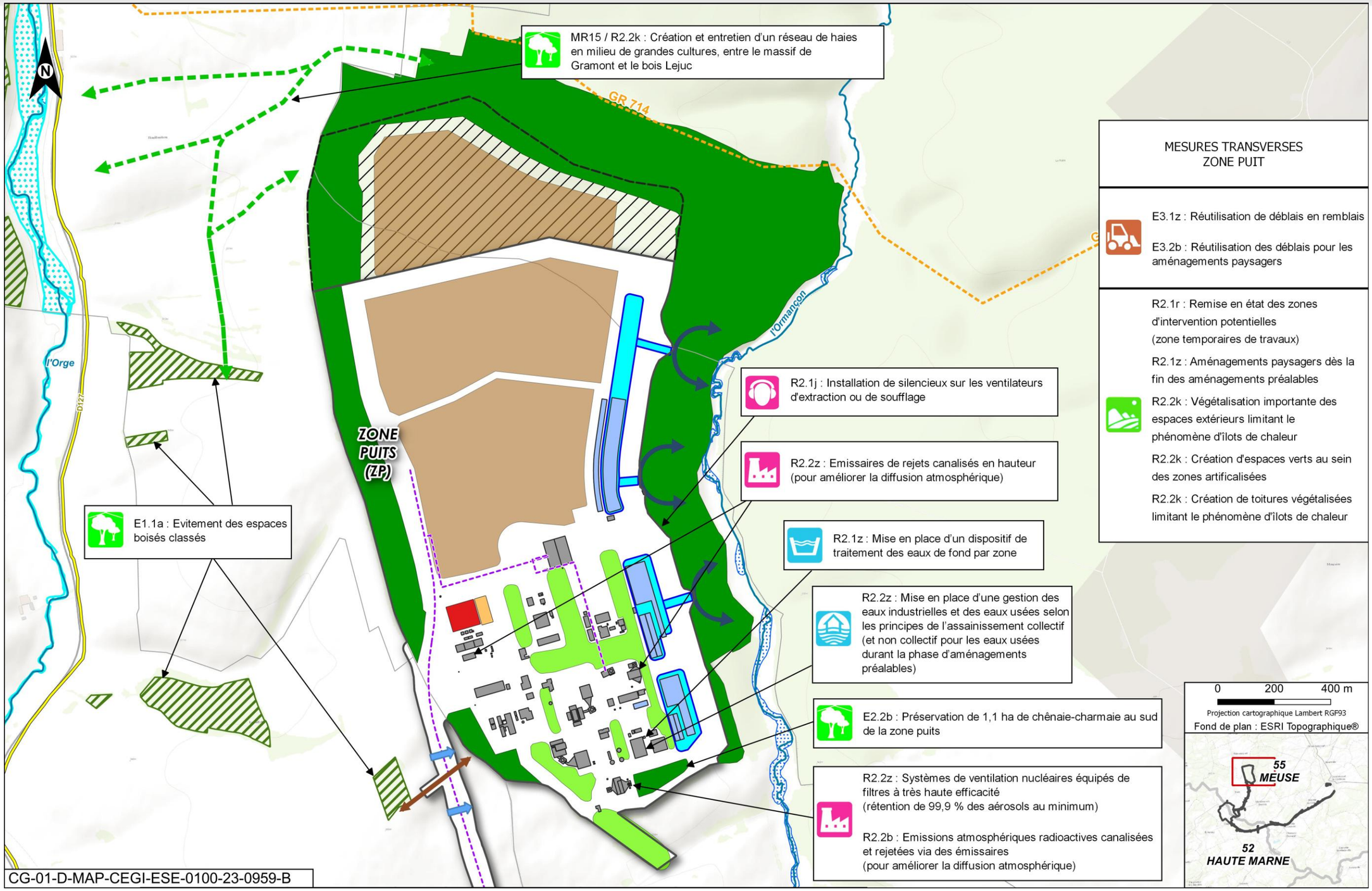


Figure 22-4 Synthèse des mesures sur la zone puits du centre de stockage Cigéo

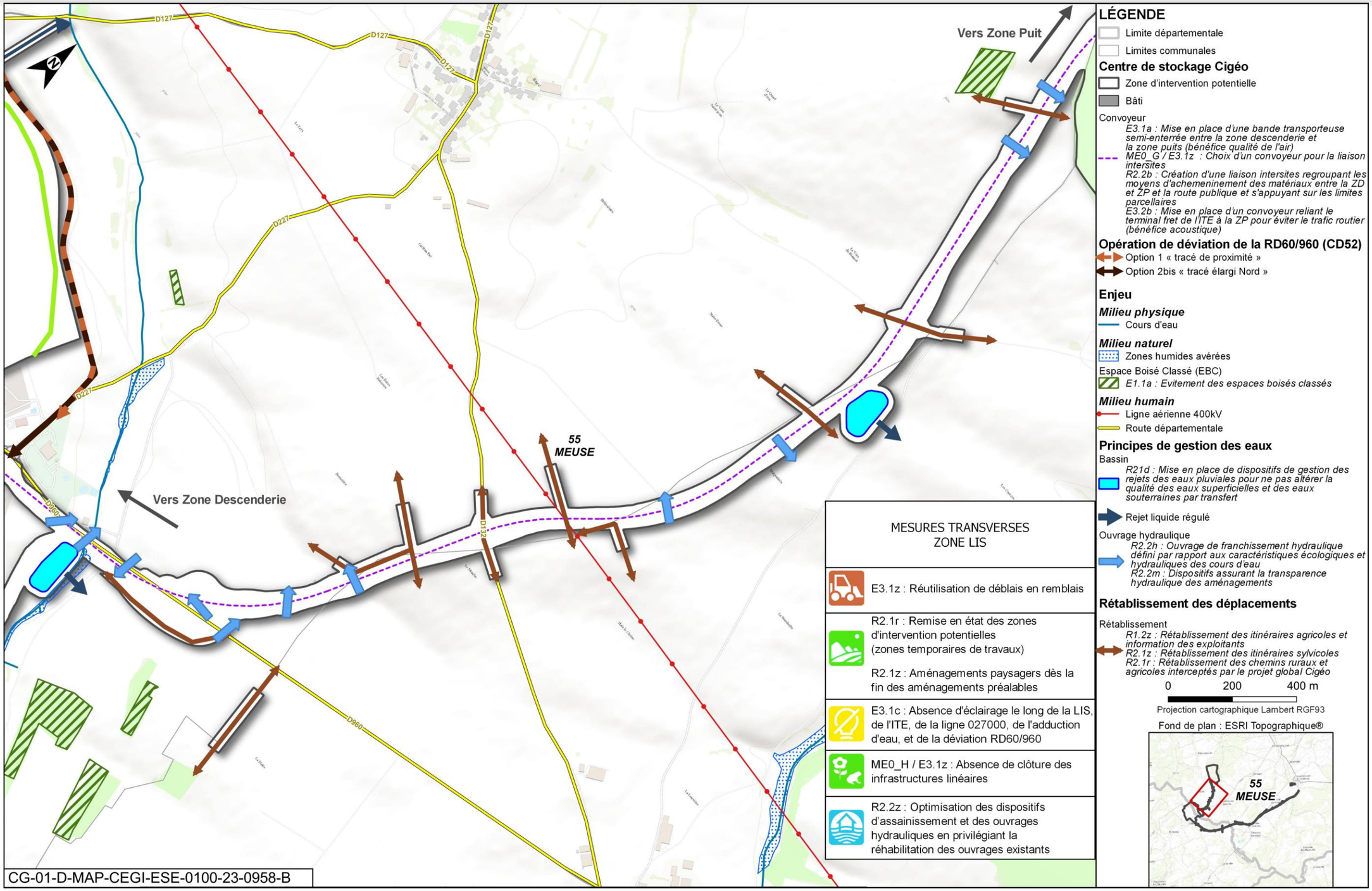


Figure 22-5 Synthèse des mesures sur la liaison intersites (LIS) du centre de stockage Cigéo

