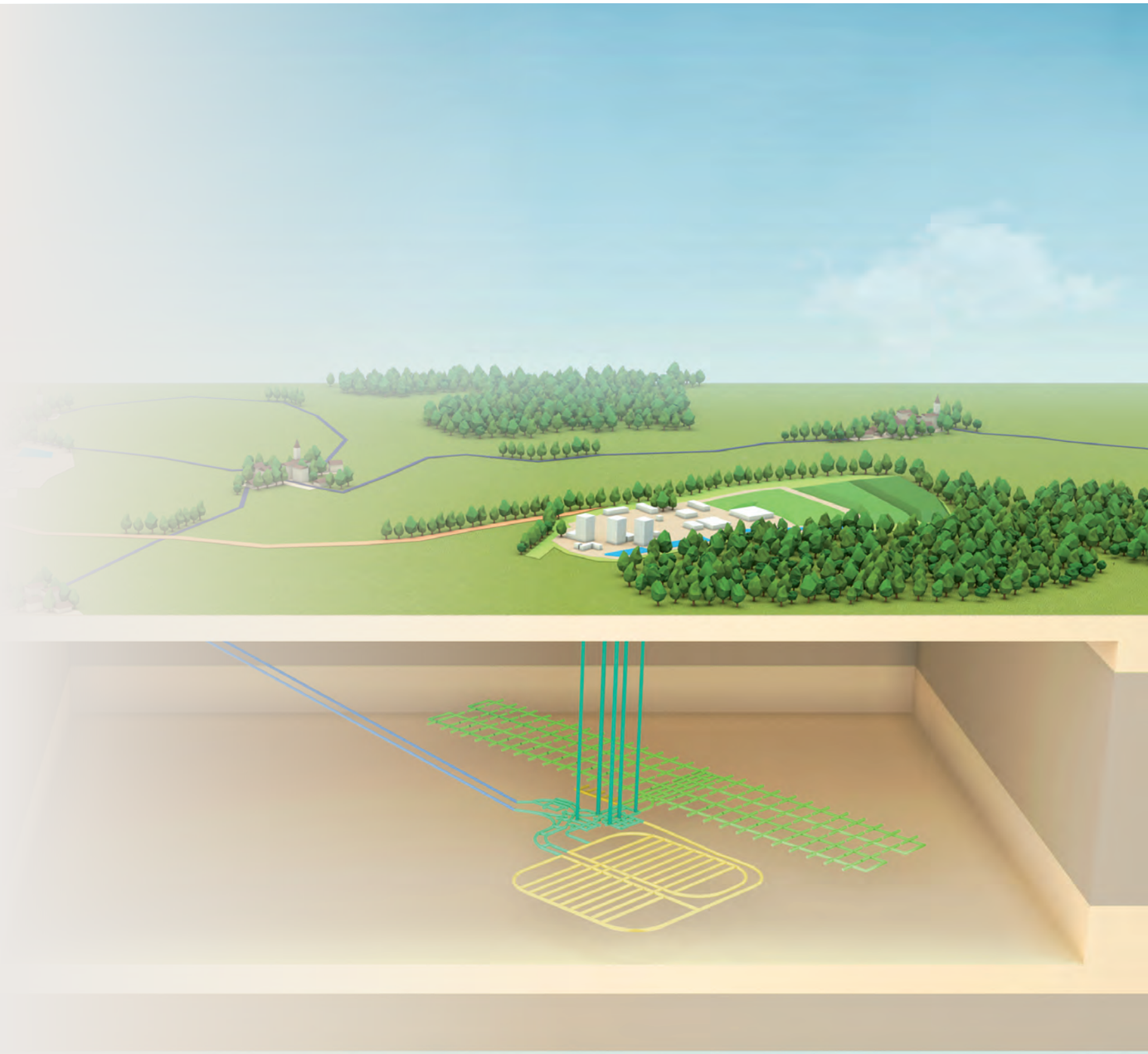
RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

ANDRA
Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs

Décembre 2022

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



PIÈCE 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 1 à 5

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 1 à 5

CG-TE-D-EDM-AMOA-ESE-0000-22-0005/A

Sommaire

1. Méthodologie d'analyse des incidences 7

1.1 Identification et évaluation des incidences 8

1.1.1 Identification du type d'incidences 8
1.1.2 Appréciation du niveau d'incidence 9
1.1.3 Évaluation des incidences et phases de vie du projet global Cigéo 9

1.2 Séquence éviter/réduire/compenser 11

1.2.1 Définition des mesures selon la séquence éviter/réduire/compenser les incidences 11
1.2.2 Démarche d'analyse selon la séquence ERC 12

2. Atmosphère – Incidences et mesures 13

2.1 Conditions météorologiques locales 14

2.1.1 Incidences potentielles 14
2.1.2 Mesures d'évitement et de réduction 17
2.1.3 Incidences résiduelles 18
2.1.4 Synthèse des incidences et mesures sur les conditions météorologiques locales 19

2.2 Vulnérabilité aux risques météorologiques et au changement climatique 20

2.2.1 Incidences potentielles 20
2.2.2 Mesures d'évitement et de réduction 20
2.2.3 Incidences résiduelles 22
2.2.4 Synthèse des incidences et mesures vis-à-vis des risques météorologiques et de la vulnérabilité au changement climatique 22

2.3 Énergie et gaz à effet de serre (GES) 24

2.3.1 Incidences potentielles 24
2.3.2 Mesures d'évitement 25
2.3.3 Incidences après mesures d'évitement 25
2.3.4 Mesures de réduction 25
2.3.5 Incidences résiduelles 29
2.3.6 Synthèse des incidences et mesures relatives à l'énergie et aux émissions de GES 30

2.4 Qualité de l'air 32

2.4.1 Émissions conventionnelles 32
2.4.2 Émissions radioactives 59

2.5 Compatibilité du projet global Cigéo avec les documents de planification relatifs à l'air, l'énergie et le climat 67

2.5.1 Compatibilité du projet global Cigéo avec les plans de planification (hors SRADDET) 67
2.5.2 Compatibilité du projet avec les règles du SRADDET Grand Est 67

3. Sol – Incidences et mesures 69

3.1 Incidences potentielles 70

3.2 Mesures d'évitement 70

3.2.1 Réutilisation d'installations ferrées existantes 70
3.2.2 Éviter la création de piste sous la ligne électrique 400 kV 71

3.3 Changement d'occupation du sol 71

3.3.1 Incidences après mesures d'évitement 71
3.3.2 Mesures de réduction 75
3.3.3 Incidences résiduelles 76
3.3.4 Mesures compensatoires 78

3.4 Modification du relief : terrassements et mouvements de terres 78

3.4.1 Incidences après mesures d'évitement 78
3.4.2 Mesures de réduction 80
3.4.3 Incidences résiduelles 81

3.5 Pollution des sols 82

3.5.1 Incidences après mesures d'évitement 82
3.5.2 Mesures de réduction 83
3.5.3 Incidences résiduelles 86

3.6 Synthèse des incidences et mesures sur les sols 87

4. Sous-sol – Incidences et mesures 93

4.1 Incidences potentielles 94

4.2 Pollution accidentelle physico-chimique 95

4.2.1 Mesures d'évitement et de réduction 95
4.2.2 Incidences résiduelles 95

4.3 Contamination potentielle radiologique et chimique du sous-sol par les colis de déchets 95

4.3.1 Mesures d'évitement et de réduction 95
4.3.2 Incidences résiduelles 99

4.4 Vulnérabilité au risque sismique d'origine naturelle et anthropique 101

4.4.1 Mesures d'évitement et de réduction 101
4.4.2 Incidences résiduelles 102

4.5 Risque de retrait-gonflement des argiles, de cavités et tassements 102

4.5.1 Mesures d'évitement et de réduction 102
4.5.2 Incidences résiduelles 103

4.6 Ressources du sous-sol 106

4.6.1 Mesures d'évitement 106
4.6.2 Incidences après mesures d'évitement 107
4.6.3 Mesures de réduction 109
4.6.4 Incidences résiduelles 110
4.6.5 Compatibilité du projet avec les schémas départementaux des carrières 110

4.7 Synthèse des incidences et mesures sur le sous-sol 111

5. Eaux – Incidences et mesures 119

5.1 Introduction à l'analyse des incidences sur les eaux 120

5.1.1 Qualification des incidences 120
5.1.2 Eaux souterraines et superficielles concernées par le projet global Cigéo 123

5.2 Incidences potentielles 123

5.2.1 Les différents types d'eau générées par le projet global Cigéo et milieux récepteurs 123
5.2.2 Incidences potentielles quantitatives sur les eaux 124
5.2.3 Incidences potentielles sur la qualité des eaux 127
5.2.4 Incidences potentielles sur les usages des eaux 128

5.2.5 Synthèse des incidences potentielles sur les eaux 128
5.3 Mesures d'évitement 131
5.3.1 Mesures d'évitement des incidences quantitatives sur les eaux 132
5.3.2 Mesures d'évitement des incidences sur la qualité des eaux 135
5.3.3 Mesures d'évitement des incidences sur les usages des eaux 136
5.4 Mesures de réduction 139
5.4.1 Mesures de réduction des incidences quantitatives sur les eaux 141
5.4.2 Mesures de réduction des incidences sur la qualité des eaux 158
5.4.3 Mesures de réduction des incidences sur les usages des eaux 177
5.5 Incidences résiduelles 181
5.5.1 Incidences quantitatives résiduelles 181
5.5.2 Incidences résiduelles sur la qualité des eaux 193
5.5.3 Incidences résiduelles sur les usages des eaux 205
5.5.4 Synthèse des incidences résiduelles du projet global Cigéo 206
5.6 Mesures de compensation 206
5.7 Synthèse des incidences et mesures 206
5.8 Incidences liées aux émissions chimiques et effluents non conventionnels sur la santé humaine 226
5.9 Compatibilité du projet global Cigéo avec les outils de planification 227
5.9.1 Compatibilité du projet global Cigéo avec les SDAGEs concernés 227
5.9.2 Compatibilité du projet global Cigéo avec le SRADDET Grand Est 235
5.9.3 Compatibilité du projet global Cigéo avec les PGRI concernés 240
5.9.4 Conformité du projet global Cigéo avec les PPRI concernés 240
5.9.5 Synthèse de la compatibilité du projet global Cigéo avec les outils de planification 240

Tableau de traçabilité des principales évolutions de fond de l'étude d'impact 243

Tables des illustrations 249

Références bibliographiques 253

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 initial de l'environnement et facteurs susceptibles d'être affectés par le projet	
	Partie 1 : chapitres 1 à 5	1 - Méthodologie d'analyse de l'état initial/2 – Atmosphère/3 – Sol/4 - Sous-sol/5 - Eaux
	Partie 2 : chapitres 6 à 8	6 - Biodiversité et milieu naturel/7 – Population, emploi, activités économiques et habitat/8 - Activités agricoles et sylvicoles
	Partie 3 : chapitres 9 à 17	9 – Réseaux/10 - Déchets radioactifs et conventionnels/11 – Risques/12 - Infrastructures de transport/13 - Cadre de vie/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 4	Annexes au volume III
VOLUME IV	**Évaluation des incidences et mesures d'évitement, de réduction et de compensation de ces incidences**	
	Partie 1 : chapitres 1 à 5	**1 - Méthodologie d'analyse des incidences/2 – Atmosphère/3 – Sol/4 - Sous-sol/5 - Eaux**
	Partie 2 : chapitres 6 à 8	6 - Biodiversité et milieu naturel/7 – Population, emploi, activités économiques et habitat/8 - Activités agricoles et sylvicoles
	Partie 3 : chapitres 9 à 22	9 – Réseaux/10 - Déchets radioactifs et conventionnels/11 – Risques/12 - Infrastructures de transport/13 - Cadre de vie/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 territoriales/16 - Interactions et effets cumulés/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 4	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	Présentation des méthodes de réalisation de l'étude d'impact	

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 1 du volume IV.

ÉTUDE D'IMPACT ET PROJET GLOBAL CIGÉO

L'étude d'impact jointe au présent dossier de demande d'autorisation de création (DAC) du centre de stockage Cigéo est la première actualisation de l'étude d'impact du projet global Cigéo. La version initiale était jointe au dossier d'enquête publique préalable à la déclaration d'utilité publique du centre de stockage Cigéo, délivrée en juillet 2022 par le décret n° 2022-993 du 7 juillet 2022 (1). Cette nouvelle version apporte notamment des approfondissements sur les incidences de la création de l'installation nucléaire de base (INB).

L'étude d'impact identifie et apprécie les incidences sur l'environnement du projet global Cigéo comprenant le centre de stockage Cigéo et l'ensemble des opérations (activités, installations, ouvrages, travaux et aménagements) nécessaires à la réalisation et à l'exploitation du centre de stockage Cigéo. 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, même si les opérations des autres maîtres d'ouvrages sont également susceptibles d'avoir des incidences sur l'environnement.

Au stade de cette première actualisation de l'étude d'impact, les opérations des autres maîtres d'ouvrages liées au fonctionnement du centre de stockage Cigéo ne sont pas aux mêmes stades d'avancement de leurs conceptions et de leurs processus de concertation et de validation. L'analyse de leurs impacts est donc proportionnée à leur stade d'avancement respectif. Une des évolutions majeures de cette première actualisation est l'intégration des éléments en lien avec l'étude de maitrise des risques (cf. « Pièce 8 – Étude de maitrise des risques » de la présente demande d'autorisation de création (DAC) de l'INB Cigéo (2)), qui présente l'inventaire des risques de l'installation projetée ainsi que l'analyse des dispositions prises pour prévenir ces risques et des mesures propres à limiter la probabilité des accidents et leurs effets.

Compte tenu des nombreuses autorisations qui sont nécessaires à la réalisation du projet global Cigéo (autorisation de création d'une installation nucléaire de base, autorisations environnementales, permis de construire…), la présente étude d'impact sera actualisée préalablement à chaque dépôt de demande d'autorisation à venir. Ces actualisations permettront d'assurer la qualité de l'évaluation des incidences environnementales du projet global Cigéo, à chaque étape de sa conception et de sa réalisation.

Les maîtres d'ouvrage assureront collectivement, au travers desdites actualisations, l'évaluation des incidences du projet global Cigéo, y compris la définition des mesures d'évitement, de réduction, et le cas échéant de compensation.

1

Méthodologie d'analyse des incidences

1.1 Identification et évaluation des incidences 8
1.2 Séquence éviter/réduire/compenser 11

L'évaluation des incidences du présent volume IV de la présente étude d'impact est réalisé à partir de l'état initial de l'environnement et des caractéristiques du projet global Cigéo, présentés respectivement dans les volumes III et II de la présente étude d'impact. Les méthodes d'évaluation des incidences sont présentées dans le volume VII de la présente étude d'impact du projet global Cigéo.

L'objectif de cette démarche est d'appréhender les incidences (appelées aussi impacts ou effets) positives ou négatives du projet global Cigéo sur l'environnement et la santé humaine, en tenant compte de ses caractéristiques et de celles des milieux d'implantation afin d'éviter et réduire l'impact environnemental du projet global Cigéo, voire de le compenser si nécessaire.

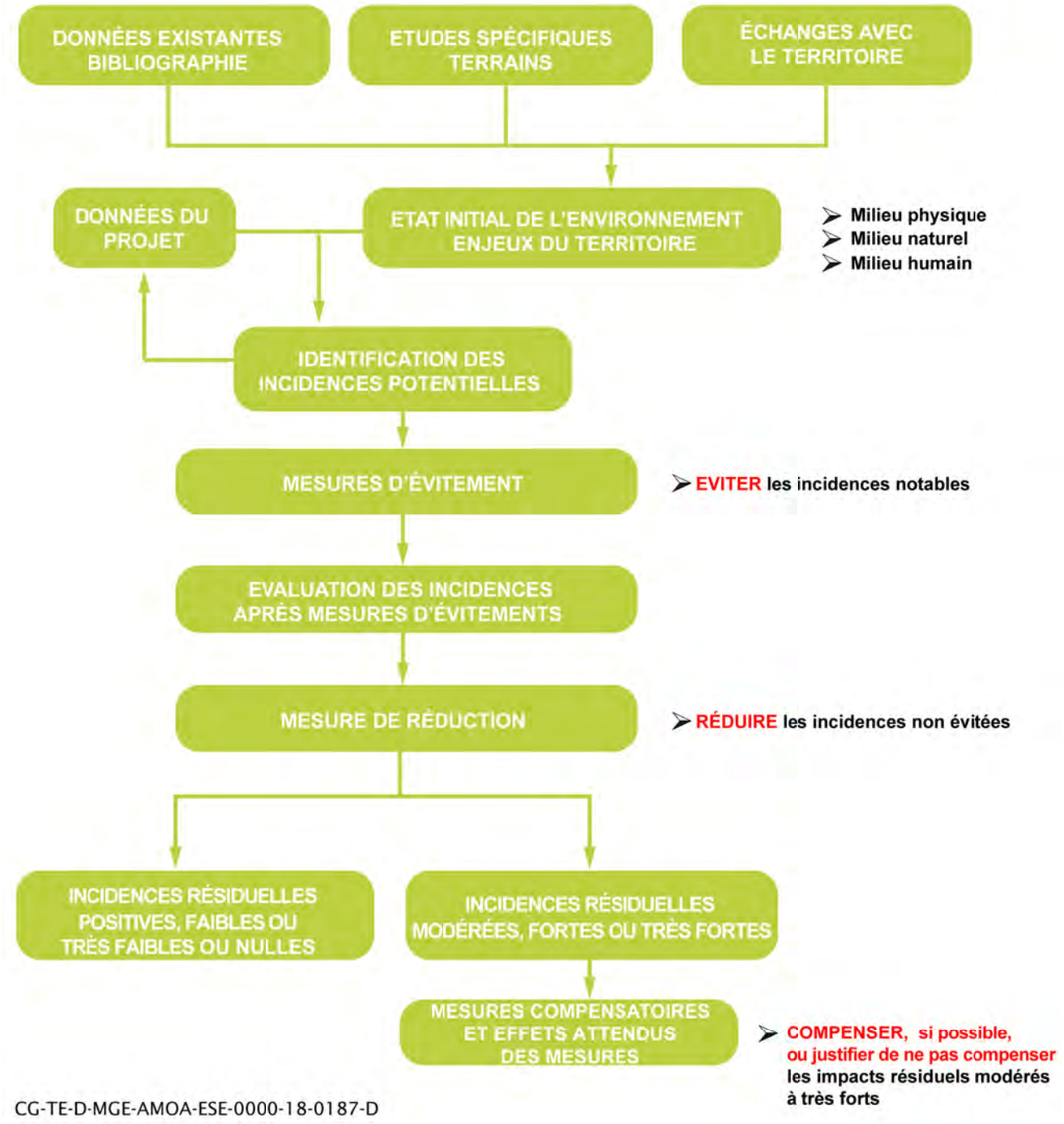


Figure 1-1 Présentation générale de la démarche d'évaluation des incidences (impacts)

1.1 Identification et évaluation des incidences

1.1.1 Identification du type d'incidences

1.1.1.1 Effets directs/indirects

Les effets du projet sur l'environnement sont principalement des effets directs dans l'espace et dans le temps. Ils sont induits par l'implantation du projet, et liés notamment à la modification de l'occupation des sols, la destruction d'habitats d'espèces, la modification des paysages. Ils peuvent aussi être induits par les différentes émissions liées à sa construction, puis son fonctionnement.

Des effets indirects secondaires, souvent conséquences d'effets directs, se produisant parfois à distance, peuvent également être observés. Ils peuvent correspondre par exemple à des conséquences d'une évolution du contexte socio-économique ou d'une évolution des écosystèmes.

1.1.1.2 Effets temporaires/permanents

Les effets peuvent être permanents et engendrer une modification du milieu non réversible. Ils peuvent aussi être temporaires, l'effet est alors limité dans le temps soit parce qu'il disparaît immédiatement après l'arrêt de la cause, soit parce que son intensité s'atténue progressivement jusqu'à disparaître.

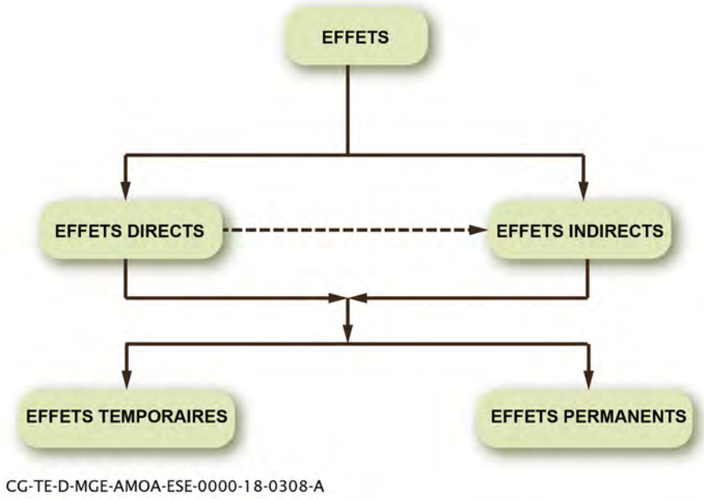


Figure 1-2 Des effets de différents types

1.1.1.3 Effets à court/moyen/long terme

Les incidences correspondant aux effets induits par le projet sur les milieux sont évaluées au regard des données de l'état initial de l'environnement et des enjeux associés. L'évaluation des incidences prend en compte l'évolution dans le temps du projet et ses différentes phases de vie. Les phases du projet sont présentées dans le chapitre 4 du volume II de la présente étude d'impact.

Les effets d'un projet peuvent survenir à différentes échelles de temps. Ils sont qualifiés d'effets à court, moyen et long terme. Dans la présente étude d'impact, il a été considéré que les effets à court terme correspondent à ceux de la phase d'aménagements préalables et de construction initiale, que les effets à moyen terme correspondent à ceux de la phase de fonctionnement (jusqu'à l'horizon 2150), et que les effets à long terme correspondent à ceux des phases de démantèlement et de fermeture, de surveillance et de post-surveillance.

Compte tenu de l'échelle très longue visée par la gestion durable des déchets radioactifs HA et MA-VL, les effets du projet sur la santé humaine, liés aux substances radioactives à vie longue, sont étudiés spécifiquement à très long terme, en phase de post-surveillance, jusqu'à plusieurs centaines de milliers d'années.

1.1.2 Appréciation du niveau d'incidence

La démarche d'évaluation des incidences intègre la séquence « éviter, réduire, compenser » (voir la méthodologie détaillée dans le chapitre 1.2 du présent volume) et est itérative.

L'évaluation de l'incidence dépend des phénomènes impliqués en lien direct avec la nature des opérations considérées (émissions, occupation de sols…) ainsi que de leur ampleur, de leur durée et des enjeux des différents facteurs de l'environnement.

La caractérisation des niveaux d'incidence « très fort », « fort », « modéré », « faible », « très faible » ou « positif » sur les différents facteurs s'appuie sur les éléments d'appréciation présentés dans le tableau 1-1. Certains effets du projet, compte tenu des spécificités du milieu, peuvent avoir une incidence positive. Il s'agit par exemple de la création d'emplois liés au projet contribuant au développement socio-économique local.

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

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

Niveau d'incidence	Éléments d'appréciation
Positif	Amélioration directe ou indirecte du facteur par la réalisation du projet
Très faible	Absence d'effet Altération nulle ou marginale d'un facteur 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, telle qu'abordée dans l'article R. 122-5 fixant le contenu d'une étude d'impact. 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.

1.1.3 Évaluation des incidences et phases de vie du projet global Cigéo

L'évaluation des incidences prend en compte l'évolution dans le temps du projet et ses différentes phases de vie. Les phases du projet sont détaillées dans le chapitre 4 du volume II de la présente étude d'impact.

Pour mémoire, les principales phases du projet sont présentées sur la figure 1-3. Elles comprennent :

- **la phase d'aménagements préalables (APR) :**

  Les opérations de défrichement, d'archéologie préventive et travaux divers de préparation du site, de réalisation des infrastructures (terrassement de plateforme, mise en place de clôtures, voiries, mise en place d'un ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine préalable à la construction des bâtiments, opérations de raccordements aux différents réseaux électriques, eau potable, routiers, ferroviaire) ;

- **la phase de construction initiale (CI) du centre de stockage Cigéo :**

  La construction des installations nucléaires et conventionnelles de surface, les liaisons surface-fond et les premiers ouvrages de l'installation souterraine ; les installations de raccordements (électriques, eau, routiers…) sont en exploitation ;

- **la phase de fonctionnement (F) :**

  Le fonctionnement du centre industriel incluant l'expédition, le transport, la réception et le stockage des colis de déchets radioactifs, ainsi que la poursuite du déploiement de l'installation souterraine ;

- **les phases de démantèlement, de fermeture :**

  Compte tenu de l'échéance temporelle lointaine de cette phase (le centre de stockage Cigéo est conçu pour accueillir des déchets pendant plus de 100 ans), elle fait l'objet d'une analyse générique de ces incidences (cf. Chapitre 18 du présent volume) effectuée sur la base des informations environnementales et des connaissances scientifiques disponibles ;

- **les phases de surveillance et post-surveillance après-fermeture :**

  Encore plus lointaines et dont la durée ne peut pas être déterminée à ce jour, elles font l'objet d'une appréciation de leurs incidences radiologiques et chimiques potentielles à très long terme (cf. Chapitre 18 du présent volume).

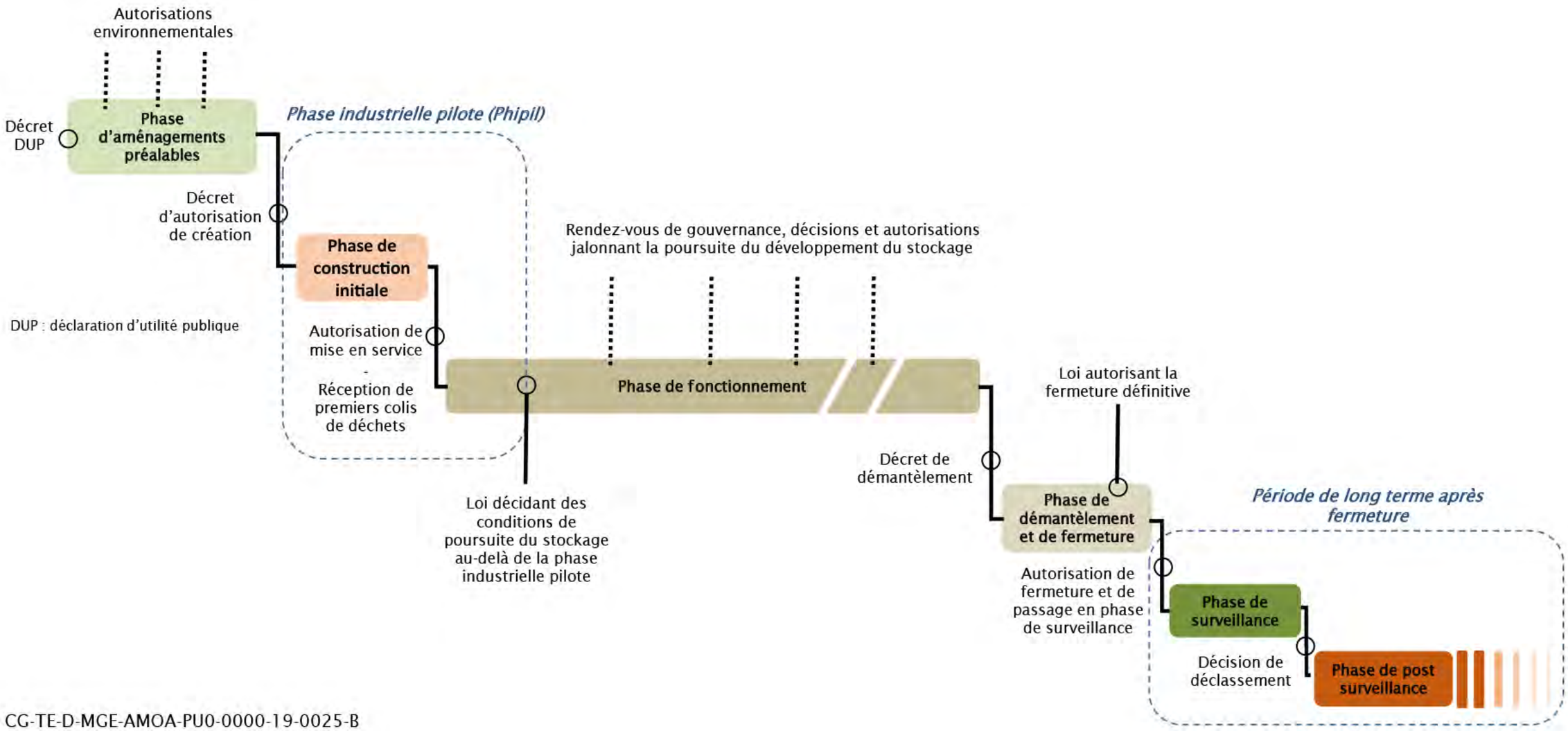


Figure 1-3 *Principales phases du projet*

1.2 Séquence éviter/réduire/compenser

La séquence « éviter, réduire, compenser », dite séquence ERC, a été introduite dans la méthodologie des études environnementales dès les années 90. Transposée progressivement dans le code de l'environnement, la séquence ERC a été intégrée à la réglementation et appliquée de façon transversale aux procédures environnementales.

Elle conduit les porteurs de projet à rechercher et mettre en œuvre des mesures visant prioritairement à éviter les atteintes (effet négatif) à l'environnement et à la santé humaine, à réduire celles qui n'ont pu être suffisamment évitées et, si nécessaire et lorsque c'est possible, à compenser les effets notables qui n'ont pu être ni évités, ni suffisamment réduits (cf. Figure 1-4).

L'article L. 110-1 2 du code de l'environnement mentionne que le principe d'action préventive et de correction, par priorité à la source, des atteintes à l'environnement « *doit viser un objectif d'absence de perte nette de biodiversité, voire tendre vers un gain de biodiversité* ». Ce principe est repris à l'article L. 163-1 du code de l'environnement qui précise que *« Les mesures de compensation des atteintes à la biodiversité visent un objectif d'absence de perte nette, voire de gain de biodiversité ».*

1.2.1 Définition des mesures selon la séquence éviter/réduire/compenser les incidences

Les **mesures d'évitement** visent à supprimer des effets négatifs sur l'environnement ou la santé humaine. Elles correspondent soit à un choix d'aménagement ou d'implantation qui permet d'éviter la survenue de l'impact grâce à la préservation de zones à enjeux, soit à des modifications dans les choix technologiques ou les temporalités de réalisation permettant de supprimer totalement des impacts.

Les **mesures de réduction** sont définies dès lors que des impacts ne peuvent être évités totalement lors de la conception du projet. Elles visent à réduire les effets négatifs permanents ou temporaires du projet sur l'environnement et la santé humaine, pendant sa construction ou son fonctionnement. Elles peuvent agir en diminuant soit la durée de cet impact, soit son intensité, soit la combinaison de plusieurs de ces éléments.

Les **mesures de compensation** ont pour objet d'apporter une contrepartie, en fonction des objectifs règlementaires édictés pour chacun des facteurs, aux incidences résiduelles négatives notables du projet qui n'ont pu être ni évitées, ni suffisamment réduites. Elles sont mises en œuvre en priorité sur le site endommagé ou à proximité de celui-ci afin de garantir sa fonctionnalité de manière pérenne. Elles doivent permettre de conserver globalement et, si possible d'améliorer, la qualité environnementale des milieux.

Ces différentes mesures peuvent être également complétées par des **mesures d'accompagnement**. Ces mesures ne s'inscrivent pas dans un cadre réglementaire ou législatif obligatoire, mais sont prises par les maîtres d'ouvrage en complément des mesures d'évitement, de réduction et de compensation pour renforcer leur pertinence et leur efficacité.

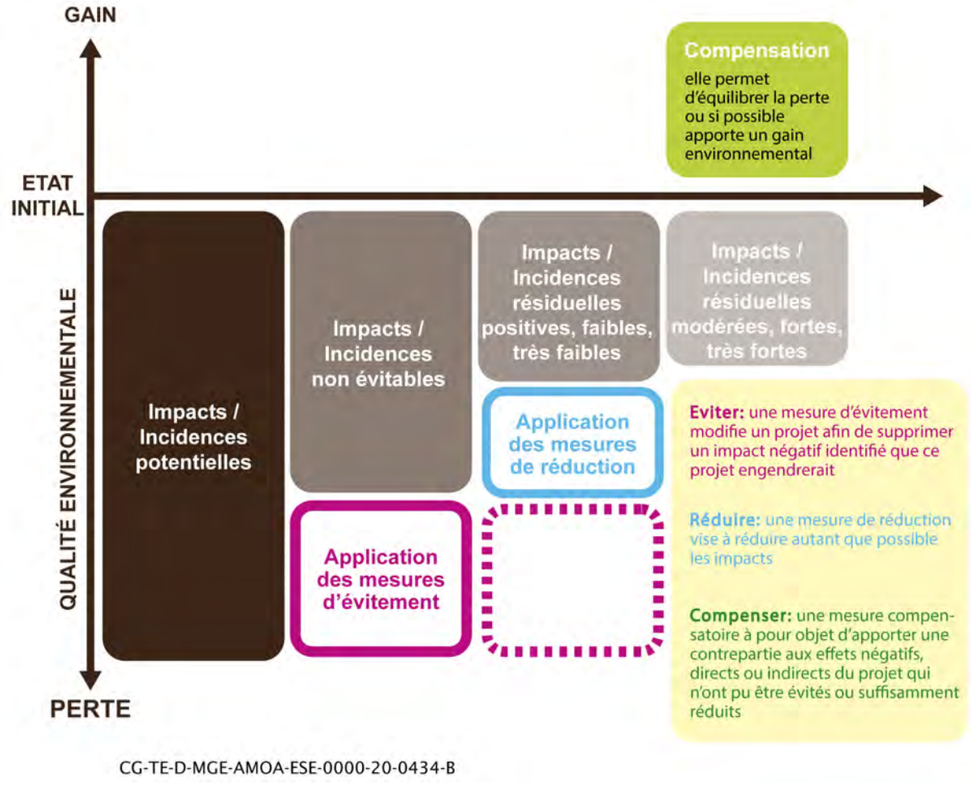


Figure 1-4 Démarche éviter réduire compenser

Les effets des mesures et les modalités de suivi associées sont précisés pour chaque mesure mise en place.

Afin de faciliter la lecture du présent volume, un tableau, présenté sous la forme du tableau 1-2, synthétise pour chaque mesure :

- **l'intitulé de la mesure** ;
- **le ou les facteur(s) environnemental(aux)** en faveur duquel ou desquels la mesure est mise en œuvre (ex : biodiversité, eaux superficielles, bruit, etc.) ;
- **le ou les maître(s) d'ouvrage (MOAs)** responsable(s) de la mise en œuvre de la mesure ;
- l'**opération** concernée par la mise en œuvre de la mesure ;
- la ou les **phase(s)** temporelle(s) sur laquelle ou lesquelle(s) porte la mesure (aménagements préalables (APR), construction initiale (CI), fonctionnement (F)).

Tableau 1-2 Exemple de tableau de présentation d'une mesure ERC

Intitulé de la mesure			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**

1.2.2 Démarche d'analyse selon la séquence ERC

L'analyse des incidences s'est attachée à faire ressortir la démarche « éviter, réduire, compenser », en articulant l'analyse des facteurs autour des étapes suivantes :

- **incidences potentielles** : cette première étape présente succinctement les types d'incidence génériques que peut engendrer le projet global Cigéo ; elles sont appréciées au regard des enjeux identifiés dans l'état initial, sur la base des premières esquisses du projet lorsque les éléments sont disponibles ou sur la base de retours d'expériences sur d'autres opérations similaires ; cette étape se conclut sur l'appréciation du caractère notable (modéré à très fort) ou non notable (très faible à faible) de ces incidences génériques à l'échelle du projet global Cigéo.

  Un tableau synthétise ces incidences potentielles, leur caractère notable (indiqué en orange) ou non notable (indiqué en bleu) ainsi que la ou les phase(s) de vie du projet concernée(s) lorsque l'incidence potentielle est notable. Un exemple est présenté au tableau 1-3.

  Dans ces tableaux, l'opération de « Caractérisation et de surveillance environnementale », également sous maîtrise d'ouvrage de l'Andra, est incluse dans l'opération « Centre de stockage Cigéo ».

  Pour certaines thématiques, l'analyse des incidences potentielles du centre de stockage Cigéo peut être affinée par zone(s) ou installation(s). Dans ce cas, le niveau d'incidence est précisé pour chacune d'entre elles.

Tableau 1-3 Exemple de tableau de synthèse des incidences potentielles du projet global Cigéo

Incidences potentielles	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
Altération de la qualité des eaux superficielles	APR, CI, F					

En orange : incidence potentielle notable ; en bleu : incidence potentielle non notable
***APR** : aménagements préalables ; **CI** : construction initiale ; **F** : fonctionnement*

- **mesures d'évitement**, dont la définition est donnée au chapitre précédent ;
- **incidences après mesures d'évitement** : cette étape précise les incidences du projet sur l'environnement après mise en place des mesures d'évitement, en fonction des éléments de projet disponibles ; ces éléments variant d'une opération à l'autre (cf. Chapitre 1.1.2 du présent volume), certaines incidences éventuelles seront confirmées et précisées dans les actualisations ultérieures de l'étude d'impact. À noter que pour certains chapitres du présent volume IV, les mesures d'évitement et de réduction sont regroupées, sans description des incidences après mesures d'évitement ;
- **mesures de réduction**, dont la définition est donnée au chapitre précédent ;
- **incidences résiduelles** : l'objectif de cette étape est d'identifier les incidences précises du projet global Cigéo qui n'ont pu être ni évitées, ni réduites ; elle précise le niveau d'incidence selon la grille d'évaluation présentée au chapitre 1.1.2 du présent volume, puis elle conclut sur les besoins (ou non) de mesures de compensation ;
- **mesures de compensation** : cette étape décrit le dimensionnement des mesures de compensation en fonction des incidences résiduelles précédemment détaillées et en fonction des objectifs règlementaires édictés pour chacun des facteurs. Les modalités précises de réalisation de ces mesures, dont la finalité est l'absence d'incidence notable du projet global Cigéo sur l'ensemble des facteurs de l'environnement et notamment l'absence de perte nette de biodiversité, seront présentées dans les dossiers spécifiques d'autorisations de travaux.

L'analyse des incidences se conclut, pour chaque thématique, par un tableau de synthèse reprenant, pour chaque incidence potentielle, les mesures mises en place, avec précision du type de mesure (E, R, C) et de la phase (APR, CI, F), de l'effet attendu, des modalités de suivi et des opérations et MOAs concernés (cf. Tableau 1-3).

Tableau 1-4 Exemple de tableau de synthèse des mesures mises en œuvre dans le cadre du projet global Cigéo

Incidences potentielles	Mesures	Type (ERC)	Phase (APR, CI, F)	Effets attendus de la mesure	Modalités de suivi	MOA	Opération
	Niveau d'incidences potentielles : Notable						
	Niveau d'incidences résiduelles : Faible						

2

Atmosphère – Incidences et mesures

2.1	Conditions météorologiques locales	14
2.2	Vulnérabilité aux risques météorologiques et au changement climatique	20
2.3	Énergie et gaz à effet de serre (GES)	24
2.4	Qualité de l'air	32
2.5	Compatibilité du projet global Cigéo avec les documents de planification relatifs à l'air, l'énergie et le climat	67

L'objet du présent chapitre est de présenter les incidences sur l'atmosphère. Celles-ci concernent les conditions météorologiques locales, la vulnérabilité aux risques météorologiques, l'énergie et les gaz à effet de serre et la qualité de l'air. Les incidences sur la qualité de l'air concernent les émissions conventionnelles (ou chimiques) et les émissions radioactives. Les incidences sur la santé humaine liées à la qualité de l'air sont détaillées dans le volume VI de la présente étude d'impact. Toutefois, une synthèse des incidences sur la santé humaine est présentée aux chapitres 2.4.1.5 et 2.4.2.5 du présent volume.

2.1 Conditions météorologiques locales

2.1.1 Incidences potentielles

Le projet global Cigéo peut avoir des incidences sur les conditions météorologiques locales, notamment à travers la modification de l'occupation du sol et des écosystèmes qui ont une influence sur l'humidité (rejet de vapeur…), les températures (émissions de chaleur), les vents (obstacle à la circulation du vent), et l'ensoleillement local.

2.1.1.1 Modification de l'hygrométrie

L'air rejeté par les chaudières et le système de ventilation présente des caractéristiques hygrométriques différentes de l'air extérieur. Cette différence se matérialise par un panache de vapeur d'eau en sortie des émissaires. Celui-ci est plus visible en hiver qu'en été (cf. Figure 2-1). En effet, ce panache est constitué de gouttelettes d'eau qui se forment par condensation lorsque l'on abaisse la température de l'air environnant. La condensation est aussi favorisée par la présence d'éléments en suspension dans l'air comme les poussières ou le pollen. Ce panache se dissipe en même temps que la chaleur.

De même, à proximité des bassins et des aires de lavage, les caractéristiques hygrométriques sont différentes de l'air ambiant. L'augmentation de l'hygrométrie se matérialise également par de la vapeur d'eau à proximité des bassins, voire du brouillard. Ce phénomène est très localisé et se dissipe en même temps que la chaleur.

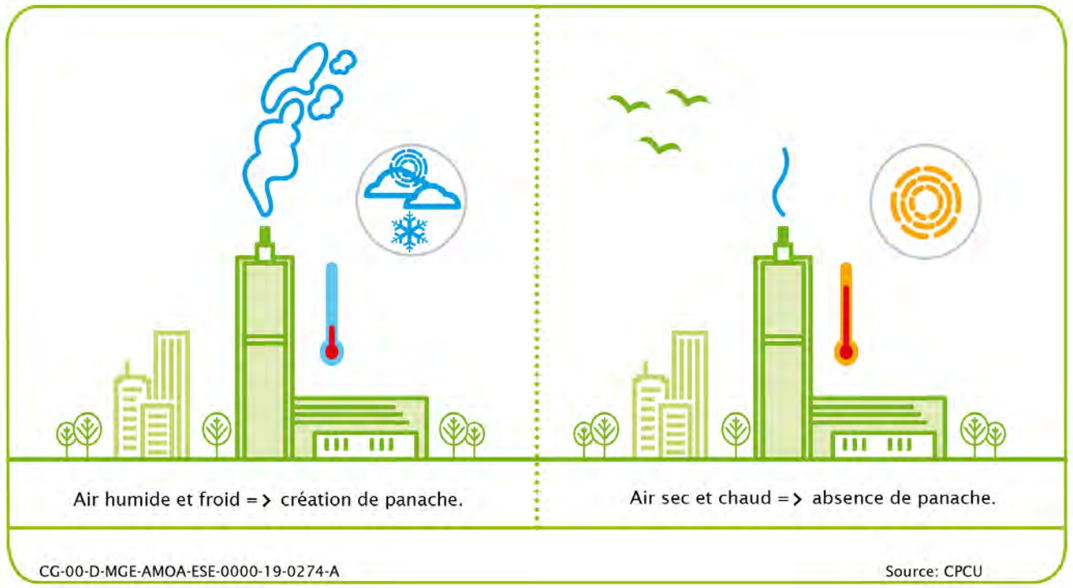


Figure 2-1 Variation du panache de fumée selon les conditions météorologiques

En phases d'aménagement préalable et de construction initiale, les principales sources d'humidité sont les bassins de gestion des eaux et les aires de lavage. Les modifications hygrométriques ne sont pas significatives considérant que ces installations sont cantonnées au sein de la zone d'intervention potentielle du centre de stockage Cigéo.

En phase de fonctionnement, les principales sources d'humidité sont les bassins de gestion des eaux et les aires de lavage, les chaudières et le système de ventilation qui sont cantonnées aux emprises du centre de stockage. Les rejets des chaudières présentent des températures de rejets élevées : jusqu'à 190 °C. À cette température, le rejet génère un panache de vapeur d'eau qui s'élève rapidement. Ces installations étant localisées à l'intérieur du site et à plus de 100 mètres des limites d'emprises, aucune incidence sur l'hygrométrie ambiante n'est perceptible.

Les autres opérations du projet global Cigéo (alimentation électrique, adduction d'eau, mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000, déviation de la route départementale D60/960, et expédition de colis) ne sont pas de nature à modifier l'hygrométrie à leurs abords.

Le projet global Cigéo n'a pas d'incidence potentielle notable sur l'hygrométrie.

2.1.1.2 Phénomène d'îlot de chaleur

Le phénomène d'îlot de chaleur peut être lié :

- à l'artificialisation des sols ;
- aux rejets de chaleur des engins de chantier et des infrastructures de transport ;
- aux rejets de chaleur des chaudières et des systèmes de ventilation ;
- aux fonctionnements des installations électriques.

Selon la minéralité, la couleur et la densité du matériau employé, le bâti ou le sol absorbe ou réfléchit l'énergie solaire. Au cours de la nuit, cette énergie est ensuite restituée par radiation sous forme de chaleur qui peut conduire à l'apparition du phénomène d'ilot de chaleur (cf. Figure 2-2).

2.1.1.2.1 Artificialisation des sols

L'artificialisation d'environ 587 ha pour le projet global Cigéo implique potentiellement une élévation locale de la température par rapport aux zones agricoles ou forestières existantes.

Pendant les aménagements préalables, les terrains des zones puits et descenderie, de la liaison intersites, du poste de transformation électrique et ses liaisons souterraines, de la déviation de la route départementale D60/960 sont temporairement mis à nu, alors qu'ils étaient principalement couverts de cultures ou de bois. Ces terres à nu ont un albédo supérieur aux terrains végétalisés antérieurs.

Au maximum 10 ha sont décapés pour la déviation de la route départementale D60/960, ainsi que pour le poste de transformation 400/90 kV. Les travaux au pied des pylônes de la ligne THT ne nécessitent la mise à nu que quelques mètres carrés pour chacun des pylônes concernés. De plus, quelques ares seraient décapés mis à nu si des rétablissements routiers étaient rendus nécessaires par la fermeture de passages à niveau le long de la ligne ferroviaire 027000. Ces surfaces seraient très faibles au regard des emprises du centre de stockage Cigéo. Les adductions d'eau sont mises en place sous des infrastructures existantes ou nouvelles.

Selon la morphologie du territoire, les températures élevées de surface n'ont pas le même effet : « Dans la campagne, il peut y avoir une concentration de surfaces chaudes qui n'aura pas beaucoup d'impact car l'air s'échappera ou se rafraîchira rapidement grâce à la végétation alentour, tandis qu'en ville, la même concentration de surfaces chaudes va réchauffer l'air et les bâtiments de manière durable » (3), affirme Marjorie Musy, chercheur au centre de recherche Architectures Urbanités (Créneau) et directrice adjointe de l'Institut de recherche en sciences et techniques de la ville (IRSTV).

Compte tenu de l'étendue des terrains du projet global Cigéo et situés au sein d'un environnement rural fortement végétalisé, cet îlot de chaleur peut être considéré comme minime en comparaison avec les phénomènes d'îlot de chaleur urbain (ICU) observés au cœur des grandes agglomérations. Par exemple à Paris, une élévation de température allant jusqu'à 5 °C est relevée entre le centre de l'agglomération et les territoires agricoles en périphérie.