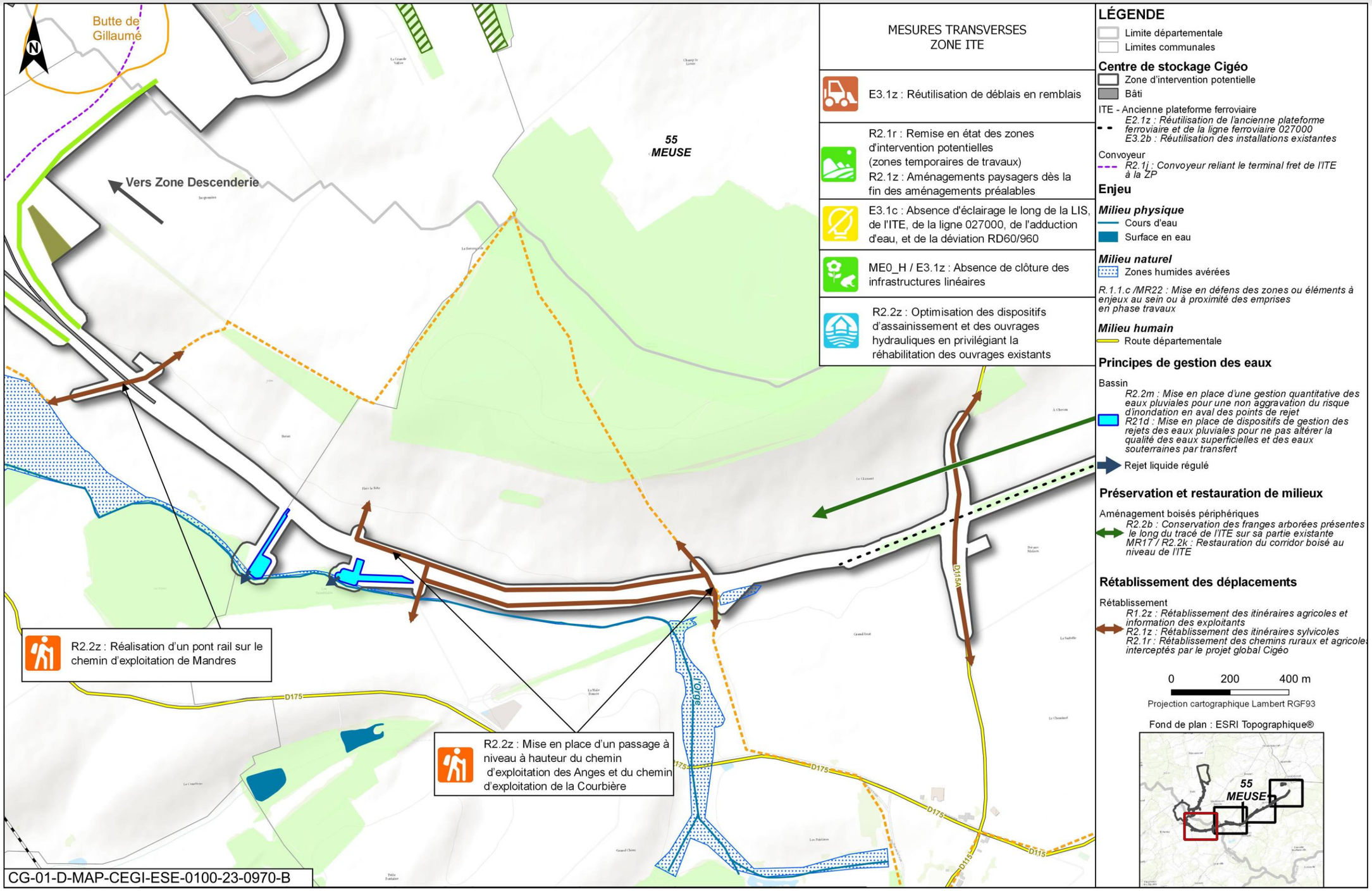


Figure 22-6 Synthèse des mesures sur l'installation terminale embranchée (ITE) du centre de stockage Cigéo (planche 1 sur 4)

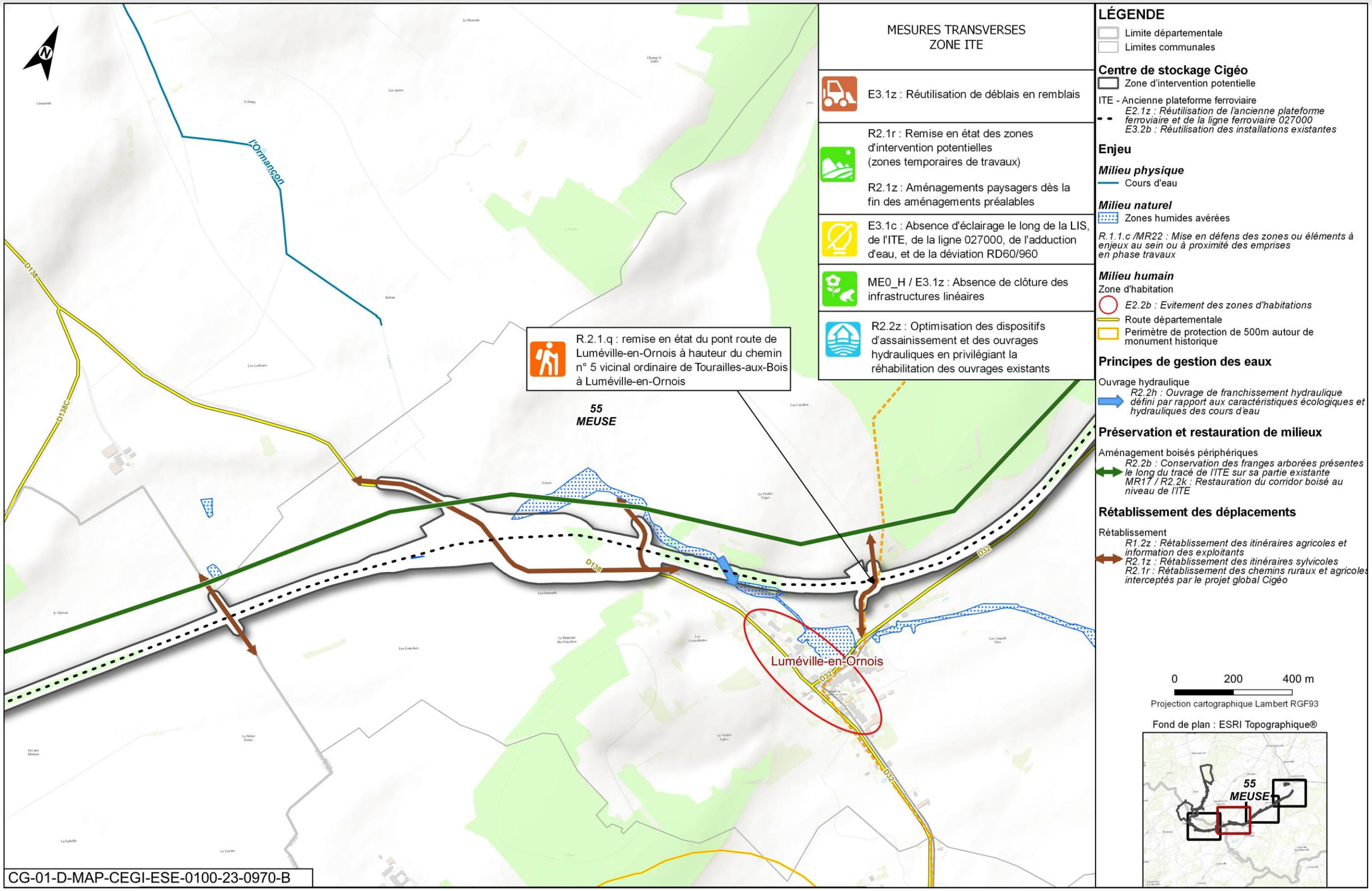


Figure 22-7 *Synthèse des mesures sur l'installation terminale embranchée (ITE) du centre de stockage Cigéo (planche 2 sur 4)*

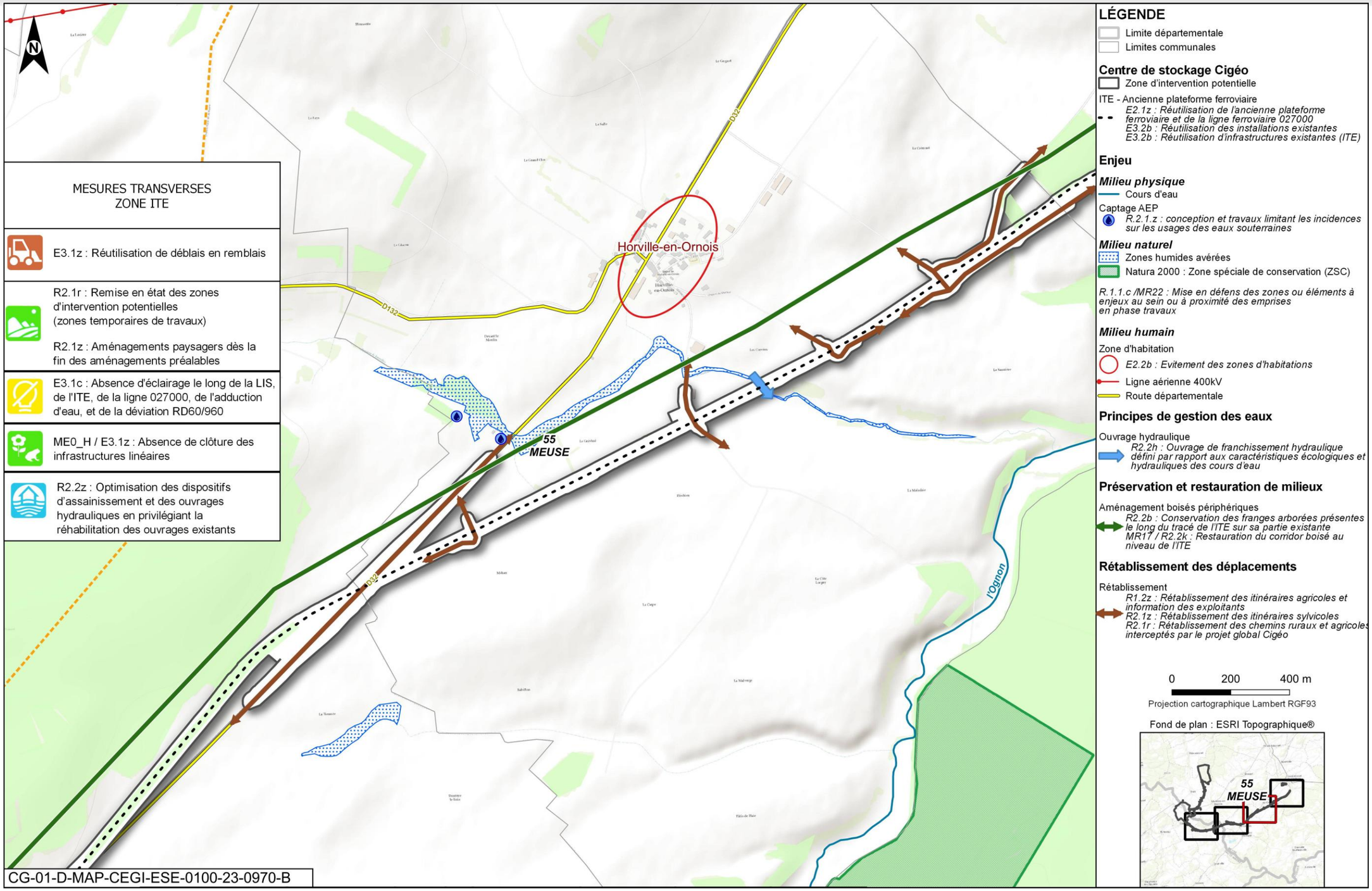


Figure 22-8 Synthèse des mesures sur l'installation terminale embranchée (ITE) du centre de stockage Cigéo (planche 3 sur 4)