En phases de construction initiale et de fonctionnement, les reliefs réduits, l'environnement rural et l'espacement entre les bâtiments facilitent la dispersion rapide de cette chaleur. La dissipation de la chaleur est renforcée par

les bassins créés dans le centre de stockage et les grandes étendues végétalisées mises en place lors de la réalisation des aménagements paysagers. L'augmentation du rayonnement solaire sur les bâtiments du centre de stockage est vite dissipée grâce à la faible densité du bâti et à la forte végétalisation des alentours.

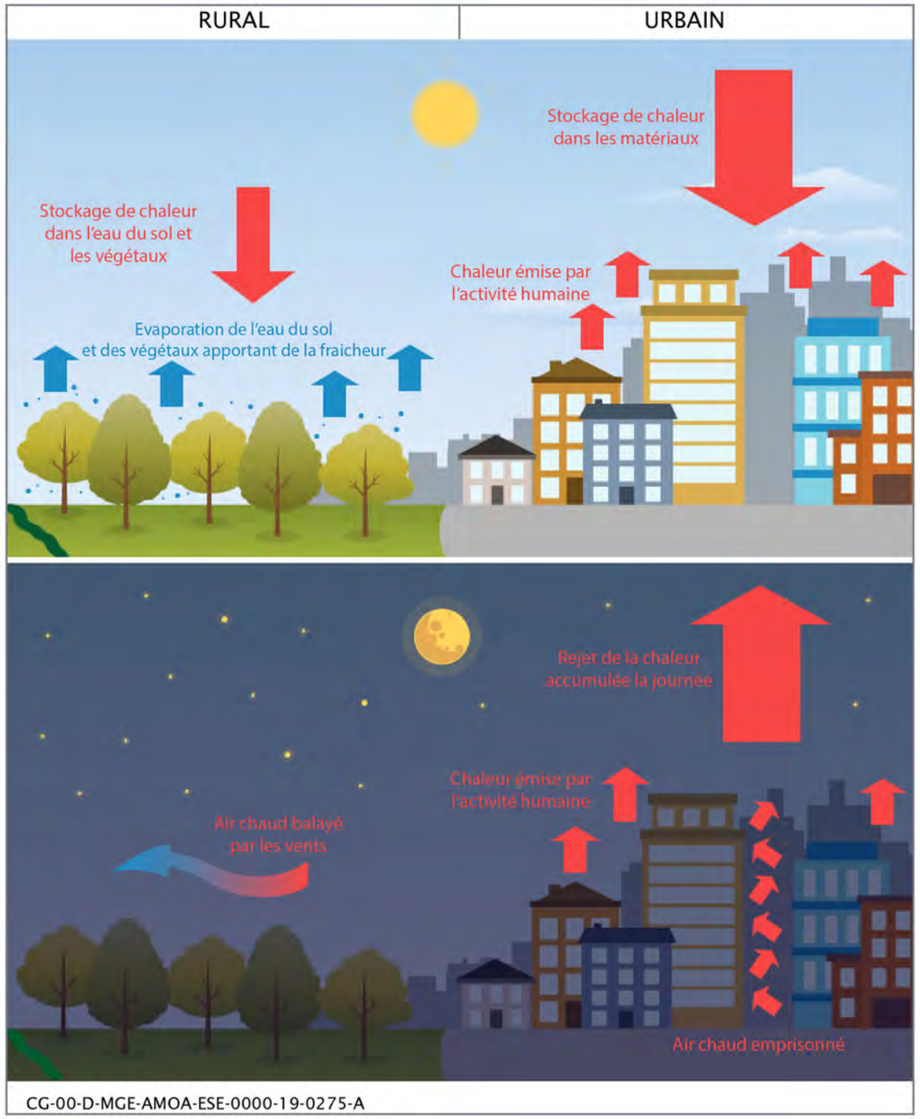


Figure 2-2 Représentation schématique du phénomène d'ilot de chaleur

L'artificialisation des sols du projet global Cigéo n'a pas d'incidence potentielle notable sur les émissions de chaleur.

2.1.1.2.2 Rejets de chaleur des engins de chantier et des infrastructures de transport

Les engins de travaux et les installations de chantier ne génèrent pas suffisamment de chaleur pour modifier les conditions locales de température.

La circulation de trains sur l'ITE et sur la ligne ferroviaire 027000 (six passages par jour pour le fret du centre de stockage Cigéo avec une capacité maximum de la ligne 027000 de huit passages par jour, cf. Chapitre 12 du présent volume), ainsi que la circulation de véhicules sur la liaison intersites et la déviation de la route départementale D60/960 sont trop limitées pour constituer des sources de chaleur significatives.

Les rejets de chaleur des engins de chantier et infrastructures de transport du projet global Cigéo n'ont pas d'incidence notable sur les émissions de chaleur.

2.1.1.2.3 Rejets de chaleur des chaudières et des systèmes de ventilation

Les activités de construction et d'exploitation au sein du centre de stockage Cigéo sont susceptibles d'entraîner des incidences en surface. Les sources de dégagements thermiques sont les chaudières, les engins et les équipements en fonctionnement, et les colis de déchets exothermiques stockés, principalement les déchets HA. L'élévation de la température issue des systèmes de ventilation est imperceptible et non significative au regard des variations climatiques qui déterminent la température à la surface du sol. Les rejets en sortie de ventilation présentent une température maximale de 30 °C. Cette température est minime au regard des sorties de chaudières.

Les chaudières présentent des températures de rejets élevées : jusqu'à 190 °C. À cette température, le rejet génère un panache de vapeur d'eau qui s'élève rapidement car celui-ci est plus léger que l'air. Il se dilue et se refroidit par entraînement d'air.

Les gaz chauds sont canalisés par les cheminées à 18 mètres au-dessus du sol ce qui permet de disperser rapidement la chaleur bien au-dessus des activités humaines. Selon les modélisations réalisées avec le logiciel PHAST 7.22 de DNV la température descend à 20 °C à 100 mètres de distance au plus des cheminées et à une hauteur de 20 mètres au-dessus du sol. Ces chaudières étant localisées à l'intérieur du site et à plus de 100 mètres des limites du centre de stockage Cigéo, aucune incidence sur la température ambiante n'est perceptible.

Les rejets de chaleur des chaudières et des systèmes de ventilation du projet global Cigéo n'ont pas d'incidence potentielle notable sur les émissions de chaleur.

2.1.1.2.4 Fonctionnement des installations électriques

Les installations électriques de RTE (lignes aériennes, liaisons souterraines et postes de transformation et de livraison) et de l'Andra en fonctionnement dès la phase de construction initiale génèrent de la chaleur.

Pour les installations en surface la variation de température est faible et s'inscrit dans les gammes de variation naturelle. Sa dispersion est très rapide dans le milieu environnant et l'effet est donc très localisé.

Pour les câbles souterrains, la quantité de chaleur générée est extrêmement réduite. La chaleur produite traverse les différentes couches du câble, puis est évacuée dans les sols par conduction. Elle est immédiatement dissipée sans effet perceptible, même dans le cas de liaisons électriques souterraines.

Le fonctionnement des installations électriques du projet global Cigéo n'a pas d'incidence potentielle notable sur les émissions de chaleur.

2.1.1.3 Modification des vents

L'étendue de la zone de turbulence du vent autour d'un obstacle correspond à environ trois fois la hauteur de l'obstacle, la turbulence étant plus forte derrière l'obstacle que devant celui-ci.

Ainsi, pour un bâtiment de 40 mètres de haut, des turbulences dans l'écoulement du vent sont observées sur 120 mètres autour. Les grues, beaucoup plus hautes, laissent passer l'air donc elles ont moins d'effet.

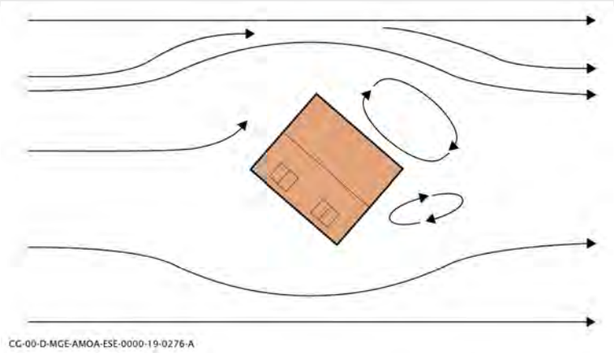


Figure 2-3 Obstacle à l'écoulement du vent, représentation du phénomène de turbulence

En phase d'aménagements préalables, la mise à nu des sols du centre de stockage Cigéo réduit la rugosité des terrains ce qui est susceptible d'augmenter légèrement les vents les plus bas. Aucune construction haute n'émerge lors de cette phase. Les modifications locales de vent sont donc négligeables.

En phase de construction initiale, les bâtiments commencent à émerger. Plusieurs grues sont aussi installées sur le site. Les modifications locales de vent restent donc négligeables.

En phase de fonctionnement, les bâtiments les plus élevés du centre de stockage Cigéo font une vingtaine de mètres de haut. Les verses sur la zone puits atteignent également une hauteur maximale de 20 mètres. Des éléments plus ponctuels comme les chevalements présents sur la zone puits peuvent atteindre 60 mètres de haut. Selon le *ratio* indiqué précédemment, des turbulences autour des chevalements apparaissent sur une zone maximale de 180 mètres. La distance entre ces bâtiments et les limites foncières du centre de stockage Cigéo sont supérieures à 180 mètres : les turbulences restent donc cantonnées au sein des emprises du centre de stockage. Les modifications du vent créées par ces éléments ponctuels ne sont pas significatives.

Les boisements plantés au sud et à l'ouest de la zone descenderie (cf. Chapitre 14 du présent volume) atteindraient à maturité une hauteur maximale de 20 mètres. Les turbulences de vent qu'elles engendrent, s'étendraient donc jusqu'à 60 mètres principalement vers le nord-est et l'ouest grâce aux vents dominants. Ainsi, l'extrémité est du hameau de Saudron pourrait connaitre de très faibles modifications des vents qui les balayent.

Les autres installations du projet global Cigéo (alimentation électrique, adduction d'eau, mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000, déviation de la route départementale D60/960, expédition de colis) ne sont pas assez hautes ou trop ponctuelles pour modifier les vents à leurs abords.

Le projet global Cigéo n'a pas d'incidence potentielle notable sur la modification des vents.

2.1.1.4 Modification de l'ensoleillement

Un nouveau bâtiment ou de nouvelles plantations créent de nouvelles ombres qui réduisent l'ensoleillement de leur voisinage (cf. Figure 2-4). La longueur de l'ombre d'un objet varie selon :

- la position géographique des lieux qui induit un angle spécifique du soleil par rapport à l'horizon ;
- le moment de l'année qui modifie l'angle du soleil par rapport à l'horizon en fonction de la course annuelle de la terre autour de cet astre : c'est en hiver que les ombrent s'allongent le plus ;
- le moment de la journée qui modifie l'angle du soleil par rapport à l'horizon en fonction de la rotation quotidienne de la terre : c'est en début ou fin de journée que les ombrent s'allonge le plus ;
- la hauteur de l'objet.

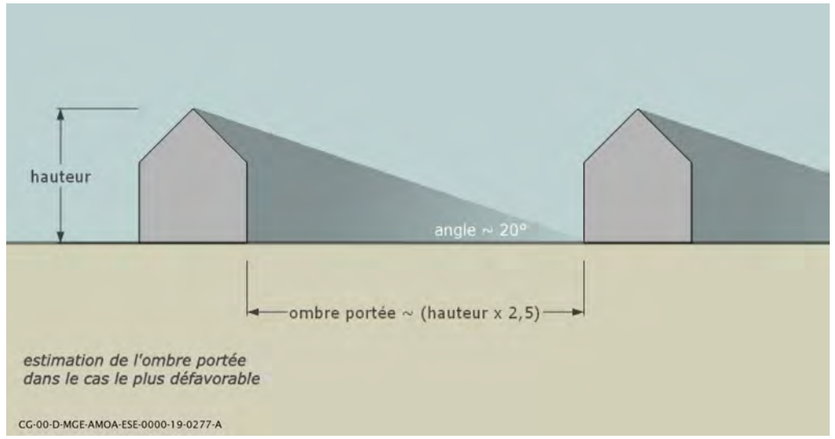


Figure 2-4 Représentation schématique du phénomène d'ombre portée

Sous les latitudes de l'est de la France, les ombres s'étendent toujours vers le nord et d'ouest en est au fur et à mesure de la journée et l'angle le plus défavorable est estimé à 20°. Ainsi, pour le centre de stockage Cigéo, l'ombre d'un bâtiment ou d'un arbre de 40 mètres de haut s'étend au maximum sur 120 mètres vers le nord-est ou le nord-ouest.

Aucune construction haute n'a émergé sur le projet global Cigéo en phase d'aménagements préalables. 136 ha du bois Lejuc ont été défrichés, dont les arbres les plus hauts mesurent 30 mètres de haut. L'ensoleillement est donc augmenté dans un secteur maximum de 90 mètres au nord-ouest de ce bois. Cette zone est couverte de cultures et ne compte aucun bâti.

En phase de construction initiale, les bâtiments commencent à émerger. Des dépôts de terre atteignent une vingtaine de mètres, ils projettent des ombres seulement au sein des emprises du centre de stockage Cigéo. Ces dépôts sont temporaires.

En phase de fonctionnement, les bâtiments les plus hauts du centre de stockage Cigéo s'élèvent à une vingtaine de mètres de haut. Des éléments plus ponctuels comme les chevalements peuvent atteindre 60 mètres de haut. Un masque boisé est installé en périphérie sud et ouest de la zone descenderie.

Selon le *ratio* indiqué précédemment, les ombres sont projetées vers le nord d'est en ouest sur une zone maximale de 180 mètres. La distance entre ces bâtiments et les limites foncières du centre de stockage Cigéo sont supérieures à 180 mètres. Ainsi, l'extrémité est du hameau de Saudron connait des effets ponctuels très faibles d'ombre portée : quelques minutes au lever du soleil, les jours d'hivers sans nuage.

Les autres opérations du projet global Cigéo (alimentation électrique, adduction d'eau, mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000, déviation de la route départementale D60/960, expédition de colis) ne sont pas assez hautes ou trop ponctuelles pour modifier l'ensoleillement à leurs abords.

Le projet global Cigéo n'a pas d'incidence potentielle notable sur l'ensoleillement.

2.1.1.5 Synthèse des incidences potentielles sur les conditions météorologiques

Le tableau 2-1 synthétise les incidences potentielles du projet global Cigéo sur les conditions météorologiques.

Du fait de la faible densité des installations dans un territoire végétalisé et de leur hauteur modérée, le projet global Cigéo ne présente aucune incidence potentielle notable sur les conditions météorologiques locales.

Tableau 2-1 Incidences potentielles du projet global Cigéo sur les conditions météorologiques

Incidences potentielles	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
Modification de l'hygrométrie						
Phénomène d'îlot de chaleur						
Modification des vents						
Modification de l'ensoleillement						

En orange : incidence potentielle notable ; en bleu : incidence potentielle non notable
***APR** : aménagements préalables ; **CI** : construction initiale ; **F** : fonctionnement*

2.1.2 Mesures d'évitement et de réduction

Le projet global Cigéo ne présente d'incidence notable sur les conditions météorologiques locales à aucune des phases. Aucune mesure d'évitement spécifique à ce facteur n'est mise en œuvre. Plusieurs mesures mises en place pour d'autres facteurs (sols, eaux paysage…), dès les aménagements préalables, ont l'avantage de renforcer le maintien des conditions météorologiques locales.

2.1.2.1 Mise en place de systèmes de climatisation permettant de récupérer une partie de l'énergie

Mesure de réduction : mise en place de systèmes de climatisation permettant de récupérer une partie de l'énergie

Facteur(s) environnemental(aux)	MOA(s)	Opération(s)	Phase(s)
Climat	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZD, ZP, ZIOS)	CI, F

Le système de climatisation composé d'échangeurs à double flux sur les émissaires permet de récupérer une partie de l'énergie et de limiter la différence de température entre l'air intérieur rejeté et l'air extérieur.

Modalité de suivi

Contrôles d'étanchéité des équipements frigorifiques ou climatiques : Lorsque cela est requis par la règlementation, notamment celle relative aux ICPE et aux émissions de gaz à effet de serre, des contrôles d'étanchéité des équipements frigorifiques ou climatiques sont réalisés. Les résultats des contrôles effectués sont consignés sur un registre éventuellement informatisé et tenu à la disposition de l'administration.

2.1.2.2 Optimisation des surfaces minéralisées limitant le phénomène d'îlot de chaleur

Mesure de réduction : optimisation des surfaces minéralisées limitant le phénomène d'îlot de chaleur

Facteur(s) environnemental(aux)	MOA(s)	Opération(s)	Phase(s)
Climat	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZD, ZP, LIS, ITE)	CI, F

Les surfaces minéralisées au sein de la zone d'intervention potentielle du centre de stockage Cigéo ont été optimisées lors de la conception afin de limiter le phénomène d'ilot de chaleur. Ces surfaces minéralisées représentent 116 hectares sur les 783 hectares de surfaces d'intervention potentielle.

Modalité de suivi

Un suivi du respect de la répartition de l'occupation du sol et notamment des emprises minéralisées limitées est réalisé tout au long du projet, dès la conception.

2.1.2.3 Végétalisation importante des espaces extérieurs limitant le phénomène d'îlots de chaleur

Mesure de réduction : végétalisation importante des espaces extérieurs limitant le phénomène d'îlots de chaleur

Facteur(s) environnemental(aux)	MOA(s)	Opération(s)	Phase(s)
Climat	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZD, ZP)	CI, F

La végétalisation des espaces extérieurs permet de limiter le phénomène d'îlot de chaleur. Par ailleurs, cette végétalisation favorise le maintien de la biodiversité et participe à la gestion alternative des eaux pluviales.

Modalité de suivi

Un suivi du respect de la répartition de l'occupation du sol et notamment de la part d'emprises végétalisées est réalisé tout au long du projet, dès la conception.

Suivi du bon entretien du site : Un plan de maintien du site dans un bon état de propreté est mis en place (peinture, propreté des espaces extérieurs…) ainsi que de maintien de l'engazonnement et de la végétation, notamment pour satisfaire à l'intégration paysagère.

2.1.2.4 Création de toitures végétalisées limitant le phénomène d'îlot de chaleur

Mesure de réduction : création de toitures végétalisées limitant le phénomène d'îlot de chaleur

Facteur(s) environnemental(aux)	MOA(s)	Opération(s)	Phase(s)
Climat	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZD, ZP)	CI, F

La création de toitures végétalisées permet de limiter le phénomène d'îlot de chaleur car cela influence positivement l'albédo (indice de réfléchissement d'une surface). Par ailleurs, ces toitures végétalisées favorisent le maintien de la biodiversité et participent à la gestion alternative des eaux pluviales.

Modalité de suivi

En phase de conception, l'intégration de toitures végétalisées au projet est un objectif intangible, qui est inscrit à toutes les phases d'études.

2.1.2.5 Création de bassins de rétention des eaux limitant le phénomène d'îlot de chaleur

Mesure de réduction : création de bassins de rétention des eaux limitant le phénomène d'îlot de chaleur

Facteur(s) environnemental(aux)	MOA(s)	Opération(s)	Phase(s)
Climat	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZD, ZP)	APR, CI, F

Les bassins de rétention des eaux permettent de limiter le phénomène d'îlot de chaleur par évaporation en constituant des gouttelettes d'eau qui se forment par condensation. Ce phénomène est toutefois très localisé.

Modalité de suivi

L'intégration des bassins de rétention des eaux est suivie pour les besoins du projet de centre de stockage Cigéo, et ce à toutes les phases de conception. Le détail des modalités de suivi relatives aux bassins de rétention des eaux est présenté au chapitre 5 du présent volume.

2.1.2.6 Intégration de matériaux alternatifs aux enrobés sombres limitant le phénomène d'îlot de chaleur

Mesure de réduction : intégration de matériaux alternatifs aux enrobés sombres limitant le phénomène d'îlot de chaleur

Facteur(s) environnemental(aux)	MOA(s)	Opération(s)	Phase(s)
Climat	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZD, ZP, LIS)	APR, CI, F

Les matériaux alternatifs à l'enrobé sombre qui présente un albédo élevé pour les cheminements et les stationnements permettent de limiter le phénomène d'îlot de chaleur urbain. L'Andra s'appuie sur les recherches menées par les fabricants de matériaux qui portent actuellement sur des enrobés clairs, du béton désactivé, de la pierre naturelle ou de la grave calcaire.

Modalité de suivi

L'intégration de matériaux alternatifs aux enrobés sombres est un objectif qui est inscrit à toutes les phases de conception.

2.1.3 Incidences résiduelles

Pendant la phase d'aménagements préalables les incidences résiduelles sur les conditions météorologiques locales du projet global Cigéo sont très faibles :

- les engins de travaux et les installations de chantier ne génèrent pas suffisamment de chaleur pour modifier de façon perceptible la température et l'hygrométrie locale ;
- l'augmentation du rayonnement solaire sur les terrains à nu est vite dissipée grâce à la faible densité du bâti et la forte végétalisation des alentours ;
- les installations de chantiers ne sont pas de nature à perturber la circulation des vents locaux.

Le projet global Cigéo a des incidences résiduelles très faibles en phase d'aménagements préalables.

Aucune mesure de compensation n'est nécessaire.

En phase de construction initiale, les incidences résiduelles sur les conditions météorologiques locales du projet global Cigéo sont très faibles. En plus des incidences déjà identifiées en phase d'aménagements préalables s'ajoutent :

- la circulation de trains sur l'ITE et sur la ligne ferroviaire 027000, ainsi que la circulation de véhicules sur la liaison intersites et la déviation de la route départementale D60/960 qui sont trop limitées pour constituer des sources de chaleur significatives ;
- la présence des installations électriques dont la chaleur émise n'est pas significative ;
- l'émergence progressive des bâtiments qui ne modifient les conditions de circulation des vents et d'ensoleillement qu'au sein des emprises du centre de stockage.

Le projet global Cigéo a des incidences résiduelles très faibles en phase de construction initiale.

Aucune mesure de compensation n'est nécessaire.

En phase de fonctionnement, les incidences résiduelles sur les conditions météorologiques locales du projet global Cigéo sont faibles :

- les chaudières rejettent des fumées à haute température qui redescendent à des valeurs inférieures ou égales à 20 °C dans les 100 mètres autour de la cheminée. L'émission de chaleur reste donc cantonnée au centre de stockage Cigéo. De plus, cette température de rejets est réutilisée et abaissée grâce à l'installation de climatisations à double flux. Ces gaz modifient aussi les conditions hygrométriques dans leur panache. La condensation de l'eau se dissipe en même temps que la chaleur ;
- la chaleur émise par les installations électriques n'est pas significative ;
- l'élévation de la température à la surface du sol liée au dégagement exothermique des colis de déchets HA stockés est imperceptible et non significative ;
- les engins de travaux et les installations de chantier ne génèrent pas suffisamment de chaleur pour modifier de façon perceptible la température et l'hygrométrie locale pendant les phases de jouvence ;
- les bassins de gestion des eaux, les nombreuses plantations (même sur les toitures), le choix des matériaux pour les revêtements de sols limitent le phénomène d'îlot de chaleur qui est déjà largement enrayé par l'environnement rural végétalisé au sein duquel s'implante le projet global Cigéo ;
- les bâtiments d'une hauteur maximale d'une vingtaine de mètres ne modifient pas les conditions de circulation des vents et les conditions d'ensoleillement en dehors des emprises du projet global Cigéo. Les boisements réalisés sur les merlons en bordure du centre de stockage sont susceptibles d'augmenter légèrement les périodes d'ombre et les perturbations de vent sur une zone maximale de 150 mètres de large autour des emprises. L'extrémité est du hameau de Saudron et l'hôtel du Bindeuil sont concernés ;
- la circulation de trains sur l'ITE et sur la ligne ferroviaire 027000, ainsi que la circulation de véhicules sur la liaison intersites et la déviation de la route départementale D60/960 sont trop limitées pour constituer des sources de chaleur significatives.

Le projet global Cigéo a des incidences résiduelles très faibles en phase de fonctionnement.

Aucune mesure de compensation n'est nécessaire.

2.1.4 Synthèse des incidences et mesures sur les conditions météorologiques locales

Le tableau 2-2 synthétise les mesures mises en œuvre afin de limiter les impacts sur les conditions météorologiques locales.

Tableau 2-2 Synthèse des mesures mises en œuvre pour limiter l'impact sur les conditions météorologiques locales dans le cadre du projet global Cigéo

Incidences potentielles	Mesures	Type (ERC)	Phase (APR, CI, F)	Effet attendu de la mesure	Modalités de suivi	MOA	Opération
Modification des conditions météorologiques locales	Modification des conditions météorologiques locales : Niveau d'incidences potentielles : Non notable						
	Mise en place de systèmes de climatisation permettant de récupérer une partie de l'énergie	R	CI, F	Baisse des températures de l'air rejeté	Contrôles d'étanchéité des équipements frigorifiques ou climatiques	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Optimisation des surfaces minéralisées limitant le phénomène d'îlot de chaleur	R	CI, F	Réduction du phénomène d'ilot de chaleur	Suivi de la répartition de l'occupation du sol dès la conception	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Végétalisation importante des espaces extérieurs limitant le phénomène d'îlots de chaleur	R	CI, F	Réduction du phénomène d'ilot de chaleur	Suivi de la répartition de l'occupation du sol dès la conception Suivi du bon entretien du site	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Création de toitures végétalisées limitant le phénomène d'îlot de chaleur	R	CI, F	Réduction du phénomène d'ilot de chaleur	Suivi de la prise en compte dans la conception	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Création de bassins de rétention des eaux limitant le phénomène d'îlot de chaleur	R	APR, CI, F	Réduction du phénomène d'ilot de chaleur	Suivi de l'intégration des bassins de rétention des eaux dans le projet de centre de stockage Cigéo à toutes les phases de conception	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Intégration de matériaux alternatifs aux enrobés sombres limitant le phénomène d'îlot de chaleur	R	APR, CI, F	Réduction du phénomène d'ilot de chaleur	Suivi de la prise en compte dans la conception	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Modification des conditions météorologiques locales : Niveau d'incidences résiduelles : Très faible						

*Type de mesure : **E :** évitement ; **R :** réduction ; **C :** compensation ; **A** : accompagnement.*
*Phase : **APR** : aménagements préalables ; **CI** : construction initiale ; **F** : fonctionnement.*

Le projet global Cigéo, qui vient s'insérer dans un environnement rural peu urbanisé, peut avoir des incidences sur les conditions météorologiques locales à travers la modification des températures (émissions de chaleur), des vents (obstacle à la circulation du vent), de l'humidité (rejet de vapeur…) et de l'ensoleillement local.

Plusieurs mesures mises en place dès la phase d'aménagements préalables pour d'autres facteurs environnementaux ont l'avantage de favoriser le maintien des conditions météorologiques locales. Il s'agit par exemple des mesures liées à la gestion des eaux ou au maintien de la biodiversité qui réduisent aussi le phénomène d'ilot de chaleur (limitation des surfaces imperméabilisées, végétalisation des espaces extérieurs et des toitures, création de bassins de rétention, étude de possibilité de recours aux matériaux alternatifs).

Ainsi, le projet global Cigéo ne présente pas d'incidence résiduelle sur les conditions météorologiques, à aucune des phases (aménagements préalables, construction initiale, fonctionnement). Aucun effet notable sur l'hygrométrie, la température, la circulation du vent et l'ensoleillement n'est attendu.

Le projet global Cigéo a une incidence très faible sur les conditions météorologiques locales.

2.2 Vulnérabilité aux risques météorologiques et au changement climatique

L'analyse de la vulnérabilité aux risques météorologiques est nécessaire pour définir la façon de concevoir et d'exploiter le projet global Cigéo.

2.2.1 Incidences potentielles

Les risques météorologiques répertoriés sur l'aire d'étude éloignée sont décrits au chapitre 2 du volume III de la présente étude d'impact. Ces risques sont rappelés ci-dessous :

- les risques liés aux températures extrêmes, c'est-à-dire aux températures très chaudes ou très froides sont essentiellement associés au risque de perte de la ventilation lié à une défaillance de l'alimentation électrique ou des équipements de ventilation sensibles aux températures extrêmes ou encore au risque de surchauffe des réseaux électriques. Ces risques concernent les installations du centre de stockage Cigéo et l'opération d'alimentation électrique ;
- les vents extrêmes et tornades peuvent induire des risques de dommages sur les installations sensibles comme la ventilation, et peuvent être à l'origine de projectiles de grande taille et dangereux tels que des véhicules ou des éléments en acier. Ces risques concernent les installations du centre de stockage Cigéo et les opérations d'alimentation électrique, de mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000 et d'expédition et de transport des colis de déchets radioactifs ;
- les chutes de neige extrêmes sont associées à des risques d'accumulations de neige pouvant induire une charge sur les toitures ou obstruer les systèmes de ventilation notamment des installations sensibles. Ces risques concernent les installations du centre de stockage Cigéo ;
- la foudre peut conduire à des perturbations de l'alimentation électrique, des équipements électriques et électroniques voire engendrer un départ de feu. Les interférences électromagnétiques liées aux phénomènes orageux peuvent entraîner des dysfonctionnements de systèmes électriques et électroniques, comme par exemple des déclenchements intempestifs des moyens de manutention ou des pertes de capteurs de surveillance. Ces risques concernent les installations du centre de stockage Cigéo et l'opération d'alimentation électrique ;
- le risque d'inondation lié à de fortes pluies est détaillé au chapitre 5 du présent volume. Ces risques concernent les installations du centre de stockage Cigéo et les opérations d'alimentation électrique, d'adduction d'eau et de mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000.

Les effets du changement climatique peuvent aggraver les situations de risques appliquées au projet global Cigéo, notamment par l'augmentation des températures de fonctionnement des équipements, l'augmentation du risque incendie et la survenue de précipitations extrêmes.

Les incidences potentielles du changement climatique sur les installations du centre de stockage Cigéo concernent trois facteurs :

- la sûreté :
  - ✓ les épisodes caniculaires peuvent engendrer des dysfonctionnements des installations ;
  - ✓ les sécheresses augmentent le risque d'incendie et peuvent modifier la structure du sol et donc les risques de mouvement de terrain.
- l'eau :
  - ✓ les épisodes caniculaires peuvent engendrer des modifications de la qualité des eaux et engendrer des restrictions d'usages ;
  - ✓ les sécheresses augmentent les périodes d'assec au niveau des cours d'eau récepteurs des rejets d'eau traités du centre de stockage Cigéo ;
  - ✓ les précipitations extrêmes augmentent le recueil des eaux dans les bassins, avant leur rejet dans les cours d'eau (Orge, Bureau et Ormançon) et peuvent augmenter le risque d'inondation en aval du centre de stockage Cigéo.
- la biodiversité :
  - ✓ les épisodes caniculaires et de sécheresse augmentent les risques d'incendie ou encore la perte de biodiversité.

Le tableau 2-3 synthétise les potentielles vulnérabilités du projet global Cigéo aux risques météorologiques.

La potentielle vulnérabilité aux risques météorologiques et leurs aggravations du fait du changement climatique sont considérés comme notables pour le centre de stockage Cigéo, l'opération d'alimentation électrique. l'adduction d'eau, la mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000 et l'opération d'expédition et de transport des colis de déchets. Ces types d'installations sont sensibles aux risques précédemment listés.

Seule la déviation de la route départementale D60/960 ne présente pas d'incidence potentielle notable du fait de sa topographie.

Le projet n'est pas de nature à modifier les risques météorologiques existants.

Tableau 2-3 Incidences potentielles du projet global Cigéo aux risques météorologiques

Incidences potentielles	Centre de stockage Cigéo	Alimentation électrique	Adduction d'eau	Mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000	Déviation de la route départe-mentale D60/960	Expédition et transport des colis de déchets radioactifs
Vulnérabilité aux risques météorologiques	APR, CI, F	APR, CI, F	APR, CI, F	APR, CI, F		CI, F

En orange : incidence potentielle notable ; en bleu : incidence potentielle non notable
***APR** : aménagements préalables ; **CI** : construction initiale ; **F** : fonctionnement*

2.2.2 Mesures d'évitement et de réduction

Aucune mesure d'évitement ne peut être mise en œuvre face à la vulnérabilité aux risques météorologiques ou au changement climatique. Plusieurs mesures de réduction sont proposées afin de limiter ces vulnérabilités.

2.2.2.1 Choix de conception des installations nucléaires et de protection, des équipements électriques résistant aux risques météorologiques extrêmes

Mesure de réduction : choix de conception des installations nucléaires et de protection, des équipements électriques résistant aux risques météorologiques extrêmes

Facteur(s) environnemental(aux)	MOA(s)	Opération(s)	Phase(s)
Climat **Risques météorologiques**	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZD, ZP, ITE)	CI, F

Les installations nucléaires et les équipements importants pour la protection (comme les freins du funiculaire et les ventilateurs) sont conçus pour fonctionner sur des plages de température très larges :

- de -15 °C à +35 °C en continu ;
- de -20 °C à +42 °C pendant sept jours consécutifs ;
- de -25 °C à +47 °C pendant 12 heures consécutives.

Ces températures permettent notamment de couvrir une hausse de température moyenne et des vagues de chaleur qui seraient de plus en plus fréquentes en lien avec l'évolution climatique.

La forte inertie des ouvrages en béton armé, dont une grande partie est enterrée, fait qu'ils sont peu sensibles à de telles températures. Certains matériels, principalement électriques, mais aussi les rails sur l'installation terminale embranchée et la ligne ferroviaire, peuvent être plus sensibles aux élévations de températures, notamment au-delà de +40 °C qui augmente le risque de surchauffe ou de panne. Ces matériels, lorsqu'ils assurent une fonction importante pour la protection des colis de déchets, sont dans des locaux techniques disposant d'une ventilation conventionnelle, renforcée aux agressions externes. Par précaution, en cas de risque d'atteinte d'une température très élevée de l'air extérieur (alerte Météo-France par exemple), les opérations sensibles comme la manutention ou le transport des colis de déchets radioactifs pourront être arrêtées temporairement.

Les installations sensibles sont conçues pour résister à des rafales de vents violents et également à des tornades (jusqu'à plus de 230 km/h). Pour faire face à une situation de tornade, les installations sensibles sont également dimensionnées pour résister au choc lié à des projectiles tels qu'un véhicule qui serait garé à proximité ou des éléments en acier. Enfin, les ouvertures comme les bouches de ventilation, sont pourvues de chicanes afin d'éviter qu'un projectile ne puisse endommager des équipements présents à l'intérieur des installations nucléaires.

La ventilation peut être sensible aux effets du vent. Ainsi, des dispositions spécifiques sont retenues, en particulier :

- de la redondance et la ségrégation géographique des ventilateurs de soufflage et d'extraction de la ventilation de l'installation souterraine ;
- du dimensionnement de la ventilation nucléaire des installations de surface et souterraine en tenant compte des pertes de charges dues à des vents extrêmes ;
- de chicanes sur les ouvertures, comme les bouches de ventilation, afin d'éviter qu'un projectile ne puisse endommager des équipements présents à l'intérieur de l'installation nucléaire ;
- de l'orientation des prises d'air et des émissaires de rejets en fonction du sens des vents dominants sur le site.

Il est à noter qu'il est possible d'arrêter provisoirement la ventilation le temps de l'évènement sans remettre en cause la sûreté du centre de stockage Cigéo. Les opérations d'exploitation des installations sont arrêtées et ces installations sont mises en sécurité (dépose des colis de déchets, mise en confinement statique des locaux contenant des radionucléides) avant cet arrêt de ventilation.

Les installations sensibles sont dimensionnées pour résister à une accumulation importante de neige sur les toitures. Ce dimensionnement est défini dans le respect de règles dites « neige et vents » qui précisent les conditions dans lesquelles les charges apportées par la neige et les efforts du vent doivent être pris en compte dans la conception. Certains bâtiments, comme le bâtiment nucléaire de surface et l'une des deux usines de ventilation, est en outre conçue pour résister à des chargements beaucoup plus importants (notamment la résistance à la chute d'avions). En complément, les prises d'air de la ventilation sont toutes situées en hauteur pour éviter les risques d'obstruction. Cette disposition permet de garantir les fonctions de sûreté accomplies par la ventilation des installations sensibles. Sur alerte vigilance de Météo France, les installations peuvent être mises en sécurité et les accès sont déneigés.

La maîtrise des risques liés à la foudre repose d'une part sur la surveillance des prévisions météorologiques et d'autre part, sur la mise en place de systèmes de protection contre la foudre tels que des dispositifs de capture et de mise à la terre des équipements métalliques conducteurs, des parafoudres sur les lignes haute tension et des parasurtenseurs au niveau des armoires électriques. Ces équipements permettent d'éviter le déclenchement d'un incendie lié à la foudre ou de protéger les installations électriques, pour permettre la continuité de service. Ces dispositions de protection couvrent également les risques de dysfonctionnements liés aux interférences électromagnétiques induites par les coups de foudre.

Des dispositifs de protection des installations sensibles (comme des bandes de pelouses rases et la mobilisation rapide des équipes d'intervention incendie) sont prévues vis-à-vis des feux de forêt (cf. Chapitre 11.3.2.4 du présent volume).

Modalité de suivi

Un suivi des installations et des températures des installations sensibles est réalisé tout au long de la phase de fonctionnement.

2.2.2.2 Recyclage des eaux produites

Mesure de réduction : recyclage des eaux produites			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Climat **Risques météorologiques**	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZD, ZP)	APR, CI, F

Dans un souci d'économie de la ressource, des filières de traitement des eaux sont prévues sur le centre de stockage afin de recycler une partie des eaux produites. Ces eaux recyclées alimentent les postes les plus consommateurs en eau, notamment la fabrication du béton et l'arrosage des espaces verts, et fonctionnement du tunnelier.

Modalité de suivi

Surveillance des consommations d'eau :

- en ce qui concerne l'utilisation rationnelle et la surveillance des consommations d'eau, les fréquences de suivi des consommations sont définies. Une surveillance continue des consommations d'eau potable, des volumes d'eau recyclée et des volumes d'eau d'exhaure est réalisée.

Surveillance du bon fonctionnement des ouvrages constituant les dispositifs de recyclage des eaux :

- l'utilisation des eaux recyclées pour des usages d'eau non potable du centre de stockage Cigéo fait l'objet d'une demande auprès de l'agence régionale de santé (ARS). Un suivi très spécifique des eaux de recyclage est mis en place pour vérifier la performance des dispositifs d'approvisionnement ;
- les ouvrages constituant les dispositifs de recyclage des eaux (réseaux et cuves) font l'objet d'un entretien préventif et d'un contrôle régulier de leur état et de leur bon fonctionnement. L'ensemble des opérations d'entretien et de contrôle effectuées est consigné sur un registre éventuellement informatisé et tenu à la disposition de l'administration. En complément, un suivi des incidents ayant entraîné l'arrêt des dispositifs de recyclage de eaux (y compris analyse des causes et mesures prises pour y remédier) est mis en place. Ce suivi est consigné sur un registre, éventuellement informatisé et tenu à la disposition de l'administration.

Ce suivi permet de garantir le bon fonctionnement des ouvrages constituant les dispositifs de recyclage des eaux et leur pérennité.

2.2.2.3 Choix d'essences résistantes aux sécheresses pour la végétalisation du site et dans le cadre de la compensation

Mesure de réduction : choix d'essences résistantes aux sécheresses pour la végétalisation du site et dans le cadre de la compensation			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Climat **Risques météorologiques**	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZD, ZP)	APR, CI, F

L'anticipation du réchauffement climatique est également prise en compte dans le choix des essences pour la végétalisation du site et dans le cadre de la compensation. À titre d'exemple, le chêne est favorisé du fait de son enracinement profond apte à supporter de fortes sécheresses.

Modalité de suivi

L'Andra met en place une veille sur les « alertes sécheresse » avec Météo-France.

2.2.2.4 Dimensionnement des bassins de collecte des eaux pluviales pour une pluie centennale

Mesure de réduction : dimensionnement des bassins de collecte des eaux pluviales pour une pluie centennale			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Climat **Risques météorologiques**	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZD, ZP)	APR, CI, F

Sur le centre de stockage Cigéo, les bassins de collecte des eaux pluviales sont dimensionnés avec des marges de sûreté de façon à collecter les eaux pluviales lors d'évènements pluvieux extrêmes au-delà des évènements historiques et pour des périodes de retour centennales.

En outre, en cas de pluies fortes à très fortes, la présence des multiples bassins de rétention sur les installations assure une régulation des débits rejetés en aval du centre de stockage Cigéo afin d'éviter toute incidence notable sur le débordement des cours d'eau à proximité du site et d'inondation des villages[1].

Par ailleurs, la capacité des bassins à gérer les évènements extrêmes, dont les précipitations, sera réévaluée au minimum tous les 10 ans, lors des révisions réglementaires des études de sûreté nucléaire, appelés « réexamens de sûreté ». L'aménagement de ces bassins sur les sites du centre de stockage (en zone descenderie et en zone puits) permet leur extension.

Modalité de suivi

Un suivi régulier des volumes d'eau recueillis dans les bassins de gestion des eaux sera réalisé.

2.2.2.5 Sécurisation de la ligne RTE

Mesure de réduction : Sécurisation de la ligne RTE			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Climat **Risques météorologiques**	RTE	Alimentation électrique	APR, CI, F

La sécurisation de la ligne RTE la rend plus résistante aux évolutions du climat. Par ailleurs, le projet de raccordement électrique du centre de stockage Cigéo ne présente pas de vulnérabilité particulière au changement climatique. La technologie mise en œuvre par RTE pour ses installations est éprouvée et utilisée sur d'autres installations en fonctionnement.

RTE assure également l'entretien régulier et la mise à niveau du réseau de transport électrique en France. En outre, l'indisponibilité temporaire du réseau électrique RTE est prévue dans la conception du centre de stockage, qui dispose de groupes électrogènes de secours pour assurer l'alimentation électrique minimale nécessaire à l'arrêt des opérations sensibles et à la mise en sécurité des installations.

Modalité de suivi

Un suivi des installations et des températures des installations sensibles est réalisé tout au long de la phase de fonctionnement.

[1] Les incidences temporaires et permanentes du projet sur les eaux superficielles et souterraines sont évaluées respectivement aux chapitres 5.1 et 5.2 du présent volume.

2.2.3 Incidences résiduelles

Les choix de conception intègrent la prise en compte de l'évolution à long terme des risques météorologiques du fait des effets du changement climatique.

Le projet n'est pas vulnérable aux hausses de température et augmentation des vagues de chaleur. Le changement climatique ne conduit pas à la survenue d'incidence supplémentaire du projet dans le cas de survenue des risques concernés.

L'augmentation des épisodes de sécheresse n'a pas d'incidence résiduelle sur le projet qui a mis en place des mesures pour réduire sa consommation en eau.

Compte tenu du dimensionnement des bassins de collecte des eaux pluviales et de leur adaptabilité sur les décennies à venir, le renforcement des précipitations extrêmes n'aura pas d'incidence résiduelle sur le projet.

La conception des installations prend d'ores et déjà en compte des dispositions constructives permettant de résister à des conditions climatiques extrêmes.

La vulnérabilité du projet aux risques météorologiques et à l'aggravation de ces risques du fait du changement climatique est très faible.

Aucune mesure compensatoire n'est nécessaire.

2.2.4 Synthèse des incidences et mesures vis-à-vis des risques météorologiques et de la vulnérabilité au changement climatique

Le tableau 2-4 synthétise les mesures mises en œuvre pour réduire la vulnérabilité du projet aux risques météorologiques et à leur évolution à long terme dans le cadre du changement climatique. Ces mesures permettent ainsi de réduire les incidences du projet en cas de survenue de ces risques.

Tableau 2-4 Synthèse des mesures mises en œuvre pour limiter l'impact à long terme sur les conditions météorologiques locales et donc les effets des risques météorologiques et du changement climatique dans le cadre du projet global Cigéo

Incidences potentielles	Mesures	Type (ERC)	Phase (APR, CI, F)	Effet attendu de la mesure	Modalités de suivi	MOA	Opération
Vulnérabilité du projet aux risques météorologiques et à l'aggravation de ces risques du fait du changement climatique	**Vulnérabilité du projet aux risques météorologiques et à l'aggravation de ces risques du fait du changement climatique : Niveau d'incidences potentielles : Notable**						
	Choix de conception des installations nucléaires et de protection, des équipements électriques résistant aux risques météorologues extrêmes	R	APR, CI, F	Réduire la vulnérabilité du projet évènements climatiques extrêmes	Suivi des installations et des températures	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Recyclage des eaux produites	R	APR, CI, F	Anticiper le réchauffement climatiques	Surveillance des consommations d'eau Surveillance du bon fonctionnement des ouvrages constituant les dispositifs de recyclage des eaux	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Choix d'essences résistantes aux sécheresses pour la végétalisation du site et dans le cadre de la compensation	R	APR, CI, F	Anticiper le réchauffement climatiques	Suivi de la résistance des végétaux Alerte sécheresse Météo France	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Dimensionnement des bassins de collecte des eaux pluviales pour une pluie centennale	R	APR, CI, F	Recueillir les précipitations extrêmes	Suivi des volumes recueillis	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Sécurisation de la ligne RTE	R	APR, CI, F	Réduire la vulnérabilité du projet au changement climatique	Suivi des installations et des températures	RTE	Alimentation électrique
	Vulnérabilité du projet aux risques météorologiques et à l'aggravation de ces risques du fait du changement climatique : Niveau d'incidences résiduelles : Très faible						

*Type de mesure : **E :** évitement ; **R :** réduction ; **C :** compensation : **A** : accompagnement.*

*Phase : **APR** : aménagements préalables ; **CI** : construction initiale ; **F** : fonctionnement.*

Les risques météorologiques répertoriés sur l'aire d'étude éloignée sont les tempêtes, les orages et les phénomènes associés, les fortes pluies, les chutes de neige et le verglas, les périodes de grand froid, les canicules et les périodes de sécheresse. Les effets du changement climatique peuvent aggraver les situations de risques appliquées au projet global Cigéo, notamment par l'augmentation des températures de fonctionnement des équipements, l'augmentation du risque incendie et la survenue de précipitations extrêmes.

Le projet n'est pas de nature à modifier les risques météorologiques existants.

L'incidence potentielle du projet global Cigéo est considérée comme notable vis-à-vis de la vulnérabilité aux risques météorologiques, ainsi qu'à l'aggravation de ces risques liée au changement climatique.

La conception du projet global Cigéo intègre la prise en compte des risques météorologiques extrêmes et leur aggravation du fait du changement climatique : tempêtes, canicules, grands froids y compris neige, fortes précipitations et foudre.

Les installations nucléaires et les équipements importants pour leur protection sont conçus pour fonctionner sur des plages de température très larges :

- de -15 °C à + 35 °C en continu ;
- de -20 °C à + 42 °C pendant sept jours consécutifs ;
- de -25 °C à + 47 °C pendant 12 heures consécutives.