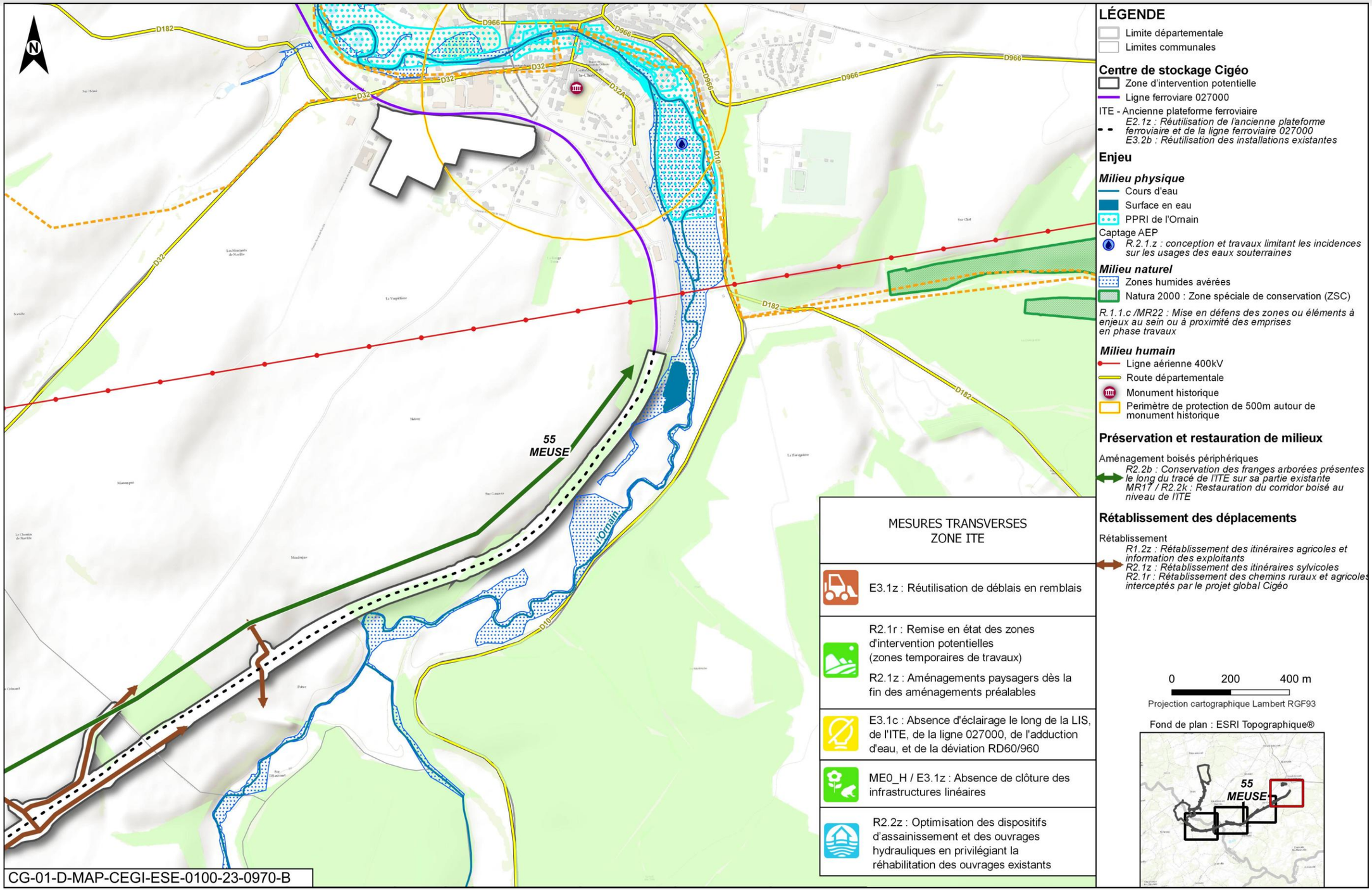


Figure 22-9 Synthèse des mesures sur l'installation terminale embranchée (ITE) du centre de stockage Cigéo (planche 4 sur 4)

TABLEAU DE TRAÇABILITÉ DES PRINCIPALES ÉVOLUTIONS DE L'ÉTUDE D'IMPACT

Le tableau suivant présente une synthèse des principales évolutions de l'étude d'impact, avec selon les colonnes :

- précisions sur les caractéristiques techniques : les précisions que les maîtres d'ouvrage apportent aux caractéristiques détaillées des opérations composant le projet global liées à des précisions ou aux évolutions de la conception notamment en lien avec les procédures de participation du public ;
- évolution de l'état initial : l'évolution de l'état initial de l'environnement en lien avec la date de dépôt de l'étude d'impact ;
- évolution réglementaire : les évolutions réglementaires ;
- précision demandée lors de l'instruction du dossier : précisions que les maîtres d'ouvrage apportent aux caractéristiques détaillées des opérations composant le projet global liées aux réponses apportées aux remarques émises par les services instructeurs lors de l'instruction de la précédente étude d'impact.

La colonne « Actualisation concernée » précise si les évolutions apportées sont liées à la première actualisation de l'étude d'impact (EI-DAC) dans le cadre de la demande de création de l'INB Cigéo et/ou sont liées à la deuxième actualisation de l'étude d'impact (EI-DR0) dans le cadre des premières opérations de caractérisation et de surveillance environnementale.

Chapitre EI DAC déposée	Précisions sur les caractéristiques techniques	Évolution de l'état initial	Évolution réglementaire	Précision demandée lors de l'instruction du dossier	Actualisation concernée	Précisions sur les évolutions apportées au contenu du volume IV de l'EI EI-DAC1 = étude d'impact de la demande de création de l'INB Cigéo déposée en 2023 EI-DR0 = étude d'impact des dossiers de la tranche de travaux DR0 EI-DAC2 = étude d'impact associée aux consultations réglementaires de la DAC, déposée en 2025 EI-DAC3 = étude d'impact associée à l'enquête publique de la DAC, déposée en 2026
	Général				**EI-DAC1**	Actualisation réglementaire avec le décret n° 2021-837 du 29 juin 2021 (61) portant diverses réformes en matière d'évaluation environnementale et de participation du public dans le domaine de l'environnement (remplacement du terme « état actuel » par « état initial »)
	Général (chapitres 2 à 16)	**X**			**EI-DAC1**	Modification du terme « incidences réelles » employé dans l'EI-DUP en « incidences après mesures d'évitement » dans l'EI-DAC
	Préambule	**X**			**EI-DAC1/EI-DR0/EI-DAC2/EI-DAC3**	Actualisation du tableau des volumes de l'étude d'impact Précisions apportées dans l'EI-DAC dans la rédaction du bloc « Étude d'impact et projet global Cigéo »
17	**Meilleures techniques disponibles**	**x**			**EI-DAC1**	Création d'un nouveau chapitre 17 dans l'EI-DAC relatif à la justification de l'utilisation des meilleures techniques disponibles pour l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo conformément aux dispositions de l'article R. 593-17 du code de l'environnement et proposition de MTD spécifiques à l'activité de stockage de déchets radioactifs dans le centre de stockage Cigéo
18.1	**Opérations de démantèlement et de fermeture**	**x**		**x**	**x**	**EI-DAC1/EI-DR0**	Actualisation du chapitre en cohérence avec le plan de démantèlement, de fermeture et de surveillance (PDFS), pièce 13 du dossier de demande d'autorisation de création (DAC) Ajout de précisions concernant les opérations de caractérisation et de surveillance environnementale
18.2	**Stockage après fermeture**	**x**		**x**	**x**	**EI-DAC1**	Actualisation du chapitre en cohérence avec l'étude de maitrise des risques, pièce 8 du dossier de demande d'autorisation de création (DAC)

Chapitre EI DAC déposée		Précisions sur les caractéristiques techniques	Évolution de l'état initial	Évolution réglementaire	Précision demandée lors de l'instruction du dossier	Actualisation concernée	Précisions sur les évolutions apportées au contenu du volume IV de l'EI EI-DAC1 = étude d'impact de la demande de création de l'INB Cigéo déposée en 2023 EI-DR0 = étude d'impact des dossiers de la tranche de travaux DR0 EI-DAC2 = étude d'impact associée aux consultations réglementaires de la DAC, déposée en 2025 EI-DAC3 = étude d'impact associée à l'enquête publique de la DAC, déposée en 2026
18.2.2.2.3	Mesures visant à isoler les déchets des phénomènes naturels et des actions humaines sur le long terme				x	EI-DAC2	Précisions apportées sur la mémoire à long terme
18.2.2.3.4	Mesures visant à limiter la migration jusqu'à la biosphère des radionucléides et substances chimiques toxiques contenus dans les déchets				x	EI-DAC2	Précisions apportées sur le choix d'implantation du site
18.2.3.2	Incidences sur la faune et la flore sauvages				x	EI-DAC2	Ajout des Incidences sur la faune et la flore sauvages en après-fermeture en cohérence avec l'étude de maitrise des risques, pièce 8 du dossier de demande d'autorisation de création (DAC)
18.2.4	Modalités de surveillance				x	EI-DAC2	Précisons apportées sur les modalités de surveillance
18.2.5	Synthèse des incidences et mesures du stockage après fermeture				x	EI-DAC2	Compléments sur l'impact radiologique et chimique sur la faune et la flore en après fermeture
19	Nature et modalités de suivi des mesures environnementales et de surveillance					EI-DR0	Restructuration du chapitre pour meilleure lisibilité : 19.1 : Plan de surveillance de l'environnement 19.2: Modalités de suivi des mesures environnementales 19.3 : Présentation des moyens de secours et de gestion accidentelle 19.4 : Plan de surveillance de l'environnement et modalités de suivi des mesures environnementales des premières opérations de caractérisation et de surveillance environnementale
19.1.1.1.2.a)	Cli/Clis	x				EI-DAC1/EI-DR0	Précisions apportées sur la contribution de l'Andra aux démarches de santé publique Complément apporté à l'EI-DAC1 déplacé au 19.1.1.1.3 à l'EI-DR0
19.1.1.1.3	Observatoire de la santé des riverains autour du centre de stockage Cigéo	x				EI-DAC1/EI-DR0	Ajout d'un paragraphe présentant l'observatoire de la santé des riverains autour du centre de stockage Cigéo
19.1.1.2	Surveillance des consommations et rejets des installations du centre de stockage Cigéo	x				EI-DAC1/EI-DAC2	Précisions apportées au regard des retours d'expériences de l'Andra et les exigences applicables aux ICPE
19.1.1.3	Surveillance de l'environnement des installations du centre de stockage Cigéo	x				EI-DAC1	Précisions apportées sur les mesures de bruit et vibrations
19.1.1.4	Surveillance des milieux post-travaux en termes de biodiversité du centre de stockage Cigéo	x				EI-DR0	Ajout d'un paragraphe présentant la surveillance des milieux post-travaux en termes de biodiversité du centre de stockage Cigéo
19.2	Modalités de suivi des mesures environnementales	x				EI-DAC1/EI-DR0	Restructuration du chapitre

Chapitre EI DAC déposée		Précisions sur les caractéristiques techniques	Évolution de l'état initial	Évolution réglementaire	Précision demandée lors de l'instruction du dossier	Actualisation concernée	Précisions sur les évolutions apportées au contenu du volume IV de l'EI EI-DAC1 = étude d'impact de la demande de création de l'INB Cigéo déposée en 2023 EI-DR0 = étude d'impact des dossiers de la tranche de travaux DR0 EI-DAC2 = étude d'impact associée aux consultations réglementaires de la DAC, déposée en 2025 EI-DAC3 = étude d'impact associée à l'enquête publique de la DAC, déposée en 2026
19.2.1	**Modalités transverses de suivi des mesures**	**x**				**EI-DAC1/EI-DR0**	Ajout d'un paragraphe présentant les modalités transverses de suivi des mesures Ajout d'un tableau de synthèse des modalités de suivi des mesures ERC avec une entrée par modalité de suivi et les thématiques concernées
19.2.2	**Focus sur les modalités de suivi des sites de compensation écologique**	**x**				**EI-DR0**	Ancien chapitre 19.5 de l'EI DUP
19.3	**Moyens de secours et de gestion accidentelle spécifiques àe l'INB Cigéo**	**x**				**EI-DR0**	Déplacement de ce chapitre initialement présenté dans le chapitre 11 de l'EI-DAC1
19.4	**Moyens de secours et de gestion accidentelle pendant les travaux (hors INB Cigéo)**	**x**				**EI-DR0/EI-DAC2**	Ajout d'un paragraphe spécifique aux moyens de secours et de gestion accidentelle pendant les travaux (hors INB Cigéo)
20.1	**Estimation des dépenses liées aux mesures d'évitement et de réduction du centre de stockage Cigéo**	**x**				**EI-DAC2**	Mise à jour avec le dossier de chiffrage publié en mai 2025
20.5	**Synthèse des dépenses liées aux mesures pour l'environnement**	**x**				**EI-DAC2**	Mise à jour de la synthèse avec le dossier de chiffrage publié en mai 2025
22	**Synthèse des incidences du projet global Cigéo**	**x**				**EI-DAC1/EI-DR0**	Mise à jour du tableau « Hiérarchisation des incidences des principaux facteurs environnementaux pour le projet global Cigéo » en cohérence avec les chapitres de l'étude d'impact sans modification du niveau d'incidences résiduelles sauf pour la thématique patrimoine archéologique Précisions apportées sur la localisation des mesures (ajout de cartographies)