La forte inertie des ouvrages en béton armé, dont une partie est enterrée, fait qu'ils sont peu sensibles à ces températures extrêmes.

Des dispositifs de protection des installations sensibles sont prévues vis-à-vis des feux de forêt. L'anticipation du réchauffement climatique est également prise en compte par le choix d'essences résistantes à la sécheresse, pour la végétalisation du site et dans le cadre de la compensation.

Concernant le risque lié aux fortes précipitations, les bassins de collecte des eaux pluviales sont dimensionnés avec des marges de sûreté de façon à collecter les eaux pluviales lors d'évènements pluvieux extrêmes au-delà des évènements historiques et pour des périodes de retour centennales.

Ces mesures permettent de garantir que le projet n'est pas vulnérable aux risques météorologiques actuels et à venir. Les incidences du projet global Cigéo qui résultent de la survenue de ces évènements sont donc très faibles.

La vulnérabilité du projet aux risques météorologiques et à l'aggravation de ces risques du fait du changement climatique est très faible.

2.3 Énergie et gaz à effet de serre (GES)

2.3.1 Incidences potentielles

En phase d'aménagements préalables, les principales sources d'émissions de gaz à effet de serre du centre de stockage Cigéo sont :

- la consommation d'énergie thermique et émission de gaz d'échappement pour les engins de chantier ;
- la perte de séquestration carbone liées au défrichement et à l'artificialisation de terres agricoles ;
- la fabrication de béton pour la réalisation des ouvrages.

Les opérations d'alimentation électrique, d'adduction d'eau, de mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000 et de déviation de la route départementale D60/960 sont émettrices de gaz à effets de serre pendant leurs travaux de construction. Ces opérations entrainent également une artificialisation des terres qui perdent leur capacité de séquestration carbone. Par ailleurs, en phase de fonctionnement l'opération d'expédition et transport des colis de déchets radioactifs induit l'émission de gaz à effet de serre. Ces émissions sont minimes au regard de celles du centre de stockage Cigéo.

En phase de construction initiale, les principales sources d'émissions de gaz à effet de serre du centre de stockage Cigéo sont :

- la fabrication des bétons pour les installations de surface et l'installation souterraine ;
- la consommation d'énergie thermique et les émissions de gaz d'échappement pour les engins de creusement et les transferts de matériaux que ce soit par la route ou par l'ITE et la ligne ferroviaire 027000 en fonctionnement ;
- la consommation d'énergie électrique pour la construction des bâtiments et les éclairages.

En phase de fonctionnement, les principales sources d'émissions de gaz à effet de serre du centre de stockage Cigéo sont :

- la fabrication des bétons pour les travaux d'extension des ouvrages souterrains ;
- la consommation d'énergie thermique et les émissions de gaz d'échappement pour les engins de creusement et les transferts de matériaux que ce soit par la route ou par l'ITE et la ligne ferroviaire 027000 et l'opération d'expédition et transport des colis de déchets radioactifs en fonctionnement ;
- la consommation d'énergie électrique pour la ventilation et le traitement de l'air des installations nucléaires de surface et de l'installation souterraine ;
- les chaudières d'une puissance installée totale de l'ordre de 12,5 MW réparties sur les zones descenderie et zone puits.

Le tableau 2-5 synthétise les incidences potentielles du projet global Cigéo sur l'énergie et les GES.

Les incidences potentielles suite à l'émission de gaz à effet de serre sont notables pour l'ensemble des opérations du projet global Cigéo.

Tableau 2-5 Incidences potentielles du projet global Cigéo sur l'énergie et les gaz à effet de serre

Incidences potentielles	Centre de stockage Cigéo	Alimentation électrique	Adduction d'eau	Mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000	Déviation de la route départe-mentale D60/960	Expédition et transport des colis de déchets radioactifs
Émissions de gaz à effet de serre (GES)	APR, CI, F	APR	APR	APR, CI, F	APR	F

En orange : incidence potentielle notable ; en bleu : incidence potentielle non notable
***APR** : aménagements préalables ; **CI** : construction initiale ; **F** : fonctionnement*

2.3.2 Mesures d'évitement

Une mesure d'évitement est proposée afin de limiter les émissions de gaz à effet de serre.

Mesure d'évitement : évitement partiel des zones boisées			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Gaz à effet de serre	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZD, ZP)	APR, CI, F

Le choix a été fait de répartir la zone d'intervention potentielle du centre de stockage Cigéo entre des espaces forestiers et des espaces agricoles. Ainsi, plusieurs centaines d'hectares de forêts ne sont pas défrichées et conservent leur capacité de séquestration du carbone qui est bien supérieure à celles des terrains cultivés.

Modalité de suivi

Un suivi de la répartition de l'occupation des sols, et notamment des surfaces boisées, est réalisé tout au long du projet global Cigéo.

2.3.3 Incidences après mesures d'évitement

Les calculs s'appuient sur la méthode et les facteurs d'émission de la base Bilan Carbone® Version 7.2. La méthodologie est détaillée au chapitre 2.3 du volume VII de la présente étude d'impact.

Les sources de contribution considérées dans cette première approche sont les estimations des consommations énergétiques (électricité, gaz, hydrocarbures pour les engins et les frets internes), des besoins en matières premières principales (en particulier le béton), des transports et des déplacements de personnels et des surfaces artificialisées.

En prenant en compte la réalisation et le fonctionnement du projet global Cigéo, les émissions totales de gaz à effet de serre réparties sur une période supérieure à 100 ans sont estimées à ce stade d'avant-projet de l'ordre de 11 millions teqCO_2 (tonnes en équivalent Carbone).

À titre de comparaison, les émissions de CO_2 liées à la production électrique en France en 2019 étaient de 19,2 millions de tonnes, correspondant notamment à 17,5 millions de tonnes émises par les centrales thermiques fossiles, qui ont fourni un peu moins de 8 % de la production totale. La majorité des déchets prévus d'être stockés dans le centre de stockage Cigéo sont liés à la filière de production d'électricité d'origine nucléaire, dont les émissions de gaz à effet de serre sont estimées entre 6 et 11 g de CO2 par kWh produits (bases Carbone de l'Ademe et Ecoinvent). Avec une production électrique moyenne de 400 TWh/an, on peut estimer que le projet global Cigéo n'impacte pas significativement le bilan carbone de la production électrique d'origine nucléaire, dont il représenterait, après mesures de réduction et évitement, moins de 4 % à 9 % des émissions.

Détail de la démarche sur la séquestration carbone

Le stock de carbone d'un écosystème varie selon la nature du sol, le type d'écosystème et les pratiques de gestion associée. La capacité de séquestration carbone correspond au flux moyen annuel entre l'atmosphère et l'écosystème et ce flux peut être positif ou négatif. Ainsi, sur la zone du centre de stockage Cigéo, l'occupation du sol se décompose entre :

- 388 ha de surfaces agricoles dont environ 95 % de surfaces cultivées dont la capacité de séquestration carbone est très faible, voire qui sont émettrices de carbone et quelques prairies avec une capacité de séquestration carbone modérée ;
- 42 ha de surfaces artificialisées dont la capacité de séquestration carbone est très faible ;
- 258 ha de forêt dont environ 59 ha présentent une forte capacité de séquestration carbone (bois Lejuc) et 0,5 ha une très forte capacité de séquestration carbone. Les 40 % de surface boisée restants présente une capacité moyenne de séquestration carbone ;
- 33 ha de milieux ouverts qui présentent une capacité carbone généralement moyenne voir faible quand ces milieux ouverts se situent sur des sols peu profonds.

Au cours de la phase des aménagements préalables, les travaux de défrichement, puis les travaux de terrassement engendrent d'une part, l'émission de CO_2 dans l'atmosphère : le carbone organique présent dans les sols étant déstocké au cours de la minéralisation de la matière organique, et d'autre part, limitent significativement voire suppriment la capacité future de séquestration carbone des écosystèmes remaniés. Ainsi les écosystèmes forestiers à capacité de séquestration carbone moyenne ou forte deviennent définitivement des écosystèmes artificialisés à capacité de séquestration carbone très faible, voire nulle (surfaces imperméabilisées).

2.3.4 Mesures de réduction

Plusieurs mesures de réduction sont proposées afin de limiter les émissions de gaz à effet de serre.

2.3.4.1 Intégration des évolutions technologiques dans la conception du projet

Mesure de réduction : intégration des évolutions technologiques dans la conception du projet			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Gaz à effet de serre	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZD, ZP, ZIOS, LIS, ITE)	APR, CI, F
	CD52	Déviation de la RD60/960	
	RTE	Alimentation électrique	
	SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000	
	SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau	

Le bilan carbone est actualisé durant toutes les phases de conception puis sur toute la durée de vie des installations afin de maintenir une démarche visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre.

L'objectif, conformément à la Stratégie nationale bas-carbone (4), compte tenu de la longue durée dans laquelle s'intègre le projet global Cigéo, est d'intégrer, à chaque fois que c'est possible, les évolutions technologiques qui permettront dans les années à venir de réduire ces émissions et en particulier celles liées à la consommation énergétique. Le projet global Cigéo bénéficiera donc des évolutions technologiques qui seront mise en place dans le contexte d'une économie globalement décarbonée visé par le gouvernement dans les prochaines décennies et après vérification que celles-ci n'entrainent pas de risque supplémentaire.

Modalité de suivi

Un suivi régulier du bilan carbone est réalisé de la conception jusqu'à la fermeture du centre de stockage.

2.3.4.2 Desserte du centre de stockage par train

Mesure de réduction : desserte du centre de stockage par train			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Gaz à effet de serre	Andra	Centre de stockage Cigéo (ITE)	CI, F
	SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000	F

Les émissions de gaz à effet de serre induites par l'installation terminale embranchée pendant la phase de fonctionnement du centre de stockage (de l'ordre d'une centaine d'années) sont estimées de l'ordre de 2 500 tonnes équivalent CO_2 (teq CO_2).

Pendant cette phase, sans la réalisation de cette infrastructure, l'acheminement des convois de colis de déchets nucléaires et de fret devraient être réalisés par camion. Les émissions associées à l'utilisation de ce mode de transport sur une distance équivalente (14 km) seraient d'environ 12 000 teq CO_2. L'installation terminale embranchée, couplée à la ligne 027000 mise à niveau, permet ainsi un gain de 9 500 teq CO_2. Par ailleurs, la mise en service de cette installation pendant les aménagements préalables permet son utilisation pour les transports de matériaux pour la construction et donc la réduction de la circulation de camions.

Modalité de suivi

Un suivi de la part de fret par train par rapport à la route est réalisé durant toutes les phases du projet.

2.3.4.3 Amélioration des capacités de séquestration carbone

Mesure de réduction : Maintien et restitution des capacités de séquestration carbone			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Gaz à effet de serre	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZP, ZD)	CI, F

L'optimisation des surfaces artificialisées par le centre de stockage Cigéo a été prise en compte dès sa conception.

Ainsi, 37 ha de bois actuellement pris en compte dans la zone du centre de stockage sont conservés et 52 ha de bois et lisières créés permettent de restituer une partie de la capacité de séquestration carbone au cours de la phase de fonctionnement du projet.

Par ailleurs, la compensation forestière portant sur une surface de l'ordre de 275 ha correspondant à environ deux fois la surface défrichée lors de la première phase pourra permettre le reboisement de parcelles actuellement dégradées et améliorer leur pouvoir de séquestration carbone (cf. Chapitre 8.2 du présent volume).

Une superficie d'environ 24 ha de zones agricoles est conservée en zone descenderie. Dans le cadre du projet, elle est gérée en tant que surface naturelle des milieux ouverts. Cette surface permet de maintenir une partie de la capacité de séquestration carbone de la zone descenderie.

Les mesures de compensation du milieu naturel, notamment celles qui visent les milieux boisés et les milieux prairiaux contribuent également à favoriser la capacité de séquestration carbone.

Modalité de suivi

Un suivi de la répartition de l'occupation des sols, et notamment de la part des surfaces végétalisées, est réalisé tout au long du projet global Cigéo.

2.3.4.4 Réduction des besoins en matériaux

Mesure de réduction : réduction des besoins en matériaux			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Gaz à effet de serre	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZP, ZD)	APR, CI, F

Une attention particulière est apportée lors des études, à la conception d'installations simples et durables répondant au juste besoin et minimisant les quantités en matériaux (en cohérence avec les schémas départementaux des carrières de la Meuse et de la Haute-Marne) pour leur construction mais également pour leur maintenance et leur entretien à plus long terme compte tenu de la durée de vie du projet global Cigéo.

Lors des opérations de jouvence, la priorité donnée à la rénovation des bâtiments du centre de stockage et non leur déconstruction permet un gain de l'ordre de 7 000 teq CO_2.

Modalité de suivi

Un suivi des quantités et types de matériaux consommés est réalisé tout au long du projet global Cigéo. Ce suivi est réalisé au regard des objectifs fixés en phase de conception afin de s'assurer de sa bonne exécution.

2.3.4.5 Utilisation de matériaux à faible émission

Mesure de réduction : utilisation d'un béton bas Carbone			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Gaz à effet de serre	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZP, ZD)	APR, CI, F

Pour les bâtiments conventionnels, l'utilisation de béton bas carbone permet de réduire notablement les émissions associées. La faisabilité d'utiliser des bétons à faible contenu Carbone est étudiée pour la construction du bâtiment nucléaire semi-enterré et de l'installation souterraine qui sont les plus gros consommateurs de matières premières entrantes. L'émission par tonne d'un béton bas Carbone peut être de l'ordre de 20 % de celle d'un béton classique.

Modalité de suivi

Un suivi des quantités et types de matériaux consommés est réalisé tout au long du projet global Cigéo. Ce suivi est réalisé au regard des objectifs fixés en phase de conception afin de s'assurer de sa bonne exécution.

2.3.4.6 Utilisation rationnelle de l'énergie

Mesure de réduction : utilisation rationnelle de l'énergie dans les bâtiments			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Gaz à effet de serre	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZP, ZD, ITE, ZIOS)	APR, CI, F

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.

Par exemple, afin de limiter les besoins en climatisation et en chauffage, les installations tertiaires sont isolées et équipées de protection solaire efficace.

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.

Le dimensionnement des installations de chauffage fait l'objet d'une recherche d'optimisation en visant à répondre au juste besoin.

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.

Sont par ailleurs à l'étude, les possibilités de la récupération d'énergie sur les systèmes de traitement d'air en particulier au niveau de l'installation souterraine. En effet, pour maintenir des conditions optimales pour le fonctionnement des équipements et pour les opérateurs dans l'installation souterraine, la température de l'air entrant doit être adaptée en fonction des conditions extérieures de température et d'humidité afin de maîtriser les phénomènes de condensation. L'air extrait est échauffé par le gradient de température liée à la profondeur, la dissipation thermique dans les zones de stockage de colis et la récupération des calories générées par la centrale de refroidissement installée au fond assurant la régulation d'ambiance pour les équipements électriques et électroniques. Un échange thermique entre l'air extrait et l'air soufflé de la partie souterraine en exploitation permettrait un préchauffage de l'air entrant et une limitation des consommations d'énergie primaire.

Pour les systèmes de transfert et de manutention sont étudiés :

- le remplacement du système à enrouleur du pont stockeur par des rails frotteurs avec récupération de l'énergie pour contribuer à l'alimentation du pont ;
- la faisabilité de la récupération d'énergie sur les systèmes de transfert verticaux en puits ;
- l'intégration d'échangeurs sur les réseaux d'eaux pour permettre un préchauffage de l'eau sanitaire par les eaux « grises » provenant des douches au niveau des principaux vestiaires.

L'optimisation concerne aussi le fonctionnement des éclairages des installations en prenant en compte la géolocalisation du personnel et la nature des activités. L'éclairage est limité au juste besoin. Tous les bureaux occupés en moyenne plus d'une heure par jour comportent des baies transparentes permettant une vue directe vers l'extérieur à l'horizontale du regard depuis les postes de travail et apportant une lumière naturelle suffisante. Les protections solaires laissent passer assez de lumière naturelle pour ne pas avoir à allumer l'éclairage artificiel quand elles sont en place. 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 installé dans les bâtiments tertiaires. Une optimisation des puissances est recherchée en optant pour l'ajout ponctuel de compléments d'appoint pour les opérations de maintenance en particulier. Les équipements d'éclairage utilisés sont à faible consommation.

Compte tenu des hypothèses retenues à ce stade pour les bilans de consommations, un gain important peut-être envisagé.

Modalité de suivi.

Les consommations énergétiques feront l'objet d'un suivi annuel *via* des compteurs répartis sur les sites et des actions d'optimisation pourront être conduites durant toute la vie de l'installation en prenant en compte les évolutions technologiques.

2.3.4.7 Recours aux énergies renouvelables

Mesure de réduction : recours aux énergies renouvelables			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Gaz à effet de serre	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZP, ZD)	CI, F

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. Elles présentent des risques de projections de pales qui ne sont pas acceptables dans une installation nucléaire.

Par contre, l'installation de chaudières biomasse permet d'éviter l'émission de CO_2 d'environ 3000 teq CO_2 par rapport à une solution avec gaz.

Pour les locomotives des trains assurant la desserte du centre de stockage Cigéo, l'utilisation d'énergie renouvelable en remplacement d'hydrocarbures actuellement envisagés est à l'étude.

Enfin, l'installation de panneaux solaires sur les toitures des bâtiments tertiaires est à l'étude pour participer à l'approvisionnement en eau chaude sanitaire.

Modalité de suivi

Un suivi des énergies renouvelables utilisées sur le centre de stockage et des puissances de ces énergies dans la part des énergies utilisées est réalisé tout au long des phases du projet de centre de stockage.

2.3.4.8 Réduction des émissions liées aux engins et véhicules thermiques

Mesure de réduction : réduction des émissions liées aux engins et véhicules thermiques			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Gaz à effet de serre	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZP, ZD, LIS, ITE, ZIOS)	APR, CI, F

L'attention est également portée sur la consommation des engins et véhicules qui doit respecter les normes limitant les émissions de gaz à effet de serre, faire l'objet d'entretien régulier et respecter des normes récentes.

<u>Véhicules électriques et hybrides</u>

L'utilisation de véhicules et engins électriques et hybrides est privilégiée dès que possible. Elle est développée en particulier pour les déplacements de personnels sur les installations et les trajets travail-domicile.

Afin de réduire l'usage des carburants fossiles, des navettes sont mises en place dès la phase de construction pour les déplacements entre les différentes zones de chantiers. Des vélos et des voitures électriques sont également proposés sur les sites. Des actions de sensibilisation à la conduite économique et écologique sont organisées.

<u>Fret ferroviaire</u>

L'approvisionnement des colis de déchets depuis les sites producteurs est effectué majoritairement par rail. Ce mode de transport est également privilégié pour le fret des matériaux et matériels. C'est dans cet objectif que l'Andra a retenu la création d'une plateforme logistique à Gondrecourt-le-Château et l'implantation sur la zone descenderie d'un terminal permettant la réception du fret conventionnel.

<u>Gestion des terres</u>

Concernant la gestion des terres, pour minimiser les transports mais également la consommation de ressources, l'objectif recherché pour l'aménagement des zones est un équilibre entre déblais et remblais, lorsque les caractéristiques des matériaux le permettent.

<u>Convoyeurs à bande</u>

Quant aux matériaux issus des creusements, l'utilisation d'une bande transporteuse pour leur transfert de la zone descenderie vers la zone verses permet une réduction des émissions de l'ordre de 200 teq CO_2.

Afin de réduire le trafic PL sur la partie sud-ouest et ouest du site (côté Saudron), il est mis en place un convoyeur permettant de relier l'ITE à la ZP *via* le convoyeur de la LIS.

La systématisation du transport des matériaux de creusement par convoyeurs sur les zones, si possible électriques, est également étudiée.

Modalité de suivi

Un contrôle et un entretien régulier des véhicules et engins est réalisé tout au long de leur utilisation sur le site.

2.3.4.9 Surveillance et maintenance des équipements contenant des fluides frigorigènes

Mesure de réduction : surveillance et maintenance des équipements contenant des fluides frigorigènes			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Gaz à effet de serre	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZP, ZD)	CI, F
	RTE	Alimentation électrique	

Les installations de climatisation et de traitement utilisent autant que possible les fluides frigorigènes présentant de faibles impacts sur l'effet de serre en cas de fuite.

Certaines installations nécessitent toutefois, compte tenu des techniques actuelles, l'utilisation de gaz présentant des facteurs d'émission représentatifs d'une influence possible sur le climat. Il s'agit par exemple des matériels de coupure, en particulier les disjoncteurs dans les postes électriques, qui utilisent comme isolant de l'Hexafluorure de Soufre (SF_6), À l'heure actuelle, aucun gaz offrant des performances techniques, économiques et de sécurité équivalente ne peut se substituer au SF_6 dans les matériels électriques. Le gaz est confiné en petites quantités au sein des postes de transformation (de l'ordre de 500 kg pour le poste de transformation le plus important (400/90 kV). Le fonctionnement normal des postes de transformateurs n'entraine aucune émission de SF_6[2]. La contribution aux émissions de gaz à effets de serre par les équipements électriques de RTE et du centre de stockage Cigéo est négligeable.

Modalité de suivi

Contrôles d'étanchéité des équipements frigorifiques ou climatiques : Lorsque cela est requis par la règlementation, notamment celle relative aux ICPE et aux émissions de gaz à effet de serre, des contrôles d'étanchéité des équipements frigorifiques ou climatiques sont réalisés. Les résultats des contrôles effectués sont consignés sur un registre éventuellement informatisé et tenu à la disposition de l'administration.

Inventaire des équipements et stockage fixes susceptibles d'être à l'origine des émissions de gaz à effet de serre fluorés : Pour les installations contenant des gaz à effet de serre fluorés, un inventaire des équipements et des stockages fixes qui contiennent plus de 2 kg de fluide est mis en place et maintenu à jour (avec précision de la capacité unitaire, du fluide contenu, ainsi que la quantité maximale susceptible d'être présente dans des équipements sous pression transportables ou dans des emballages de transport).

Registre de suivi des opérations de dégazage : Pour les installations contenant des gaz à effet de serre fluorés, un registre des opérations de dégazage ayant entraîné ponctuellement une émission de plus de 20 kg de fluides ou ayant entraîné au cours de l'année civile des émissions cumulées supérieures à 100 kg est mis en place et maintenu à jour. Ces opérations sont portées à la connaissance du représentant de l'État dans le département et à l'Autorité de sûreté nucléaire (pour les opérations ayant eu lieu au sein du périmètre de l'INB).

[2] Pour information, certaine activités industrielles (notamment la métallurgie) ou utilisations dispersives (exemples : chaussures de sport, pneus d'automobiles…) induisent lors de leur fonctionnement des émissions importantes de SF_6.

2.3.4.10 Critères de sobriété énergétique et minimisation de l'impact Carbone lors de la consultation des entreprises

Mesure de réduction : critères de sobriété énergétique et minimisation de l'impact Carbone lors de la consultation des entreprises			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Gaz à effet de serre	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZD, ZP, ZIOS, LIS, ITE)	APR, CI, F
	CD52	Déviation de la route départementale D60/960	
	RTE	Alimentation électrique	
	SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000	
	SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau	

Les offres des entreprises qui seront sollicitées pour la réalisation des équipements et la construction des installations seront analysées en prenant en compte leur approche dans la recherche de sobriété énergétique et la minimisation de l'impact Carbone.

Modalité de suivi

Un suivi des mesures annoncées dans les offres des entreprises est réalisé tout au long des chantiers.

2.3.4.11 Optimisation de la gestion des déchets

Mesure de réduction : optimisation de la gestion des déchets			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Gaz à effet de serre	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZD, ZP, ZIOS, LIS, ITE)	APR, CI, F
	CD52	Déviation de la route départementale D60/960	
	RTE	Alimentation électrique	
	SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000	
	SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau	

Afin d'assurer une gestion des déchets privilégiant la valorisation et le recyclage, des déchetteries industrielles conventionnelles sont installées dès le début de la phase de construction initiale du centre de stockage. Ces déchetteries prendront en charge les déchets liés à la construction du centre de stockage Cigéo puis les déchets conventionnels induits par son fonctionnement (cf. Chapitre 10.4 du présent volume).

Ces déchetteries permettent une gestion optimisée des déchets et une orientation vers les filières adaptées.

Les déchets produits par les entreprises font l'objet d'un suivi permettant de veiller à une production raisonnée et les transports vers les filières seront ainsi rationnalisés.

Les autres maîtres d'ouvrage prennent également en compte dès les phases de conception une démarche d'optimisation de leurs déchets en particulier ceux induits lors des opérations de construction.

Afin de limiter l'incidence sur l'environnement du transport des déchets, les filières de traitement locales du Grand Est sont privilégiées. Il n'est pas envisagé de transfert transfrontalier de déchets.

Modalité de suivi

Un suivi des tonnages de déchets acheminés vers les différentes filières est réalisé tout au long des chantiers. Le suivi spécifique aux déchets est précisé au chapitre 10 du présent volume.

Tenue et maintien à jour d'un registre déchets : La tenue d'un registre déchets permet de justifier :

- de la caractérisation et de la quantification des déchets générés, notamment des déchets dangereux (suivi des quantités de déchets produits et stockés sur site permettant de vérifier que les quantités stockées ne dépassent pas un mois de production ou un lot normal d'expédition vers l'installation de valorisation ou d'élimination) ;
- de l'élimination de tous les déchets générés (traçabilité dans le registre de la nature, du tonnage, de filière d'élimination, conservation des bordereaux de suivi et des documents justificatifs de traitement…).

2.3.5 Incidences résiduelles

Une démarche d'estimation et de recherche de dispositions de réduction des émissions de gaz à effet de serre a été intégrée au projet par l'ensemble des acteurs dès le début de la conception. De plus, le bilan carbone du projet global Cigéo continuera d'être suivi tout au long de la vie séculaire du projet. Le projet global Cigéo bénéficiera des évolutions technologiques qui seront mise en place dans le contexte d'une économie globalement décarbonée porté par la stratégie nationale bas carbone.

Grâce à l'optimisation des surfaces artificialisées du projet global Cigéo (notamment la conservation de 37 ha de bois et la création de 52 ha de bois et lisières), aux mesures de compensation forestières sur une surface de l'ordre de 275 ha et aux mesures de compensation du milieu naturel, la forte capacité de séquestration du carbone de la région est très faiblement impactée.

Ainsi, le bilan carbone du projet global Cigéo est inférieur à 10 millions teq CO_2 au total, de la conception à la fermeture de centre de stockage. Cela équivaut à environ 6 700 teq CO_2 par an pendant 150 ans, soit environ 0,02 % des émissions annuelles nationales. Le bilan carbone du projet global Cigéo peut également être mis en perspective des émissions de CO_2 liées à la production d'électricité d'origine nucléaire, ainsi, le bilan d'émissions de gaz à effet de serre du projet global Cigéo ne représente que 4 % à 9 % du bilan de la production totale d'électricité d'origine nucléaire.

Le projet global Cigéo a une incidence résiduelle faible sur les émissions de gaz à effet de serre.

Aucune mesure compensatoire spécifique au bilan carbone n'est prévue.

2.3.6 Synthèse des incidences et mesures relatives à l'énergie et aux émissions de GES

Le tableau 2-6 synthétise les mesures mises en œuvre afin de limiter les impacts sur les émissions de gaz à effet de serre.

Tableau 2-6 Synthèse des mesures mises en œuvre pour limiter les émissions de gaz à effet de serre dans le cadre du projet global Cigéo

Incidences potentielles	Mesures	Type (ERC)	Phase (APR, CI, F)	Effet attendu de la mesure	Modalités de suivi	MOA	Opération
Émissions de GES	Émissions de GES : Niveau d'incidences potentielles : Notable						
	Évitement partiel des zones boisées	E	APR, CI, F	Conservation des puits de carbone	Suivi de la répartition de l'occupation des sols et notamment des surfaces boisées	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Intégration des évolutions technologiques dans la conception du projet	R	APR, CI, F	Réduction de l'empreinte carbone	Suivi régulier du bilan carbone depuis la conception jusqu'à la fermeture	Andra	Centre de stockage Cigéo
						CD52	Déviation de la route départementale D60/960
						RTE	Alimentation électrique
						SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000
						SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau
	Desserte du centre de stockage par train	R	CI, F	Évitement des émissions de GES liés au transport	Suivi des trafics de trains et de camions accédant au centre de stockage Cigéo	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Maintien et restitution des capacités de séquestration carbone	R	CI, F	Augmentation de la séquestration carbone	Suivi de la répartition de l'occupation des sols, notamment des surfaces végétalisées	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Réduction des besoins en matériaux	R	APR, CI, F	Réduction de l'empreinte carbone	Suivi des quantités et types de matériaux consommés	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Utilisation d'un béton bas carbone	R	APR, CI, F	Réduction de l'empreinte carbone	Suivi des quantité et types de matériaux consommés	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Utilisation rationnelle de l'énergie	R	APR, CI, F	Réduction des consommations d'énergie	Surveillance des consommations d'énergie	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Recours aux énergies renouvelables	R	CI, F	Réduction de l'empreinte carbone	Suivi des puissances d'énergies renouvelables installées	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Réduction des émissions liées aux engins et véhicules thermiques	R	APR, CI, F	Réduction des consommations énergétiques et émissions de GES	Contrôle du bon entretien des véhicules et engins	Andra	Centre de stockage Cigéo
		R	CI, F	Réduction des émissions de GES		Andra	Centre de stockage Cigéo

Incidences potentielles	Mesures	Type (ERC)	Phase (APR, CI, F)	Effet attendu de la mesure	Modalités de suivi	MOA	Opération
	Surveillance et maintenance des équipements contenant des fluides frigorigènes				Contrôles d'étanchéité des équipements frigorifiques ou climatiques Inventaire des équipements et stockage fixes susceptibles d'être à l'origine des émissions de gaz à effet de serre fluorés Registre de suivi des opérations de dégazage	RTE	Alimentation électrique
	Critère de sobriété énergétique lors de la consultation des entreprises	R	APR, CI, F	Réduction de l'empreinte carbone	Suivi des mesures annoncées dans les offres des entreprises	Andra	Centre de stockage Cigéo
						CD52	Déviation de la route départementale D60/960
						RTE	Alimentation électrique
						SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000
						SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau
	Optimisation de la gestion des déchets	R	APR, CI, F	Réduction de l'empreinte carbone par la valorisation et le recyclage des déchets	Suivi des tonnages de déchets acheminés vers les différentes filières Tenue et maintien à jour d'un registre déchets	Andra	Centre de stockage Cigéo
						CD52	Déviation de la route départementale D60/960
						RTE	Alimentation électrique
						SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000
						SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau
	Émissions de GES : Niveau d'incidences résiduelles : Faible						

*Type de mesure : **E :** évitement ; **R :** réduction ; **C :** compensation ; **A** : accompagnement.*
*Phase : **APR** : aménagements préalables ; **CI** : construction initiale ; **F** : fonctionnement.*

Le projet global Cigéo vient s'insérer dans un environnement rural, dominé par des espaces agricoles et forestiers. Les espaces forestiers bénéficient d'un fort pouvoir de séquestration carbone.

Dès la phase des aménagements préalables (et jusqu'au démantèlement des installations), les sources de contribution aux émissions de gaz à effet de serre correspondent aux consommations énergétiques (électricité, hydrocarbures pour les engins et les frets internes), aux besoins en matières premières principales (en particulier le béton), aux transports, aux déplacements de personnels et aux surfaces artificialisées. Ce sont les phases de travaux du centre de stockage Cigéo qui présentent le plus d'émissions de gaz à effet de serre.

En termes de mesures d'évitement, le choix a été fait de répartir la zone d'intervention potentielle du centre de stockage Cigéo entre des espaces forestiers et des espaces agricoles. Ainsi, plusieurs centaines d'hectares de forêts ne sont pas défrichées et conservent leur capacité de séquestration du carbone, qui est bien supérieure à celles des terrains cultivés.

Des mesures de réduction sont mises en œuvre : l'amélioration continue du bilan carbone au cours des prochaines phases de conception et durant son fonctionnement afin que le projet global Cigéo bénéficie des évolutions technologiques qui seront mises en place dans le contexte d'une économie globalement décarbonée porté par la stratégie nationale bas carbone, la desserte du centre de stockage par train, l'optimisation des surfaces artificialisées, la réduction des besoins en matériaux, l'utilisation de béton bas carbone, l'utilisation rationnelle de l'énergie, le recours aux énergies renouvelables, la réduction des émissions liées aux engins et véhicules thermiques. Aucune mesure compensatoire spécifique au bilan carbone n'est prévue.

Après ces mesures, le bilan carbone est de l'ordre de 10 millions teqCO_2, de la conception à la fermeture de centre de stockage (soit sur une période séculaire). Cela équivaut à environ 6 700 teq CO_2 par an, soit environ 0,02 % des émissions annuelles nationales actuelles. Le bilan carbone du projet global Cigéo peut également être mis en perspective des émissions de CO_2 liées à la production d'électricité d'origine nucléaire, qu'il n'impacte pas significativement en représentant de l'ordre de 4 % à 9 % de celles-ci.

Le projet global Cigéo a une incidence résiduelle faible sur les gaz à effet de serre.

2.4 Qualité de l'air

Le projet global Cigéo entraine des émissions de substances dans l'air de type conventionnel et radiologique. Les incidences sur la santé sont développées au volume VI de la présente étude d'impact. Les effets sur la biodiversité des émissions conventionnelles et radiologiques sont développés au chapitre 6 du présent volume.

2.4.1 Émissions conventionnelles

2.4.1.1 Incidences potentielles

Les substances émises peuvent être des gaz ou des particules (poussières). Compte-tenu de l'utilisation des installations existantes d'expédition et du volume du trafic extrêmement faible, l'opération d'expédition et de transport des colis de déchets radioactifs n'engendre pas d'incidence potentielle notable.

Les sources d'émission retenues pour l'évaluation de l'impact sur la qualité de l'air sont de trois types :

- sources linéiques dues aux véhicules circulant sur le site et sur le réseau principal (routes nationales et départementales) ;
- sources surfaciques liées à la présence d'engins et de stocks de matériaux à l'air libre ;
- sources canalisées liées aux bâtiments du centre de stockage Cigéo.

La liste des gaz et particules considérés sont ceux susceptibles d'être émis en quantité plus ou moins importante à au moins une des phases du projet global Cigéo et lien avec l''article R. 221 1 du code de l'environnement.

Les substances retenues dans le cadre de l'évaluation des incidences sur la qualité de l'air, sont :

- le monoxyde de carbone (CO), émis principalement par les véhicules et engins de chantier ;
- les oxydes d'azote (NO_x) émis principalement par les véhicules et les chaudières ;
- les oxydes de soufre (SO_x) émis essentiellement par les chaudières ;
- les particules ; susceptibles d'être principalement émises lors des travaux de terrassement et du transport. Les particules sont classées en fonction de leur taille qui conditionne leurs effets sur la santé notamment ou leur capacité à rester en suspension dans l'air :
  - ✓ les PM_{10} : particules dont le diamètre est inférieur à 10 microns (µm) soit 0,01 mm ;
  - ✓ les $PM_{2,5}$: particules dont le diamètre est inférieur à 2,5 microns (µm) soit 0,0025 mm.

Les hydrocarbures, notamment les composés organiques volatiles (COV) au travers de l'étude du benzène sont pris en compte afin d'évaluer les risques sanitaires (cf. Chapitre 3 du présent volume). Les COV sont principalement émis par les véhicules et engins de chantier.

Le benzo(a)pyrène (HAP), l'ozone, les métaux (plomb, cadmium, nickel et arsenic), bien qu'indiqués dans l'article R. 221-1 du code de l'environnement, et l'hexafluorure de soufre ne sont pas retenues dans le cadre de l'évaluation des incidences sur la qualité de l'air. Les raisons sont détaillées au chapitre 2.4.1.2 du présent volume.

Le tableau 2-7 synthétise les incidences potentielles du projet global Cigéo sur les émissions conventionnelles.

Compte-tenu de son ampleur et de sa durée, le projet global Cigéo est susceptible d'avoir une incidence notable sur la qualité de l'air. Pour l'opération d'expédition et transport des colis de déchets radioactifs l'incidences potentielles sur la qualité de l'air est considérée non notables du fait des faibles trafics considérés sur des infrastructures de transport existantes.

Tableau 2-7 Incidences potentielles des émissions conventionnelles du projet global Cigéo sur la qualité de l'air

Incidences potentielles	Centre de stockage Cigéo	Alimentation électrique	Adduction d'eau	Mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000	Déviation de la route départe-mentale D60/960	Expédition et transport des colis de déchets radioactifs
Émissions conventionnelles	APR, CI, F	APR	APR	APR, CI, F	APR, CI, F	

En orange : incidence potentielle notable ; en bleu : incidence potentielle non notable
***APR** : aménagements préalables ; **CI** : construction initiale ; **F** : fonctionnement*

La figure 2-5 et le tableau 2-8 simplifié, issus du rapport de l'Ademe « Qualité de l'air et émissions polluantes des chantiers du BTP » (5) daté de 2017, présentent les conséquences de la pollution de l'air sur l'environnement (l'eau, les sols, la faune et la flore), la santé humaine, l'agriculture et le patrimoine bâti (salissure).

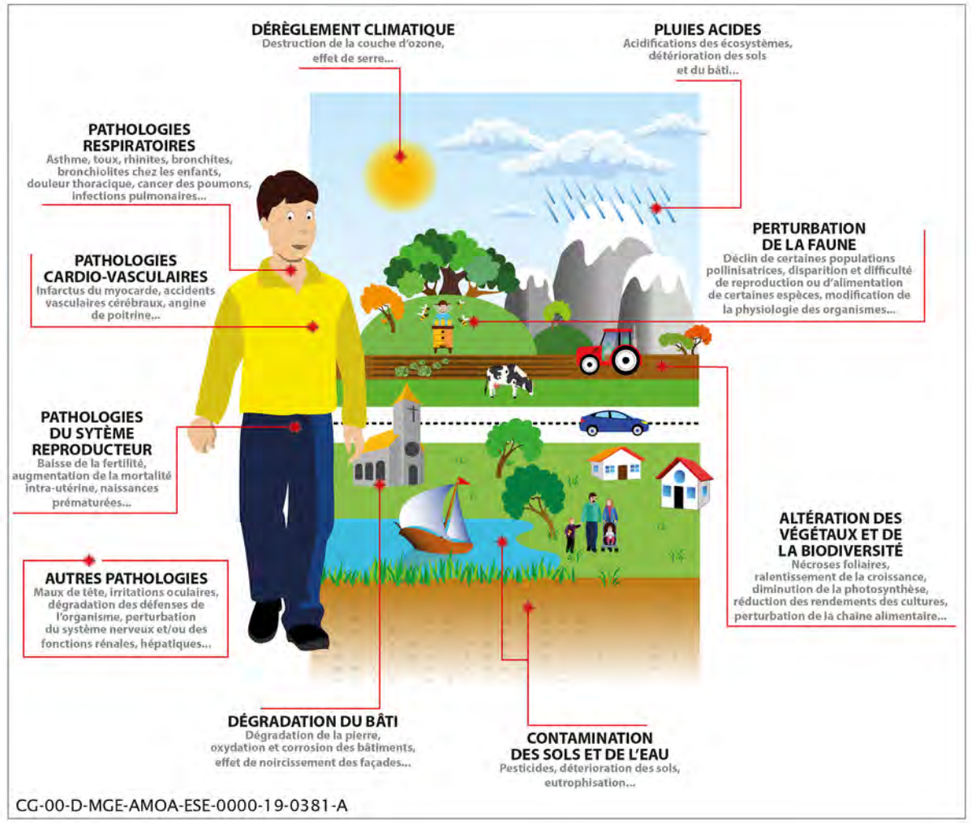


Figure 2-5 Effets de la pollution de l'air sur l'environnement et la santé humaine

Tableau 2-8 Principaux effets de la pollution atmosphérique sur l'environnement et la santé humaine

Substances	Effets observés sur l'environnement					
	Sol	Eau	Flore	Faune	Santé humaine	Agriculture Bâti
Poussières ($PM_{2,5}$ et PM_{10})	• acidification du pH du sol par déposition de poussières et de substances adsorbées ; • pollution du sol par dépôt atmosphérique ou écoulement pluvial ; • impact sur les communautés microbiennes et fongiques du sol et altération du cycle des nutriments.	• augmentation de la matière en suspension et de la matière dissoute dans les eaux de surface ; • acidification du pH due à la dilution dans l'eau des SO_x et NO_x adsorbés sur les poussières ; • apport de métaux qui étaient absorbés sur les poussières ; • création d'un film sur les eaux stagnantes.	• réduction de l'évapotranspiration et de la photosynthèse ; • augmentation de la fréquence des maladies des plantes et d'infection par des espèces nuisibles ; • réduction de l'efficacité des pesticides ; • atteinte aux feuilles par déposition de substances adsorbées (soufre acide, métaux) (exposition aigue) ; • réduction de la croissance, floraison et reproduction des plantes.	• perturbation de l'écosystème aquatique ; • effets oxydatifs sur les mammifères et les poissons (pour les $PM_{2,5}$ et PM_{10}).	Voir chapitre 4.2 du volume VI de la présente étude d'impact	• légère baisse éventuelle de rendement des cultures ; • salissures des façades, des vitres.
NO_x dont NO_2)	• acidification (directe ou indirecte *via* pluie acide) ; • contribution à la concentration de nitrates dans le sol.	• acidification du pH ; • eutrophisation.	• lésions acides directe ou indirecte *via* pluies acides (pH < 3) ; • lésions nécrotiques et défoliation excessive des feuilles.	• atteintes à l'appareil pulmonaire des oiseaux ; • atteintes à la survie des poissons par acidification de l'eau.		
SO_x (dont SO_2)	• acidification (directe ou indirecte *via* pluie acide)	• acidification du pH	• lésions acides directe ou indirecte *via* pluies acides ; • blocage de la photosynthèse ; • lésions nécrotiques des feuilles - Perte de chlorophylle, altération de la couleur.	• atteintes à l'appareil pulmonaire des oiseaux ; • effets sur la diversité, densité, croissance, taille, survie et reproduction des poissons par acidification de l'eau.		
COV	• adsorption sur les minéraux et particules du sol	• adsorption sur les sédiments	• bioaccumulation ; • croissante réduite de certaines plantes.	• lésions cancérigènes chez les mammifères et les poissons – Bioaccumulation ; • déficience reproductive chez les invertébrés.		

2.4.1.2 Mesures d'évitement et de réduction

2.4.1.2.1 Mesures d'évitement

a) Verses issues du creusement de l'installation souterraine principalement remontées sur la zone puits

Mesure d'évitement : verses issues du creusement de l'installation souterraine principalement remontées sur la zone puits			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Qualité de l'air	Andra	Centre de stockage Cigéo – Périmètre INB (ZP)	CI, F

Les verses issues du creusement de l'installation souterraine seront principalement remontées sur la zone puits afin d'éviter les substances et les poussières émises par les rotations de camions entre la zone descenderie et la zone puits (cf. Chapitre 2.4.1 du volume II de la présente étude d'impact).

Modalité de suivi

Un suivi des plans d'exécution sera réalisé durant toutes les phases de construction initiale et de fonctionnement.

b) Mise en place d'une bande transporteuse semi-enterrée entre la zone descenderie et la zone puits

Mesure d'évitement : mise en place d'une bande transporteuse semi-enterrée entre la zone descenderie et la zone puits			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Qualité de l'air	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZP, ZD, LIS)	CI, F

Afin d'éviter les substances et les poussières émises par les rotations de camions, une bande transporteuse semi-enterrée est construite. Elle sert pour le transport des matériaux entre les zones puits et descenderie. Ses caractéristiques sont décrites dans le volume II de la présente étude d'impact. Cette bande transporteuse est utilisée en phase de construction initiale et au besoin en phase de fonctionnement.

Modalité de suivi

Un suivi des volumes de matériaux transportés par la bande transporteuse sera réalisé.

c) Réutilisation de l'ancienne plateforme ferroviaire et de la ligne ferroviaire 027000

Mesure d'évitement : réutilisation de l'ancienne plateforme ferroviaire et de la ligne ferroviaire 027000			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Qualité de l'air	Andra	Centre de stockage Cigéo (ITE)	APR
	SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000	

Pour éviter les volumes terrassés et les quantités de poussières mises en suspension dans l'air lors des travaux, ont été réutilisées :

- l'ancienne plateforme ferroviaire pour une grande partie de l'ITE et réutilisation d'anciens terrains industriels déjà nivelés pour l'installation de la plateforme logistique de Gondrecourt-le-Château ;
- la ligne ferroviaire 027000.

Modalité de suivi

Un suivi des emprises réutilisées sera réalisé dès la conception.

d) Raccordement à la ligne électrique très haute tension la plus proche

Mesure d'évitement : raccordement à la ligne électrique très haute tension la plus proche			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Qualité de l'air	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZP, ZD)	APR
	RTE	Alimentation électrique	

Le choix d'un raccordement électrique à la ligne THT existante réduit la longueur de ligne THT à créer et par conséquent la quantité de travaux à effectuer ce qui évite les émissions de substances associées aux travaux.

Modalité de suivi

Un suivi des plans d'exécution sera réalisé au démarrage des travaux.

e) Réutilisation de déblais en remblais

Mesure d'évitement : réutilisation de déblais en remblais			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Qualité de l'air	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZD, ZP, ITE, LIS, ZIOS)	APR, CI
	SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000	
	CD 52	Déviation de la route départementale D60/960	
	RTE	Alimentation électrique	APR
	SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau	

Pour le centre de stockage Cigéo, comme présenté au chapitre 3.4.2.1 du présent volume, les choix de conception effectués par l'Andra pour le centre de stockage Cigéo ont abouti à l'équilibre du bilan remblai/déblai à l'issue de la phase de construction initiale du centre de stockage.

Les maîtres d'ouvrage respectifs des autres opérations ont pour objectif la réutilisation des déblais en remblais sur leur chantier ou éventuellement sur une autre opération du projet global Cigéo sous réserve des caractéristiques physiques et géotechniques des matériaux.

Ainsi, l'ensemble des terres et matériaux déblayés sont utilisés en tant que remblais *in situ* à l'issue de la phase de construction initiale afin d'éviter les substances et les poussières émises par les rotations de camions.

Modalité de suivi

Un suivi des volumes de déblais réutilisés en remblais est réalisé pour l'ensemble du projet global Cigéo, permettant d'optimiser les volumes et de tracer leurs déplacements.

2.4.1.2.2 Mesures de réduction

Les mesures de réduction proposées ci-dessous permettent de réduire les incidences sur la qualité de l'air en :

- limitant les émissions de poussières à proximité des zones d'intervention potentielles ;
- réduisant les émissions des gaz d'échappements des véhicules ou des installations.

a) Prise en compte des conditions météorologiques

Mesure de réduction : prise en compte des conditions météorologiques			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Qualité de l'air	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZP, ZD, LIS, ITE)	APR
	CD52	Déviation de la route départementale D60/960	
	RTE	Alimentation électrique	
	SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000	
	SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau	

Les conditions météorologiques sont prises en compte pour limiter les poussières générées par certaines opérations de travaux :

- traitement à la chaux uniquement les jours de faible vent ;
- arrosage des pistes par temps sec.