TABLES DES ILLUSTRATIONS

Figures

Figure 18-1 Illustration de technologie de découpe de métal 25
Figure 18-2 Photographie d'opération de démolition (CEA de Grenoble) (19) 25
Figure 18-3 Blocs de béton constituant le mur de radioprotection mis en place au niveau des alvéoles MA-VL 26
Figure 18-4 Schéma de principe illustratif d'un scellement de galerie de liaison – Vue en écorché 27
Figure 18-5 Photographies d'essais de réalisation d'un scellement de galerie, notamment FSS (FULL SCALE SEALING) – démonstrateur à caractère technologique en surface à Saint-Dizier (dép. 52) 27
Figure 18-6 Schéma de principe d'un alvéole HA en attente de fermeture 28
Figure 18-7 Principe de scellement d'un puits à titre illustratif 28
Figure 18-8 Principe de scellement en descenderie à titre illustratif 29
Figure 18-9 Schéma de fermeture proposé par l'Andra au stade de la demande d'autorisation de création de l'INB Cigéo 29
Figure 18-10 Illustration de dispositif de cartographie radiologique 31
Figure 18-11 Illustration du centre de stockage Cigéo après fermeture 32
Figure 18-12 Illustration de la décroissance dans le temps de la radioactivité totale des déchets de l'inventaire de référence de l'INB Cigéo (courbe rouge) et de la radioactivité de l'inventaire total des colis de déchets HA0, HA1/HA2 et MA-VL (courbes pointillées) 33
Figure 18-13 Carte au 1/50 000e du périmètre de protection 34
Figure 18-14 Schéma illustrant les processus de décroissance, atténuation et retard des radionucléides vis-à-vis de leur migration dans le temps 36
Figure 18-15 Schéma de principe des scellements des puits (à gauche) et des descenderies (à droite) 37
Figure 18-16 Illustration d'un colis de stockage des déchets vitrifiés avec son conteneur de stockage 37
Figure 18-17 Synthèse de la démarche graduée pour définir le risque radiologique à l'environnement sur la période long terme après fermeture 40
Figure 18-18 Les trois niveaux de l'approche graduée pour l'évaluation du risque lié aux substances toxiques chimiques à la faune et à la flore sauvages en phase de post-surveillance 40
Figure 21-1 Projections démographiques à horizon 2050 par région de France Métropolitaine (Source : Insee 2017, données récoltées dans le cadre du SRADDET (55))
Projections d'évolution démographique au sein de l'aire d'étude rapprochée 96
Figure 21-2 Évolution démographique de 2008 à 2013 et projections de 2012 à 2042 du SCoT nord Haut-Marnais (source : Insee (Omphale 2010), données recueillies dans le SCOT nord Haut-Marnais (60) 97
Figure 22-1 Synthèse des mesures sur la zone descenderie du centre de stockage Cigéo - Légende de la carte 103
Figure 22-2 Synthèse des mesures sur la zone descenderie du centre de stockage Cigéo 104
Figure 22-3 Synthèse des mesures sur la zone puits du centre de stockage Cigéo - Légende de la carte 105
Figure 22-4 Synthèse des mesures sur la zone puits du centre de stockage Cigéo 106
Figure 22-5 Synthèse des mesures sur la liaison intersites (LIS) du centre de stockage Cigéo 107
Figure 22-6 Synthèse des mesures sur l'installation terminale embranchée (ITE) du centre de stockage Cigéo (planche 1 sur 4) 108
Figure 22-7 Synthèse des mesures sur l'installation terminale embranchée (ITE) du centre de stockage Cigéo (planche 2 sur 4) 109
Figure 22-8 Synthèse des mesures sur l'installation terminale embranchée (ITE) du centre de stockage Cigéo (planche 3 sur 4) 110
Figure 22-9 Synthèse des mesures sur l'installation terminale embranchée (ITE) du centre de stockage Cigéo (planche 4 sur 4) 111

Tableaux

Tableau 17-1	Proposition de MTD spécifiques à l'activité de stockage souterrain de déchets radioactifs	13
Tableau 18-1	Incidences potentielles du projet global Cigéo pendant la phase de démantèlement et de fermeture	30
Tableau 19-1	Surveillance des rejets atmosphériques et liquides du centre de stockage Cigéo dans l'environnement	48
Tableau 19-2	Surveillance de l'environnement des installations du centre de stockage Cigéo	50
Tableau 19-3	Exemples de niveaux de contrôle	54
Tableau 19-4	Synthèse des modalités de suivi des mesures ERC	55
Tableau 19-5	Objectifs d'un Plan d'urgence interne (PUI)	80
Tableau 20-1	Estimation des dispositifs de conception mis en place pour éviter ou réduire les impacts sur l'environnement	84
Tableau 20-2	Estimation des dispositifs techniques mis en place pour éviter ou réduire les impacts sur les écosystèmes, la faune et la flore en phases d'aménagements préalables (APR), de construction initiale (CI) et de fonctionnement (F) par l'Andra (centre de stockage Cigéo)	85
Tableau 20-3	Estimation des dispositifs techniques mis en place pour éviter ou réduire les impacts sur l'environnement par RTE (opération d'alimentation électrique)	86
Tableau 21-1	Évolution des aspects pertinents de l'environnement	91
Tableau 22-1	Éléments d'appréciation du niveau d'incidence (grille indicative d'aide)	100
Tableau 22-2	Hiérarchisation des incidences des principaux facteurs environnementaux pour le projet global Cigéo	101

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1 Décret n° 2022-993 du 7 juillet 2022 déclarant d'utilité publique le centre de stockage en couche géologique profonde de déchets radioactifs de haute activité et de moyenne activité à vie longue Cigéo et portant mise en compatibilité du schéma de cohérence territoriale du Pays Barrois (Meuse), du plan local d'urbanisme intercommunal de la Haute-Saulx (Meuse) et du plan local d'urbanisme de Gondrecourt-le-Château (Meuse). Ministère de la Transition énergétique (2022). Journal officiel de la République française (JORF), N°ENER2200646D.

2 Cigéo : les documents de référence. Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra) (2020). Consulté le 02/06/2020. Disponible à l'adresse : https://www.andra.fr/cigeo/les-documents-de-reference#section-3144.

3 Directive 2010/75/UE du Parlement européen et du Conseil du 24 novembre 2010 relative aux émissions industrielles (prévention et réduction intégrées de la pollution) (refonte) (version consolidée au 4 août 2024). Parlement européen; Conseil de l'Union européenne (2024). Journal officiel de l'Union européenne, N°CELEX:32010L0075.

4 Décision d'exécution (UE) 2018/1147 de la commission du 10 août 2018 établissant les conclusions sur les meilleures techniques disponibles (MTD) pour le traitement des déchets, au titre de la directive 2010/75/UE du Parlement européen et du Conseil. Commission européenne (2018). Journal officiel de l'Union européenne, N°CELEX:32018D1147.

5 Rectificatif à la décision d'exécution (UE) 2018/1147 de la Commission du 10 août 2018 établissant les conclusions sur les meilleures techniques disponibles (MTD) pour le traitement des déchets, au titre de la directive 2010/75/UE du Parlement européen et du Conseil. Commission européenne (2019). Journal officiel de l'Union européenne, N°CELEX:32018D1147R(02).

6 Document de référence sur les meilleures techniques disponibles - Émissions dues aux stockages des matières dangereuses ou en vrac. Commission européenne; Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer (2006). 392 p. Disponible à l'adresse : https://aida.ineris.fr/sites/default/files/directive_ied/esb_bref_0706_VF_0.pdf.

7 Document de référence sur les meilleures techniques disponibles - Efficacité énergétique. Commission européenne (2009). 507 p. Disponible à l'adresse : https://aida.ineris.fr/sites/default/files/directive_ied/ENE_Adopted_02-2009_VF_1.pdf.

8 Document de référence sur les meilleures techniques disponibles : Systèmes de refroidissement industriels. Commission européenne; Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement (2001). 296 p. Disponible à l'adresse : https://aida.ineris.fr/sites/default/files/directive_ied/cvs_bref_1201_VF_1.pdf.

9 Brinkmann, T., Both, R., Scalet, B.M., Roudier, S., Delgado, S.L. JRC Reference Report on Monitoring of Emissions to Air and Water from IED Installations: Industrial emissions directive 2010/75/EU (Integrated pollution prevention and control). Commission européenne (2018). 196 p. Disponible à l'adresse : https://aida.ineris.fr/sites/aida/files/documents-bref/ROM_2018_08_20.pdf.