Figure 2-6 Arrosage des pistes pour limiter l'envol de poussières par temps sec

Modalité de suivi

Les entreprises en charge des travaux suivent les alertes météorologiques (fortes pluies, périodes de sécheresse, vents importants). Il est inscrit dans les cahiers des charges des entreprises de travaux l'adaptation des activités en fonction des conditions météorologiques. Des mesures régulières des dépôts de poussières sur le sol sont réalisées.

Suivi des dispositions prises en vue de prévenir l'envol de poussières et de matières diverses : l'état des dispositifs de confinement est vérifié (capotages des bandes transporteuses, silos de stockage…).

b) Mise en place de dispositifs pour limiter les émissions de poussières

Mesure de réduction : mise en place de dispositifs pour limiter les émissions de poussières			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Qualité de l'air	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZP, ZD, LIS, ITE)	APR, CI, F

Les installations de manipulation, transvasement, transport de produits pulvérulents sont, autant que possible, munies de dispositifs de capotage et d'aspiration. Les camions transportant des terres sont bâchés et les silos de stockage sont équipés d'un système de filtration afin de collecter et filtrer les poussières.

Modalité de suivi

Il est inscrit dans les cahiers des charges des entreprises de travaux l'adaptation de méthodes les moins émissives de poussières. Des mesures régulières des dépôts de poussières sur le sol sont réalisées.

Suivi des dispositions prises en vue de prévenir l'envol de poussières et de matières diverses : l'état des dispositifs de confinement est vérifié (capotages des bandes transporteuses, silos de stockage…).

Suivi du bon fonctionnement des dispositifs de captation, de filtration et d'épuration des rejets atmosphériques : Les dispositifs de captation, de filtration et d'épuration des rejets (effluents gazeux, poussières, odeurs) font l'objet d'une maintenance préventive et d'un contrôle régulier, afin de respecter les valeurs limites et de ne pas générer d'odeur incommodante ou nuisible. L'ensemble des opérations d'entretien et de contrôle effectuées est

consigné sur un registre éventuellement informatisé et tenu à la disposition de l'administration. Pour les installations de combustion, ces opérations sont consignées dans le livret de chaufferie.

c) Gestion optimisée des déblais et remblais permettant la réduction des distances de transport des matériaux par camion

Mesure de réduction : gestion optimisée des déblais et remblais permettant la réduction des distances de transport des matériaux par camion			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Qualité de l'air	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZP, ZD, LIS, ITE)	APR

La gestion des déblais/remblais est optimisée autant que possible à l'intérieur de chacune des zones puits et descenderie. Cette gestion optimisée des terrassements limite le transport pour l'évacuation extérieure des matériaux ou à l'inverse l'approvisionnement en matériaux extérieurs.

Cela permet de limiter les émissions à la fois de poussières par roulage et de gaz de combustion.

Modalité de suivi

Les entreprises de travaux doivent établir des plans de circulation des poids lourds optimisés. Des mesures régulières des dépôts de poussières sur le sol et de la qualité de l'air sont réalisées.

Suivi des dispositions prises en vue de prévenir l'envol de poussières et de matières diverses : L'état des dispositifs de confinement est vérifié (capotages des bandes transporteuses, silos de stockage…).

d) Mise en place d'un revêtement sur les pistes principales empruntées par les véhicules

Mesure de réduction : mise en place d'un revêtement sur les pistes principales empruntées par les véhicules			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Qualité de l'air	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZP, ZD, LIS, ITE)	APR

Afin de limiter les émissions de poussière par « roulage », les revêtements des pistes principales sont réalisés sur les pistes empruntées par les véhicules.

Modalité de suivi

Le phasage des travaux intégré la mise en œuvre des revêtements des pistes. Des mesures régulières des dépôts de poussières sur le sol sont réalisées.

Suivi des dispositions prises en vue de prévenir l'envol de poussières et de matières diverses : L'état des dispositifs de confinement est vérifié (capotages des bandes transporteuses, silos de stockage…).

e) Limitation de la vitesse de circulation des véhicules

Mesure de réduction : limitation de la vitesse de circulation des véhicules			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Qualité de l'air	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZP, ZD, LIS, ITE)	APR, CI, F

Afin de limiter les émissions de poussière par « roulage », la vitesse de circulation des véhicules est limitée. La réduction de la vitesse contribuera à réduire les envols de poussière, tout en réduisant les émissions de gaz d'échappement.

Modalité de suivi

Des contrôles de vitesse des véhicules de chantier seront réalisés régulièrement et de manière inopinée.

f) Entretien des véhicules

Mesure de réduction : entretien des véhicules			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Qualité de l'air	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZP, ZD, LIS, ITE)	APR, CI, F
	CD52	Déviation de la route départementale D60/960	
	RTE	Alimentation électrique	
	SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000	
	SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau	

L'entretien des camions et engins est assuré régulièrement afin de conserver leurs performances d'origine et maintenir les émissions de substances annoncées par les constructeurs.

Modalité de suivi

Les entreprises en charge des travaux doivent mettre à disposition les cahiers de suivi et de contrôle de l'entretien des véhicules.

g) Émissaires de rejets canalisés en hauteur

Mesure de réduction : émissaires de rejets canalisés en hauteur			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Qualité de l'air	Andra	Centre de stockage Cigéo – Périmètre INB (ZD, ZP, ZIOS)	F

Les hauteurs des émissaires de rejets canalisés (cheminées) sont suffisantes (de l'ordre de 15 mètres) pour la bonne diffusion des rejets gazeux et fournissent ainsi des conditions de dispersion qui permettent de minimiser les incidences.

Modalité de suivi

Un plan de mesure des rejets conventionnels est élaboré et suivi tout au long de la phase de fonctionnement.

Suivi du bon fonctionnement des dispositifs de captation, de filtration et d'épuration des rejets atmosphériques : Les dispositifs de captation, de filtration et d'épuration des rejets (effluents gazeux, poussières, odeurs) font l'objet d'une maintenance préventive et d'un contrôle régulier, afin de respecter les valeurs limites et de ne pas générer d'odeur incommodante ou nuisible. L'ensemble des opérations d'entretien et de contrôle effectuées est consigné sur un registre éventuellement informatisé et tenu à la disposition de l'administration. Pour les installations de combustion, ces opérations sont consignées dans le livret de chaufferie.

S'agissant du suivi du bon fonctionnement des chaudières et réalisation des contrôles réglementaires, pour les installations de combustion comportant des chaudières :

- le respect des vitesses d'éjection des gaz est vérifié régulièrement (mesure lors du contrôle périodique de la pollution rejetée ou calculée grâce au débit mesuré lors de la mesure périodique de la pollution rejetée) ;
- une trace du bon fonctionnement continu du dispositif de traitement des poussières dans les gaz de combustion et du dispositif de traitement secondaire des Nox est conservée ou des informations le prouvant (par exemple suivi des concentrations à l'émission) ;
- les installations de combustion comportant des chaudières sont contrôlées et entretenues, et ces opérations sont consignées dans le livret de chaufferie.

2.4.1.2.3 Mesures de réduction spécifiques liées au dépôt et à la reprise des verses

a) Végétalisation des verses afin de réduire les surfaces soumises aux intempéries et au vent

Mesure de réduction : végétalisation des verses afin de réduire les surfaces soumises aux intempéries et au vent			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Qualité de l'air	Andra	Centre de stockage Cigéo – Périmètre INB (ZP)	CI, F

Le dépôt des verses représente une source d'émission de poussières en phase de construction initiale (qui se poursuivra en phase de fonctionnement).

Afin de réduire ces émissions, et leurs conséquences éventuelles sur la qualité de l'air, les verses sont progressivement végétalisées limitant ainsi les surfaces d'argiles soumises aux intempéries et au vent.

Modalité de suivi

Un suivi régulier de la superficie des verses à nue et des surfaces végétalisées sera réalisé tout au long des phases de construction initiale et de fonctionnement. En fonction des résultats de ce suivi des reprises de végétalisation seront réalisées en tant de besoin. Des mesures régulières des dépôts de poussières sur le sol seront réalisées.

b) Brumisation des verses non couvertes

Mesure de réduction : brumisation des verses non couvertes			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Qualité de l'air	Andra	Centre de stockage Cigéo – Périmètre INB (ZP)	CI, F

La brumisation est utilisée durant l'opération de déversement de l'argile sur la zone de dépôt afin de limiter l'envol de poussières.

Cette mesure prend effet au moment de leur dépôt au niveau de la zone puits, c'est-à-dire en phase de construction initiale. Elle continue en phase de fonctionnement sur le dépôt de verses non couvertes en zone Z2 puis éventuellement sur la zone Z3 au nord de la zone puits.

Modalité de suivi

Il est inscrit dans les cahiers des charges des entreprises de travaux l'adaptation de méthode les moins émissives de poussière. Des mesures régulières des dépôts de poussières sur le sol sont réalisées aux abords des verses.

2.4.1.3 Incidences résiduelles

La méthodologie d'évaluation des impacts sur la qualité de l'air et la réglementation définissant des objectifs de qualité de l'air sont présentées au chapitre 2.5 du volume VII de la présente étude d'impact.

Modélisations réalisées

Une modélisation de dispersion des émissions atmosphériques chimiques, réalisée à partir du logiciel ARIA Impact (6), a permis d'évaluer l'impact sur la qualité de l'air des émissions chimiques du projet global en phases de construction initiale et de fonctionnement dans l'aire d'étude rapprochée du milieu physique. La méthodologie et les principales hypothèses de cette modélisation sont détaillées au chapitre 2 du volume VII de la présente étude d'impact. Les résultats de cette modélisation sont présentés dans les chapitres suivants.

Aires d'études des modélisations

Les modélisations de dispersion atmosphérique doivent couvrir un domaine d'étude suffisamment étendu pour prendre en compte les opérations du projet global (zone puits, zone descenderie, liaison intersites et routes du domaine d'étude) et intégrer les communes situées à proximité (points cibles retenus). Ce domaine d'étude porte sur un carré de 16 km de côté centré sur le point de référence localisé au centre des installations de la zone puits et de la zone descenderie. Cette surface de modélisation est suffisante pour couvrir la zone d'influence des impacts.

Grandeurs calculées

Les simulations ont été réalisées en prenant en compte les cinq années de données météorologiques complètes (de 2015 à 2019). Les grandeurs calculées correspondent aux concentrations moyennes annuelles et aux dépôts au sol. Les résultats sont donnés sous forme de cartes et de tableaux.

Trois simulations sont réalisées pour les phases de construction initiale et de fonctionnement :

- simulation 1 : impact de la zone puits (ZP) ;
- simulation 2 : impact de la zone descenderie (ZD) ;
- simulation 3 : impact lié à l'ensemble des sources (ZP + ZD + LIS + trafic).

L'unité retenue pour exprimer les concentrations de substances dans l'air est le µg/m^3 (microgramme par mètre cube).

Les concentrations sont calculées au niveau du point le plus exposé en dehors du site (en termes de concentrations volumiques dans l'air), ainsi qu'au niveau des points cibles retenus. Les points cibles retenus sont des points récepteurs définis en fonction de l'aire d'étude (communes, et maillage de l'aire d'étude).

Pollution de fond

Les résultats de la modélisation tiennent compte des émissions détaillées dans le chapitre 2 du volume VII de la présente étude d'impact. La pollution de fond sur la zone d'étude est également présentée dans le chapitre 2 du volume VII de la présente étude d'impact. Cette pollution de fond a été ajoutée aux résultats de la modélisation pour estimer l'incidence cumulée à la pollution de fond.

Réglementation de la qualité de l'air

Les concentrations calculées sont comparées aux valeurs réglementaires de qualité de l'air exprimées en moyenne annuelle et rappelées au chapitre 2 du volume III de la présente étude d'impact, ainsi que dans les différents tableaux suivants présentant les résultats des modélisations.

OBJECTIF DE QUALITÉ

Un niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère à atteindre à long terme, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble.

VALEUR LIMITE

Un niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère fixé sur la base des connaissances scientifiques à ne pas dépasser dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble.

VALEUR CIBLE

Un niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné et fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble.

2.4.1.3.1 En phase d'aménagements préalables

Les activités menées en phase d'aménagements préalables sont principalement :

- pour le centre de stockage, des activités de terrassements qui permettront de réaliser les plateformes qui accueillent les installations construites en phase de construction initiale ;
- pour les autres opérations du projet global, des activités de terrassement puis de construction des infrastructures, équipements et superstructures nécessaires à leur mise en service.

Sur les zones puits et descenderie, le détail des activités susceptibles d'engendrer un impact sur la qualité de l'air est précisé ci-dessous :

- les opérations de défrichement : le broyage des branchages peut entraîner l'envol de particules. Cependant, l'envol de particules lié à ce type d'opération est limité en distance. Les copeaux et broyats génèrent des particules essentiellement de grosse taille, qui se déposent rapidement ;
- les opérations de terrassements et d'excavations incluant des opérations de criblage, de concassage des matériaux ainsi que le déplacement et le stockage des matériaux excavés, le creusement de tranchées pour le passage des différents réseaux et l'utilisation d'explosifs ;
- les éventuelles opérations de traitement des sols aux liants hydrauliques (chaux) ;
- la circulation de véhicules et d'engins de chantier ;
- le fonctionnement des installations de production de béton et de mortier nécessaires à la construction des infrastructures ;
- le fonctionnement de l'installation de la centrale d'enrobage qui permet de produire le revêtement des pistes de circulation ;
- les zones de stockage des matériaux utiles aux besoins du chantier.

Les travaux de réalisation de la liaison intersites, de l'installation terminale embranchée, de l'alimentation électrique, de l'adduction d'eau, de la mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000 et de la déviation de la route départementale D60/960 sont à l'origine de mise en suspension de poussières dans l'air et d'émissions de gaz de combustion en lien avec l'utilisation d'engins de chantier et de véhicules. Toutefois les chantiers concernent des surfaces moins importantes que les zones puits et descenderie et se font sur des durées plus courtes. Les émissions sont donc faibles au regard de celles émises sur les zones puits et descenderie.

Le rapport de l'Ademe intitulé « Qualité de l'air et émissions polluantes des chantiers du BTP » (5) daté de 2017 indique que le secteur du BTP représente une part importante des émissions de polluants atmosphériques en particulier pour les poussières et les COV.

C'est donc en phase d'aménagements préalables, aux abords des zones puits et descenderie, que la qualité de l'air est susceptible d'être dégradée par une augmentation de la concentration en poussières et en COV émis principalement par les véhicules et les engins de chantiers, et par la centrale d'enrobage de la zone descenderie (cette centrale d'enrobage fonctionnant de façon discontinue quelques mois par an uniquement pendant la phase d'aménagements préalables).

Les substances associées à chaque source de la phase d'aménagements préalables (APR) sont détaillées dans le tableau 2-9.

Tableau 2-9 Recensements des sources d'émissions atmosphériques en phase d'aménagements préalables

Source d'émission	Substances émises	Installations du projet global Cigéo
Terrassements	Poussières (PM10, PM2.5)	Zone descenderie, zone puits
		ITE, alimentation électrique, liaisons intersites, déviation de la route départementale D60/960, adduction d'eau, mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000
Défrichement	Poussières (PM10, PM2.5), NOx, CO, HC (dont COV)	Zone puits
Tirs d'explosifs	CO, NOx, SOx, NH_3	Zone descenderie, zone puits
Concasseur	Poussières (PM10, PM2.5)	Zone puits, zone descenderie
Circulation des véhicules (et engins de chantiers) – échappement des véhicules	NOx, CO, HC (dont COV), particules fines	Zone descenderie, zone puits
		Travaux : ITE, alimentation électrique, liaison intersites, déviation de la route départementale D60/960, adduction d'eau, mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000
Circulation des véhicules et engins de chantiers – Remise en suspension des poussières par passage des véhicules	Poussières (PM10, PM2.5)	Zone descenderie, zone puits
		ITE, alimentation électrique, liaisons intersites, déviation de la route départementale D60/960, adduction d'eau, mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000
Centrale d'enrobage	SOx, NOx, CO, HC (dont COV et HAP), métaux, particules fines	Zone descenderie
Centrale à béton	Poussières (PM10, PM2.5)	Zone descenderie, zone puits
Centrale à mortier	Poussières (PM10, PM2.5)	Zone descenderie, zone puits
Stockage de matériaux	Poussières (PM10, PM2.5)	Zone puits, zones descenderie

Une fois que les modalités de travaux sur les zones puits et descenderie sont définies dans leurs grands principes, une quantification des poussières et COV peut être réalisée en tenant compte des étapes de travaux, des nombres et des types d'engins, des cadences…

2.4.1.3.2 En phase de construction initiale

a) Sources et quantification des émissions en phase de construction initiale

La phase de construction initiale comprend principalement les travaux de gros œuvre du centre de stockage Cigéo. Les autres opérations du projet global sont en fonctionnement.

Le détail des activités susceptibles d'engendrer un impact sur la qualité de l'air en phase de construction initiale est précisé ci-dessous :

- les opérations de terrassements et d'excavations incluant des opérations de criblage, de concassage des matériaux ainsi que le déplacement et le stockage des matériaux excavés, le creusement de tranchées pour le passage des différents réseaux et l'utilisation d'explosif ;
- les éventuelles opérations de traitement des sols aux liants hydrauliques (chaux) des sols en place ;
- la circulation de véhicules et d'engins de chantier ;
- le fonctionnement des installations de production de béton et de mortier nécessaires à la construction des infrastructures ;
- les zones de stockage des matériaux excavés ou utiles aux besoin du chantier ;
- le creusement des liaisons surface-fond (puits et descenderie) ;
- les ateliers de maintenance (mécaniques, chaudronnerie, menuiserie...).

En phase de construction initiale, les modélisations concernent les émissions de la zone de descenderie, de la zone puits, de la liaison intersites et les émissions sur le réseau routier principal emprunté par les véhicules liés au projet global Cigéo.

Dans cette modélisation, les émissions suivantes n'ont pas été prises en compte :

- les émissions des tirs d'explosifs car elles sont très faibles, localisées et de courte durée ;
- les postes de transformation électrique car ils n'émettent des substances qu'en situation accidentelle ;
- l'installation terminale embranchée et la voie ferroviaire 027000 du fait de l'absence de données consolidées à ce stade des études. Pour ces deux projets, les émissions attendues sont très faibles au regard des activités listées dans le présent chapitre.

En phase de construction initiale (CI), les substances associées à chaque source sont détaillées dans le tableau 2-10.

Tableau 2-10 Recensements des sources d'émissions atmosphériques en phase de construction initiale

Source d'émission	Substances émises	Installations du projet global Cigéo
Circulation de véhicules (gaz d'échappements)	CO, NOx, COV, PM10, PM2.5	Zone descenderie, zone puits, LIS, routes départementales
Circulation de véhicules (roulage)	PM10, PM 2.5	Zone descenderie, zone puits, LIS, routes départementales
Engins de chantier (gaz d'échappement)	CO, NOx, COV, PM10, PM2.5	Zone descenderie, zone puits
Engins de chantier (activités de chantier et roulage)	PM10, PM 2,5	Zone descenderie, zone puits
Stockage des matériaux/terrains mis à nu	PM10, PM2.5	Zone descenderie, zone puits
Centrale à béton/mortier	PM10, PM2.5	Zone descenderie, zone puits
Atelier de maintenance (atelier mécanique)	NOx, CO, COV, HAP*, SOx et PM10 et PM2.5	Zone descenderie
Creusement (descenderie service, descenderie colis, puits air vicié (VVT), puits air vicié exploitation (VVE), puits (VFE, VFT, MMT)).	PM10, PM2.5, NOx, CO, COV	Zone descenderie, zone puits

** Les HAP ne sont pas retenus dans la modélisation (cf. Chapitre 2.4 du volume VII de la présente étude d'impact)*

La localisation des sources, les caractéristiques des émissions, des points de rejet et des flux pour chacune des sources, ainsi que le bilan des émissions sont présentés dans le chapitre 2 du volume VII de la présente étude d'impact.

La contribution de chaque zone est très variable selon les substances. La zone descenderie contribue majoritairement aux émissions globales calculées sur la zone d'étude pour toutes les substances mis à part le CO, pour lequel les contributions des zones puits et descenderie sont équivalentes.

Les contributions de la liaison intersites et du trafic routier extérieur au site sont négligeables devant les zones puits et descenderie pour toutes les substances.

b) Concentration dans l'air des émissions conventionnelles en phase de construction initiale

Le tableau 2-11, le tableau 2-12, et le tableau 2-13 suivants présentent les résultats de concentrations en moyenne annuelle pour la phase de construction initiale, pour chaque simulation et pour chaque substance étudiée. Les résultats sont présentés au niveau des points cibles.

Le code couleur bleu foncé indique un dépassement des seuils réglementaires.

Zone puits

Tableau 2-11 Concentrations en moyenne annuelle – Incidences liées à la zone puits (ZP) en phase de construction initiale

	Substances						
	CO	NOx	SO_2	PM10	PM2.5	COV	Benzène
Points cibles	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³
Bure	1,76	0,64	0,0049	1,14	0,82	0,12	0,09
Bonnet	0,60	0,22	0,0025	0,36	0,25	0,04	0,03
Gillaumé	0,20	0,07	0,00071	0,11	0,08	0,01	0,01
École Houdelaincourt	0,31	0,12	0,0014	0,18	0,12	0,02	0,01
Mandres-en-Barrois	0,51	0,19	0,0024	0,30	0,22	0,03	0,02
Ribeaucourt	0,48	0,18	0,0025	0,33	0,19	0,03	0,02
Saudron	0,58	0,22	0,0026	0,38	0,25	0,04	0,03
Hôtel du Bindeuil	0,36	0,13	0,0011	0,21	0,16	0,02	0,02
École Échenay	0,18	0,07	0,00068	0,10	0,07	0,01	0,01
Natura 2000	1,36	0,52	0,006	0,82	0,54	0,09	0,06
ZNIEFF	32,90	11,10	0,018	19,5	17,20	2,38	2,07
Valeurs réglementaires françaises :							
• Objectif de qualité	-	-	50	30	10	-	2
• Valeur limite	10 000*	40	-	40	25	-	5
• Valeur cible	-	-	-	-	20	-	-

** La valeur réglementaire pour le CO est la valeur limite réglementaire est de 10 000 µg/m³ pour le maximum journalier de la moyenne glissante sur huit heures.*

Les concentrations maximales dans l'aire d'étude en dehors du centre de stockage Cigéo sont situées en limite de site dans des zones non habitées.

Zone descenderie

Tableau 2-12 Concentrations en moyenne annuelle – Incidences liées à la zone descenderie (ZD) en phase de construction initiale

	Substances						
	CO	NOx	SO_2	PM10	PM2.5	COV	Benzène
Points cibles	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³
Bure	1,72	0,87	0,11	2,03	1,40	0,38	0,33
Bonnet	0,28	0,13	0,01	0,23	0,20	0,05	0,05
Gillaumé	0,37	0,17	0,01	0,64	0,34	0,05	0,03
École Houdelaincourt	0,14	0,07	0,01	0,11	0,10	0,03	0,02
Mandres-en-Barrois	0,75	0,35	0,03	0,77	0,60	0,14	0,12
Ribeaucourt	0,50	0,24	0,02	0,45	0,36	0,10	0,09
Saudron	1,60	0,78	0,11	2,04	1,16	0,41	0,35
Hôtel du Bindeuil	6,30	3,21	0,39	10,10	6,15	1,23	1,05
École Échenay	0,45	0,21	0,02	0,49	0,34	0,08	0,07
Natura 2000	0,30	0,14	0,01	0,24	0,22	0,06	0,05
ZNIEFF	0,90	0,44	0,04	0,87	0,71	0,18	0,06
Valeurs réglementaires françaises :							
• Objectif de qualité	-	-	50	30	10	-	2
• Valeur limite	10 000*	40	-	40	25	-	5
• Valeur cible	-	-	-	-	20	-	-

** La valeur réglementaire pour le CO est la valeur limite réglementaire est de 10 000 µg/m³ pour le maximum journalier de la moyenne glissante sur huit heures.*

Les concentrations maximales dans l'aire d'étude en dehors du centre de stockage Cigéo sont situées en limite de site à proximité de l'hôtel du Bindeuil.

Zone puits (ZP) + Zone descenderie (ZD) + Liaison intersites (LIS) + Trafic avec l'intégration de la pollution de fond

Tableau 2-13 Concentrations en moyenne annuelle – Incidences cumulées (ZP + ZD + LIS + Trafic) en phase de construction initiale

	Substances						
	CO	NOx	SO_2	PM10	PM2.5	COV	Benzène
Points cibles	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³
1. Bure	153,50	7,03	2,61	16,23	12,24	1,10	1,02
2. Bonnet	150,88	5,87	2,51	13,63	10,47	0,69	0,67
3. Gillaumé	150,57	5,74	2,51	13,77	10,43	0,66	0,64
4. École Houdelaincourt	150,46	5,70	2,51	13,35	10,24	0,65	0,64
5. Mandres-en-Barrois	151,27	6,06	2,54	14,13	10,83	0,78	0,75
6. Ribeaucourt	150,98	5,93	2,53	13,82	10,56	0,73	0,71
7. Saudron	152,20	6,52	2,61	15,49	11,43	1,05	0,97
8. Hôtel du Bindeuil	156,68	8,88	2,89	23,47	16,35	1,86	1,67
9. École Échenay	150,63	5,78	2,52	13,61	10,42	0,70	0,68
10. Natura 2000	151,67	6,16	2,52	14,08	10,76	0,75	0,71
11. ZNIEFF	183,80	6,16	2,56	33,46	27,93	3,16	2,83
Pollution de fond	150,00	5,50	2,50	13,00	10,00	0,60	0,60
Valeurs réglementaires françaises :							
• Objectif de qualité	-	-	50	30	10	-	2
• Valeur limite	10 000*	40	-	40	25	-	5
• Valeur cible	-	-	-	-	20	-	-

** La valeur réglementaire pour le CO est la valeur limite réglementaire est de 10 000 µg/m³ pour le maximum journalier de la moyenne glissante sur huit heures*

En dehors des limites des zones descenderie et puits et notamment au niveau des zones les plus exposées en dehors du centre de stockage Cigéo, les concentrations en moyenne annuelle sont inférieures aux valeurs réglementaires françaises de la qualité de l'air, excepté pour les poussières (PM10 et PM2.5) et le benzène :

- pour les PM10 et le benzène, les concentrations peuvent atteindre localement l'objectif de qualité en limite de la zone puits, au niveau de la zone ZNIEFF, tout en restant nettement inférieures à la valeur limite. À noter que la pollution de fond représente 30 % de l'objectif de qualité pour le benzène, et 43 % pour les PM10 ;
- pour les PM2.5, l'objectif de qualité est dépassé sur tout le domaine d'étude, la pollution de fond étant elle-même égale à cet objectif (10 µg/m³). Les concentrations peuvent atteindre localement la valeur limite en périphérie de la zone puits, au niveau de la zone ZNIEFF et dans des zones agricoles non habitées.

Les cartographies montrent que les concentrations les plus élevées sont situées à l'intérieur des limites du site, sur les zones puits et descenderie selon les substances étudiées.

L'impact lié à la liaison intersites et au trafic sur le réseau routier principal est négligeable vis-à-vis de l'impact lié aux zones descenderie et puits.

La figure 2-7, la figure 2-8, la figure 2-9, la figure 2-10 et la figure 2-11 présentent les concentrations pour les cinq substances qui présentent des valeurs réglementaires : NO_x, SO_2, PM10, PM2.5 et benzène.

Les aplats colorés montrent les zones où les concentrations au niveau du sol sont comprises entre deux valeurs. Lorsque les cartographies ne montrent aucun aplat coloré, cela signifie que le projet émet des concentrations inférieures aux valeurs réglementaires en tout point du domaine d'étude, y compris au plus près des sources d'émissions.

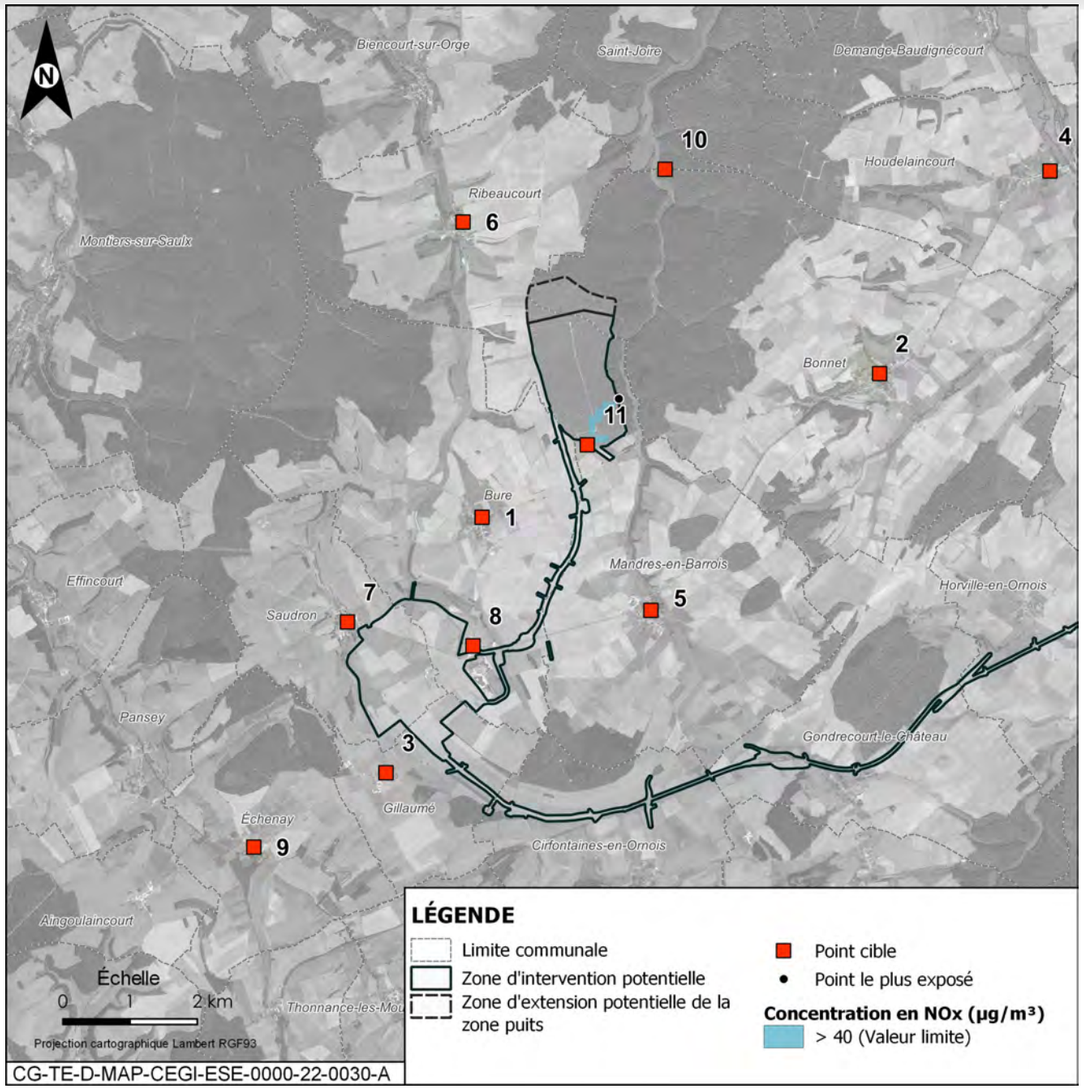


Figure 2-7 Concentration en NOx (µg/m³) en phase de construction initiale

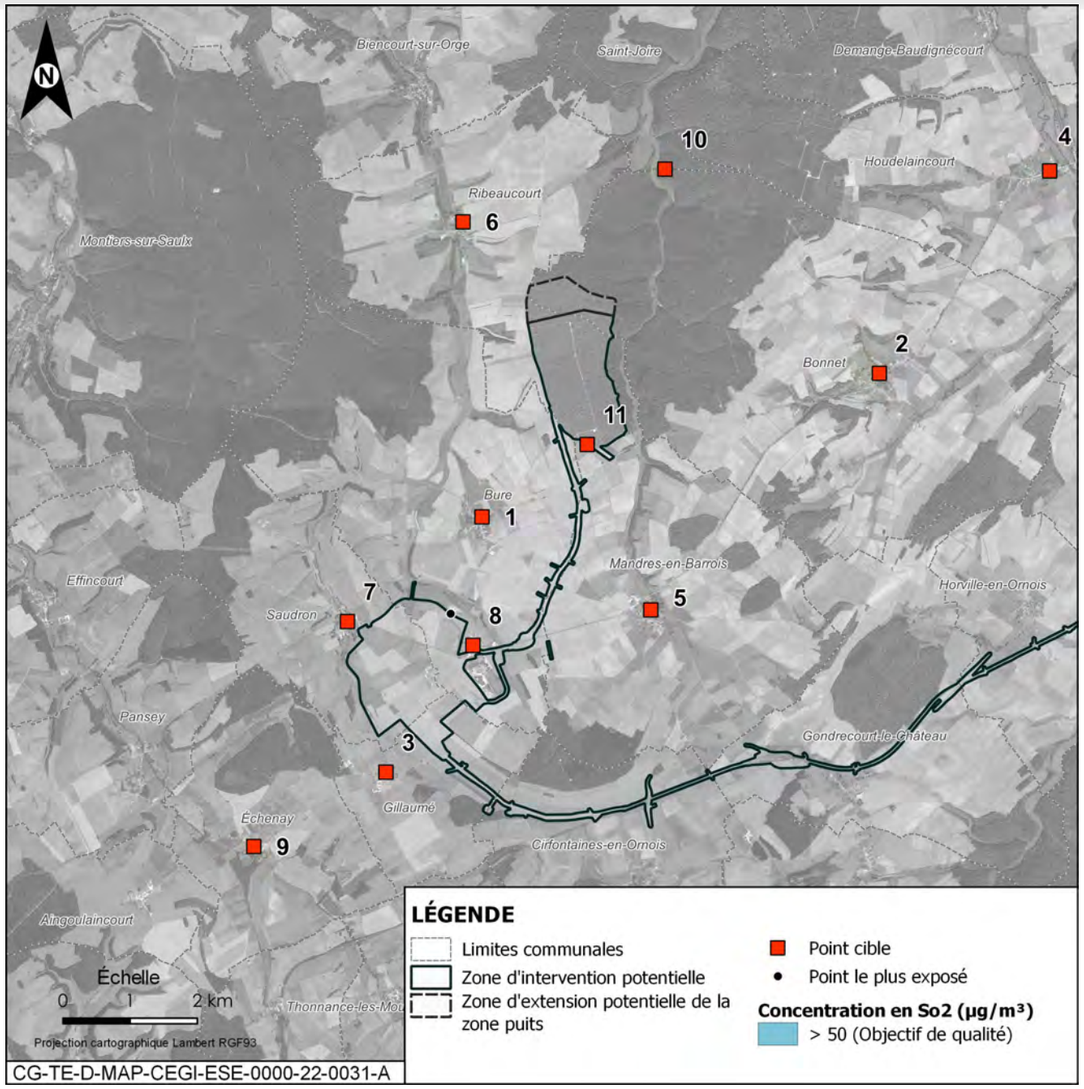


Figure 2-8 Concentration en SO_2 (µg/m³) en phase de construction initiale

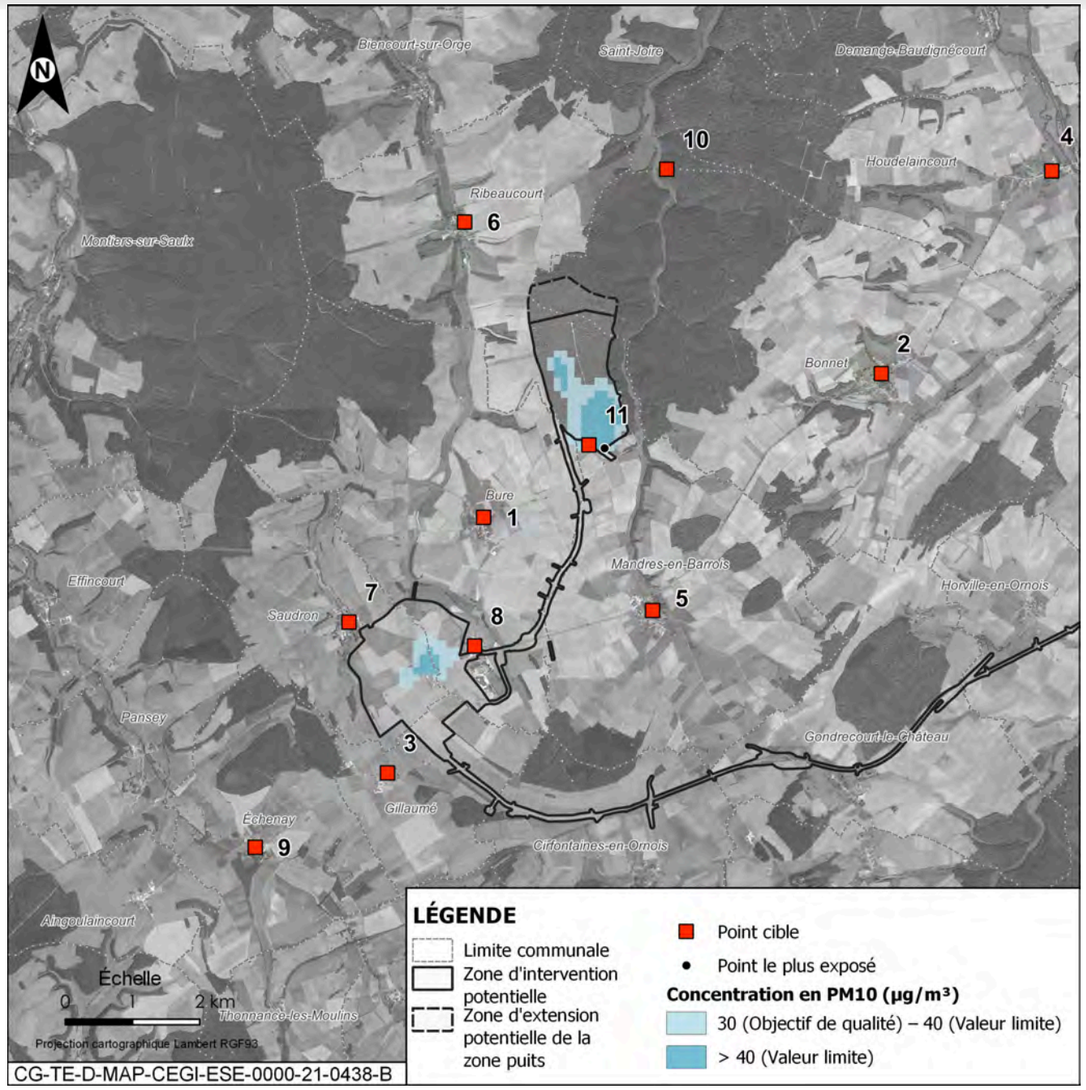


Figure 2-9 Concentration en PM10 (µg/m³) en phase de construction initiale

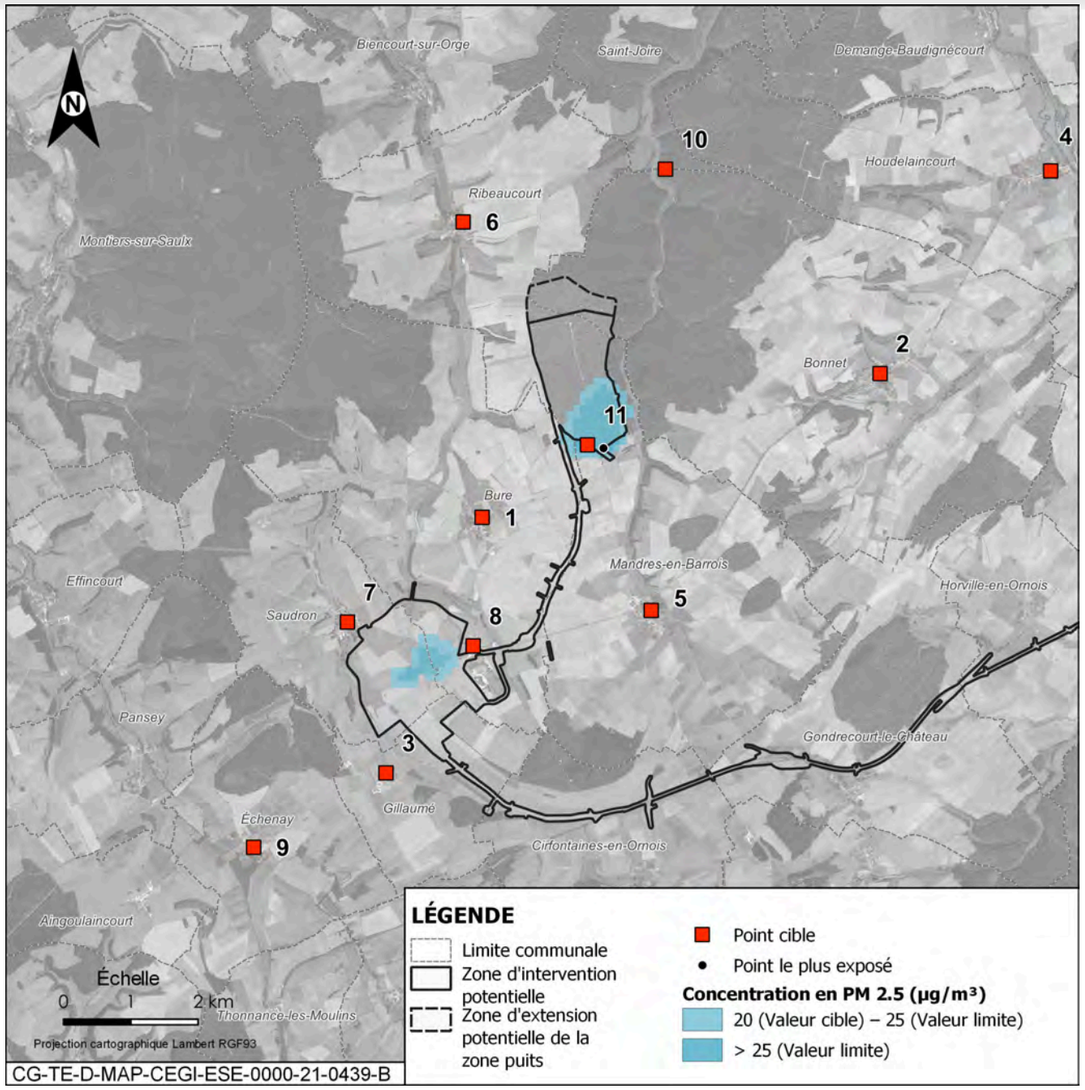


Figure 2-10 Concentration en PM2,5 (µg/m³) en phase de construction initiale

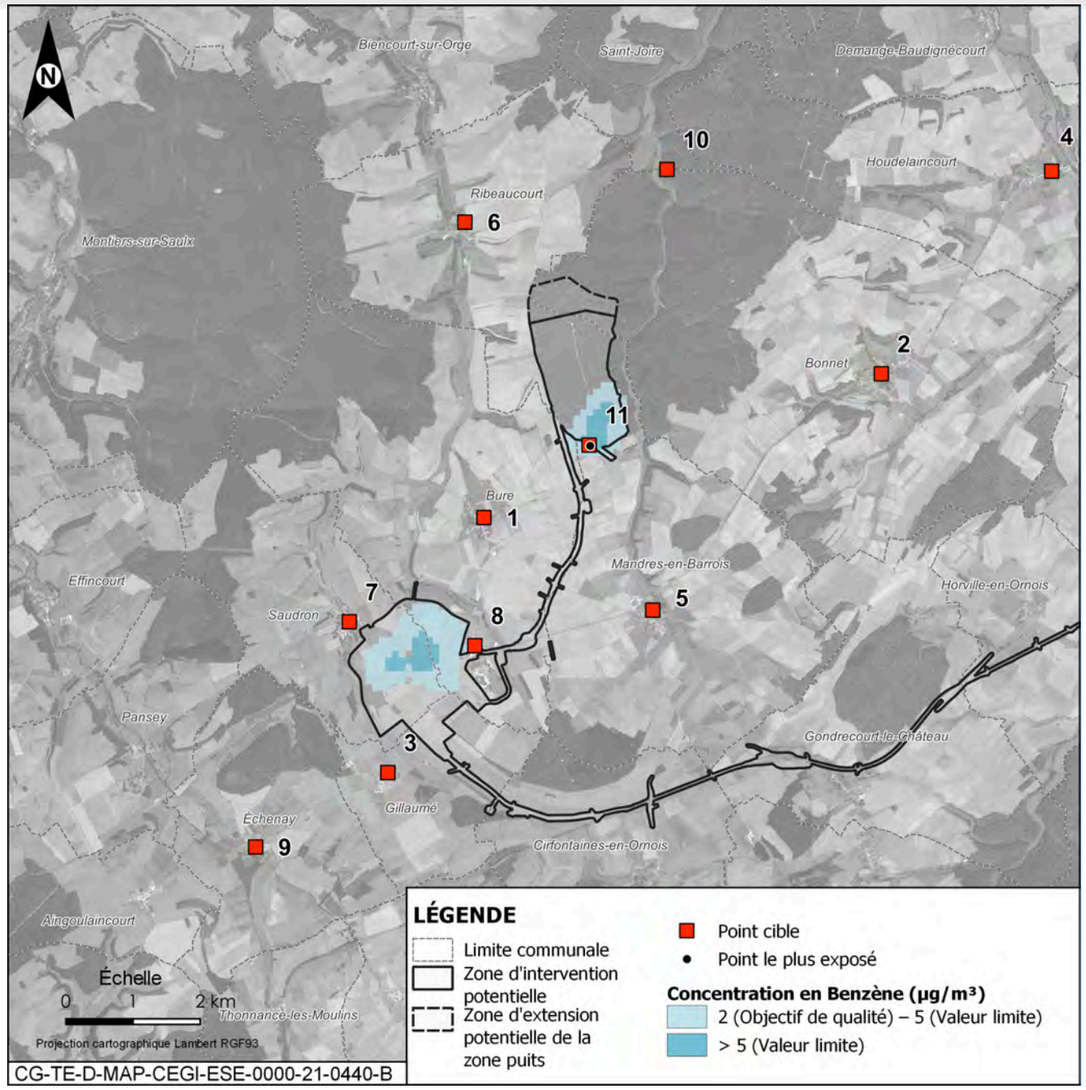


Figure 2-11 Concentration en benzène (µg/m³) en phase de construction initiale

2.4.1.3.3 En phase de fonctionnement

a) Sources et quantification des émissions en phase de fonctionnement

En phase de fonctionnement, les gaz de combustion et les poussières sont émis en quantités moindres par rapport aux phases précédentes car les travaux de construction des installations de surface du centre de stockage Cigéo sont terminés. Durant cette phase, les travaux prévus sont :

- l'extension de l'installation souterraine qui se traduit en surface par les dépôts de verses ;
- la jouvence progressive des installations pour maintenir le haut niveau de qualité de fonctionnement du centre de stockage sur plus d'un siècle.

En phase de fonctionnement, les modélisations concernent les émissions de la zone de descenderie, de la zone puits, de la liaison intersites et les émissions sur le réseau routier principal emprunté par les véhicules liés au projet global Cigéo.

Les postes de transformation électrique n'ont pas été pris en compte dans les modélisations car ils n'émettent des substances qu'en situation accidentelle.

L'ITE et la voie ferroviaire 027000 n'ont pas été prises en compte dans cette modélisation, du fait de l'absence de données consolidées à ce stade des études. Pour ces deux projets les émissions attendues sont très faibles au regard des activités listées dans le présent chapitre.

Pour la phase de fonctionnement (F), les substances associées à chaque source sont détaillées dans le tableau 2-14.

Tableau 2-14 Recensements des sources d'émissions atmosphériques en phase de fonctionnement

Source d'émission	Substances émises	Installations du projet global Cigéo
Circulation de véhicules	CO, NOx, COV, PM10, PM2.5	Zone descenderie, zone puits, LIS, routes départementales
Engins de chantier	CO, NOx, COV, PM10, PM2.5	Zone puits
Stockage des matériaux (verses)	PM10, PM2.5	Zone puits
Centrale à béton/mortier	PM10, PM2.5	Zone puits
Chaufferies Biomasse	NOx, SOx, PM10, PM2,5, CO, COV	Zone descenderie, zone puits
Chaufferies à gaz	CO, NOx, SOx	Zone descenderie, zone puits
Descenderie de service	NOx, SOx, PM10, PM2,5	Zone descenderie
Ventilation installation souterraine (zone travaux –VVT)	NOx, SOx, COV, CO, PM10, PM2,5	Zone puits

La localisation des sources, les caractéristiques des émissions, des points de rejet et des flux pour chacune des sources, ainsi que le bilan des émissions sont présentées dans le chapitre 2 du volume VII de la présente étude d'impact.

La zone puits contribue pour plus de 70 % des émissions globales calculées pour toutes les substances.

Les contributions de la LIS et du trafic routier extérieur au site sont négligeables devant les zones puits et descenderie pour toutes les substances.

b) Concentration dans l'air des émissions conventionnelles en phase de fonctionnement

Les tableaux suivants présentent les résultats de concentrations en moyenne annuelle pour la phase fonctionnement, pour chaque simulation et pour chaque substance étudiée. Les résultats sont présentés au niveau des points cibles.

Le code couleur bleu foncé indique un dépassement des seuils réglementaires.

Zone puits

Tableau 2-15 Concentrations en moyenne annuelle – Incidences liées à la zone puits (ZP) en phase de fonctionnement

	Substances						
	CO	NOx	SO2	PM10	PM2.5	COV	Benzène
Points cibles	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³
1. Bure	0.30	0.16	0.03	1.10	0.79	0.02	0.014
2. Bonnet	0.14	0.07	0.01	0.45	0.35	0.01	0.007
3. Gillaumé	0.05	0.02	0.00	0.14	0.11	0.00	0.02
4. École Houdelaincourt	0.08	0.04	0.01	0.23	0.18	0.01	0.004
5. Mandres-en-Barrois	0.10	0.06	0.01	0.34	0.25	0.01	0.004
6. Ribeaucourt	0.09	0.05	0.01	0.33	0.20	0.01	0.003
7. Saudron	0.13	0.07	0.01	0.44	0.33	0.01	0.006
8. Hôtel du Bindeuil	0.08	0.04	0.01	0.26	0.21	0.01	0.004
9. École Échenay	0.04	0.02	0.00	0.13	0.10	0.00	0.002
10. Natura 2000	0.29	0.16	0.03	1.03	0.72	0.02	0.013
11. ZNIEFF	0.80	0.42	0.09	3.59	2.09	0.07	0.032
Valeurs réglementaires françaises :							
• Objectif de qualité	-	-	50	30	10	-	2
• Valeur limite	10 000*	40	-	40	25	-	5
• Valeur cible	-	-	-	-	20	-	-

** La valeur réglementaire pour le CO est la valeur limite réglementaire est de 10 000 µg/m3 pour le maximum journalier de la moyenne glissante sur huit heures.*

Les concentrations maximales modélisées dans l'aire d'étude en dehors du centre de stockage sont situées en limite de site dans des zones non habitées.

Zone descenderie

Tableau 2-16 Concentrations en moyenne annuelle – Incidences liées à la zone descenderie (ZD) en phase de fonctionnement

	Substances						
	CO	NOx	SO_2	PM10	PM2.5	COV	Benzène
Points cibles	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³
1. Bure	0.12	0.18	0.06	0.18	0.06	0.02	0.004
2. Bonnet	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.00	0.000
3. Gillaumé	0.02	0.02	0.01	0.09	0.03	0.00	0.000
4. École Houdelaincourt	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.000
5. Mandres-en-Barrois	0.04	0.05	0.02	0.06	0.02	0.01	0.001
6. Ribeaucourt	0.02	0.04	0.01	0.03	0.01	0.00	0.001
7. Saudron	0.10	0.16	0.05	0.12	0.04	0.02	0.004
8. Hôtel du Bindeuil	0.57	0.67	0.22	1.75	0.50	0.08	0.015
9. École Échenay	0.02	0.03	0.01	0.04	0.01	0.00	0.001
10. Natura 2000	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.00	0.001
11. ZNIEFF	0.05	0.08	0.02	0.06	0.03	0.01	0.002
Valeurs réglementaires françaises :							
• Objectif de qualité	-	-	50	30	10	-	2
• Valeur limite	10 000*	40	-	40	25	-	5
• Valeur cible	-	-	-	-	20	-	-

** La valeur réglementaire pour le CO est la valeur limite réglementaire est de 10 000 µg/m3 pour le maximum journalier de la moyenne glissante sur huit heures.*

Les concentrations maximales modélisées dans l'aire d'étude en dehors du centre de stockage Cigéo sont situées en limite de site à proximité de l'hôtel du Bindeuil.

Zone puits (ZP) + Zone descenderie (ZD) + Liaison intersites (LIS) + Trafic avec l'intégration de la pollution de fond

Tableau 2-17 Concentrations en moyenne annuelle – Incidences cumulées (ZP + ZD + LIS + Trafic) en phase de fonctionnement

	Substances						
	CO	NOx	SO_2	PM10	PM2.5	COV	Benzène
Points cibles	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³
1. Bure	150.42	5.84	2.59	14.28	10.86	0.64	0.62
2. Bonnet	150.15	5.59	2.52	13.46	10.35	0.61	0.61
3. Gillaumé	150.07	5.55	2.51	13.24	10.14	0.61	0.60
4. École Houdelaincourt	150.09	5.55	2.51	13.24	10.18	0.61	0.60
5. Mandres-en-Barrois	150.14	5.61	2.53	13.40	10.27	0.61	0.61
6. Ribeaucourt	150.11	5.59	2.52	13.35	10.21	0.61	0.60
7. Saudron	150.23	5.73	2.57	13.56	10.37	0.63	0.61
8. Hôtel du Bindeuil	150.65	6.20	2.73	15. 01	10.70	0.69	0.62
9. École Échenay	150.06	5.55	2.51	13.17	10.11	0.61	0.60
10. Natura 2000	150.30	5.68	2.54	14.05	10.73	0.63	0.61
11. ZNIEFF	150.85	6	2.61	16.65	12.12	0.68	0.63
Pollution de fond	150.00	5.50	2.50	13.00	10.00	0.60	0.60
Valeurs réglementaires françaises :							
• Objectif de qualité	-	-	50	30	10	-	2
• Valeur limite	10 000*	40	-	40	25	-	5
• Valeur cible	-	-	-	-	20	-	-

** La valeur réglementaire pour le CO est la valeur limite réglementaire est de 10 000 µg/m3 pour le maximum journalier de la moyenne glissante sur huit heures.*

Pour l'ensemble des substances étudiées mis à part le benzène, le point le plus exposé du domaine d'étude est situé sur la zone puits, à l'intérieur des limites du site. En dehors des limites des zones puits et descenderie, le point le plus exposé est localisé au sud-ouest à proximité de la zone puits, dans une zone agricole qui n'est pas habitée. Pour le benzène, le point le plus exposé sur le domaine d'étude se trouve en dehors des limites des zones puits et descenderie, à proximité de la LIS à environ 800 mètres à l'est de la zone descenderie, dans une zone agricole.

En dehors des limites des zones puits et descenderie, les concentrations en moyenne annuelle sont inférieures aux valeurs réglementaires françaises de la qualité de l'air pour toutes les substances, excepté pour les poussières $PM_{2.5}$. Pour les $PM_{2.5}$, les concentrations peuvent dépasser localement l'objectif de qualité en limite de la zone puits au sud-ouest, dans des zones agricoles non habitées, tout en respectant la valeur limite.

L'impact lié à la liaison intersites et au trafic sur le réseau routier principal est négligeable au regard de l'impact lié aux zones descenderie et puits.

La figure 2-12, la figure 2-13, la figure 2-14, la figure 2-15 et la figure 2-16 suivantes présentent les concentrations pour les cinq substances qui présentent des valeurs réglementaires : NO_x, SO_2, PM10, PM2.5 et benzène.

Les aplats colorés montrent les zones où les concentrations au niveau du sol sont comprises entre deux valeurs.

Lorsque les cartographies ne montrent aucun aplat coloré, cela signifie que le projet émet des concentrations inférieures aux valeurs réglementaires en tout point du domaine d'étude, y compris au plus près des sources d'émissions.

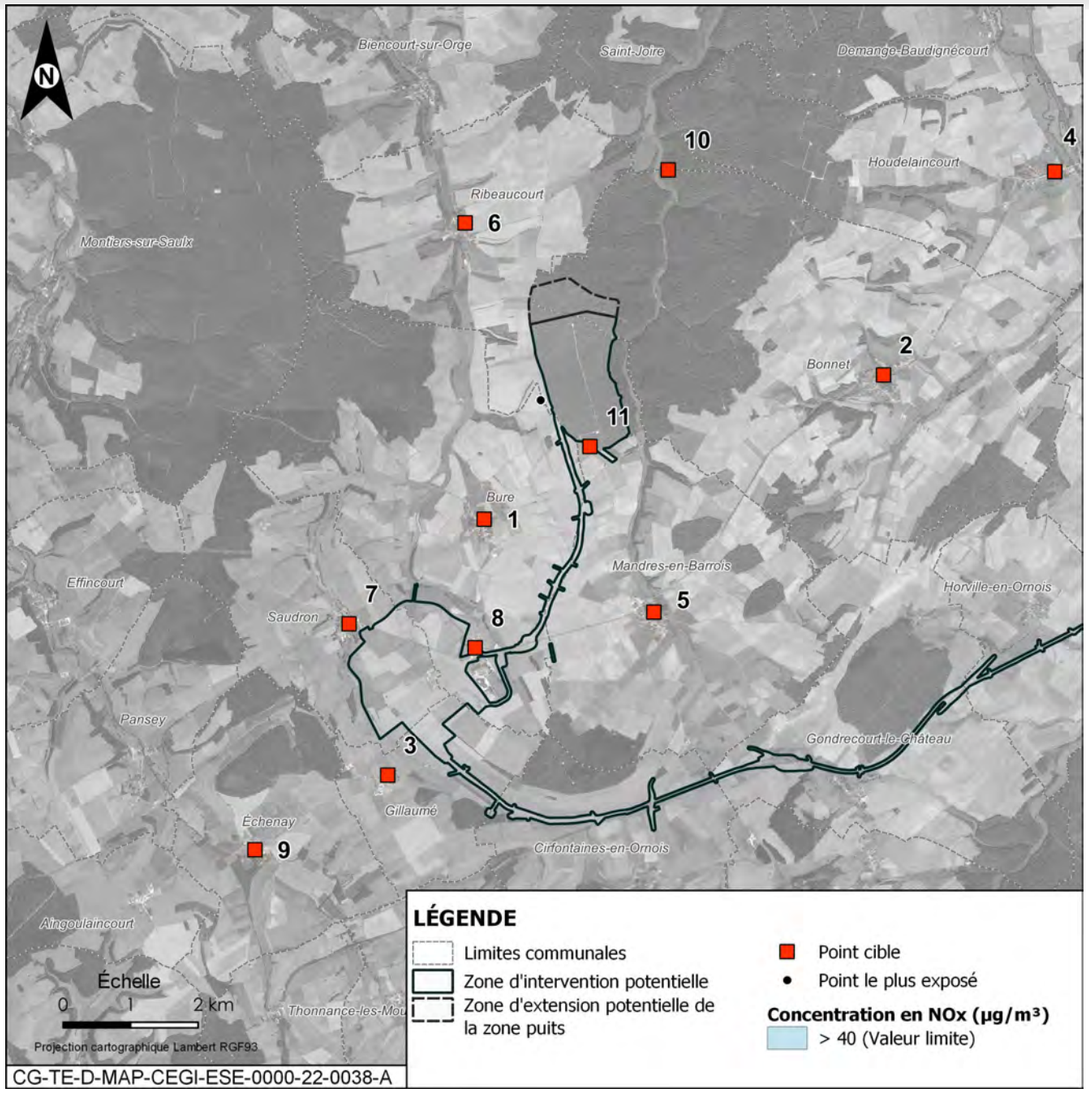


Figure 2-12 Concentration en NOx (µg/m³) en phase de fonctionnement

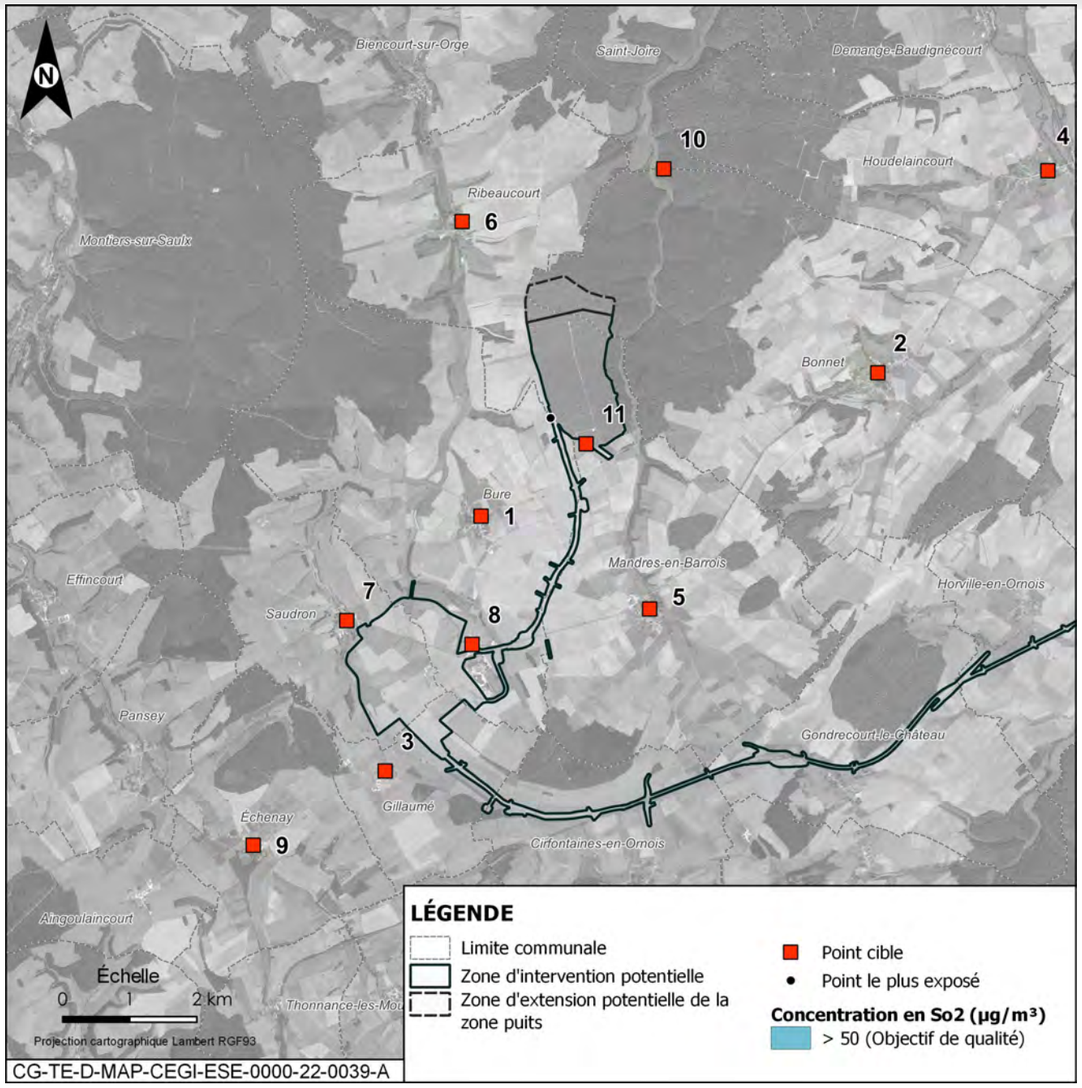


Figure 2-13 Concentration en SO_2 (µg/m³) en phase de fonctionnement

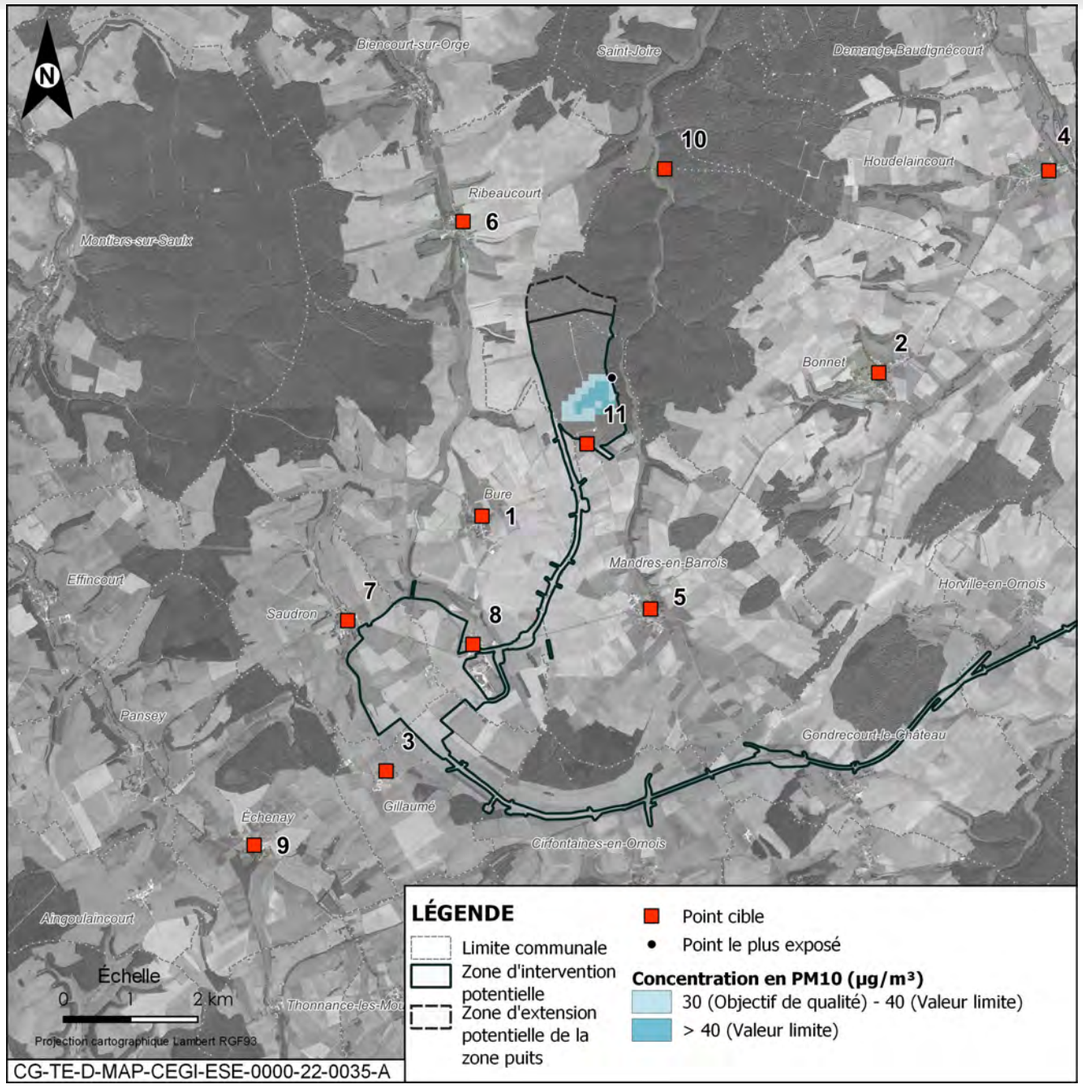


Figure 2-14 Concentration en PM10 (µg/m³) en phase de fonctionnement

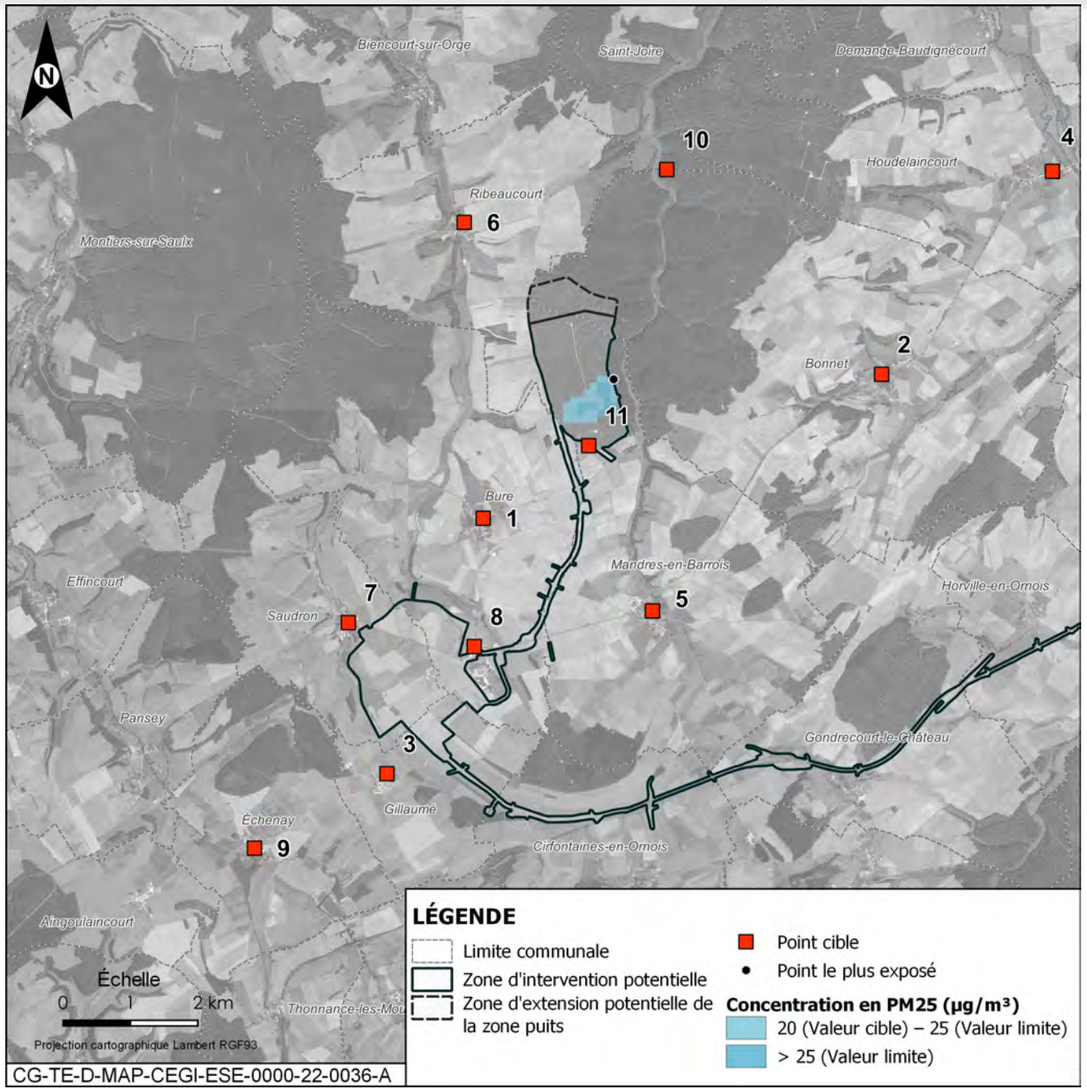


Figure 2-15 Concentration en PM2,5 (µg/m³) en phase de fonctionnement

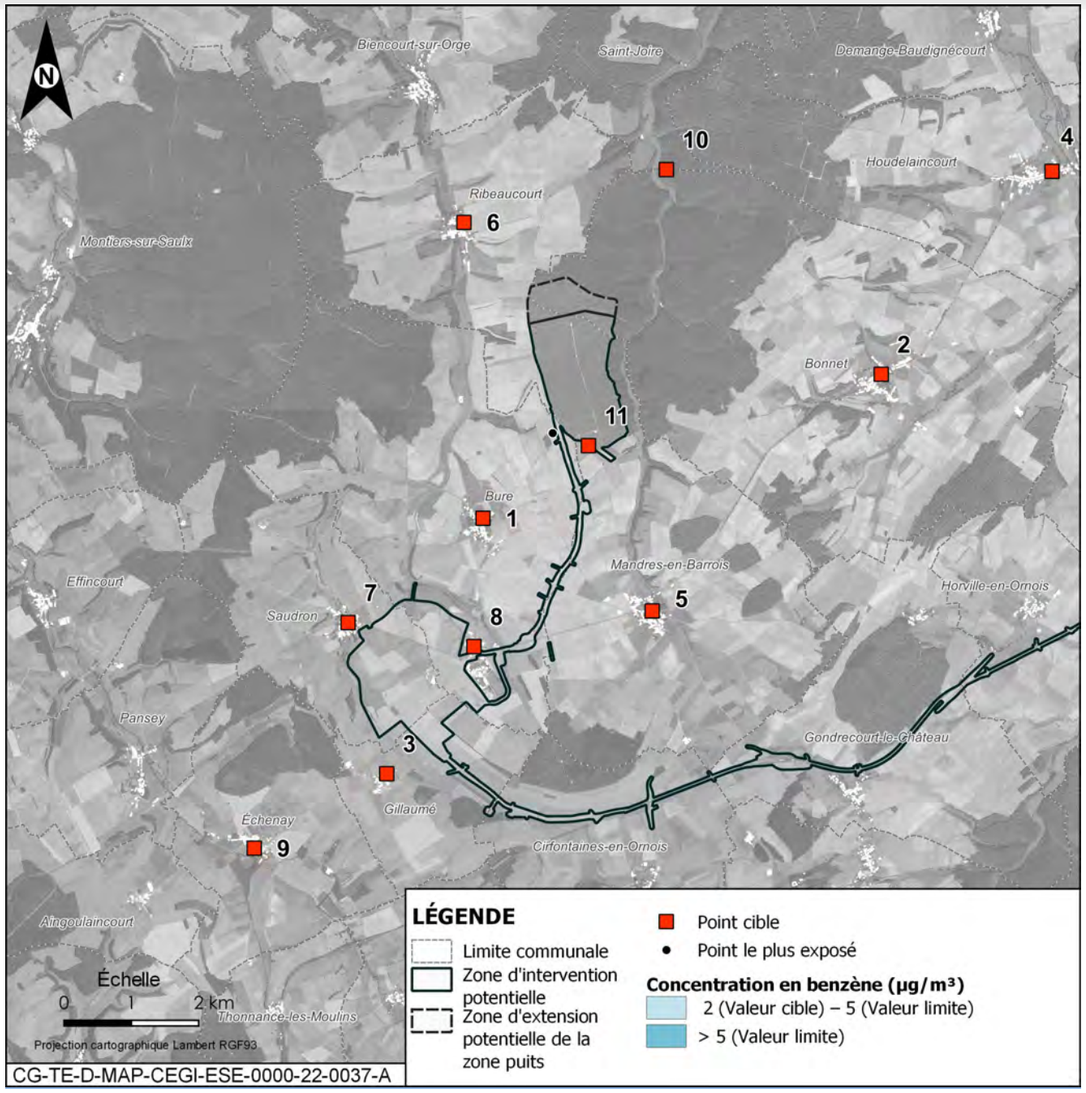


Figure 2-16 Concentration en benzène (µg/m³) en phase de fonctionnement

2.4.1.3.4 Conclusions

Les mesures proposées au chapitre 2.4.1.2 du présent volume ont montré leur efficacité sur de nombreux chantiers. Grâce à leur application, les quantités de substances émises par le projet global Cigéo pendant les phases d'aménagements préalables, de construction initiale et de fonctionnement sont réduites.

En dehors des limites des zones puits et descenderie, pour les phases de construction initiale et de fonctionnement, les concentrations en moyenne annuelle sont inférieures aux valeurs réglementaires françaises de la qualité de l'air pour toutes les substances, excepté pour les poussières et le benzène. Les concentrations en poussières et en benzène peuvent dépasser localement l'objectif de qualité en limite du centre de stockage dans des zones agricoles non habitées, tout en respectant la valeur limite.

Comme les installations du centre de stockage Cigéo sont situées à distance des premières zones habitées (quelques centaines de mètre pour le village le plus proche, Gillaumé), les incidences sur la santé humaine sont également très faibles (cf. Analyse de l'effet sur la santé humaine au volume VI de la présente étude d'impact).

Les émissions de substances conventionnelles du projet global Cigéo ont une incidence résiduelle faible sur la qualité de l'air.

Aucune mesure compensatoire n'est envisagée.

2.4.1.4 Synthèse des incidences et mesures relatives aux émissions conventionnelles

Le tableau 2-18 synthétise les mesures mises en œuvre afin de limiter les émissions conventionnelles dans l'air.

Tableau 2-18 Synthèse des mesures mises en œuvre pour limiter l'impact des émissions conventionnelles dans l'air dans le cadre du projet global Cigéo

Incidences potentielles	Mesures	Type (ERC)	Phase (APR, CI, F)	Effet attendu de la mesure	Modalités de suivi	MOA	Opération
Émissions conventionnelles	Émissions conventionnelles : Niveau d'incidences potentielles : Notable						
	Verses issues du creusement de l'installation souterraine principalement remontées sur la zone puits	E	CI, F	Éviter les émissions de substances et de poussières liées à la rotation de camions	Suivi des plans d'exécution	Andra	Centre de stockage Cigéo – Périmètre INB
	Mise en place d'une bande transporteuse semi-enterrée entre la zone descenderie et la zone puits	E	CI, F	Éviter les émissions de substances et de poussières liées à la rotation de camions	Volume de matériaux transportés par le convoyeur Mesures régulières de la qualité de l'air	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Réutilisation de l'ancienne plateforme ferroviaire et de la ligne ferroviaire 027000	E	APR	Éviter les envols de poussières liées aux terrassements	Suivi dès la conception des emprises réutilisées	Andra	Centre de stockage Cigéo – Périmètre INB
						SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000
	Raccordement à la ligne THT existante la plus proche	E	APR	Réduire la quantité de travaux à effectuer (et donc réduire les émissions liées)	Suivi des plans d'exécution	Andra	Centre de stockage Cigéo – Périmètre INB
						RTE	Alimentation électrique
	Réutilisation de déblais en remblais	E	APR	Éviter les émissions de substances et de poussières liées à la rotation de camions	Suivi des volumes de déblais réutilisés en remblais	Andra	Centre de stockage Cigéo
						CD52	Déviation de la route départementale D60/960
						RTE	Alimentation électrique
						SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000
						SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau
	Prise en compte des conditions météorologiques	R	APR	Réduire les envols de poussières	Mesures régulières des dépôts de poussières Suivi des dispositions prises en vue de prévenir l'envol de poussières et de matières diverses	Andra	Centre de stockage Cigéo
						CD52	Déviation de la route départementale D60/960
						RTE	Alimentation électrique
						SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000
						SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau

Incidences potentielles	Mesures	Type (ERC)	Phase (APR, CI, F)	Effet attendu de la mesure	Modalités de suivi	MOA	Opération
	Mise en place de dispositifs pour limiter les émissions de poussières	R	APR, CI, F	Réduire les envols de poussières	Mesures régulières des dépôts de poussières Suivi des dispositions prises en vue de prévenir l'envol de poussières et de matières diverses Suivi du bon fonctionnement des dispositifs de captation, de filtration et d'épuration des rejets atmosphériques	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Gestion optimisée des déblais et remblais permettant la réduction des distances de transport des matériaux par camion	R	APR	Réduire les émissions de substances et de poussières liées à la rotation de camions	Mesures régulières de la qualité de l'air et des dépôts de poussières Suivi des dispositions prises en vue de prévenir l'envol de poussières et de matières diverses	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Mise en place d'un revêtement sur les principales pistes empruntées par les véhicules	R	APR	Réduire la remise en suspension dans l'air des poussières lors du passage des véhicules	Mesures régulières des dépôts de poussières Suivi des dispositions prises en vue de prévenir l'envol de poussières et de matières diverses	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Limitation de la vitesse de circulation des véhicules	R	APR	Réduire la remise en suspension dans l'air des poussières lors du passage des véhicules	Contrôles de vitesse réguliers et inopinés	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Entretien des véhicules	R	APR, CI, F	Réduire les émissions de substances	Mesures régulières de la qualité de l'air Cahier de suivi et contrôles	Andra	Centre de stockage Cigéo
						CD52	Déviation de la route départementale D60/960
						RTE	Alimentation électrique
						SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000
						SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau

Incidences potentielles	Mesures	Type (ERC)	Phase (APR, CI, F)	Effet attendu de la mesure	Modalités de suivi	MOA	Opération
	Émissaires de rejets canalisés en hauteur	R	F	Réduire les émissions de substances	Suivi du bon fonctionnement des dispositifs de captation, de filtration et d'épuration des rejets atmosphériques Suivi du bon fonctionnement des chaudières et réalisation des contrôles réglementaires	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Végétalisation des verses afin de réduire les surfaces soumises aux intempéries et au vent	R	CI, F	Réduire les envols de poussières	Mesures régulières des dépôts de poussières Suivi régulier de la superficie des verses à nue et des surfaces végétalisées	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Brumisation des verses non couvertes	R	CI, F	Réduire les envols de poussières	Mesures régulières des dépôts de poussières	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Émissions conventionnelles : Niveau d'incidences résiduelles : Faible						

*Type de mesure : **E :** évitement ; **R :** réduction ; **C :** compensation ; **A** : accompagnement.*
*Phase : **APR** : aménagements préalables ; **CI** : construction initiale ; **F** : fonctionnement.*

La pollution de l'air est la modification de la composition de l'air par des substances nuisibles à la santé et à l'environnement. Ces substances proviennent des activités humaines ou de la nature.

Le projet global Cigéo s'implante dans un environnement rural, peu urbanisé où les dépassements des seuils de qualité de l'air indiquées dans l'article R. 221-1 du code de l'environnement ne sont jamais constatés à l'exception de l'ozone et des $PM_{2,5}$.

En phase d'aménagements préalables et en construction initiale, les travaux concernent de nombreuses activités telles que les terrassements, le défrichement, la construction des bâtiments, etc. qui sont à l'origine des émissions de substances dans l'air. En effet ces opérations entrainent une augmentation du trafic (*in situ*) et nécessitent l'utilisation d'engins de chantier, de centrales à béton, etc. La phase de fonctionnement comprend quant à elle, la circulation de véhicules et d'engins, le stockage de matériaux, et l'activité des installations tels que les postes électriques, les chaufferies, la ventilation de l'installation souterraine et bâtiments nucléaires.

Ces activités sont émettrices de substances en quantité variable telles que :

- les poussières (*via* notamment la remise en suspension des particules de sols pendant les opérations de terrassement ou à l'échappement des véhicules) ;
- les COV (composés organiques volatils) (à l'échappement des véhicules, des engins de chantier, et très ponctuellement de la centrale d'enrobés) ;
- le dioxyde d'azote (NOx) ;
- et le monoxyde de carbone (CO) (à l'échappement des véhicules et très ponctuellement à l'utilisation de la centrale d'enrobés) ;
- et pour finir de dioxyde de soufre (SOx) (*via* l'utilisation très ponctuelle d'explosifs pour les terrassements, ou de la centrale d'enrobés).

Les particules ou poussières en suspension sont distinguées selon un critère de taille :

- les PM_{10} : particules dont le diamètre est inférieur à 10 microns (µm) soit 0,01 mm ;
- les $PM_{2,5}$: particules dont le diamètre est inférieur à 2,5 microns (µm) soit 0,0025 mm.

Pour limiter ces incidences, l'Andra s'engage à mettre en place des mesures d'évitement et de réduction. Parmi les mesures d'évitement, sont prévues : l'utilisation d'un convoyeur semi-enterré pour transporter des verses et matériaux entre les zones puits et descenderie, le dépôt des verses en zone puits à proximité du lieu d'extraction ce qui permet d'éviter des rotations de camions, ou encore la réutilisation d'emprises existantes qui permet d'éviter les mises en suspension de poussières dans l'air lors des travaux. Ces mesures d'évitement s'accompagnent de mesures de réduction usuellement mises en œuvre sur les chantiers. Parmi ces mesures, sont mises en œuvre : la brumisation des zones de dépôt des verses non couvertes, la prise en compte les conditions météorologiques lors d'opérations susceptibles de disperser des poussières (chaulage par exemple), l'arrosage par temps sec, l'adaptation des équipements susceptibles de disperser des poussières (bâchage des camions autant que possible, dispositifs de capotage et d'aspiration des équipements le nécessitant), la mise en place de revêtements sur les voiries et la limitation de la vitesse de circulation des véhicules, etc.

L'ensemble de ces mesures permet de réduire les quantités de substances chimiques émises par le projet global Cigéo.

Les modélisations de dispersions atmosphériques mettent en évidence, en dehors des limites des installations du centre de stockage Cigéo, en zone agricole non habitée, des dépassements ponctuels des normes de qualité de l'air indiquées dans l'article R. 221-1 du code de l'environnement, pour certaines substances. En effet en phase de construction initiale, les concentrations en PM10 et en benzène atteignent localement l'objectif de qualité tout en restant nettement inférieures à la valeur limite. Concernant les poussières PM2.5, la pollution de fond est supérieure à l'objectif de qualité ce qui induit inévitablement un dépassement de cet objectif sur tout le domaine d'étude, et la valeur limite de PM2.5 est dépassée en périphérie de la zone puits, au niveau de la Zone ZNIEFF et dans des zones agricoles non habitées. En phase de fonctionnement, les poussières PM2.5 sont la seule substance dépassant localement l'objectif de qualité, tout en respectant la valeur limite. Ainsi, les concentrations restent inférieures aux valeurs limites. L'impact est donc faible.

Les émissions de substances conventionnelles du projet global Cigéo ont une incidence résiduelle faible sur la qualité de l'air.

2.4.1.5 Incidences liées aux émissions chimiques atmosphériques sur la santé humaine

Toutes les activités du projet global Cigéo, qu'il s'agisse des travaux ou du fonctionnement des installations conduisent à des « émissions » chimiques atmosphériques dans l'environnement. L'étude des incidences (effets potentiels) de ces émissions chimiques atmosphériques sur la santé des populations environnantes se trouve ici synthétisée, cette analyse étant détaillée au volume VI de la présente étude d'impact.

Le projet global Cigéo est à l'origine d'émissions chimiques atmosphériques (poussières, composés organiques volatils…) pendant ses phases d'aménagements préalables, de construction initiale puis de fonctionnement.

L'évaluation des incidences sur la santé humaine liées aux émissions chimiques s'intéresse aux substances susceptibles d'avoir des effets sur la santé des populations environnantes du fait de leur exposition et de leur potentielle toxicité. Cette évaluation repose sur une étude du risque sanitaire conformément aux recommandations de l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (Inéris) (7). Les émissions chimiques ont des incidences potentielles significatives sur la santé humaine et elles font l'objet de mesures d'évitement et de réduction.

Les émissions chimiques atmosphériques*

Les principales émissions chimiques atmosphériques du projet global Cigéo en phase d'aménagements préalables sont typiques d'un grand chantier, constituées de poussières, d'oxydes d'azote, d'oxydes de soufre, de monoxyde de carbone et de gaz de combustion (principalement des composés organiques volatils). En phases de construction initiale et de fonctionnement, les émissions chimiques sont principalement liées à la circulation des engins et des véhicules aux travaux du centre de stockage Cigéo, puis au fonctionnement des installations, comme les chaudières, les centrales à béton, la ventilation des installations ; et aux envols de particules en lien avec le dépôt de verses et les zones de stockage de matériaux Les composés chimiques émis sont essentiellement des poussières, des oxydes de carbone, des oxydes de soufre, du monoxyde de carbone et des gaz de combustion.

Ces émissions chimiques atmosphériques peuvent être diffuses ou canalisées. Elles sont localisées dans et aux abords du centre de stockage Cigéo et de part et d'autre des opérations des autres maitres d'ouvrage.

Des mesures sont mises en place, notamment pour réduire les émissions de poussières et réduire les transports (source d'émission de gaz de combustion). L'ensemble de ces mesures ainsi que leurs effets attendus et modalités de suivi sont exposés au chapitre 2.4.1.2 du présent volume. Il s'agit notamment de l'implantation du stockage des verses à l'aplomb de l'installation souterraine sur la zone puits et de leur transfert de la zone descenderie vers la zone puits par un convoyeur semi-enterré, mais aussi de la brumisation des verses non couvertes. Afin de limiter les émissions de poussière par « roulage », la vitesse de circulation des véhicules est limitée et les revêtements en enrobé réalisés au plus tôt sur les pistes empruntées par les véhicules.

La méthodologie recommandée par l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (Inéris), consiste à évaluer, à l'aide des valeurs toxicologiques de référence relatives aux substances étudiées, soit des quotients de danger (QD) dans le cas des substances avec effet de seuil (substances non cancérogènes), soit des excès de risque individuel (ERI) dans le cas des substances sans effet de seuil (substances cancérogènes). Cette méthodologie n'étant applicable que pour certaines substances chimiques au regard des connaissances scientifiques actuelles. Pour les autres substances chimiques, l'incidence sur la santé humaine associée est évaluée en comparant les résultats de l'évaluation de l'exposition humaine aux valeurs réglementaires ou de référence pour la protection des populations disponibles.

L'évaluation de l'exposition humaine est réalisée selon une démarche prudente, avec des choix d'hypothèses majorantes afin de couvrir au maximum les incertitudes associées. Les populations les plus exposées aux émissions chimiques atmosphériques du projet global Cigéo sont, compte tenu de la nature et de la quantité des émissions, celles qui se trouvent être les plus proches du centre de stockage Cigéo, à savoir celles des habitants de : Bonnet, Gillaumé, Saudron, Mandres en Barrois, Ribeaucourt et Bure, ainsi que les personnes fréquentant l'Hôtel du Bindeuil et l'école d'Échenay.

La voie d'exposition majoritaire de l'homme aux émissions chimiques atmosphériques du projet global est l'inhalation de substances potentiellement toxiques. Les évaluations d'exposition humaine liée aux émissions

chimiques atmosphériques sur la santé humaine sont effectuées avec le logiciel Aria Impact™ développé par ARIA Technologies, outil de référence de nombreuses installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Elles sont réalisées avec des hypothèses majorant les résultats (par exemple, les populations sont considérées exposées 365 jours par an pendant 70 années).

Les résultats de ces évaluations confirment qu'aucune habitation, ni aucun établissement accueillant du public ou population sensible recensé dans l'aire d'étude rapprochée du milieu physique du projet global n'est exposé à des concentrations de composés chimiques toxiques dépassant les valeurs de référence de la réglementation (valeurs limites pour la protection de la santé humaine) ou de gestion (objectifs de qualité).

Pour les autres substances dites d'intérêts possédant des valeurs toxicologiques de référence (benzène, représentatif des composés organiques volatils, et monoxyde de carbone), représentatives des substances émises et traceurs de risque, les quotients de danger (QD) et les excès de risque individuel (ERI) calculés selon la méthodologie de l'Inéris sont largement inférieurs aux valeurs repères. Le risque sanitaire est qualifié selon cette méthodologie de non préoccupant vis-à-vis de la santé humaine.

En tout état de cause, les concentrations de composés chimiques atmosphériques émis par le projet global Cigéo restent largement en deçà des valeurs réglementaires de protection de la santé humaine au niveau des habitations.

Les incidences résiduelles des émissions chimiques atmosphériques du projet global Cigéo sur la santé humaine sont très faibles.

2.4.2 Émissions radioactives

2.4.2.1 Incidences potentielles

Pour rappel, la radioactivité est un phénomène naturel qui existe depuis l'origine de la terre (il y a 4,5 milliards d'années). Cette radioactivité naturelle, omniprésente, provient des rayons cosmiques provenant du soleil et des galaxies qui génèrent en permanence des atomes radioactifs comme le tritium ou le carbone 14, et des roches qui renferment naturellement des atomes radioactifs comme l'uranium 238, le potassium 40 ou le thorium 232. Les niveaux de radioactivité actuels mesurés à la station d'Houdelaincourt (cf. Chapitre 1.2.5.2 du volume III de la présente étude d'impact) sont globalement du même ordre de grandeur que les niveaux moyens mesurés dans l'air en France. Il est à noter que le niveau de radioactivité du tritium à Houdelaincourt est légèrement plus faible que la moyenne nationale.

Les émissions radioactives du centre de stockage Cigéo sont liées à la présence de colis radioactifs qui ne sont présents qu'à partir de la phase de fonctionnement.

Les émissions radioactives dans l'air liées au transport des colis de déchets avant leur arrivée sur le centre de stockage Cigéo sont extrêmement faibles. Les colis de déchets radioactifs sont transportés sur la voie publique ou privée dans des emballages de transport, répondant à des critères stricts définis sur la base des recommandations de l'Agence internationale pour l'énergie atomique (AIEA) (8), de la règlementation française (9) et des conventions et accord européens (10) relatifs au transport de marchandises dangereuses. Un plan de transport des colis de déchets radioactifs est élaboré et le transport des colis est suivi en temps réel par géolocalisation.

Les sources d'émission d'éléments radioactifs dans l'air sont évaluées au niveau des installations du centre de stockage Cigéo. Elles proviennent :

- du relâchement, en très faible quantité, d'éléments radioactifs gazeux par certains colis de déchets MA-VL. Ces éléments radioactifs gazeux sont le tritium (^{3}H), le carbone 14 (^{14}C) et le krypton 85 (^{85}Kr). Ces trois éléments radioactifs très volatils, restent à l'état gazeux ou sous forme de vapeur d'eau, sans former d'aérosols (particules solides ou liquides en suspension dans l'air). Ils sont également faiblement radiotoxiques ;
- de la présence potentielle de traces de contamination labile sur les surfaces externes des colis de déchets qui sont réceptionnés. Ces traces de contamination sont des particules radioactives, émetteurs alpha et bêta/gamma, pouvant être présents sur la surface externe des colis de déchets radioactifs. Ils peuvent être mis en suspension par le léchage des colis par la ventilation des locaux.

Les rejets atmosphériques sont émis *via* des émissaires permettant de les canaliser, de les filtrer et de les surveiller. Ces émissaires sont :

- une cheminée reliée à l'usine de ventilation de la zone puits, qui canalise et contient l'instrumentation de la surveillance de l'extraction d'air de la zone souterraine en exploitation ;
- une cheminée en toit de l'installation nucléaire de surface située sur la zone descenderie.