10 Directive n° 2006/21/CE du 15/03/06 concernant la gestion des déchets de l'industrie extractive et modifiant la directive 2004/35/CE (version consolidée au 7 août 2009). Parlement européen; Conseil de l'Union européenne (2009). Journal officiel de l'Union européenne, N°32006L0021.

11 Systèmes de management de la qualité. International Organization for Standardization (Iso) (2015), ISO 9001.

12 Systèmes de management environnemental - Exigences et lignes directrices pour son utilisation. International Organization for Standardization (Iso) (2015), ISO 14001.

13 Systèmes de management de la santé et de la sécurité au travail - Exigences et lignes directrices pour leur utilisation. International Organization for Standardization (Iso) (2018), ISO 45001.

14 Politique en matière de maîtrise des risques et inconvénients des INB et système de gestion intégrée des exploitants (guide ASN n° 30). Autorité de sûreté nucléaire (ASN) (2020). N°30. 40 p.

15 Garbarino, E., Orveillon, G., Saveyn, H.M., Barthe, P., Eder, P. Best available techniques (BAT) - Reference document for the management of waste from extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC. European Commission (2018). N°EUR 28963 EN. 722 p. Disponible à l'adresse : https://aida.ineris.fr/sites/aida/files/documents-bref/jrc109657_mwei_bref_-_for_pubsy_online.pdf.

16 Guide de sûreté relatif au stockage définitif des déchets radioactifs en formation géologique profonde (guide de l'ASN). Autorité de sûreté nucléaire (ASN) (2008). N°1. 32 p. Disponible à l'adresse : https://www.asn.fr/Media/Files/guide_RFSIII_2_fV1_2_.

17 Stockage définitif des déchets radioactifs - Prescriptions de sûreté particulières. International Atomic Energy Agency (IAEA) (2011). N°SSR-5. 92 p. Disponible à l'adresse : https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1449f_Web.pdf.

18 Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo. Pièce 13 - Plan de démantèlement, de fermeture et de surveillance. Andra (2026). Document N°CG-TE-D-PDG-AMOA-OBS-0000-19-0001.

19 Le démantèlement des installations nucléaires du centre CEA de Grenoble - Dossier de presse 2013. Commissariat à l'énergie atomique (CEA) (2013). 38 p. Disponible à l'adresse : https://www.cea.fr/presse/Documents/DP/2013/Dossier-Presse-demantelement-grenoble27022013.pdf.

20 Arrêt définitif, démantèlement et déclassement des installations nucléaires de base - Guide de l'ASN n° 6. Autorité de sûreté nucléaire (ASN) (2016). N°6. 36 p. Disponible à l'adresse : https://www.asn.fr/espace-professionnels/guides-de-l-asn/guide-de-l-asn-n-6-arret-definitif-demantelement-et-declassement-des-installations-nucleaires-de-base.

21 Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo. Pièce 8 - Étude de maîtrise des risques. Andra (2026). Document N°CG-TE-D-ERQ-AMOA-SR0-0000-19-0037.

22 Dossier synthétique de mémoire - Centre de stockage de la Manche. Andra (2019). Disponible à l'adresse : https://www.andra.fr/sites/default/files/2023-06/Andra-DSM_CSM-BD.pdf.

23 L'avis de la conférence de citoyens sur la phase industrielle pilote de Cigéo. Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra) (2021). Consulté le 16/09/2025. Disponible à l'adresse : https://www.andra.fr/lavis-de-la-conference-de-citoyens-sur-la-phase-industrielle-pilote-de-cigeo.

24 Conserver et transmettre la mémoire. Andra (2025). Document N°PUBLI/23-1564. Disponible à l'adresse : https://www.andra.fr/nos-expertises/conserver-et-transmettre-la-memoire.

25 Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo. Pièce 16 - Plan directeur de l'exploitation. Andra (2026). Document N°CG-TE-D-NTE-AMOA-SDR-0000-19-0001.

26 Un centre pour plus d'un siècle. Andra (2025). Document N°PUBLI/23-1554. Disponible à l'adresse : https://www.andra.fr/cigeo/un-centre-pour-plus-dun-siecle#section-963%20.

27 Le canal du Midi - Exemple de gestion sur la durée de la mémoire d'un ouvrage de génie civil. Agence nationale pour la gestion des déchets radiocatifs (Andra) (2020). Construire et transmettre la mémoire. ISBN : 2-916162-10-0.

28 Guide méthodologique pour l'évaluation du risque radiologique pour la faune et la flore sauvages - Concepts, éléments de base et mise en œuvre au sein de l'étude d'impact. Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN); Autorité de sûreté nucléaire (ASN) (2021). N°IRSN/2021-00838. 165 p. Disponible à l'adresse : https://www.irsn.fr/FR/expertise/rapports_expertise/Documents/environnement/IRSN_2021-00838-Guide-methodologique-evaluation-risque-radiologique-pour-faune-et-flore-sauvages.pdf.

29 Environmental risk from Ionising contaminants: Assessment and management (Erica) - Final report. Nuclear science and technology; European Commission (2007). N°FI6R-CT-2004-508847. 12 p. Disponible à l'adresse : https://cordis.europa.eu/docs/projects/files/508/508847/erica-final-report_en.pdf.

30 Andersson, P., Garnier-Laplace, J., Beresford, N., Copplestone, D., Howard, B., Howe, P., Oughton, D., Whitehouse, P. Protection of the environment from ionising radiation in a regulatory context (protect): proposed numerical benchmark values. Journal of Environmental Radioactivity (2009). Vol. 100, N°12, pp.1100–1108.

31 Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires - Démarche intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées (2ème édition, septembre 2021). Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris) (2021). N°Ineris-200357-2563482-v1.0. 130 p. Disponible à l'adresse : https://www.ineris.fr/fr/evaluation-etat-milieux-risques-sanitaires.

32 Arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement (version consolidée au 31 août 2018). Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer, en charge des Technologies vertes et des Négociations sur le climat (2018). Journal officiel de la République française (JORF), N°DEVO1001032A.

33 À la découverte du PSC (portail substances chimiques). Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris) (2025). Consulté le 16/07/2025. Disponible à l'adresse : https://substances.ineris.fr/.

34 Bisson, M., Bureau, J., Denys, S., Lefevre, J.P., Tack, K. Cyanure et ses dérivés. Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris) (2011). N°DRC-11-117259-10314A. 72 p. Disponible à l'adresse : https://substances.ineris.fr/sites/default/files/archives/74-90-8%20--%20Cyanure%20d%27hydrog%C3%A8ne%20--%20FDTE.pdf.

35 Bisson, M., Houeix, N., Gay, G., Jolibois, B., Lacroix, G., et al. Nickel et ses dérivés. Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris) (2006). N°DRC-02-25590-02DF44. 71 p. Disponible à l'adresse : https://substances.ineris.fr/sites/default/files/archives/12035-72-2%20--%20disulfure%20de%20trinickel%20--%20FDTE.pdf.