Le tableau 2-19 synthétise les incidences potentielles du projet global Cigéo sur les émissions radioactives.

Compte tenu des émissions radioactives d'origine artificielle dans l'air liées au centre de stockage Cigéo, les incidences potentielles sont considérées comme notables avant mesures d'évitement et de réduction présentées ci-après.

Tableau 2-19 Incidences potentielles des émissions radioactives du projet global Cigéo sur la qualité de l'air

Incidences potentielles	Centre de stockage Cigéo	Alimentation électrique	Adduction d'eau	Mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000	Déviation de la route départe-mentale D60/960	Expédition et transport des colis de déchets radioactifs
Émissions radioactives	F					

En orange : incidence potentielle notable ; en bleu : incidence potentielle non notable
***APR** : aménagements préalables ; **CI** : construction initiale ; **F** : fonctionnement*

Les incidences sur la santé humaine des émissions radioactives sont développées dans le volume VI de la présente étude d'impact.

Les incidences des émissions radioactives sur les sols, l'eau, la faune et la flore et l'agriculture sont développées respectivement dans les chapitres 3, 5, 6 et 8 du présent volume.

2.4.2.2 Mesures d'évitement et de réduction

Les mesures mises en œuvre visent à éviter et limiter les émissions radioactives dans l'air. Elles concernent à la fois le conditionnement des déchets radioactifs (colis primaires) et la conception des installations.

2.4.2.2.1 Mesures d'évitement

a) Conditionnement des déchets radioactifs (colis primaires), selon les spécifications d'acceptation fixées par l'Andra

Mesure d'évitement : conditionnement des déchets radioactifs (colis primaires), selon les spécifications d'acceptation fixées par l'Andra

Facteur(s) environnemental(aux)	MOA(s)	Opération(s)	Phase(s)
Qualité de l'air	Andra	Centre de stockage Cigéo – Périmètre INB (ZD, ZP, ZIOS)	F

Les déchets radioactifs à destination du centre de stockage Cigéo, qui peuvent être produits sous forme gazeuse, liquide ou solide, sont tous solidifiés et immobilisés sous une forme non dispersable puis sont placés dans un conteneur fermé (colis primaire), pour former un colis de déchets radioactifs. Les colis de déchets ne subissent aucune transformation dans les installations du centre de stockage. Les colis de déchets destinés au stockage sont soumis au respect de critères techniques, appelés « spécifications d'acceptation », élaborés et contrôlés par l'Andra.

Modalité de suivi

Un suivi de la qualité des colis de déchets radioactifs est réalisé par l'Andra de la production du colis jusqu'à la mise en stockage.*

b) Émissions atmosphériques radioactives canalisées et rejetées *via* des émissaires

Mesure d'évitement : émissions atmosphériques radioactives canalisées et rejetées *via* des émissaires

Facteur(s) environnemental(aux)	MOA(s)	Opération(s)	Phase(s)
Qualité de l'air	Andra	Centre de stockage Cigéo – Périmètre INB (ZD, ZP, ZIOS)	F

Les émissions atmosphériques radioactives sont canalisées et rejetées via des émissaires, appelés « cheminées ».

Modalité de suivi

Un suivi du fonctionnement des systèmes de ventilation est réalisé tout au long de la phase de fonctionnement. Un plan de maintenance de ces systèmes de ventilation est élaboré.

2.4.2.2.2 Mesures de réduction

a) Systèmes de ventilation nucléaires équipés de filtres à très haute efficacité (rétention de 99,9 % des aérosols au minimum)

Mesure de réduction : systèmes de ventilation nucléaires équipés de filtres à très haute efficacité (rétention de 99,9 % des aérosols au minimum)

Facteur(s) environnemental(aux)	MOA(s)	Opération(s)	Phase(s)
Qualité de l'air	Andra	Centre de stockage Cigéo – Périmètre INB (ZD, ZP, ZIOS)	F

Comme présenté ci-avant, l'installation nucléaire est équipée de systèmes de ventilation. Ces systèmes de ventilation sont équipés d'une filtration à très haute efficacité (THE) permettant de retenir la majeure partie des aérosols radioactifs (un filtre THE permet de retenir au moins 99,9 % des aérosols).

Modalité de suivi

Un suivi du fonctionnement des systèmes de ventilation est réalisé tout au long de la phase de fonctionnement et notamment le suivi du colmatage des filtres. Un plan de maintenance de ces systèmes de ventilation est élaboré.

b) Émissaires de rejets canalisés en hauteur

Mesure de réduction : émissaires de rejets canalisés en hauteur

Facteur(s) environnemental(aux)	MOA(s)	Opération(s)	Phase(s)
Qualité de l'air	Andra	Centre de stockage Cigéo – Périmètre INB (ZD, ZP, ZIOS)	F

Les hauteurs des émissaires de rejets (cheminées) sont suffisantes (de l'ordre d'une vingtaine de mètres de hauteur à compter des voiries d'accès du bâtiment) pour la bonne diffusion des rejets gazeux et fournissent ainsi des conditions de dispersion qui permettent de minimiser les incidences, conformément à l'arrêté du 9 août 2013 relatif à la maîtrise des nuisances et des impacts sur la santé et l'environnement des installations nucléaires de base (11).

Modalité de suivi

Un plan de surveillance des rejets radioactifs est élaboré et mis en œuvre tout au long de la phase de fonctionnement.

c) Mesure de la dose ambiante dans les zones contenant des colis de déchets radioactifs

Mesure de réduction : mesure de la dose ambiante dans les zones contenant des colis de déchets radioactifs			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Qualité de l'air	Andra	Centre de stockage Cigéo – Périmètre INB (ZD, ZP, ZIOS)	F

Une mesure de la dose ambiante dans les zones contenant des colis de déchets radioactifs est assurée en permanence par des balises atmosphériques de radioprotection couplées avec des alarmes (visuelle, sonore) permettant de prévenir d'une situation anormale.

Modalité de suivi

Un suivi du fonctionnement des balises atmosphériques de radioprotection est réalisé tout au long de la phase de fonctionnement Un plan de maintenance de ces systèmes de surveillance est élaboré.

2.4.2.3 Incidences résiduelles

Les incidences résiduelles des émissions radioactives sur la qualité de l'air sont évaluées par modélisation de la dispersion atmosphérique des gaz et aérosols radioactifs rejetés au niveau des différents émissaires (cheminées) de ventilation des installations nucléaires (bâtiment nucléaire de surface et puits « ventilation air vicié exploitation ») du centre de stockage Cigéo.

La méthode et les hypothèses associées à l'évaluation des incidences des émissions radioactives sont détaillées au chapitre 2.2 du volume VII de la présente étude d'impact.

2.4.2.3.1 Sources et quantification des émissions

Les évaluations des quantités d'éléments radioactifs rejetés au niveau des émissaires des installations de surface et souterraine, sont basées sur la connaissance des déchets (dossiers de connaissances des colis de déchets) et sont associées à des hypothèses très pénalisantes (comme de prendre en compte la présence simultanée des mêmes colis de déchets en surface et en profondeur, d'utiliser des valeurs de dégazage majorantes sans prise en compte du rôle des conteneurs, de considérer des contaminations surfaciques aux limites des seuils autorisés…). La méthode d'évaluation des rejets atmosphériques radioactifs est détaillée dans le volume VII de la présente étude d'impact.

Les éléments radioactifs gazeux présents et non piégés dans les déchets MA-VL sont le tritium (^{3}H), le carbone 14 (^{14}C) et le krypton 85 (^{85}Kr).

Les particules qui peuvent être présentes à la surface des colis de déchets contiennent des éléments radioactifs émetteurs de rayonnements alpha ou bêta/gamma qui peuvent être mis en suspension par les systèmes de ventilation. Ces éléments sont piégés par les filtres à très haute efficacité. Le reliquat des rejets dans l'atmosphère des gaz et potentielles particules radioactives non filtrées sont effectués au niveau des émissaires de ces ventilations (cheminées) sur la zone puits pour l'installation souterraine et sur la zone descenderie au niveau du bâtiment nucléaire de surface.

Les rejets radioactifs atmosphériques annuels maximaux sont évalués au niveau de chaque émissaire (la cheminée du bâtiment nucléaire de surface EP1 et la cheminée de ventilation de la zone en exploitation de l'installation souterraine).

Le bâtiment nucléaire EP2, dont la construction n'est envisagée qu'après plusieurs décennies de fonctionnement, recevra une majorité de colis de déchets HA vitrifiés qui n'émettront pas d'éléments radioactifs gazeux et quelques colis de déchets MA-VL qui ne sont pas encore produits. Le conditionnement de ces derniers respectera les critères techniques, appelés « spécifications d'acceptation », élaborés et contrôlés par l'Andra et s'appuiera sur les meilleures techniques disponibles du moment. Les rejets radioactifs atmosphériques annuels durant cette période seront faibles et du même ordre de grandeur que ceux réalisés durant le fonctionnement du bâtiment nucléaire EP1.

Le nombre de colis présents chaque année dans l'installation nucléaire de surface est considéré égal au nombre maximal de colis pouvant y transiter. Les rejets radioactifs atmosphériques annuels maximaux issus de l'installation nucléaire de surface, située sur la zone descenderie, sont présentés dans le tableau 2-20 ci-dessous.

Ces rejets sont exprimés en becquerel ou giga becquerel par an.

» GIGA

Giga (symbole G) est le préfixe du Système international d'unités (SI) qui représente 10^{9}, soit un milliard de fois l'unité qui suit.

Tableau 2-20 Rejets radioactifs atmosphériques annuels maximaux de l'installation nucléaire de surface

Cheminée de l'installation nucléaire de surface	Rejets radioactifs atmosphériques annuels maximaux
Tritium (^{3}H)	De l'ordre de 3 GBq/an
Carbone 14 (^{14}C)	De l'ordre de 3 GBq/an
Krypton 85 (^{85}Kr)	De l'ordre de 50 GBq/an
Émetteurs beta	De l'ordre de 600 Bq/an
Émetteurs alpha	De l'ordre de 60 Bq/an

Les rejets radioactifs atmosphériques annuels maximaux issus de l'installation souterraine, située sur la zone puits, sont présentés dans le tableau 2-21.

Tableau 2-21 Rejets radioactifs atmosphériques annuels maximaux de l'installation souterraine

Cheminée de l'installation souterraine	Rejets radioactifs atmosphériques annuels maximaux
Tritium (^{3}H)	De l'ordre de 300 GBq/an
Carbone 14 (^{14}C)	De l'ordre de 300 GBq/an
Krypton 85 (^{85}Kr)	De l'ordre de 5 000 GBq/an
Émetteurs beta	De l'ordre de 85 000 Bq/an
Émetteurs alpha	De l'ordre de 8 500 Bq/an

2.4.2.3.2 Concentrations dans l'air des émissions radioactives

Le logiciel utilisé pour modéliser la dispersion atmosphérique est la plateforme de calcul CERES (Code d'Évaluations Rapides Environnementales et Sanitaires) version 6.2.5, en particulier le module GASCON (12), dédiée aux rejets continus chroniques et basé sur un modèle gaussien. Cet outil est également l'outil de référence du Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) et les modèles physiques mis en œuvre ont déjà été analysés par l'Autorité de sûreté nucléaire et son support technique l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire.

Afin de localiser le maximum de concentration dans l'air sur le domaine d'étude du modèle de dispersion atmosphérique, un autre logiciel que CERES, code retenu en référence pour les calculs, a été utilisé. Il s'agit du code IMPACT développé par ARIA Technologies (6). L'avantage de CERES est qu'il couple le modèle de dispersion atmosphérique avec le modèle de transferts au travers des chaînes agro-alimentaires vers l'Homme et donc permet de calculer les doses directement à partir des rejets. IMPACT, qui modélise uniquement la dispersion atmosphérique, possède des fonctions supplémentaires telles que prendre en compte le relief, localiser un maximum de concentration sur le domaine d'étude et cartographier le panache issu de la modélisation. Les deux codes montrent des résultats similaires (de l'ordre du mBq/m³ pour les rejets du centre de stockage Cigéo).

MODÈLE GAUSSIEN

Les modèles gaussiens permettent de simuler la dispersion atmosphérique de gaz et d'aérosols (de masse volumique proche de celle de l'air) *via* l'action du fluide porteur, l'air, à proximité de la source d'émission et jusqu'à plusieurs kilomètres. Le transport et la diffusion de ces gaz et aérosols dépendent du vent et de la turbulence atmosphérique d'origine mécanique ou thermique.

La modélisation de la dispersion permet de calculer les moyennes annuelles en concentrations dans l'air et en dépôts au sol (cf. Chapitre 3.5.1 du présent volume) de chaque élément radioactif rejeté au niveau des cheminées.

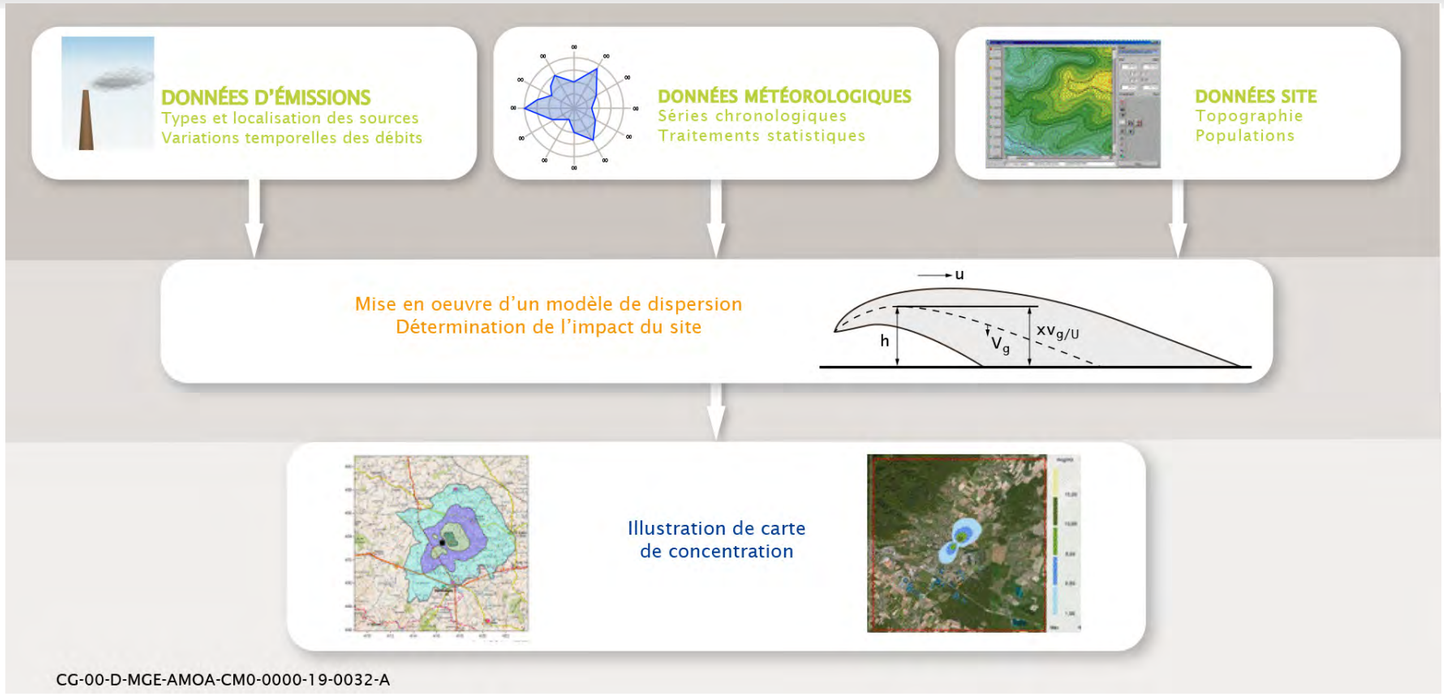


Figure 2-17 Illustration des modélisations de la dispersion atmosphérique des gaz et aérosols

Les conditions météorologiques sont représentées par un jeu de paramètres : la direction du vent, la vitesse du vent, la température extérieure, la pluviométrie et la stabilité de l'atmosphère. Ces paramètres sont variables dans le temps et dans l'espace. Ils résultent de la superposition de phénomènes atmosphériques à grande échelle (régime cyclonique ou anticyclonique) et de phénomènes locaux (influence de l'occupation des sols, de la topographie). Pour être pertinents, ils doivent être déterminés à partir de chroniques météorologiques suffisamment longues et complètes, mais aussi représentatives de la climatologie locale.

Les paramètres météorologiques pour la modélisation de la dispersion atmosphérique sont donc calculés à partir des données d'une station météorologique représentative des conditions du site. Le choix de cette station météorologique doit tenir compte :

- de sa position géographique : la station retenue doit être la plus proche possible de l'installation et il ne doit pas exister d'obstacle majeur entre la station et la zone d'étude ;
- de la cadence d'acquisition des données météorologiques : il existe des stations où certains paramètres sont mesurés toutes les heures et d'autres tous les jours. Les données les plus fines permettent de prendre en compte les phénomènes météorologiques temporels (notamment les phénomènes diurnes) ;
- du type de données météorologiques acquises par rapport au besoin de modélisation (direction et force du vent, pluviométrie, température, nébulosité ou gradient thermique pour définir la stabilité atmosphérique).

La station météorologique d'Houdelaincourt est retenue pour les calculs de dispersion atmosphérique car elle fournit les conditions de vent représentatives du site[3]. Elle est située au nord-est des installations du centre de stockage à environ 10 km de la zone puits et environ 15 km de la zone descenderie.

Il est à noter que cette station météorologique a vocation à servir de référence pour le fond atmosphérique régional, et plus largement de par sa situation (altitude, éloignée de toute perturbation telle que des bâtiments ou bosquets), pour le quart nord-est de la France. C'est d'ailleurs une station météorologique utilisée pour de nombreux réseaux de suivi de la qualité de l'air nationaux comme ATMO Grand Est, association à but non lucratif agréée par le Ministère chargé de l'environnement en charge de la surveillance de la qualité de l'air dans la région Grand Est, l'Observatoire Permanent de la Radioactivité de l'Air (réseau OPERA-Air de l'IRSN) et même internationaux tel que le réseau de suivi des gaz à effet de serre « Integrated Carbon Observation System » (ICOS).

Les données météorologiques de la station atmosphérique d'Houdelaincourt sont donc retenues comme données de référence pour l'évaluation de la dispersion des rejets radioactifs du centre de stockage Cigéo.

Une analyse statistique de ses données horaires sur une période de cinq ans (2012 à 2019), suffisamment longue et complète[4], mais aussi représentative de la climatologie locale, a été réalisée. La représentation des fréquences en direction et en force (vitesse) du vent obtenu à la station météorologique d'Houdelaincourt est présentée sur la figure 2-18. Les directions dominantes du vent apparaissent ainsi nettement.

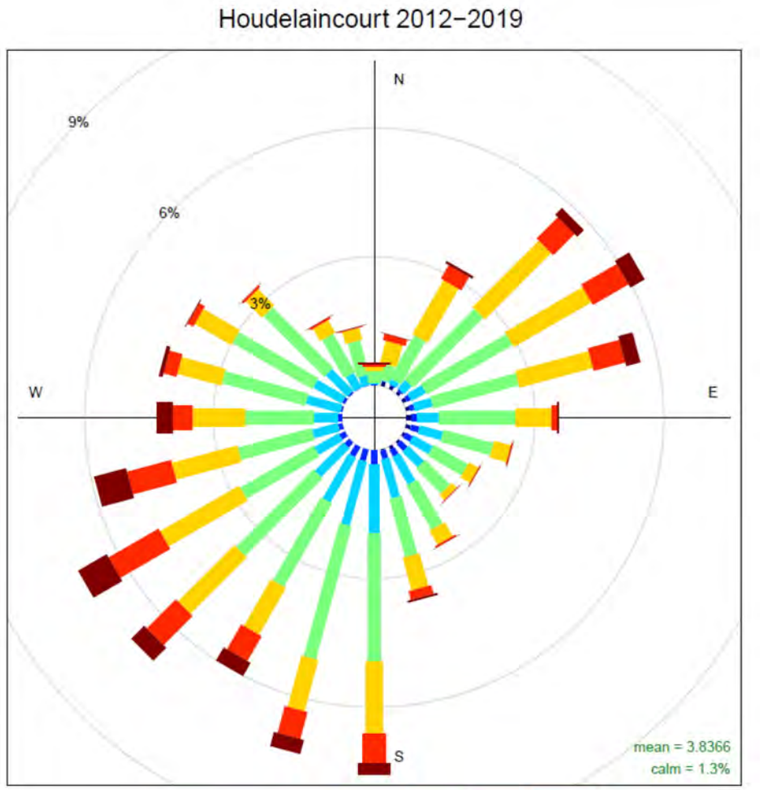


Figure 2-18 Rose des vents à la station atmosphérique d'Houdelaincourt

Les rejets de l'installation souterraine représentent la source majoritaire de plusieurs ordres de grandeur. Les rejets de l'installation nucléaire de surface, localisée sur la zone descenderie, sont négligeables devant ceux de la cheminée de l'installation souterraine.

L'environnement du projet global Cigéo est rural, avec des zones agricoles hétérogènes, et présente peu d'obstacles à la bonne dispersion des rejets. Les concentrations en gaz et aérosols radioactifs diminuent significativement avec la distance. Une baisse significative est observée sur les premiers kilomètres.

Les résultats de la modélisation de la dispersion du tritium associés aux rejets atmosphériques maximaux (phase de fonctionnement) et calculés à l'aide de l'outil IMPACT, sont présentés sur la figure 2-19. Sur cette figure, les zones en « bleu clair » représentent les concentrations les plus importantes dans l'air (supérieures au bruit de fond maximal). Ces résultats reflètent l'influence des conditions météorologiques représentatives du site (rose des vents). En effet, les deux principaux panaches, sud-ouest et nord-est, correspondent aux deux directions principales de vent à la station d'Houdelaincourt (cf. Figure 2-18). Les concentrations dans le panache nord-ouest sont variables autour de l'Ormançon du fait que les émissions ont lieu au niveau du plateau. Ainsi, les vallées ne

[3] Les données de la station météorologique de Saint-Dizier ne sont pas retenues pour cette évaluation sauf pour la nébulosité non suivie à Houdelaincourt car elle est située dans un contexte topographique différent du plateau du barrois et ne sont donc pas représentatives du site d'implantation du centre de stockage Cigéo. Comme mentionné au chapitre 1.2 du volume III de la présente étude d'impact, les données acquises depuis 1953 par cette station sont utilisées pour définir des conditions extrêmes ou historiques utilisées pour concevoir et protéger les installations des intempéries.

[4] L'Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris) recommande de prendre en compte une chronique d'au moins trois années avec une fréquence maximale tri-horaire pour représenter la variabilité interannuelles des conditions météorologiques (7).

sont pas directement dans le panache et les concentrations en fond de vallée sont plus faibles. Les autres éléments radioactifs rejetés montrent des panaches semblables avec des niveaux de concentration très faibles (inférieures au bruit de fond maximal).

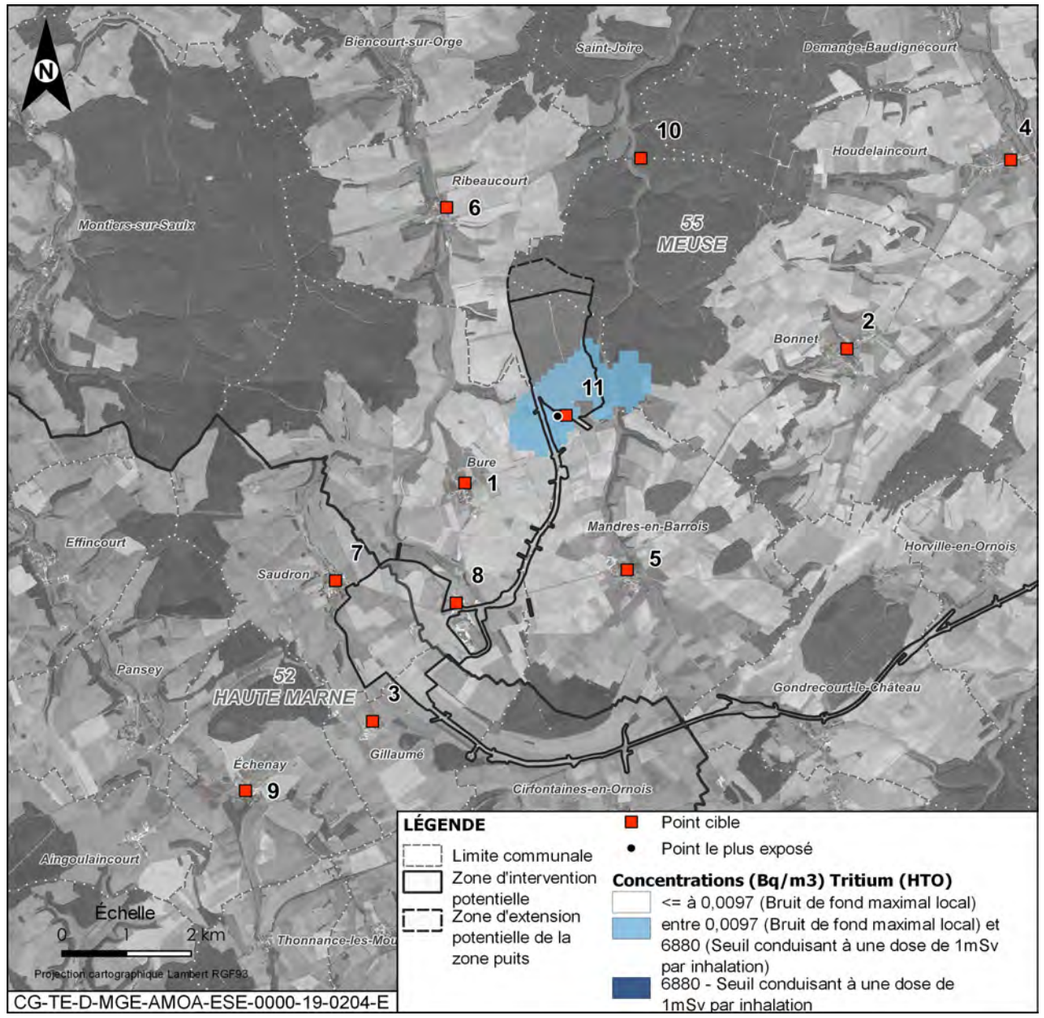


Figure 2-19 *Illustration des concentrations maximales en tritium dans l'air associées aux rejets par le centre de stockage Cigéo*

Les concentrations maximales en éléments radioactifs dans l'air, calculées à l'aide de l'outil IMPACT, situées à quelques centaines de mètres au sud-ouest de l'émissaire de la zone puits, sont restituées dans le tableau 2-22.

Tableau 2-22 *Concentrations annuelles maximales dans l'air des éléments radioactifs émis par le centre de stockage Cigéo en phase de fonctionnement*

	Concentration maximale dans l'air (Bq/m³)
Tritium	0,04 Bq/m³
14C	0,004 Bq/m³
85Kr	0,7 Bq/m³
Émetteurs beta	10 nBq/m³
Émetteurs alpha	1 nBq/m³

Les concentrations maximales dans l'air liées aux rejets de gaz et d'aérosols radioactifs du centre de stockage Cigéo, situées à quelques centaines de mètres de l'émissaire de la zone puits et en dehors des zones habitées sont faibles. Elles diminuent significativement avec la distance. À titre d'exemple, les concentrations au niveau du village de Bure sont plus faibles.

Il n'existe pas de seuil réglementaire associé au niveau de radioactivité dans l'air. Seule existe une valeur réglementaire de dose ajoutée de 1 mSv/an correspondant à la limite de l'impact au public (code de la santé publique). Afin d'analyser les impacts sur la qualité de l'air, la correspondance en activité volumique dans l'air de cette valeur réglementaire a été calculée, selon la méthode décrite au chapitre 2 du volume VII de la présente étude d'impact. Les résultats de ce calcul sont présentés au tableau 2-23 ci-dessous.

Tableau 2-23 *Correspondance en activité volumique dans l'air de la limite d'impact au public*

	Dose inhalation (Sv/an)	Activité volumique de l'air (Bq/m³)	Valeur du bruit de fond (Bq/m³)
Tritium	1,00E-03	6 880	Entre 0,0014 et 0,0097
Carbone 14	1,00E-03	20 000	Entre 0,025 et 0,145
Krypton 85	1,00E-03	125 000	Entre 1,5 et 2,5

Les émissions radioactives du projet global Cigéo ont une incidence résiduelle très faible sur la qualité de l'air.

Aucune mesure compensatoire n'est mise en œuvre.

2.4.2.4 Synthèse des incidences et mesures relatives aux émissions de substances radioactives dans l'air

Le tableau 2-24 synthétise les mesures mises en œuvre afin de limiter les émissions radioactives dans l'air.

Tableau 2-24 Synthèse des mesures mises en œuvre pour limiter l'impact des émissions radioactives dans l'air dans le cadre du projet global Cigéo

Incidences potentielles	Mesures	Type (ERC)	Phase (APR, CI, F)	Effet attendu de la mesure	Modalités de suivi	MOA	Opération
Émissions radioactives	Émissions radioactives : Niveau d'incidences potentielles : Notable						
	Conditionnement des déchets radioactifs (colis primaires), selon les spécifications d'acceptation fixées par l'Andra	E	F	Évitement de la dispersion d'éléments radioactifs dans l'environnement	Suivi de la qualité des colis de déchets radioactifs (contrôles de la production au stockage en alvéole)	Andra	Centre de stockage Cigéo – Périmètre INB
	Émissions atmosphériques radioactives canalisées et rejetées *via* des émissaires	E	F	Évitement de la dispersion d'éléments radioactifs dans l'environnement	Suivi du fonctionnement des systèmes de ventilation et maintenance associée	Andra	Centre de stockage Cigéo – Périmètre INB
	Systèmes de ventilation nucléaires équipés de filtres à très haute efficacité (rétention de 99,9 % des aérosols au minimum)	R	F	Réduction des rejets d'aérosols radioactifs dans l'environnement	Suivi du colmatage des filtres et maintenance associée	Andra	Centre de stockage Cigéo – Périmètre INB
	Émissaires de rejets canalisés en hauteur	R	F	Réduction des concentrations en gaz et aérosols radioactifs dans l'air	Mesure des rejets radioactifs	Andra	Centre de stockage Cigéo – Périmètre INB
	Mesure de la dose ambiante dans les zones contenant des colis de déchets radioactifs	R	F	Alerte en cas de situation anormale	Suivi du fonctionnement des équipements et maintenance associée	Andra	Centre de stockage Cigéo – Périmètre INB
	Émissions radioactives : Niveau d'incidences résiduelles : Très faible						

*Type de mesure : **E :** évitement ; **R :** réduction ; **C :** compensation : **A** : accompagnement.*

*Phase : **APR** : aménagements préalables ; **CI** : construction initiale ; **F** : fonctionnement.*

Le projet global Cigéo vient s'insérer dans un environnement rural et à l'écart des activités nucléaires.

Le transfert et le stockage des colis de déchets radioactifs (au sein du périmètre de l'installation nucléaire de base) pendant la phase de fonctionnement sont à l'origine de rejets de gaz radioactifs tels que le tritium (^{3}H), le carbone 14 (^{14}C), le krypton 85 (^{85}Kr) et d'aérosols radioactifs, émetteurs alpha et bêta. Ces rejets sont très faibles. Les rejets de l'installation souterraine représentent la source majoritaire de plusieurs ordres de grandeur. Les rejets de l'installation nucléaire de surface, localisée sur la zone descenderie, sont négligeables devant ceux de la cheminée de l'installation souterraine. Les systèmes de ventilation nucléaires sont équipés de filtres à très haute efficacité retenant 99.9% des aérosols au minimum. La hauteur des émissaires de rejet sont suffisantes pour assurer la bonne diffusion des rejets gazeux. Une mesure de la dose ambiante dans les zones contenant des colis de déchets radioactifs est assurée en permanence par des balises atmosphériques de radioprotection couplées avec des alarmes (visuelle, sonore) permettant de prévenir d'une situation anormale.

Les modélisations de dispersion atmosphérique effectuées montrent que les concentrations maximales dans l'air liées à ces rejets de gaz et d'aérosols radioactifs, situées à quelques centaines de mètres de l'émissaire de la zone puits et en dehors des zones habitées, sont très faibles. Elles diminuent significativement avec la distance.

Les rejets radioactifs du projet global Cigéo ont une incidence très faible sur la qualité de l'air.

2.4.2.5 Incidences liées aux émissions radioactives atmosphériques sur la santé humaine

Lors de la phase de fonctionnement, les activités sur du projet global Cigéo conduisent à des « émissions » radioactives atmosphériques dans l'environnement. L'étude des incidences (effets potentiels) de ces émissions radioactives sur la santé des populations environnantes se trouve ici synthétisée, cette analyse étant détaillée au volume VI de la présente étude d'impact.

Le projet global Cigéo accueillera des colis de déchets de haute activité et de moyenne activité à vie longue (HA et MA-VL) pendant toute sa phase de fonctionnement. Ces colis de déchets sont acheminés au centre de stockage Cigéo puis transférés au sein des installations jusqu'aux alvéoles de stockage dans la couche du Callovo-Oxfordien. Pendant leur transport sur la voie publique ou privée et leur transfert au sein des installations du centre de stockage Cigéo, ils ne subissent aucune transformation, et sont uniquement manipulés, à distance, pour être stockés en souterrain.

Les sources d'émissions radioactives du projet global identifiées sont liées aux relâchements gazeux de quelques radionucléides (tritium, carbone 14 et krypton 85) par certains colis de déchets MA-VL, à la présence potentielle de contamination labile sur les surfaces externes des colis de déchets qui sont réceptionnés .

- **Les émissions radioactives atmosphériques***

  Les radionucléides gazeux qui proviennent de certains colis de déchets sont le tritium (^{3}H), le carbone 14 (^{14}C) et le krypton 85 (^{85}Kr). Ces trois radionucléides sont très volatils et restent à l'état gazeux ou sous forme de vapeur d'eau, sans former d'aérosols. Ils sont également faiblement radiotoxiques. Les aérosols radioactifs (émetteurs alpha et bêta) pouvant être présents sur la surface externe des colis de déchets radioactifs (aussi appelée contamination surfacique labile) peuvent être mis en suspension par la ventilation des ouvrages.

  Les mesures d'évitement et de réduction mises en œuvre sur le projet global Cigéo visent à la fois à éviter et à réduire les effets liés à la présence de ces radionucléides et donc l'exposition des populations. L'ensemble de ces mesures ainsi que leurs effets attendus et modalités de suivi sont exposés aux chapitres 2 et 10 du volume IV de la présente étude d'impact.

  L'évaluation des risques sanitaires et des incidences sur la santé humaine liés à ces émissions radioactives est réalisée selon une démarche prudente, avec des hypothèses pénalisantes (majorantes) à chaque étape :

  - ✓ l'évaluation des rejets radioactifs (avec des relâchements des éléments gazeux sans considérer une capacité de rétention par le conteneur, une contamination surfacique labile des moyens de transport, des emballages et des colis au niveau maximal des seuils autorisés, la présence de colis de déchets radioactifs dans l'installation nucléaire de surface au maximum de sa capacité…) ;
  - ✓ l'évaluation de la dispersion de ces rejets radioactifs puis de leur transfert dans l'environnement et la chaîne agro-alimentaire (avec un taux de présence des individus sur le lieu d'exposition égal à 100 %, un air à l'intérieur des habitations considéré identique à l'air provenant de l'extérieur…) ;
  - ✓ l'évaluation de l'exposition humaine par le calcul d'une dose efficace engagée (avec la forme chimique du tritium la plus pénalisante, des émetteurs alpha et beta assimilés à des radionucléides pénalisants, en considérant plusieurs classes d'âges de population…).

  Les populations les plus exposées aux rejets atmosphériques radioactifs du projet global Cigéo sont, compte tenu de la nature et de la quantité des émissions, celles qui se trouvent être les plus proches du centre de stockage Cigéo, sous les vents dominants, et notamment de l'émissaire de la ventilation nucléaire de la zone puits.

  Les évaluations sont réalisées avec la plateforme de calcul CERES (Code d'évaluations rapides environnementales et sanitaires), outil de référence pour de nombreuses installations nucléaires de base et dont les modèles physiques mis en œuvre ont déjà été approuvés par l'Autorité de sûreté nucléaire et son support technique l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire.

  L'exposition humaine maximale liée aux émissions radioactives atmosphériques est extrêmement faible au niveau du village de Bure, de l'ordre du microsievert par an (µSv/an), soit plus de mille fois inférieure au millisievert (mSv). L'exposition humaine pour les autres villages environnants dans un rayon d'environ 8 km est encore plus faible : entre 20 % et 40 % en dessous de l'exposition potentielle de la commune de Bure). Par ailleurs, l'exposition aux convois de transport, qui ne contiendront qu'un nombre très limité de colis de déchets radioactifs et dont les passages sont peu fréquents et limités dans le temps, est encore beaucoup plus faible que celle liée aux installations du centre de stockage Cigéo.

- **Risque sanitaire lié aux émissions radioactives**

  En phase de fonctionnement, l'exposition humaine liée aux émissions du projet global Cigéo est ainsi largement inférieure à la contrainte réglementaire de 1 mSv/an pour les activités humaines en dehors de la radioactivité naturelle et des doses reçues en médecine et à celle de 0,25 mSv/an retenue par l'Andra. Elle est imperceptible au regard de l'exposition annuelle due à la radioactivité naturelle de la population française, même la moins exposée (moyenne à 2,9 mSv/an, et fourchette basse, correspondant à la zone de Meuse/Haute-Marne à 1,6 mSv/an). Compte tenu de la diminution rapide des concentrations en gaz et aérosols radioactifs des rejets radioactifs atmosphériques avec la distance et des faibles quantités mises en jeu, les effets du projet global ne se cumulent pas avec d'autres projets et installations nucléaires de la région.

Les incidences résiduelles des émissions radioactives atmosphériques du projet global Cigéo sur la santé humaine en phase de fonctionnement sont très faibles.

2.5 Compatibilité du projet global Cigéo avec les documents de planification relatifs à l'air, l'énergie et le climat

2.5.1 Compatibilité du projet global Cigéo avec les plans de planification (hors SRADDET)

Les documents de planification relatifs à l'air, l'énergie et le climat sont présentés dans le volume 3 chapitre 1.2.1 de la présente étude d'impact. Ces documents sont :

- les plans nationaux :
  - ✓ programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) ;
  - ✓ stratégie nationale bas-carbone (SNBC) ;
  - ✓ plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques (PREPA) ;
  - ✓ stratégie nationale de mobilisation de la biomasse ;
  - ✓ plan national santé environnement (PNSE) ;
- les plans locaux :
  - ✓ plan climat air énergie territorial (PCAET) ;
  - ✓ plan régional santé environnement (PRSE) Grand Est ;
  - ✓ plan de prévention de l'atmosphère (PPA) ;
  - ✓ schéma régional de biomasse Grand Est ;
  - ✓ schéma de cohérence territoriale (SCoT) du Pays Barrois ;
  - ✓ plan climat territorial (PCT) du Pays Barrois.

En adéquation avec les accords internationaux, la France traduit sa politique de lutte contre le réchauffement climatique et de préservation de la qualité de l'air dans des lois dont les orientations et les objectifs sont déclinés dans des documents locaux.

Tous ces documents visent une baisse importante des gaz à effet de serre par :

- la réduction des consommations énergétiques ;
- le recours aux énergies renouvelables ;
- l'amélioration de l'isolation des bâtiments ;
- la baisse de la consommation des ressources ;
- la réduction des déchets.

Ils visent aussi la réduction de l'émission de polluants atmosphériques par :

- l'innovation technologique ;
- l'évolution de l'offre de mobilité.

Comme le montrent les deux chapitres 2.3 et 2.4 du présent volume, le projet global Cigéo intègre ces objectifs dès sa conception et pendant ses phases de construction initiale et de fonctionnement.

2.5.2 Compatibilité du projet avec les règles du SRADDET Grand Est

Le SRADDET de la région Grand Est, approuvé le 24 janvier 2020 (14), est constitué d'un état des lieux et d'enjeux, desquels découle une stratégie en 30 objectifs. Ces objectifs sont accompagnés de règles générales dont la portée est prescriptive.

Le projet global Cigéo est compatible avec les règles relatives au chapitre « Climat-Air-Énergie » du SRADDET. Cette compatibilité est étudiée au travers du tableau 2-25.

Tableau 2-25 Prise en compte des règles Climat-Air-Énergie du SRADDET Grand Est dans le projet global Cigéo

Règles	Énoncé de la règle	Prise en compte dans le projet global Cigéo	Exemple de mesures ERC du projet contribuant au respect des règles
1. Atténuer et s'adapter au changement climatique	Définir et mettre en œuvre des stratégies d'atténuation et d'adaptation au changement climatique.	Adaptation : le projet prend en compte les évolutions du climat sur la base des scénarios du GIEC. Atténuation : Les mesures décrites et listées aux chapitres 2.2 « Vulnérabilité aux risques météorologiques » et 2.3 « Energie et gaz à effet de serre » du présent volume	R : Conception des installations nucléaires et de protection, des équipements électriques pour résister aux hausses de température et aux vagues de chaleur R : Choix des essences pour la végétalisation du site et dans le cadre de la compensation de sorte qu'ils résistent aux changements climatiques R : Bassins de collecte et de bassins de rétention des eaux capables de recueillir de fortes précipitation
2. Intégrer les enjeux climat-air-énergie dans l'aménagement, la construction et la rénovation	Intégrer les enjeux climat-air-énergie dans tout projet de renouvellement ou d'extension urbaine selon une approche qualitative et croisée de ces enjeux dans les différents volets (aménagement, bâti, mobilité, éclairage public).	Les enjeux climat air énergie dans l'aménagement du projet sont pris en compte dans le projet dès sa conception.	L'ensemble des mesures présentées aux chapitres 2.1, 2.2, 2.3 et 2.4 du présent volume permettent de répondre à cette règle.
3. Améliorer la performance énergétique du bâti existant	Intégrer dans les objectifs d'amélioration et de réhabilitation du parc bâti des critères de performance énergétique dans le respect de la qualité patrimoniale et architecturale du bâti et des qualités paysagères des sites.	Le bâti existant réutilisé pour le projet global Cigéo inclut la voie ferrée 027000 et une partie de l'ITE.	Non concerné

Règles	Énoncé de la règle	Prise en compte dans le projet global Cigéo	Exemple de mesures ERC du projet contribuant au respect des règles
4. Rechercher l'efficacité énergétique des entreprises	Mettre en œuvre des actions pour améliorer l'efficacité énergétique et la diminution de l'empreinte carbone des entreprises et, plus globalement, encourager les démarches collectives.	La recherche de l'efficacité énergétique se traduit par la mise en place de dispositifs d'utilisation rationnelle de l'énergie définis pendant la conception du projet. Des exemples sont présentés dans la colonne de droite. Le détail des mesures est présenté au chapitre 2.3 du présent volume.	R : Utilisation rationnelle de l'énergie R : Critères de sobriété énergétique lors de la consultation des entreprises
5. Développer les énergies renouvelables et de récupération	Favoriser le développement des énergies renouvelables et de récupération en tenant compte du potentiel local des filières existantes, émergentes et d'avenir, dans le respect des usages et des fonctionnalités des milieux forestiers, naturels et agricoles ainsi que des patrimoines et de la qualité paysagère.	Des installations (cf. Colonne de gauche) permettant de réduire la dépendance au gaz naturel sont à l'étude. Ces installations sont données en exemple dans la colonne de gauche et les mesures sont détaillées au chapitre 2.3 du présent volume « Gaz à effet de serre »	R : Recours aux énergies renouvelables
6. Améliorer la qualité de l'air	Définir des orientations, objectifs, mesures et/ou actions qui concourent à la réduction des émissions de polluants atmosphériques à la source et limiter l'exposition des populations. Pour cela, les plans et programmes doivent mobiliser dans la limite de leurs domaines de compétences respectifs, les leviers ayant un impact direct ou indirect sur les émissions de polluants atmosphériques et le niveau d'exposition des populations. Participer, dans les limites des domaines de compétences respectifs, à l'atteinte des objectifs de réduction des émissions de polluants atmosphériques à la source et limiter l'exposition des populations.	Les émissions de substances dans l'air sont aussi réduites que possibles, elles font l'objet d'un suivi visant à assurer le respect des valeurs réglementaires de protection de la santé. Les mesures d'évitement et de réduction des incidences du projet global sur la qualité de l'air sont décrites au chapitre 2.4 « Qualité de l'air » du présent volume	E : Utilisation d'un convoyeur semi-enterré pour le transport de matériaux entre les zones puits et descenderie entrainant la réduction du nombre de camions émetteurs de poussières et autres substances (SOx, CO NOx, COV) E : Réutilisation des infrastructures existantes pour limiter les travaux et le trafic associé R : Brumisation des verses non couvertes pour limiter l'envol de poussières au droit des zones de dépôts des verses R : Prise en compte de la météo pour certaines opérations susceptibles de générer des envols de poussières (chaulage par exemple) R : Adaptation des équipements pour limiter les envols de poussières (bâchage des camions, système de filtration des poussières, etc.) etc.

3

Sol – Incidences et mesures

3.1	Incidences potentielles	70
3.2	Mesures d'évitement	70
3.3	Changement d'occupation du sol	71
3.4	Modification du relief : terrassements et mouvements de terres	78
3.5	Pollution des sols	82
3.6	Synthèse des incidences et mesures sur les sols	87

3.1 Incidences potentielles

Le projet global Cigéo, de par les surfaces importantes qu'il nécessite et de par sa dimension industrielle et nucléaire, peut impacter les sols de diverses manières :

- le centre de stockage et les opérations d'alimentation électrique, de ligne ferroviaire 027000 et de déviation de la route départementale D60/960 viennent modifier l'occupation des sols puisqu'il s'installe sur des terrains actuellement forestiers et/ou agricoles ;
- les terrassements préalables aux constructions et aux aménagements associés du centre de stockage Cigéo sur plusieurs centaines d'hectares vont modifier le relief, la nature et la structure des sols et enfin, mettre temporairement des terrains à nu ;
- les travaux de construction du centre de stockage Cigéo et l'activité industrielle peuvent être à l'origine de dépôts de polluants à la surface du sol.

Le tableau 3-1 synthétise les incidences potentielles du projet global Cigéo sur le sol.

Le centre de stockage Cigéo, qui s'étend sur plusieurs centaines d'hectares, induit une incidence potentielle notable sur les sols. L'opération de mise à niveau de la voie ferrée 027000 ainsi que la déviation de la route départementale D60/960 présentent également des incidences notables sur l'occupation des sols.

Concernant les incidences potentielles sur la modification du relief et sur la pollution des sols, seul le centre de stockage Cigéo présente des incidences potentielles notables. Les incidences potentielles des autres opérations du projet global Cigéo sont non notables.