36 Bisson, M., Gay, G., Guillard, D., Ghillebaert, F., Tack. K. Sélénium et ses composés. Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris) (2011). N°DRC-08-83451-01269B. 133 p. Disponible à l'adresse : https://substances.ineris.fr/sites/default/files/archives/7783-00-8%20--%20acide%20selenieux%20--%20FDTE.pdf.

37 Uranium. Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris) (2024). Consulté le 16/07/2025. Disponible à l'adresse : https://substances.ineris.fr/substance/7440-61-1.

38 Cadmium. Agence européenne des produits chimiques (Echa) (2025). Consulté le 16/07/2025. Disponible à l'adresse : https://echa.europa.eu/fr/registration-dossier/-/registered-dossier/15342.

39 Mercury. Agence européenne des produits chimiques (Echa) (2025). Consulté le 17/07/2025. Disponible à l'adresse : https://echa.europa.eu/fr/registration-dossier/-/registered-dossier/5169.

40 van Herwijnen, R., Smit, C.E. Environmental risk limits for boron. National institute for public health and the environnement (RIVM) (2010). N°601782030. 32 p. Disponible à l'adresse : https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/601782030.pdf.

41 Dixon, D.,Priyanto, D.G.,Korkeakoski, P.,Farhoud, R. 115 - The Enhanced Sealing Project (ESP): 2009-2016: Monitoring of Full-Scale Shaft Seal Installed in Granitic Rock (2017). Clay conference 2017, the 7th international conference on clays in natural and engineered barriers for radioactive waste confinement, Davos, 24-27 September 2017 - Book of abstracts.

42 Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo. La stratégie de surveillance de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo. Andra (2023). Document N°CG-TE-D-NTE-AMOA-OBS-0000-19-0005.

43 Avis de l'Autorité de sûreté nucléaire sur les recherches relatives à la gestion des déchets à haute activité et à vie longue (HAVL) menées dans le cadre de la loi du 30 décembre 1991, et liens avec le PNGDR-MV. Autorité de sûreté nucléaire (ASN) (2006).

44 Modernisation de la ligne de fret Nançois-Tronville-Gondrecourt-le-Château : concertation du 3 mai au 8 juin 2021. Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra) (2021). Consulté le 28/06/2021. Disponible à l'adresse : https://concertation.andra.fr/blog/modernisation-de-la-ligne-de-fret-nancois-tronville-gondrecourt-le-chateau.

45 Loi n° 2006-739 du 28 juin 2006 de programme relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs. Assemblée nationale; Sénat (2006). Journal officiel de la République française (JORF), N°ECOX0600036L.

46 Rapport d'évaluation n° 4 - Tome 1. Commission nationale d'évaluation relative aux recherches sur la gestion des déchets radioactifs (CNE) (2010). 138 p. Disponible à l'adresse : https://www.cne2.fr/telechargements/Rapport-CNE2-2010.pdf.

47 Rapport d'évaluation n° 6. Commission nationale d'évaluation des recherches et études relatives à la gestion des matières et des déchets radioactifs (CNE2) (2012). 70 p. Disponible à l'adresse : https://www.cne2.fr/rapports-de-la-cne2-de-2007-a-aujourdhui/.

48 Rapport d'évaluation n° 8. Commission nationale d'évaluation des recherches et études relatives à la gestion des matières et des déchets radioactifs (CNE2) (2014). 94 p. Disponible à l'adresse : https://www.cne2.fr/telechargements/RAPPORT_CNE2_8_062014.pdf.

49 Arrêté du 9 août 2013 portant homologation de la décision n° 2013-DC-0360 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 16 juillet 2013 relative à la maîtrise des nuisances et de l'impact sur la santé et l'environnement des installations nucléaires de base (version consolidée de la décision au 23 décembre 2016). Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (2016). Journal officiel de la République française (JORF), N°DEVP1319360A; DEVP1634501A.

50 Arrêté du 3 août 2018 modifié relatif aux installations de combustion d'une puissance thermique nominale totale inférieure à 50 MW soumises à autorisation au titre des rubriques 2910, 2931 ou 3110. Ministère de la Transition écologique et solidaire (2020). Journal officiel de la République française (JORF).

51 Arrêté du 23 janvier 1997 relatif à la limitation des bruits émis dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement (version consolidée du 28 août 2011). Ministère de l'Environnement (2011). Journal officiel de la République française (JORF), N°ENVP9760055A.

52 Arrêté du 23 avril 2012 portant application de l'article 26 du décret n° 2011-1697 du 1er décembre 2011 relatif aux ouvrages des réseaux publics d'électricité et des autres réseaux d'électricité et au dispositif de surveillance et de contrôle des ondes électromagnétiques. Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement; Ministère du Travail, de l'Emploi et de la Santé; Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie, chargé de l'Industrie, de l'Énergie et de l'Économie numérique (2012). Journal officiel de la République française (JORF), N°INDR1221644A.

53 Décision n° 2017-DC-0592 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 13 juin 2017 relative aux obligations des exploitants d'installations nucléaires de base en matière de préparation et de gestion des situations d'urgence et au contenu du plan d'urgence interne. Autorité de sûreté nucléaire (ASN) (2017).

54 Arrêté du 29 septembre 2005 relatif l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation. Ministère de l'Écologie et du Développement durable (2005). Journal officiel de la République française (JORF), N°DEVP0540371A.

55 Schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET) - Rapport - Parties 1 Diagnostic territorial, 2 Stratégie, 3 Cartes et fascicule. Grand Est Territoires (2019). 265 p.

56 Schéma de cohérence territoriale du Pays Barrois : dossier SCoT approuvé. Pays Barrois (2014). 541 p. Disponible à l'adresse : http://www.paysbarrois.com/les-missions-du-pays-barrois/schema-de-coherence-territoriale-scot/les-documents-du-scot.

57 Schéma de cohérence territoriale (SCoT) Nord Haute-Marne. Syndicat mixte Nord Haute-Marne (2020). Consulté le 29/06/2020. Disponible à l'adresse : http://scot-nordhautemarne.fr/telechargement/.

58 Van Lu, A., Vuillier-Devillers, F. Des perspectives de croissance démographique peu favorables. Institut national de la statistique et des études économiques (Insee) (2017). N°Insee Analyses n°45. 5 p. Disponible à l'adresse : https://www.insee.fr/fr/statistiques/2867856#:~:text=En%20l'absence%20de%20tout,les%20naissances%20dans%20la%20r%C3%A9gion.

59 Le laboratoire de Bure-Saudron : des emplois jusqu'à 50 km à la ronde. Économie Lorraine, Magazine d'information économique et sociale (2013), N°308, 8 p.

60 Le modèle de projection démographique Omphale 2010. Institut national de la statistique et des études économiques (Insee) (2011). Consulté le 16/12/2020. Disponible à l'adresse : https://www.insee.fr/fr/information/2571308.

61 Décret n° 2021-837 du 29 juin 2021 portant diverses réformes en matière d'évaluation environnementale et de participation du public dans le domaine de l'environnement. Premier ministre (2021). Journal officiel de la République française (JORF), N°TRED2031037D.

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

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