Tableau 3-1 Incidences potentielles du projet global Cigéo sur le sol

Effets potentiels	Centre de stockage Cigéo	Alimentation électrique (création de postes de transformation, de lignes enterrées et sécurisation de la ligne 400 kV)	Adduction d'eau	Mise à niveau de la voie ferrée 027000	Déviation de la route départementale D60/960	Expédition et transport des colis de déchets radioactifs
Changement d'occupation des sols	APR, CI, F	APR		APR	APR	
Modification du relief : terrassements et mouvements de terres	APR, CI, F					
Pollution des sols	APR, CI, F					

En orange : incidence potentielle notable ; en bleu : incidences potentielles non notable
***APR** : phase d'aménagements préalables ; **CI** : construction initiale ; **F** : fonctionnement*

3.2 Mesures d'évitement

3.2.1 Réutilisation d'installations ferrées existantes

Mesure d'évitement : réutilisation d'installations ferrées existantes			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Occupation du sol	Andra	Centre de stockage Cigéo (ITE)	APR
	SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000	

L'Andra a choisi de privilégier le transport ferroviaire pour l'acheminement des matériaux de construction puis des colis de déchets radioactifs depuis leur centre de production vers leur centre de stockage. En amont du débat public, les producteurs de déchets ont mené une étude exploratoire sur sept scenarios regroupés en deux catégories (cf. Chapitre 2.5.3.6 du volume II de la présente étude d'impact) :

- soit « tout ferroviaire », sans rupture de charge, jusqu'à un centre de stockage Cigéo embranché. Trois scenarios ont été analysés ;
- soit « mixte routier/ferroviaire », avec rupture de charge, jusqu'à un centre de stockage Cigéo non embranché (quatre scenarios).

Chaque scenario étudié repose sur l'utilisation de voies ferrées existantes (plutôt que d'en créer de nouvelles).

Suite au débat public, un scenario « tout ferroviaire » sans « rupture de charge » (scénario 3) a été retenu. Il consiste en un raccordement ferré depuis la ligne Nançois-Tronville/Gondrecourt-le-Château jusqu'à la zone descenderie. Cette ligne est dédiée au transport de fret ; les deux autres scenarios « tout ferré » étudiés reposant sur des lignes voyageurs/fret. De plus, l'ITE à créer est la plus courte par rapport aux deux autres scenarios.

Ainsi, le scénario retenu pour le projet global Cigéo réutilise les installations existantes suivantes :

- la ligne ferroviaire 027000 entre Nançois-Tronville et Gondrecourt-le-Château ;
- la plateforme ferroviaire de l'ancienne voie ferrée Gondrecourt-le-Château/Joinville sur une distance de 10 km pour la création de l'ITE.

La réutilisation de ces installations existantes évite la consommation de sols non artificialisés.

3.2.1.1 La réhabilitation de la ligne ferroviaire 027000

La ligne ferroviaire 027000 était utilisée pour le transport de fret de la gare de Nançois-Tronville jusqu'à Gondrecourt-le-Château. La réouverture de la ligne ferroviaire 027000 fermée à la circulation depuis 2014 nécessite des travaux de mise à niveau sans impliquer de modification de tracé (cf. Chapitre 3.3.3 du volume II de la présente étude d'impact).

3.2.1.2 L'installation terminale embranchée

La majeure partie de l'ITE est installée sur une ancienne plateforme ferroviaire. Ainsi, sur les 14 km de voies ferrées nécessaires pour relier le centre de stockage au réseau ferré national, 10 km seront installés sur la plateforme ferroviaire existante de l'ancienne voie ferrée entre Gondrecourt-le-Château et Cirfontaines-en-Ornois. Seuls les quatre derniers kilomètres entre Cirfontaines-en-Ornois et la zone descenderie nécessitent la création d'une nouvelle plateforme pour y implanter la voie ferrée.

En 2011, l'Andra s'est portée acquéreur d'une friche industrielle située à Gondrecourt-le-Château, le long de la ligne ferroviaire 027000. Elle sert actuellement au CMHM pour le stockage d'échantillons géologiques et de divers matériels. Dans le cadre du projet, cette ancienne friche industrielle, déjà reconvertie pourra servir à l'installation

des bases vies et des équipements de chantier nécessaires pour l'ITE ou encore au stockage de flux de matériaux pour la construction du centre de stockage Cigéo.

3.2.1.3 Modalité de suivi

Un suivi de la liste des installations et infrastructures réutilisées à toutes les étapes clefs de la conception sera réalisé.

3.2.2 Éviter la création de piste sous la ligne électrique 400 kV

Mesure d'évitement : utilisation de la voirie existante, des chemins et autres pistes ainsi que les layons existants sous la ligne électrique 400 kV			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Occupation du sol	RTE	Alimentation électrique	APR

Afin d'éviter toute incidence sur les sols par la création d'accès provisoires, l'utilisation de la voirie existante, des chemins et autres pistes ainsi que les layons existants en milieu forestier seront privilégiés pour accéder aux zones de travaux.

À défaut de pouvoir emprunter le réseau de voiries et de chemins existants, ou le layon existant de la ligne 400 kV, un cheminement de moindre impact et d'une longueur inférieure à 500 m sera défini.

Modalité de suivi

Un suivi de l'utilisation de la voirie existante, des chemins et autres pistes sera réalisé à toutes les étapes clefs de la conception.

3.3 Changement d'occupation du sol

3.3.1 Incidences après mesures d'évitement

Le changement d'occupation du sol intervient dès le démarrage des travaux. Toutefois, la durée de cet effet est variable selon les opérations du projet global Cigéo et une distinction peut être faite entre les éléments de projets pour lesquels le changement d'occupation du sol se limite à la durée des travaux et ceux pour lesquels il est permanent.

3.3.1.1 Changement temporaire d'occupation du sol

Concernant les adductions d'eau potable ainsi que les lignes électriques enterrées, les effets du changement d'occupation des sols sont limités à la phase d'aménagements préalables.

Les liaisons électriques souterraines traversent essentiellement des parcelles agricoles et des chemins d'exploitation. Les réseaux d'eaux dont le tracé sera défini en concertation avec le public sont préférentiellement posés le long des infrastructures existantes.

De même, le renforcement de certains pylônes de la ligne 400 kV impliquera d'empiéter de quelques mètres carrés sur les terres agricoles où ils sont implantés.

Des installations temporaires sur les terres agricoles peuvent être nécessaires aux travaux le long de la liaison intersites, de l'ITE et de la ligne ferroviaire 027000.

3.3.1.2 Changement permanent d'occupation du sol

Pour le centre de stockage, le poste de transformation électrique avec sa route d'accès et les deux pylônes qui relient le poste à la ligne 400 kV ainsi que la déviation de la route départementale D60/960, le changement d'occupation du sol est permanent. Initié par les travaux de défrichement ou de terrassement, il se prolonge pendant toute la phase de fonctionnement du projet. La remise à niveau de la ligne ferroviaire 027000 et les réutilisations de l'ancienne plateforme ferroviaire pour l'ITE nécessitent quelques emprises supplémentaires de part et d'autre des emprises actuelles pour l'aménagement de rétablissements ou de rabattements routiers, notamment pour maintenir la continuité des chemins agricoles.

Malgré l'optimisation de la zone d'intervention potentielle, le projet global Cigéo s'étend sur des surfaces importantes.

La figure suivante montre l'occupation du sol dans les zones d'implantation potentielle du projet global Cigéo.

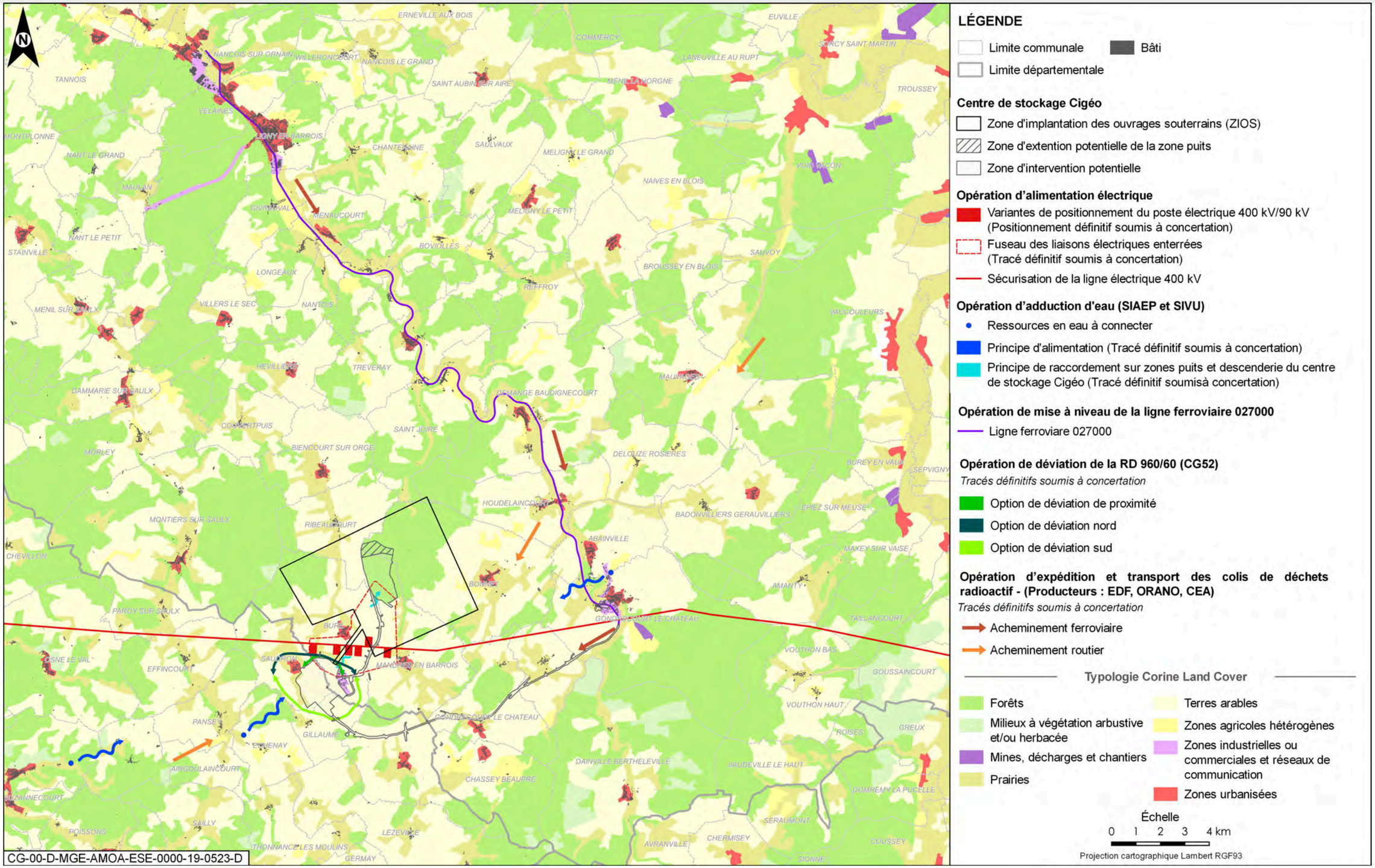


Figure 3-1 Occupation du sol au sein de la zone d'intervention potentielle

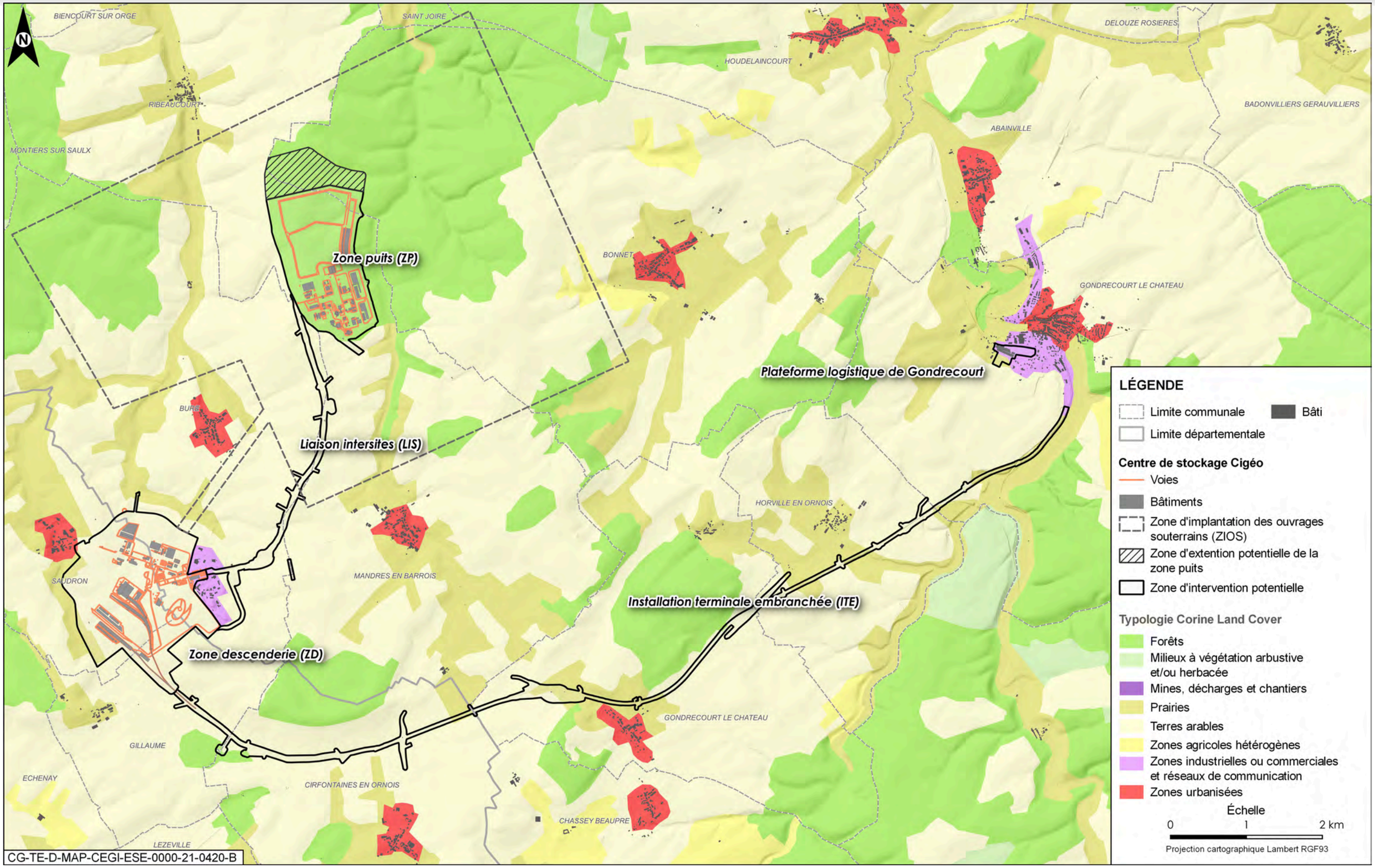


Figure 3-2 Occupation du sol au sein de la zone d'intervention potentielle – zoom sur le centre de stockage Cigéo

Le tableau suivant synthétise l'occupation du sol actuelle au droit de la zone d'intervention potentielle du projet global Cigéo incluant la Z3.

Tableau 3-2 Occupation du sol actuelle dans la zone d'intervention potentielle du projet global Cigéo

Installation	Surface agricole	Milieux naturels		Surfaces des milieux artificiels	Total Zone d'intervention potentielle
		Surface boisée et bosquets	Surface des milieux ouverts (rudérale, fourrés, pelouse…)		
Centre de stockage Cigéo					
Zone descenderie (dont INB)	275,6 ha (102,4 ha)	3,4 ha (0,7 ha)	1,1 ha (0,2 ha)	15,7 ha (4,6 ha)	296 ha (107,9 ha)
Zone puits (dont INB)	2,0 ha (0,0 ha)	250,5 ha (95,6 ha)	0,7 ha (0,0 ha)	4,2 ha (1,7 ha)	258 ha (97,3 ha)
Installations terminale embranchée	66,8 ha	4,3 ha	29,8 ha	20,0 ha	121 ha
Liaison intersites	43,3 ha	0 ha	1,0 ha	2,0 ha	46 ha
Sous total centre de stockage (dont INB)	**388* ha (102,4 ha)**	**258 ha (96,3 ha)**	**33 ha (0,2 ha)**	**42 ha (6,3 ha)**	**721 ha (205,2 ha)**
Opérations des autres maîtres d'ouvrage associés (surfaces maximales)					
Dévoiement route départementale D60/960	9,0 ha	-	0,5 ha	0,5 ha	10 ha
Poste de transformation électrique	6,0 ha	-	-	-	6 ha
Ligne électrique 400 kV	Quelques m²	-	-	-	-
Ligne ferroviaire 027000	9,1 ha	2,9 ha	4,5 ha	26,2 ha	43 ha
Adduction d'eau	1,0 ha	-	-	-	1 ha
Caractérisation environnementale	2,0	-	-	-	2 ha
Sous-total autres opérations	**27 ha**	**3 ha**	**5 ha**	**27 ha**	**62 ha**
TOTAL	**415 ha**	**264 ha**	**38 ha**	**69 ha**	**783 ha**

** La surface agricole considérée dans ce tableau correspond à une surface maximale incluant 68 ha de marge d'incertitude. Cette marge correspond à une surface potentiellement nécessaire pour les aménagements liés à ces ouvrages ainsi qu'aux emprises pour les chantiers (environ 3 ha) qui sont restitués à l'issue des travaux.*

INB : installation nucléaire de base

Pour le centre de stockage Cigéo, les zones d'interventions potentielles (incluant la Z3) représentent 721 ha. Pour les opérations des autres maîtres d'ouvrage, les emprises potentielles cumulées concernent environ 62 hectares.

Le renforcement de certains pylônes de la ligne 400 kV empiète de quelques mètres carrés sur les terres agricoles où ils sont implantés.

Ainsi le projet global Cigéo s'étend sur des surfaces importantes et modifie l'occupation du sol de manière permanente. Cependant, sur les 783 ha totaux d'occupation du sol de la zone d'intervention potentielle indiqués dans le tableau 3-2, tous les sols ne sont pas artificialisés. L'occupation du sol de certaines surfaces agricoles et naturelles est conservée ou restituée à l'issue de la phase de fonctionnement. Le tableau 3-3 précise ainsi, par installation du projet global Cigéo, les modifications d'occupation du sol, à l'issue de la phase de fonctionnement.

D'autre part, les changements d'occupation du sol engendrés par le projet global Cigéo entraînent les impacts indirects suivants :

- la perte de surface agricole a des conséquences sur l'économie agricole traitée au chapitre 8.1 et sur la biodiversité traitée au chapitre 6 du présent volume ;
- la perte de surface boisée a des conséquences sur l'économie sylvicole traitée au chapitre 8.2, et sur la biodiversité traitée au chapitre 6 du présent volume ;
- l'imperméabilisation d'une partie des surfaces artificialisées ce qui modifie la circulation des eaux sur le sol et leur infiltration dans le sous-sol. Cet aspect est traité au chapitre 5 du présent volume ;
- plus généralement, une modification ou une perte des services rendus par les écosystèmes naturels. Cet aspect est traité dans le chapitre 16 du présent volume.

Concernant les milieux naturels :

- 24 ha de surface agricole de la zone descenderie sont gérées différemment afin de contribuer aux mesures de compensation des milieux ouverts ;
- pour les 51 ha de surface boisée et de bosquets et les 55 ha de lisières/milieux naturels, il s'agit soit de surfaces conservées, soit de surfaces recréées sur sol remanié.

Pour les autres opérations, seul environ 0,5 ha de milieu naturel est conservé (route départementale D60/960) à l'issue des travaux.

Les sols impactés au droit des zones puits et descenderie, de la LIS et sur la partie ouest de l'ITE sont majoritairement des sols calcaires ou calciques, des plateaux et des versants calcaires agricoles. Les sols impactés par la partie est de l'ITE sont majoritairement des sols calcaires ou calciques des plateaux à relief ondulé sur marne et calcaire.

Comme précisé aux chapitres 3.4.5 et 8.3.4.4 du volume III de la présente étude d'impact, les sols impactés par le projet global Cigéo ont des caractéristiques biologiques intéressantes et favorables aux communautés microbiennes. Toutefois, si les sols calcaires et limoneux forestiers occupés par les espaces boisés sont de bonnes qualités et très favorables au développement forestier, les sols calcaires occupés par des parcelles agricoles sont en très grande majorité (80 %) des sols peu profonds avec des teneurs faibles en matières organiques ce qui en fait des terres à faible rendement agricole sans potentiel particuliers.

3.3.2 Mesures de réduction

3.3.2.1 Approvisionnement en énergie par des lignes électriques enterrées

Mesure de réduction : approvisionnement en énergie par des lignes électriques enterrées			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Occupation du sol	RTE	Alimentation électrique	APR, CI, F

À partir du poste de transformation 400/90 kV qui sera créé au pied de la ligne électrique 400 kV Houdreville-Méry, le choix de RTE s'est porté sur la mise en place de lignes électriques enterrées entre le poste de transformation et les zones puits et descenderie. Si les liaisons enterrées évitent l'impact paysager des lignes aériennes, elles évitent également l'incidence sur l'occupation du sol en raison de l'absence de pylônes et permettent le maintien des pratiques agricoles de l'exploitation au-dessus de lignes enterrées.

Modalité de suivi

Il sera vérifié, à toutes les étapes clés de la conception, que les modalités d'approvisionnement en énergie par des lignes électriques enterrées seront respectées.

3.3.2.2 Optimisation de la zone d'intervention potentielle du centre de stockage Cigéo

Mesure de réduction : optimisation de la zone d'intervention potentielle du centre de stockage			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Occupation du sol	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZP, ZD, LIS)	APR

La principale mesure de réduction est de concevoir la zone d'intervention potentielle la plus petite possible. La disposition du centre de stockage Cigéo est d'abord dictée par les contraintes de sureté. Comme expliqué au chapitre 2.4.1 du volume II de la présente étude d'impact, la position des puits et de la descenderie est déterminée suivant la position des ouvrages souterrains. Les différentes unités fonctionnelles des installations de surface sont disposées autour de ces liaisons surface-fond suivant de multiples règles garantissant le fonctionnement en toute sécurité de l'installation. Dans le respect de ces contraintes de sécurité et de fonctionnement plusieurs optimisations ont été mises en place au sein du centre de stockage :

- création d'un parking silo sur plusieurs étages en zone puits à la place d'un parking extérieur ;
- mutualisation de certaines installations entre zone puits et zone descenderie. Ainsi, l'accueil du public, la délivrance des autorisations d'accès et l'essentiel des services administratifs de l'ensemble du centre de stockage sont regroupés dans la zone descenderie. Ce choix a permis de limiter l'emprise de la zone puits ;
- création d'une liaison intersites groupant côte à côte les voies pour les véhicules légers, les poids lourds et le convoyeur ;
- localisation des installations de chantiers des zones puits et descenderie au sein des zones d'intervention potentielle à la phase de fonctionnement ;
- utilisation du tracé actuel de la route départementale D960 comme axe principal de desserte à l'intérieur de la zone descenderie.

Modalité de suivi

Un suivi de la répartition de l'occupation des sols et notamment des surfaces artificialisées est réalisé de la conception jusqu'à la fermeture.

3.3.2.3 Des espaces verts en zones artificialisées

Mesure de réduction : création d'espaces verts au sein des zones artificialisées			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Occupation du sol	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZP, ZD)	CI, F

Comme indiqué dans la définition proposée au chapitre 3.3 du volume III de la présente étude d'impact, les zones artificialisées intègrent les pelouses d'agréments. Ainsi, une cinquantaine d'hectares d'espaces naturels est recréée au sein du centre de stockage Cigéo dont une trentaine d'hectares de pelouse.

Modalité de suivi

Un suivi régulier des superficies artificialisées et végétalisées est réalisé de la conception jusqu'à la fermeture.

3.3.2.4 Végétalisation progressive des verses

Mesure de réduction : végétalisation progressive des verses			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Occupation du sol	Andra	Centre de stockage Cigéo - INB (ZP)	CI, F

Les verses déposées sont progressivement recouvertes de terre végétale et de végétation. Ainsi, la végétalisation de la Z1 de verses aura débuté au moment où interviendra le défrichement de la Z2.

Ce choix présente plusieurs avantages : éviter les envols de poussières, protéger les déblais du lessivage, créer progressivement une zone naturelle de milieux ouverts favorables à l'installation de la faune et de la flore et, enfin, participer à l'intégration paysagère du projet.

Une fois les verses vives réutilisées pour refermer l'installation (après 100 ans à 150 ans de fonctionnement en fonction des décisions prises par les générations futures), les zones de dépôt des verses peuvent également faire l'objet de travaux écologiques de reboisement pour reconstituer un milieu naturel s'intégrant dans l'environnement.

Modalité de suivi

Un suivi régulier de la superficie des verses à nu et des surfaces végétalisées est réalisé du début des travaux jusqu'à la fermeture.

3.3.2.5 Remise en état des zones d'intervention potentielle temporaires

Mesure de réduction : remise en état des zones d'intervention potentielles temporaires			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Occupation du sol	Andra	Centre de stockage Cigéo (ITE, ZP)	APR

Les zones d'intervention potentielle temporaires font l'objet d'une remise en état de qualité avec démantèlement des bases vie et des aménagements annexes, une évacuation des déchets et des travaux de type agricole sur le sol (décompactage, griffage) avant un aménagement. Les caractéristiques de ce dernier varient selon l'usage de la zone restituée au milieu : parcelle agricole, plateforme technique…

Modalité de suivi

Il sera inscrit dans le cahier des charges des entreprises de travaux, la remise en état des zones d'intervention potentielles temporaires.

3.3.2.6 Réduire les emprises de travaux le long de la ligne électrique 400 kV

Mesure de réduction : réduction des emprises de travaux le long de la ligne électrique 400 kV			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Occupation du sol	RTE	Alimentation électrique	APR

À défaut de pouvoir emprunter le réseau de voiries et de chemins existants, ou le layon existant de la ligne 400 kV, un cheminement de moindre impact et d'une longueur inférieure à 500 mètres sera défini.

Les emprises de chantier (plateformes, zones de travaux aux pieds des supports) seront limitées au strict nécessaire. Cette mesure de réduction s'applique au milieu naturel pour réduire les incidences sur les habitats d'espèces.

Modalité de suivi

Il sera inscrit dans le cahier des charges des entreprises de travaux, un suivi strict des emprises de travaux le long de la ligne électrique 400 kV. Ces emprises seront matérialisées par un balisage.

3.3.3 Incidences résiduelles

3.3.3.1 Incidences résiduelles temporaires

Les travaux liés aux adductions d'eau et aux lignes électriques enterrées génèrent des impacts faibles et temporaires sur l'occupation des sols. En effet, les tranchées qui sont creusées pour la pose des réseaux sont rebouchées progressivement au fur et à mesure de l'avancement des travaux. De plus, les matériaux extraits au moment du creusement des tranchées sont stockés temporairement à proximité immédiate et ils sont triés de manière à être réutilisés, voire à pouvoir reconstituer les horizons pédologiques initiaux.

Le long de la ligne électrique 400 kV, l'incidence sur l'occupation des sols est très faible. Le renforcement de certains pylônes empiète de quelques mètres carrés sur les terres agricoles où ils sont implantés. Aucune mesure compensatoire n'est donc nécessaire.

Le long de la ligne ferroviaire 027000 l'incidence sur l'occupation du sol est faible à très faible selon l'ampleur des rétablissements des passages à niveau qui sera défini après consultation du public. Des mesures compensatoires seront envisagées si la solution choisie relative aux passages à niveau impacte des terres agricoles.

Le projet global Cigéo a une incidence temporaire très faible en phase d'aménagements préalables sur l'occupation du sol liée aux opérations d'adduction d'eau, de sécurisation de la ligne électrique 400 kV et de mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000

3.3.3.2 Incidences résiduelles permanentes

Le tableau 3-3 recense, par installation du projet global Cigéo, les surfaces agricoles ou naturelles dont l'occupation du sol est conservée ou recréée après terrassement à l'issue de la phase de fonctionnement en tenant compte de la Z3, ainsi que les surfaces de milieux artificialisés.

Il en ressort que le centre de stockage Cigéo induit les modifications permanentes suivantes :

- l'artificialisation d'environ 526 ha comprenant 116 hectares de surface imperméabilisée ;
- le déboisement d'environ 189 ha à 228 ha en tenant compte du déboisement de la troisième zone de stockage des verses (Z3). Ces valeurs correspondent à des surfaces maximales estimées par rapport au milieu naturel. Les déboisements concernent principalement la zone puits (217 ha) et, dans une moindre mesure, la zone descenderie (3 ha) et une partie de l'ITE (2 ha).

  En effet, sur la zone puits, les déboisements sont échelonnés dans le temps. 132 ha sont déboisés pour l'installation des fonctionnalités de la zone puits et d'une première zone de dépôt de verses d'une surface de 60 ha (Z1) dès la phase d'aménagements préalables. Quelques années plus tard, 48 ha supplémentaires seront déboisés et remaniés pour l'extension de la zone de dépôt des verses (Z2). Enfin, une troisième zone d'une superficie de 39 ha pourrait également être déboisée à l'horizon 2070-2080, si les filières de valorisation des verses n'aboutissaient pas ou si leur pérennité venait à être remise en question pendant le fonctionnement du centre. Comme indiqué au chapitre 3.2.4.2 du volume II de la présente étude d'impact, cette opération nécessiterait, sous réserve du contexte réglementaire à cette échéance, le dépôt d'une demande d'enquête publique préalable à la déclaration d'utilité publique modificative. Néanmoins, l'Andra tient dès maintenant à analyser les impacts potentiels liés à cette troisième zone de dépôt des verses dont l'emprise n'est pas intégrée dans les parcelles concernées par la déclaration d'utilité publique du Centre de stockage Cigéo ;
- la suppression d'environ 320 ha à 388 ha de champs.

La conception du centre de stockage permet potentiellement de conserver 65 ha de surface agricole aux abords de l'ITE et de la LIS.

En ajoutant les emprises potentielles permanentes nécessaires à l'alimentation électrique, l'adduction d'eau, la mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000 et la déviation de la route départementale D60/960, ce sont :

- environ 587 ha qui sont artificialisés pour le projet global Cigéo, dont environ 158 ha de surface imperméabilisée ;
- environ 347 ha à 415 ha de surface agricole qui sont supprimés ;
- environ 192 ha à 231 ha de surface déboisée.

Par ailleurs, le projet global Cigéo ne modifie l'occupation du sol que sur de très faibles surfaces au sein des zones urbaines existantes. Seule la ligne ferroviaire 027000 passe en bordure de centres urbains. Les travaux de mise à niveau, en plus de la réhabilitation de la plateforme, nécessitent la rénovation d'ouvrages d'arts, la reprise du système de gestion des eaux et le réaménagement éventuel de passages à niveau. Le rétablissement des voiries suite à la fermeture de passages à niveau peut entraîner la construction de nouvelles portions de routes et d'ouvrages d'art pour traverser la voie ferrée en toute sécurité. Le programme de réaménagement des passages à niveau sera soumis à concertation. La solution retenue sera intégrée à la version ultérieure d'étude d'impact associée aux autorisations nécessaires à l'opération de mise à niveau de la ligne 027000.

C'est sur le centre de stockage et ses abords que l'incidence est la plus significative : les zones puits et descenderie, la liaison intersites, le raccordement de l'ITE à l'ancienne plateforme existante, le poste de transformation 400 kV et la déviation de la route départementale D60/960 s'insèrent très largement sur des terres agricoles et des milieux naturels.

Des mesures de compensation sont donc à mettre en place.

Tableau 3-3 Occupation du sol de la zone d'intervention potentielle du projet global Cigéo - phase fonctionnement (incluant la Z3)

Installation	Surface agricole potentiellement conservée	Surface agricole consacrée aux mesures environnementales (compensation des milieux ouverts)	Bois et bosquets conservés ou reconstitués	Milieux naturels et lisières conservés ou reconstitués	Milieux artificialisés	TOTAL (Zone d'intervention potentielle)
Centre de stockage Cigéo						
Zone descenderie		24 ha	14,0 ha	27,4 ha	230,6 ha	296 ha
Zone puits	0 ha	0 ha	34,0 ha	14,0 ha	210,0 ha	258 ha
Installations terminale embranchée	44,2 ha	0 ha	3,0 ha	14,0 ha	60,0 ha	121 ha
Liaison intersites	21,2 ha	0 ha	0 ha	0 ha	25,0 ha	46 ha
SOUS TOTAL	**65 ha**	**24 ha**	**51 ha**	**55 ha**	**526 ha**	**721 ha**
Aménagements opérations des maitres d'ouvrage associés (surfaces maximales)						
Dévoiement route départementale D60/960	0 ha	0,5 ha	0 ha	0 ha	9,5 ha	10 ha
Poste de transformation électrique	0 ha	0 ha	0 ha	0 ha	6 ha	6 ha
Ligne électrique 400 kV	-	-	-	-	-	-
Ligne ferroviaire 027000	0 ha	0 ha	0 ha	0 ha	42,6 ha	43 ha
Adduction d'eau	0 ha	0 ha	0 ha	0 ha	1 ha	1 ha
Caractérisation environnementale	0 ha	0 ha	0 ha	0 ha	2 ha	2 ha
SOUS-TOTAL	**0 ha**	**0,5 ha**	**0 ha**	**0 ha**	**61,1 ha**	**62 ha**
TOTAL	**65 ha**	**24,5 ha**	**51 ha**	**55 ha**	**587 ha**	**783 ha**

3.3.4 Mesures compensatoires

Des mesures de compensation écologiques, agricoles et sylvicoles compensent la perte d'espaces naturels et la perte de surfaces d'exploitation agricoles et sylvicoles.

Les mesures de compensation écologique sont détaillées au chapitre 6.6 du présent volume.

La compensation écologique concerne des milieux boisés, prairiaux et cultivés. Quel que soit l'habitat concerné, ces mesures visent à diversifier les milieux de façon à augmenter la biodiversité par la création de zones d'alimentation, de repos, de nidification, d'hibernation ainsi qu'à restaurer l'équilibre écosystémique.

Les mesures de compensation agricole sont détaillées au chapitre 8.1.5 du présent volume :

- création d'un fonds de compensation pour le développement de projets ;
- compensation d'usage.

La mesure de compensation sylvicole « Mise en œuvre de la compensation forestière et en particulier de projets de reboisement » est détaillée au chapitre 8.2.5 du présent volume. Le reboisement prévu représente le double des surfaces défrichées.

Ces mesures contribuent financièrement au développement des filières agricoles et sylvicoles.

Le projet global Cigéo modifie l'occupation de près de 783 ha de sols parmi lesquels environ 587 ha de terrains sont artificialisés, dont 158 ha imperméabilisés. Cependant, ces changements ne remettent pas en cause l'équilibre d'occupation des sols de l'aire d'étude éloignée ; les surfaces agricoles et les surfaces boisées restent largement majoritaires. Les mesures de recréation d'espaces végétalisés concourent à maintenir le fonctionnement hydraulique et hydrogéologique de la zone et à consolider les filières agricoles et sylvicoles tout en répondant à l'obligation de zéro perte nette de biodiversité.

Étant donné les surfaces artificialisées, l'impact global du projet Cigéo sur l'occupation du sol devient modéré après mise en œuvre des mesures compensatoires.

3.4 Modification du relief : terrassements et mouvements de terres

3.4.1 Incidences après mesures d'évitement

3.4.1.1 Terrassements et mouvements de terre du centre de stockage Cigéo

Les terrassements ont pour objectif d'adapter la topographie du site d'implantation au projet afin d'assurer une assise optimale des ouvrages et de répondre aux contraintes techniques comme aux contraintes de sécurité liées au fonctionnement futur. Les terrassements sont à l'origine de mouvements de terres appelés déblais ou remblais.

Pour le projet global Cigéo, 613 ha de surface sont remaniés, dont 568 ha concernant le centre de stockage Cigéo (avec 269 ha pour la zone descenderie et 223 ha pour la zone puits en intégrant la Z3).

DÉBLAIS/REMBLAIS

Les opérations de terrassement distinguent les **remblais** qui correspondent à un apport de matériau pour surélever le terrain ou remplir une cavité, et les **déblais** qui correspondent à un enlèvement de matériau pour abaisser ou niveler le terrain.

Actuellement, la topographie au droit de la zone descenderie présente un modelé doux et ondulé à partir de la colline du Haut de Gillaumé (à environ 386 m NGF). À partir de ce point haut situé au sud-est de la future zone descenderie, la pente du terrain naturel est douce dans toutes les directions cardinales. À l'ouest, la pente est orientée vers la vallée de l'Orge qui dessine une ligne de points bas. Au nord, elle est dirigée vers la route départementale D60/960 et à l'est, le CMHM est en contrebas de la colline du Haut de Gillaumé.

La topographie du terrain naturel a été prise en compte dans l'organisation générale de la zone descenderie. L'entrée se fait à l'est du site à proximité du CMHM. Les différentes plateformes ou zones de travail qui ont été définies à partir des courbes du terrain naturel et des voiries pour permettre l'implantation des différents ouvrages (bâtiments, utilités, bassins, etc.) sont situées à des altimétries intermédiaires.

La zone puits s'appuie sur le coteau ouest de la vallée de l'Ormançon. Au sein d'un espace forestier, cette dernière présente une forte déclivité d'ouest en est. Situé à l'ouest de la future zone puits, le point culminant se trouve à 391 m NGF. Les plateformes de la zone puits sont organisées en terrasses étagées vers l'Ormançon.

Toutefois, la nature du projet et les contraintes de sécurité associées impliquent des mouvements de terres importants au cours des travaux, particulièrement au moment des aménagements préalables et dans une moindre mesure en phase de construction initiale. Les travaux d'aménagements préalables sur le centre de stockage Cigéo visent d'abord la viabilisation et l'organisation des zones de surface pour y installer les premières entreprises de construction. Ils visent ensuite le terrassement des plateformes d'accueil des utilités (eau, électricité, télécommunication). Ils s'étendent progressivement aux terrassements de l'ensemble des zones de surface du centre de stockage Cigéo (zone descenderie, zone puits, liaison intersites, installation terminale embranchée). Ces travaux ont pour objectif de préparer la phase de construction initiale qui consistera en la construction des installations du centre de stockage Cigéo (construction d'installations en surface, creusement et construction des premiers ouvrages souterrains).

La topographie du site évolue pendant toute la durée de la phase d'aménagements préalables. En effet, les travaux de terrassement vont générer des mouvements de terre pour stocker temporairement les déblais à certains endroits du site en attendant leur réutilisation en tant que remblais. Les plateformes, voiries et réseaux étant mis en place pendant la phase d'aménagements préalables, les mouvements de terre au cours des phases ultérieures seront beaucoup moins importants.

En zone descenderie, la réalisation des principaux ouvrages en terre conduit à des travaux de déblais jusqu'à 17 mètres de profondeur pour le terminal ferroviaire fret et des travaux de remblais jusqu'à 15 mètres de haut (cf. Chapitre 2.6.1 du volume II de la présente étude d'impact).

En zone puits, la réalisation des principaux ouvrages en terre conduit à des travaux de déblais jusqu'à 12 mètres de profondeur et des travaux de remblais jusqu'à 18 mètres de hauteur (cf. Chapitre 2.6.1 du volume II de la présente étude d'impact).

À l'issue des travaux, les modifications perdureront tout au long du projet.

Comme décrit au chapitre 2.6.1 du volume II de la présente étude d'impact, pendant la phase d'aménagements préalables, les déblais issus des nivellements pour les installations de surface représentent un volume de terre en place de l'ordre de :

- 4,7 millions de m³ pour la zone descenderie ;
- 3,3 millions de m³ pour la zone puits.

Pendant les phases de construction initiale et de fonctionnement, les déblais issus des nivellements complémentaires pour les installations de surface, principalement les bâtiments nucléaires, les creusements des liaisons surface fond et l'extension des zones de verses (Z2 et Z3) représentent un volume de terre en place de l'ordre de :

- 1,6 millions de m³ pour la zone descenderie ;
- 2,8 millions de m³ pour la zone puits.

Les opérations de jouvence pourront également nécessiter quelques terrassements ou mouvements de terre ponctuels. Ils seront également circonscrits à l'intérieur du centre de stockage et situés au plus près de l'ouvrage concerné.

L'ensemble des terres et matériaux déblayés sera utilisé en tant que remblais *in situ* de façon à équilibrer le bilan déblais/remblais.

3.4.1.2 La zone de gestion des verses

Le volume global de matériaux argileux issus du Callovo-Oxfordien transitant sur la plateforme de gestion des verses au nord de la zone puits correspond à environ 11 millions de m³. La surface concernée par la gestion des verses correspond à une surface remaniée de 147 ha (en considérant la Z3 potentiellement mobilisable à l'horizon 2070-2080 si les filières de valorisation étaient compromises) et permet :

- la mise en attente des verses vives (environ 40 % du volume extrait total) ;
- l'entreposage des terres réutilisées progressivement pour le couvert végétal des verses ;
- la gestion des flux de verses mortes qui sont évacuées hors du site pour valorisation.

Compte tenu de la topographie du site présentant un dénivelé vers la vallée de l'Ormançon, la zone de verses est aménagée sur des plateformes étagées munies d'une digue sur leur périphérie nord, ouest et sud. Cette digue permet d'optimiser les surfaces de dépôt et de limiter la consommation de l'espace boisé. Les verses situées dans le prolongement du versant pentu de l'Ormançon et en arrière du point culminant du bois Lejuc sont organisées en pyramide étagée dont la pointe présente une hauteur maximum de 20 mètres comme la butte du Chaufour. Leur intégration dans le relief est ainsi optimisée. Elles bénéficient également du masque paysager constitué par la lisière de la zone puits et sont progressivement végétalisées. Par ailleurs, à la fin de la phase de fonctionnement, elles sont utilisées pour fermer l'installation souterraine.

Les mouvements de terre et le stockage des matériaux argileux issus du Callovo-Oxfordien modifient notablement le relief de la zone d'implantation potentielle : la zone descenderie est aplanie, le relief de la zone puits est accentué. Cependant les nouveaux modelés s'inscrivent dans les proportions des reliefs existants (cf. Chapitre 14.1.5 du présent volume). La zone descenderie accentue le replat du revers de côte sur lequel elle s'inscrit.

3.4.1.3 Effets indirects des terrassements et mouvements de terre

La modification de la topographie liée aux travaux de terrassement engendre plusieurs effets indirects :

- la mise à nu des terrains qui, sans protection végétale, sont plus sensibles à l'érosion. Le modèle RUSLE de l'ESDAC (*European Soil Data Center*) indique des valeurs d'érosion hydrique des sols globalement faibles sur la zone d'intervention potentielle, sauf localement, où les fortes pentes ont des valeurs d'érosion plus élevées, comme dans la vallée de l'Ornain. Les aléas érosifs restant faibles (absence d'aléas historiques recensés et d'indicateurs morphologiques sur le terrain), et la vallée de l'Ornain n'étant pas impactée directement par les travaux, les incidences du projet global Cigéo en termes d'érosion des sols, en particulier liées aux défrichements de bois, sont considérées comme faibles ;
- le changement des propriétés des terres entreposées qui sont d'abord décompactées lors de leur extraction puis qui peuvent subir des tassements lors de leur période de dépôt ; l'exposition aux agents météoritiques participent aussi à leur transformation ;
- le tassement des sols sous le passage répété des engins ;
- l'émission de poussières et de bruits lors des terrassements ; ces aspects sont développés aux chapitres 2.4 pour l'air et 13.1 pour le bruit, du présent volume ;
- l'émission de gaz à effet de serre ; cet aspect est développé au chapitre 2.3 du présent volume ;
- la destruction d'habitats et d'espèces vivants dans les sols ; cet aspect est développé au chapitre 6 du présent volume ;
- la dissémination éventuelle d'espèces envahissantes lors des mouvements de terre ; cet aspect est développé au chapitre 6 du présent volume ;
- l'éventuelle pollution des sols puis des masses d'eau liée principalement à un déversement accidentel d'hydrocarbure par les engins de chantier (cf. Chapitres 3.5 du présent volume).

3.4.1.4 Terrassements et mouvements de terre pour les autres opérations du projet global Cigéo

Dans une moindre mesure, des terrassements et des mouvements de terre sont nécessaires en phase d'aménagements préalables pour :

- aplanir la plateforme accueillant le poste de transformation 400/90 kV à proximité de la zone descenderie ;
- réaliser les tranchées de quelques mètres de large pour les liaisons électriques enterrées entre les zones puits et descenderie ;
- réaliser les tranchées de quelques mètres de large pour les adductions d'eau depuis les trois points de captages ;
- étayer ponctuellement les ouvrages d'art des éventuels rétablissements de passages à niveau le long de la ligne ferroviaire 027000 ;
- aplanir la plateforme accueillant la déviation de la route départementale D60/960 à proximité de la zone descenderie et créer des ouvrages de franchissement des cours d'eau pour les variantes sud et nord.

Tableau 3-4 Estimation des ordres de grandeurs des déblais et remblais générés par les quatre autres opérations du projet global

Opération	Déblais	Remblais
Alimentation électrique	Autour de 100 000 m³	Autour de 60 000 m³
Adduction d'eau	Autour de 100 000 m³	Autour de 80 000 m³
Mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000	Autour de 200 000 m³	Autour de 200 000 m³
Déviation route départementale D60/960 (trois variantes)	20 000 - 100 000 m³	30 000 - 100 000 m³

Actuellement, les volumes de déblais des quatre opérations cumulées sont évalués à environ 500 000 m³. L'estimation des volumes de remblais est quasiment équivalente. Les volumes respectifs de déblais et de remblais seront précisés par leur maître d'ouvrage dans les versions ultérieures de l'étude d'impact.

De façon générale, les maîtres d'ouvrage respectifs des autres opérations ont pour objectif la réutilisation des déblais en remblais sur leur chantier ou éventuellement sur une autre opération du projet global Cigéo sous réserve de la qualité des matériaux. En effet, les travaux de ces opérations auront lieu simultanément.

En comparaison des mouvements de terres des zones puits et descenderie, ceux nécessaires aux autres installations et opérations sont de faible ampleur. Leur incidence fine sur le relief sera précisée lors des phases ultérieures d'actualisation de la présente étude d'impact associées aux autorisations nécessaires à chacune de ces opérations.

L'installation du poste de transformation impose l'aplanissement du terrain sur 6 ha. Certaines variantes de la déviation de la route départementale D60/960 nécessitent des ouvrages en terre pour traverser la vallée de l'Orge.

Pour les opérations de sécurisation de la ligne 400 kV, d'adduction d'eau et de mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000, les modifications de la topographie se limitent à la présence ponctuelle de stock de terre sur site. À l'issue de la phase travaux, aucune modification complémentaire de la topographie et/ou mouvement de terre n'est attendue.

Ces opérations du projet global Cigéo déclenchent potentiellement les mêmes incidences indirectes que le centre de stockage Cigéo : érosion des sols à nu, changement des propriétés des sols décompactés, tassement sous les engins, bruits, poussières, disséminations d'espèces envahissantes, pollutions accidentelles des sols et des eaux.

3.4.2 Mesures de réduction

3.4.2.1 Conception du projet pour équilibrer le bilan remblais/déblais et organisation du chantier pour faciliter la réutilisation des déblais sur site

Mesure de réduction : équilibre du bilan remblais/déblais par réutilisation des déblais sur site			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Topographie	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZD, ZP, LIS, ITE)	APR, CI

Les choix de conception effectués par l'Andra ont abouti à l'équilibre du bilan remblais/déblais afin de limiter les excédents ou déficits de matériaux à l'issue de la phase de construction initiale du centre de stockage. Les réflexions ayant permis d'aboutir à cet équilibre déblais/remblais s'appuient sur :

- la prise en compte de la topographie naturelle pour la composition spatiale du site ;
- une organisation de chantier basée sur la gestion des matériaux extraits sur site et leur réemploi en fonction de leurs caractéristiques, par exemple :
  - ✓ une phase de décapage de la terre végétale qui est systématiquement stockée et préservée sur site en vue de son utilisation en fin de phase ou au tout début de la suivante pour les aménagements paysagers ;
  - ✓ les déblais présentant des caractéristiques adéquates sont réutilisés en remblais. Par exemple, le merlon de la zone descenderie réutilise les matériaux générés par le creusement du bâtiment nucléaire.

Ainsi, l'ensemble des terres et matériaux déblayés seront utilisés en tant que remblais *in situ* à l'issue de la phase de construction initiale.

Modalité de suivi

Un suivi régulier de l'équilibre remblais/déblais est réalisé de la conception jusqu'à la fin des terrassements.

3.4.2.2 Élaboration des aménagements paysagers dès la fin des aménagements préalables

Mesure de réduction : aménagements paysagers dès la fin des APR			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Topographie **Paysage**	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZD, ZP, LIS, ITE)	APR, CI

Les premiers aménagements paysagers sont mis en place dès la fin des aménagements préalables (cf. Chapitre 14.1 du présent volume). Cette phase d'aménagement des espaces verts du site et des voiries est conçue pour rétablir au plus vite les principales fonctions des sols : infiltration des eaux pluviales et leur gestion alternative, reconquête de la biodiversité, intégration paysagère. Les pentes des nouveaux reliefs sont étudiées de manière à assurer la stabilité de ces aménagements.

Modalité de suivi

Un suivi régulier de la mise en œuvre des aménagements paysagers est réalisé dès la conception.

3.4.2.3 Intégration des verses dans le relief et le paysage

Mesure de réduction : intégration des verses dans le relief et le paysage			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Topographie	Andra	Centre de stockage Cigéo - INB (ZP)	CI, F

La zone de verses s'adosse sur le versant pentu de l'Ormançon en arrière du point culminant du bois Lejuc (cf. Chapitre 3.2.4.2 du volume II de la présente étude d'impact). Ainsi, elle ne vient pas créer une nouvelle colline mais renforcer un relief existant (cf. Chapitre 14.1 du présent volume).

Par ailleurs, un masque boisé est planté en lisière de la zone puits, dissimulant les verses. De plus, une couverture végétale réutilisant les terres est installée au fur et à mesure, afin de protéger l'argile excavée des intempéries, de participer à l'intégration paysagère des verses et de limiter les impacts liés à l'envol de poussières sur l'air, la qualité des eaux et la biodiversité.

Modalité de suivi

Un suivi régulier de la mise en œuvre des aménagements paysagers est réalisé dès la conception.

3.4.2.4 Valorisation des verses et déploiement progressif de la surface de stockage

Mesure de réduction : valorisation des verses et déploiement progressif de la surface de stockage			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Topographie	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZD, ZP, LIS, ITE)	CI, F

L'argilite du Callovo-Oxfordien, dans laquelle seront implantés les ouvrages de stockage, sera excavée progressivement lors des travaux de creusement, puis remontée à la surface et gérée sur l'aire de gestion des verses située au nord de la zone puits. Si initialement, il était prévu de stocker l'ensemble des matériaux argileux excavés issus du Callovo-Oxfordien, l'Andra a lancé un ensemble d'études visant à valoriser hors du centre de stockage Cigéo une partie de ces matériaux, afin de réduire l'incidence du projet sur le bois Lejuc. L'objectif visé par l'Andra est d'en évacuer le maximum vers l'extérieur pour limiter au strict minimum la superficie de la zone de dépôt.

Différentes opportunités de valorisation des verses (cf. Chapitre 2.4.1.3 du volume II de la présente étude d'impact) sont en cours d'étude :

- leur utilisation pour combler les carrières ;
- leur utilisation en tant que matériau de base dans la fabrication des ciments. Des résultats prometteurs ont déjà été obtenus en laboratoire, aussi l'Andra a lancé des essais en partenariat avec des cimenteries industrielles.

D'autres pistes prospectives sont également étudiées comme leur valorisation dans le cadre de travaux routiers ainsi que leur utilisation pour la fabrication de briques et de céramiques.

À ce stade, l'emprise envisagée pour l'aire de gestion des verses correspond principalement à :

- l'emprise permettant le dépôt sous forme de verses des déblais du Callovo-Oxfordien mis en réserve pour leur réutilisation lors de la fermeture de l'installation souterraine (environ 40 % du volume total extrait) ; ces matériaux sont également dénommés « verses vives » ;
- l'entreposage des terres végétales réutilisées progressivement pour le couvert végétal des verses ;
- la gestion des flux de verses mortes qui seront évacuées hors du site en cas de filière de valorisation.

Une fois les verses vives réutilisées pour refermer l'installation (après 100 ans à 150 ans de fonctionnement en fonction des décisions prises par les générations futures), les plateformes font l'objet de travaux écologiques pour reconstituer un milieu naturel s'intégrant dans l'environnement.

Quant aux verses « mortes », l'Andra a lancé un ensemble d'études visant à les valoriser vers l'extérieur du centre de stockage Cigéo, afin de réduire l'emprise de la zone de dépôt. La volonté de l'Andra est de valoriser tout le volume des verses « mortes » (environ 6,5 millions de m^3) hors du centre de stockage Cigéo. Elles pourraient notamment être valorisées pour combler des carrières ou encore comme matériau de base pour la fabrication de ciments (cf. Chapitre 2.4.1.3 du volume II de la présente étude d'impact).

La zone de gestion des verses est décrite aux chapitres 2.4.1.3 et 3.2.4.2 du volume II de la présente étude d'impact. La zone de verses Z1 (d'environ 60 ha) pour les verses vives est nécessaire dès le début de la construction initiale. La zone de verses Z2 (d'environ 48 ha) est utilisée quelques années après pour gérer les déblais issus du creusement de la première extension par tranche de l'installation souterraine du centre de stockage Cigéo.

Dans l'éventualité où les filières de valorisation des verses mortes n'aboutiraient pas, ou si leur pérennité venait à être remise en question pendant le fonctionnement du centre, l'Andra devrait avoir recours à une extension d'environ 39 hectares (Z3) de la zone des verses à l'horizon 2070-2080.

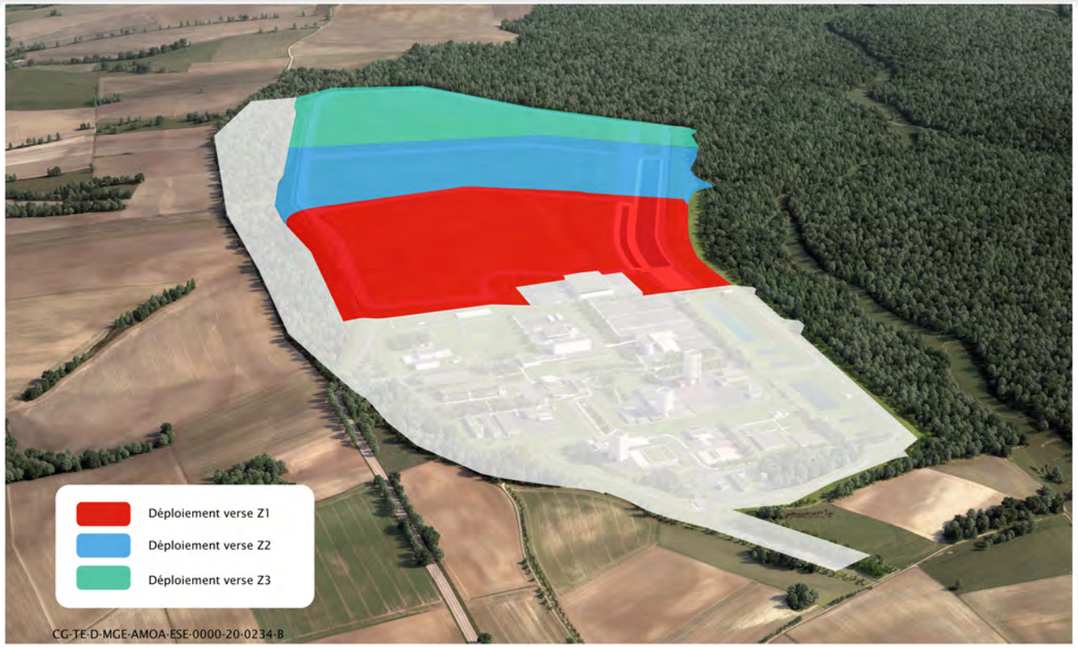


Figure 3-3 Plan de principe de localisation du déploiement des verses en zone puits

La valorisation des verses mortes permet d'éviter la consommation d'espaces boisés sur une surface d'environ 39 ha. Ces espaces boisés se trouvent sur des sols calcaires et limoneux forestiers de bonne qualité et très favorables au développement forestier.

Modalité de suivi

Un suivi régulier de la superficie et des volumes de dépôt et des solutions alternatives de réemploi des verses sera réalisé de la conception jusqu'à la fermeture.

3.4.3 Incidences résiduelles

Les terrassements sur le centre de stockage transforment définitivement le relief dès la phase d'aménagements préalables. Les nouveaux modelés sont conçus pour s'intégrer au paysage. Les effets indirects liés au chantier de terrassement ne s'expriment que pendant la phase d'aménagements préalables.

Les effets sur la topographie sont essentiellement liés au stockage des matériaux argileux issus du Callovo-Oxfordien au nord de la zone puits sur une surface maximale remaniée de 147 ha. La topographie de la zone est mise à profit pour organiser des verses sous forme de pyramide étagée, dans le prolongement du versant pentu de l'Ormançon, en arrière du point culminant du bois Lejuc. Leur intégration dans le relief est ainsi optimisée.

Ainsi, l'incidence du projet global Cigéo sur la topographie après mesures liées aux terrassements est qualifiée de faible.

Le projet global Cigéo a une incidence résiduelle faible sur la topographie.

Aucune mesure compensatoire n'est nécessaire.

3.5 Pollution des sols

3.5.1 Incidences après mesures d'évitement

Les impacts potentiels de l'environnement en situation accidentelle pouvant notamment engendrer des pollutions des sols sont étudiés au chapitre 11 « Risques » du présent volume.

3.5.1.1 Rejets incidentels

Outre les situations accidentelles décrites au chapitre 11 « Risques » du présent volume, des pollutions incidentelles, donc peu étendues, sont susceptibles de survenir en cas d'anomalie sur des véhicules ou matériels (fuites d'hydrocarbures, d'huiles, de circuits hydrauliques…), d'une mauvaise manœuvre (renversement d'un engin) ou encore d'une mauvaise gestion des déchets générés par le chantier (laitance de béton…) (cf. Chapitre 19.4.1 du présent volume de l'étude d'impact).

Dans la mesure où ces engins et poids lourds circuleront sur des zones imperméabilisées, il est peu probable que les pollutions atteignent le sol et la présence du personnel permet de les circonscrire rapidement.

Des produits toxiques sont présents dans certaines installations comme les transformateurs électriques. Ils pourraient se répandre sur les sols puis s'infiltrer vers les eaux souterraines en cas d'accident.

3.5.1.2 Dépôt de poussières

Les concentrations dans l'air des émissions atmosphériques chimiques sont présentées au chapitre 2.4.1 du présent volume.

En France, il n'existe pas de valeurs réglementaires concernant les dépôts de poussières. Néanmoins ATMO Occitanie, s'appuyant sur son expérience, a établi des valeurs seuils de retombées de poussières pour qualifier l'empoussièrement (15). Ces seuils sont présentés dans le tableau 3-5 ci-après qui restitue les résultats de la modélisation des dépôts de poussières.

Tableau 3-5 Dépôts de poussières moyens annuels totaux modélisés et comparées aux valeurs de référence (15)

	Dépôts totaux maximaux annuels sur l'aire d'étude rapprochée (mg/m²/j)	Valeurs moyenne annuelle Échelle ATMO Occitanie mg/m²/j
Dépôts totaux en phase de construction initiale	PM10 : 23,8 PM2,5 : 9,5	150 mg/m2/j FAIBLE
		150 mg/m2/j à 250 mg/m2/j MOYEN
		>250 mg/m2/j FORT
Dépôts totaux en phase de fonctionnement	PM10 : 14,3 PM2,5 : 6,6	150 mg/m²/j FAIBLE
		150 mg/m²/j à 250 mg/m²/j MOYEN
		>250 mg/m²/j FORT

Les dépôts de poussières maximaux n'excèdent pas 24 mg/m²/j en phase de construction initiale et 15 mg/m²/j en phase de fonctionnement.

Les valeurs maximales de dépôt de poussières modélisées sur l'aire d'étude rapprochée en phases de construction initiale et de fonctionnement sont inférieures à 150 mg/m² par jour, ce qui équivaut à des retombées de poussières faibles.

3.5.1.3 Dépôt au sol des radionucléides émis dans l'air en phase de fonctionnement par l'INB Cigéo

Les émissions d'éléments radioactifs de l'INB Cigéo sont très faibles (cf. Chapitre 2.4.2.3 du présent volume). Ces éléments radioactifs qui sont rejetés dans l'air par les émissaires (cheminées) de l'INB Cigéo et passent par des filtres limitant la quantité de ces substances dans l'environnement à la sortie des émissaires, peuvent, après leur dispersion dans l'air, se déposer au sol, en quantités encore plus faibles (certains éléments ne retombant pas au sol).

Ces dépôts, comme les concentrations dans l'air, sont évalués avec la plateforme de calcul CERES (Code d'évaluations rapides environnementales et sanitaires) version 6.2.5, qui permet de modéliser la dispersion atmosphérique.

La modélisation de la dispersion du tritium conduit à une estimation de l'ordre du $Bq.kg^{-1}$ en tritium dans les sols (dépôts maximaux, sous forme de vapeur d'eau tritiée, de quelques centaines de $Bq.m^{-2}$ par an pour une masse volumique du sol de 1 300 $kg.m^{-3}$ et une profondeur de sol de 20 cm), ce qui correspond à une concentration non détectable. Les dépôts des autres éléments radioactifs sont encore plus faibles, et encore moins détectables (cf.

Tableau 3-6).

Tableau 3-6 Dépôts annuels potentiels au sol des éléments radioactifs émis par le centre de stockage Cigéo en phase de fonctionnement au niveau du village de Bure

	Dépôts au sol - Bq/m²/an
Tritium	Quelques centaines (si le tritium est considéré uniquement sous forme de vapeur d'eau tritiée, sinon pas de dépôt sous forme d'hydrogène tritié)
^{14}C	Sans objet (pas de dépôt pour les gaz)
^{85}Kr	Sans objet (pas de dépôt pour les gaz)
Émetteurs beta	<0, 001
Émetteurs alpha	<0,0001

Les dépôts au sol sont essentiellement dus aux aérosols (particules en suspension dans l'air). Ces aérosols sont filtrés à 99,9 % grâce aux filtres très haute efficacité (THE) mis en place au niveau des cheminées.

Le dépôt total au sol des substances radioactives, sortant des émissaires et après filtration, correspond à la somme du dépôt sec et du dépôt humide. Le dépôt sec dépend de la forme chimique du radionucléide et de sa masse volumique, il est défini par une vitesse de dépôt sec en m/s. Le dépôt humide correspond au lessivage du panache par la pluie. L'activité massique dans le sol (exprimée en Bq/kg) se calcule à partir du dépôt total au sol, en considérant une épaisseur de sol et une masse volumique. Le tableau 3-7 présente les résultats en activité massique dans le sol pour les trois instants de calcul : 1 an, 50 ans et jusqu'à 150 ans pour couvrir la durée d'exploitation du centre de stockage Cigéo.

Tableau 3-7 Activité massique du sol à Bure (en Bq/kg)

Radionucléide	1 an	50 ans	150 ans
Carbone 14 (sous forme de CO_2)	0	0	0
Tritium 3H (sous forme de HTO)	1	1	1
Krypton ^{85}Kr (gaz rare)	0	0	0
Émetteurs alpha assimilés à du Plutonium 239 (^{239}Pu)	$9{,}52 \times 10^{-07}$	$4{,}72 \times 10^{-05}$	$1{,}39 \times 10^{-04}$
Émetteurs beta/gamma assimilés à du Strontium 90 (^{90}Sr)	$4{,}19 \times 10^{-06}$	$4{,}89 \times 10^{-06}$	$4{,}89 \times 10^{-06}$

Le krypton 85 étant un gaz rare inerte, il ne se dépose pas, ni ne s'accumule dans les sols ou dans la biomasse, l'activité massique dans le sol est donc nulle. Les émetteurs alpha et beta correspondent à une activité surfacique au niveau des colis, considérée enveloppe. En réalité, les activités seront bien inférieures. Comme également indiqué dans le chapitre 3.5.1.3 du présent volume, la modélisation de la dispersion du tritium conduit à une estimation de l'ordre d'un Bq/kg en tritium dans les sols (dépôts maximaux, sous forme de vapeur d'eau tritiée, de quelques centaines de $Bq.m^{-2}$ par an pour une masse volumique du sol de 1 300 $kg.m^{-3}$ et une profondeur de sol de 20 cm), ce qui correspond à une concentration non détectable.

Même après 150 ans d'exploitation, les valeurs ajoutées en radionucléides dans le sol ne seront pas détectables et sont de plusieurs ordres de grandeur inférieures au niveau de bruit de fond actuel des sols français compris entre 0,1 et 1 Bq/kg sec de sols pour la somme des uranium 239 et 240, 10 et 1000 Bq/kg sec en alpha et 0,5 et 10 Bq/kg sec en strontium 90. Les activités liées au bruit de fond en tritium et carbone 14 ne sont pas détectables dans les sols.

En outre, comme précisé au chapitre 19 du présent volume de l'étude d'impact, un plan de surveillance relatif sera mis en œuvre notamment pour le contrôle des émissions atmosphériques et leurs retombées.

3.5.1.4 Absence d'incidence des rayonnements produits par les colis de déchets radioactifs sur les terrains situés en surface

Les déchets HA et MA-VL stockés émettent des rayonnements, principalement bêta/gamma et alpha, potentiellement susceptibles d'engendrer une incidence en surface. Le rayonnement alpha est arrêté très facilement, même par une feuille de papier. Le rayonnement bêta est arrêté rapidement par les solides, par exemple des feuilles d'aluminium. Le rayonnement gamma décroit du fait de la distance parcourue et de la densité du milieu traversé. Le débit de dose absorbée au contact des colis de stockage est au maximum de l'ordre de 20 Gy/h.

Le Callovo-Oxfordien et les formations géologiques situées entre le Callovo-Oxfordien et la surface, de par leurs densités élevées (la densité du Callovo-Oxfordien est proche de celle du béton) et de par leurs épaisseurs, absorbent les rayonnements émis par les colis de déchets. Ils sont imperceptibles en surface et n'augmentent pas le niveau du rayonnement émis naturellement par le sol.

Par ailleurs, durant la période de fonctionnement et sur de très longues échelles de temps après la fermeture définitive du centre de stockage (plusieurs centaines de milliers d'années), aucun radionucléide n'est susceptible de migrer au travers du milieu géologique jusqu'en surface.

3.5.2 Mesures de réduction

3.5.2.1 Mise en place de dispositifs de stockage adaptés pour les produits dangereux sur les zones d'intervention potentielles

Mesure de réduction : mise en place de dispositifs de stockage adaptés pour les produits dangereux

Facteur(s) environnemental(aux)	MOA(s)	Opération(s)	Phase(s)
Pollution des sols	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZD, ZP, LIS, ITE)	APR, CI, F
	SNCF	Mise à niveau de la ligne 027000	APR
	CD 52	Déviation de la route départementale D60/960	APR
	RTE	Alimentation électrique	APR
	Syndicats de gestion des eaux d'Échenay et du Haut-Ornain	Adduction d'eau	APR

Les substances dangereuses (carburants, huiles de décoffrage…) sont stockées sur des aires dédiées, imperméabilisées, équipées de capacité de confinement dimensionnées selon les règles de l'art, afin d'éviter la propagation d'éventuelles fuites de produits dangereux. Les règles sur les incompatibilités chimiques de stockage entre produits dangereux sont respectées. Les hydrocarbures sont stockés dans des cuves à doubles parois ou équipées de bacs de rétention étanches dont le volume est au moins égal à l'ensemble du volume stocké. 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 de 2002 (16)), voile siphoïde, regards décanteurs, etc.), auxquels sont assujettis des protocoles de maintenance et de vidange vers des filières de valorisation/traitement de déchets dûment autorisées.

Modalité de suivi

Un suivi continu des modalités de travaux est réalisé tout au long du projet. Les dispositifs de stockage des produits dangereux sont entretenus pendant toute la durée des travaux. Ses dispositions sont inscrites dans les cahiers des charges des entreprises de travaux. L'ensemble des mesures de protection environnementale est mis en place par les entreprises travaux et plus particulièrement suivi par le chargé environnement de chantier.

- **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**

Les dispositifs de protection des eaux prévus au niveau des zones de dépotage puis de stockage de matières dangereuses reçues en vrac (carburants pour les engins/véhicules et GPL pour les chaufferies) et des zones de distribution des carburants font l'objet d'un entretien préventif et d'un contrôle régulier de leur état : vérifications de l'étanchéité des zones de dépotage et des rétentions associées, de l'adéquation matériaux des rétentions et produits dépotés/stockés, de l'adéquation volume des rétentions et volumes dépotés/stockés, des points bas et du volume libre disponible dans les rétentions, du bon fonctionnent des détecteurs de fuite, le cas échéant, de la présence de produits fixant ou absorbant aux abords de la zone de dépotage/distribution, du bon fonctionnement des obturateurs, le cas échéant. L'ensemble des opérations d'entretien et de contrôle effectuées est consigné sur un registre éventuellement informatisé et tenu à la disposition de l'administration.

- **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**

L'étanchéité des sols des locaux de travail dans lesquels sont manipulés des matières dangereuses est maintenue. La présence de capacités de rétention sous les stockages de matières dangereuses conditionnées est vérifiée et un entretien préventif et un contrôle régulier de leur état sont mis en place en vue de maintenir leur étanchéité (adéquation volume stocké/capacité rétention, volume libre disponible, dégradation…). L'ensemble des opérations d'entretien et de contrôle effectuées est consigné sur un registre éventuellement informatisé et tenu à la disposition de l'administration.

- **Vérification régulière des conditions d'entreposage des déchets**

Les conditions d'entreposage des déchets ainsi que de l'étanchéité des conditionnements et des cuvettes de rétention mises en œuvre sous les stockages de déchets liquides sont vérifiées régulièrement (conditions d'entreposage et dispositifs de rétention initialement proposés afin de limiter les envols, les ruissellements, les infiltrations dans le sol et les odeurs).

- **Registre des stocks (entrées/sorties)**

Un registre des stocks (entrées/sorties) est mis en place et maintenu à jour pour les liquides inflammables et plus généralement les matières dangereuses détenues : nature, quantité en fonction du lieu de stockage.

- **Registre de suivi des accidents et des pollutions accidentelles**

De manière générale, un registre rassemblant l'ensemble des déclarations d'accidents ou d'incidents faites à l'administration est mis en place et maintenu à jour (y compris pollutions accidentelles).

3.5.2.2 Organisation globale du chantier

Mesure de réduction : organisation globale du chantier

Facteur(s) environnemental(aux)	MOA(s)	Opération(s)	Phase(s)
Sols Sous-sols Eaux Biodiversité	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZD, ZP, LIS, ITE)	APR, CI, F
	SNCF	Mise à niveau de la ligne 027000	APR
	CD 52	Déviation de la route départementale D60/960	APR
	RTE	Alimentation électrique	APR
	Syndicats de gestion des eaux d'Échenay et du Haut-Ornain	Adduction d'eau	APR

L'organisation du chantier est définie selon le déroulement précis des travaux et les enjeux présents. Ainsi, les entreprises réalisant les travaux ont connaissance de l'état initial de l'environnement et organisent le chantier en conséquence avec notamment la prise en compte des principes suivants :

- l'emplacement des bases vie et des aménagements annexes nécessaires pour le personnel et le déroulement des travaux (ateliers, centrale à béton, aire de dépotage, aire de lavage des engins, zone d'approvisionnement en carburant …) positionnés en dehors des zones humides, sensibles, inondables et suffisamment éloignée de tout cours d'eau ou écoulement superficiel notoire (à cinq mètres minimum du haut de berge, avec mise en défense) ;
- les bases vie de travaux définies pour le centre de stockage Cigéo sont au nombre de deux : une sur la zone descenderie et une autre au niveau de la zone puits. Le personnel en charge de la construction de la liaison intersites utilise, soit la base vie de la zone descenderie, soit celle de la zone puits ;
- six bases de chantier au droit de certains rétablissements sont prévues au niveau de l'installation terminale embranchée avec une installation principale de chantier probablement installée au niveau de la plateforme logistique de Gondrecourt ;
- la superficie des bases vie est variable et au terme de leur utilisation, une remise en état est entreprise ;
- un plan de circulation défini pour limiter les risques d'accidents de circulation telles que le renversement d'un camion contenant des produits toxiques ou polluants. La fréquence de ce type de pollution est souvent très faible mais il est très difficile de l'évaluer, elle est en relation, par exemple, avec le nombre de véhicules et la présence de situations accidentogènes ;
- au démarrage de la phase d'aménagements préalables, les pistes de chantier en terre sont équipées d'un dispositif d'assainissement provisoire ;
- en fin d'aménagements préalable, les pistes de chantier revêtues font l'objet d'une collecte des eaux de ruissellement qui sont ensuite envoyées vers le dispositif d'assainissement de la zone ;
- l'utilisation de produits éco-responsables est privilégiée : par exemple l'utilisation de peintures sans produits écotoxiques, l'utilisation de solvants non chlorés dans les ateliers ;
- aucun apport de matériaux extérieurs à la zone d'intervention potentielle, sauf pour les besoins très spécifiques (blocs techniques de certains ouvrages d'art) et impliquant une traçabilité des matériaux ;
- la mise en place de dispositifs de stockage adaptés pour les produits dangereux présents sur les zones d'intervention potentielle. Les stockages de substances dangereuses (carburants, huiles de décoffrage, huiles hydrauliques…) sont équipés de capacités de confinement dimensionnées selon les règles de l'art. Les règles sur les incompatibilités chimiques de stockage entre produits dangereux sont respectées. Les hydrocarbures sont stockés dans des cuves à doubles parois ou équipées de bacs de rétention étanches dont le volume est au moins égal à l'ensemble du volume stocké.

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 de 2002 (16) 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 ;

- au terme de certains travaux (notamment en fin d'aménagements préalables), certaines zones d'intervention potentielles sont non utilisées pour les phases ultérieures du centre de stockage Cigéo. Elles font alors l'objet d'une remise en état de qualité avec :
  - ✓ un démantèlement des bases vie, des aménagements annexes (stockage provisoire de matériaux, atelier, parking…) ;
  - ✓ une évacuation des déchets ;
  - ✓ des travaux de type agricole sur le sol (décompactage, griffage) avant un aménagement. Les caractéristiques de ce dernier varient selon l'usage de la zone restituée au milieu : parcelle agricole, plateforme technique…

Des procédures spécifiques sont mises en place :

- pour le tri des déchets sur le chantier et le mode de stockage associé avant une évacuation vers une filière de valorisation ou de traitement selon la nature du déchet. Une attention particulière est apportée pour le stockage des huiles de vidanges, huiles hydrauliques présentes sur le chantier et les huiles diélectriques au niveau des postes électriques. Les bennes de déchets sont clairement identifiées au moyen de pictogramme, comme par exemple les pictogrammes de la fédération nationale des travaux publics (FNTP) – cf. Figure 3-4. Le brûlage et l'enfouissement des déchets sur les zones d'intervention potentielle sont interdits ;

Figure 3-4 *Exemple de pictogramme d'identification des déchets collectés au sein des zones d'intervention potentielle*

- pour le stockage de produits dangereux, les dispositifs de stockage adaptés aux produits dangereux présents sur les zones d'intervention potentielle sont mis en place à veillant à la compatibilité chimique des produits entre eux (mesure de réduction pour les incidences potentielles qualitatives sur les eaux) ;
- pour l'approvisionnement en carburant des engins avec au besoin un poste de distribution fixe de carburant pour les engins mobiles et un camion-citerne muni d'un dispositif de sécurité pour l'approvisionnement sur le chantier des engins peu mobiles (approvisionnement bord à bord) ;
- pour le contrôle de la qualité des matériaux apportés de l'extérieur pour les travaux (réalisation de remblais techniques notamment et du ballast des infrastructures ferroviaires) afin de veiller à la non pollution du milieu ;
- pour la protection des zones à enjeux (zones humides, proximité cours d'eau, habitats protégés…) par mise en place de barrières provisoires pour assurer une mise en défend de la zone et un panneautage rappelant les consignes environnementales à suivre ;
- pour la gestion des incidents ayant un impact sur l'environnement et notamment la présence de kits anti-pollution sur le chantier et dans les engins de chantier avec au préalable une sensibilisation du personnel.

» DÉMARCHE ENTREPRISE EN CAS DE CONSTAT D'INCIDENT AYANT UN IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

Les services de l'État compétents sont informés dans les plus bref délais en cas de constat d'incident ayant provoqué une pollution du milieu.

Un incident peut avoir plusieurs origines : un acte de malveillance (vandalisme, incendie…) ou le constat d'une anomalie lors de l'interprétation des résultats de suivi des différentes composantes de l'environnement (air, eau, biodiversité…) et de leur comparaison avec l'état initial, état de référence.

Une analyse des conséquences de l'incident sur les différentes composantes de l'environnement est entreprise afin de déterminer le plan d'action nécessaire pour y remédier.

- pour l'accueil sur chantier et la formation du personnel de chantier notamment pour la procédure d'alerte et d'intervention en cas de pollution du sol ou des eaux ;
- pour la réalisation des terrassements, une information spécifique est dispensée au personnel pour les sensibiliser aux risques faibles de découverte d'engins de guerre dans les zones d'intervention potentielle ;
- pour la remise en état des zones d'intervention potentielle temporaires : ces dernières font l'objet d'une remise en état de qualité avec démantèlement des bases vie et des aménagements annexes, une évacuation des déchets et des travaux de type agricole sur le sol (décompactage, griffage) avant un aménagement. Les caractéristiques de ce dernier varient selon l'usage de la zone restituée au milieu : parcelle agricole, plateforme technique…

Des panneaux de chantier rappelant l'ensemble des règles de protection environnementales à suivre sur le chantier sont mis en place.

Modalité de suivi

Un suivi continu des modalités de travaux est réalisé tout au long du projet. Tous les dispositifs permettant d'assurer des travaux respectueux de l'environnement sont entretenus et maintenus en parfait état de fonctionnement pendant toute la durée des travaux.

L'ensemble des mesures de protection environnementale est mis en place par les entreprises travaux et plus particulièrement suivi par le chargé environnement de chantier.

De manière générale, un registre rassemblant l'ensemble des déclarations d'accidents ou d'incidents faites à l'administration est mis en place et maintenu à jour (y compris pollutions accidentelles).

3.5.2.3 Rappel des mesures de réduction relatives aux émissions atmosphériques

Les mesures relatives aux émissions atmosphériques sont détaillées au chapitre 2.4 du présent volume. Les mesures d'évitement comme la mise en place d'un convoyeur semi-enterré et recouvert, ainsi que les mesures de réduction, visent à réduire les émissions de poussières et leur dépôt sur le sol :

- prise en compte des conditions météorologiques : traitement à la chaux les jours de vent faible et arrosage des pistes par temps sec ;
- mise en place de revêtement sur les pistes empruntés par les véhicules (réalisation des enrobés au plus tôt) ;
- végétalisation des verses au plus tôt afin de réduire les surfaces soumises aux intempéries et au vent ;
- brumisation des verses non couvertes ;
- adaptation des équipements pour limiter les émissions de poussières : dispositifs de capotage/bâchage et d'aspiration pour les équipements et les camions.

3.5.2.4 Rappel des mesures de réduction relatives au déversement de polluants du centre de stockage susceptible d'impacter les eaux superficielles

Les principales mesures d'évitement, de réduction et les modalités de suivi relatives aux incidences sur les eaux superficielles, décrites au chapitre 5.3 et 5.4 du présent volume, contribuent à limiter la pollution des sols sont :

- réalisation des travaux selon des modalités de travaux limitant les incidences ;
- mise en place d'un dispositif d'assainissement provisoire des eaux collectées sur les zones d'intervention potentielle ;
- mise en fonctionnement des dispositifs définitifs d'assainissement des eaux collectées sur les zones d'intervention potentielle avant la fin de la phase d'aménagements préalables ;
- contrôle de la performance des dispositifs ;
- entretien et maintenance des dispositifs de gestion des eaux.

3.5.2.5 Rappel des mesures de réduction relatives à la gestion des déchets

Les mesures relatives à la gestion des déchets sont détaillées au chapitre 10 du présent volume de l'étude d'impact du projet global Cigéo. Les principales mesures relatives rappelées ci-dessous participent à la limitation de la pollution des sols.

Aménagements préalables et construction initiale

De façon générale, les déchets sont triés selon leur nature et des bennes de tri sont installées en fonction des besoins au cours de la phase d'aménagements préalables. Des conteneurs spécifiques pour les déchets dangereux sont implantés à l'abri des intempéries. Ils permettent leur tri, leur transport en tenant compte des caractéristiques spécifiques des déchets. Ils sont également équipés de dispositifs permettant de prévenir les risques de pollution.

Les installations pérennes relatives à la gestion des déchets sont installées dès la phase d'aménagements préalables.

En phase de fonctionnement

En phase de fonctionnement, un plan de zonage spécifique aux déchets, permettant d'identifier les zones de production possible de déchets nucléaires et les zones dites à déchets conventionnels, contenant une cartographie des locaux et les modalités du contrôle de sa validité, est soumis à l'Autorité de sûreté nucléaire dans le cadre de la présente demande d'autorisation de création du centre de stockage Cigéo.

L'Andra et les maîtres d'ouvrages associés mettent en œuvre, en fonction de la nature et des gisements des déchets produits, des solutions de gestion visant à privilégier le réemploi et la valorisation.

Les déchets radioactifs seront systématiquement triés au plus près de la source de production, puis conditionnés sur la zone de production dans un premier emballage assurant leur confinement, avant d'être transférés vers un local de regroupement des déchets d'exploitation. Ils seront ensuite envoyés vers l'un des deux centres de gestion des déchets de l'Andra.

3.5.2.6 Rappel des mesures de réduction en cas d'accidents

Les mesures pour prévenir les impacts sur l'environnement en cas d'accident sont développées au chapitre 11 du présent volume de l'étude d'impact. Seuls les risques d'accident pouvant potentiellement concerner le sol sont synthétisés dans ce chapitre. Il s'agit du risque de dispersion d'éléments radioactifs en cas d'accident lors du transport des colis de déchets radioactifs et du risque de fuite sur un camion de livraison du carburant.

Le risque de dispersion d'éléments radioactifs en cas d'accident de transport des colis de déchets radioactifs est très limité. Les colis sont transportés dans des emballages très robustes, résistants, sans déformation ou fuite dans des conditions accidentelles sévères (chute de neuf mètres sur une surface indéformable, chute d'un mètre sur un poinçon, incendie à 800 °C pendant 30 min). Dans les conditions de transport prévues, un accident qui surviendrait ne remet pas en cause l'intégrité des emballages et des colis.

Les postes de conduite des locomotives sont équipés de dispositifs « homme mort » et le convoi est suivi en temps réel, déclenchant une alerte et les secours en cas d'anomalie. En cas de fuite ou de déversement accidentel, des kits anti-pollution sont mis en œuvre, les terres polluées sont récupérées et stockées dans des fûts étanches puis collectées, transférées et traitées par des entreprises spécialisées.

Par ailleurs, un dispositif de gestion de crise est prévu en cas d'incident ou d'accident de transport de matières nucléaires, prévoyant entre autres l'alerte des pouvoirs publics.

À l'intérieur du centre de stockage, même si la manutention des colis de déchets radioactifs est réalisée uniquement à l'intérieur de certains locaux, l'ensemble du bâtiment est conçu pour assurer un confinement évitant ainsi une contamination des sols.

Pour limiter les fuites de carburant sur un camion de livraison, des mesures de contrôle systématique et de contrôle de conformité sont prévues ainsi que des mesures d'inspection régulières. Malgré ces mesures, si un accident survenait, la circulation et le déchargement seraient arrêtés. Par ailleurs, les installations sont conçues pour éviter tout rejet des eaux pluviales directement dans le milieu naturel et toute infiltration non maîtrisée dans les sols (imperméabilisation des voieries, aires de dépotage étanches avec séparateurs d'hydrocarbures, collecte et traitement des eaux polluées).

3.5.3 Incidences résiduelles

Le principal risque de pollution des sols est lié aux situations accidentelles lors des travaux. Toutes les mesures sont mises en œuvre pour réduire l'occurrence des accidents et pour parer au plus vite aux déversements accidentels d'effluents. Ainsi **le risque de pollution des sols par le projet global Cigéo est très faible.**

Le projet global Cigéo a une incidence résiduelle très faible sur la pollution des sols.

Aucune mesure compensatoire n'est nécessaire.

3.6 Synthèse des incidences et mesures sur les sols

Le tableau 3-8 synthétise les mesures mises en œuvre afin de limiter les impacts sur les sols.

Tableau 3-8 Synthèse des mesures mises en œuvre pour les sols dans le cadre du projet global Cigéo

Incidences potentielles	Mesures	Type (ERC)	Phase (APR, CI, F)	Effets attendus de la mesure	Modalités de suivi	MOA	Opération
Changement d'occupation des sols	Changement d'occupation des sols : Niveau d'incidences potentielles : Notable						
	Réutilisation d'installations existantes	E	APR	Évitement de surfaces non artificialisées	Suivi de la répartition de l'occupation des sols et notamment des surfaces artificialisées Suivi de la liste des installations réutilisées à toutes les étapes clefs de la conception	Andra	Centre de stockage Cigéo
						SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000
	Utilisation de la voirie existante, des chemins et autres pistes ainsi que les layons existants sous la ligne 400 kV	E	APR	Évitement de surfaces non artificialisées	Suivi de la répartition de l'occupation des sols et notamment des surfaces artificialisées Suivi de la liste des installations réutilisées à toutes les étapes clefs de la conception	RTE	Alimentation électrique
	Approvisionnement en énergie par des lignes électriques enterrées	R	APR, CI, F	Réduction de consommation d'espace par des pylônes	Suivi de la répartition de l'occupation des sols et notamment des surfaces artificialisées	RTE	Alimentation électrique
	Optimisation de la zone d'intervention potentielle du centre de stockage	R	APR	Réduction de surfaces artificialisées	Suivi de la répartition de l'occupation des sols et notamment des surfaces artificialisées	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Création d'espaces verts au sein des zones artificialisées	R	CI, F	Diminution des surfaces artificialisées	Suivi régulier des superficies imperméabilisées et végétalisées de la conception jusqu'à la fermeture	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Végétalisation progressive des verses	R	CI, F	Retour progressif à l'état non artificialisé des zones verses	Suivi régulier de la superficie des verses à nu et des surfaces végétalisées	Andra	Centre de stockage Cigéo – INB
	Remise en état des zones d'intervention potentielles temporaires	R	APR	Réduction de surfaces artificialisées	Suivi de la répartition de l'occupation des sols et notamment des surfaces artificialisées	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Réduction des emprises de travaux le long de la ligne électrique 400 kV	R	APR	Réduction de surfaces artificialisées	Suivi de la répartition de l'occupation des sols et notamment des surfaces artificialisées	RTE	Alimentation électrique
	Mesures de compensation écologiques, agricoles et sylvicoles (cf. Chapitres 6 et 8 du présent volume)	C	APR, CI	Compenser la création de surfaces artificialisées	Modalités de suivi détaillées dans les chapitres dédiés	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Occupation du sol : niveau d'incidence après mesures de compensatoire : modérée						
Modification du relief : terrassements et mouvements de terres	**Topographie : terrassements et mouvements de terres : Niveau d'incidences potentielles : Notable**						
	Équilibrer le bilan remblais/déblais par réutilisation des déblais sur site	R	APR, CI	Réduction des importations ou exportations de matériaux de terrassement	Suivi régulier du phasage des travaux de la conception à la fin des terrassements	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Aménagements paysagers dès la fin des APR	R	APR, CI	Limiter le temps où les terrains sont à nu pour éviter l'érosion des sols et rétablissement des principales fonctions du sol	Suivi régulier du phasage des travaux dès la conception	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Intégration des verses dans le relief et le paysage	R	CI, F	Limiter le temps où les terrains sont à nu pour éviter l'érosion des sols et rétablir les principales fonctions du sol	Suivi régulier du phasage des travaux dès la conception	Andra	Centre de stockage Cigéo – INB

Incidences potentielles	Mesures	Type (ERC)	Phase (APR, CI, F)	Effets attendus de la mesure	Modalités de suivi	MOA	Opération
	Valorisation des verses et déploiement progressif de la surface de stockage	R	CI, F	Réduction des modifications de relief liées aux verses	Campagne photographique tout au long du projet	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Topographie : terrassements et mouvements de terres : Niveau d'incidences résiduelles : Faible						
Pollution des sols	**Pollution des sols : Niveau d'incidences potentielles : Notable**						
	Mise en place de dispositifs de stockage adaptés pour les produits dangereux	R	APR, CI, F	Éviter la propagation de produits dangereux	Suivi des modalités de travaux Entretien et maintenance des dispositifs Registre de suivi des accidents et des pollutions accidentelles 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 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 Vérification régulière des conditions d'entreposage des déchets Registre des stocks (entrées/sorties)	Andra	Centre de stockage Cigéo
						SNCF	Mise à niveau de la ligne 027000
						CD 52	Déviation de la route départementale D60/960
						RTE	Alimentation électrique
						Syndicats de gestion des eaux d'Échenay et du Haut-Ornain	Adduction d'eau
	Organisation globale du chantier	R	APR, CI, F	Éviter la propagation de produits dangereux et veiller à la non pollution du milieu	Suivi des modalités de travaux Entretien et maintenance des dispositifs Chargé environnement Registre de suivi des accidents et des pollutions accidentelles	Andra	Centre de stockage Cigéo
						SNCF	Mise à niveau de la ligne 027000
						CD 52	Déviation de la route départementale D60/960
						RTE	Alimentation électrique
						Syndicats de gestion des eaux d'Échenay et du Haut-Ornain	Adduction d'eau
	Limitation des émissions de poussières	R	APR, CI, F	Réduire les émissions de poussières et leur retombée au sol	Suivi des modalités de travaux Maintenance des dispositifs	Andra	Centre de stockage Cigéo
						SNCF	Mise à niveau de la ligne 027000
						CD 52	Déviation de la route départementale D60/960
						RTE	Alimentation électrique
						Syndicats de gestion des eaux d'Échenay et du Haut-Ornain	Adduction d'eau
	Limitation de déversement de polluants	R	APR, CI, F	Limiter la pollution des sols	Suivi des modalités de travaux Entretien et maintenance des dispositifs	Andra	Centre de stockage Cigéo
						SNCF	Mise à niveau de la ligne 027000

Incidences potentielles	Mesures	Type (ERC)	Phase (APR, CI, F)	Effets attendus de la mesure	Modalités de suivi	MOA	Opération
						CD 52	Déviation de la route départementale D60/960
						RTE	Alimentation électrique
						Syndicats de gestion des eaux d'Échenay et du Haut-Ornain	Adduction d'eau
	Gestion des déchets	R	APR, CI, F	Limiter la pollution des sols	Suivi des modalités de travaux Entretien et maintenance des dispositifs	Andra	Centre de stockage Cigéo
						SNCF	Mise à niveau de la ligne 027000
						CD 52	Déviation de la route départementale D60/960
						RTE	Alimentation électrique
						Syndicats de gestion des eaux d'Échenay et du Haut-Ornain	Adduction d'eau
	Gestion des accidents	R	APR, CI, F	Prévenir les risques de dispersion d'éléments radioactifs en cas d'accident lors du transport des colis de déchets radioactifs et le risque de fuite sur un camion de livraison du carburant	Suivi des modalités de travaux Entretien et maintenance des dispositifs et des procédures	Andra	Centre de stockage Cigéo
						SNCF	Mise à niveau de la ligne 027000
						CD 52	Déviation de la route départementale D60/960
						RTE	Alimentation électrique
						Syndicats de gestion des eaux d'Échenay et du Haut-Ornain	Adduction d'eau
	Pollution des sols : Niveau d'incidences résiduelles : Très faible						

*Type de mesure : **E** : évitement ; **R** : réduction ; **C** : compensation : **A** : accompagnement.*
*Phase : **APR** : aménagements préalables ; **CI** : construction initiale ; **F** : fonctionnement.*

Le projet global Cigéo, de par les surfaces importantes qu'il nécessite et de par son caractère industriel et nucléaire, peut impacter les sols de diverses manières :

- le centre de stockage vient modifier l'occupation des sols puisqu'il s'installe sur des terrains actuellement essentiellement forestiers et agricoles ;
- les terrassements préalables aux constructions et aux aménagements associés sur plusieurs centaines d'hectares vont modifier le relief, la nature et la structure des sols et enfin, mettre temporairement des terrains à nu ;
- les travaux de construction de l'ensemble du projet et l'activité industrielle peuvent être à l'origine de dépôt de polluants à la surface du sol.

En termes d'occupation du sol, les choix de l'Andra intervenus en amont permettent d'éviter une surconsommation de terres agricoles ou d'espaces naturels tout en garantissant les surfaces nécessaires au bon déroulement du projet :

- en stockant sur site uniquement les verses (argilites du Callovo-Oxfordien) qui sont réutilisées pour la fermeture des ouvrages souterrains. Ainsi, différentes opportunités de valorisation des verses excédentaires sont en cours d'étude ;
- en réutilisant des installations ferrées existantes : la ligne ferroviaire 027000 entre Nançois-Tronville et Gondrecourt-le-Château et la plateforme ferroviaire de l'ancienne voie ferrée Gondrecourt-le-Château/Joinville sur une distance de 10 km.

CHANGEMENT D'OCCUPATION DU SOL

Le projet engendre un changement d'occupation du sol dès le démarrage des travaux. Pour certaines opérations du projet, comme les adductions d'eau potable et les lignes électriques souterraines, les changements d'occupation du sol sont temporaires, les tranchées étant rebouchées systématiquement au fur et à mesure de l'avancée des travaux. Certaines installations de chantier le long des infrastructures de transport viennent aussi modifier temporairement l'occupation du sol.

Pour les autres composantes du projet, le changement d'occupation du sol est permanent (centre de stockage, poste de transformation électrique, déviation de la route départementale D60/960). Les zones d'intervention potentielle du centre de stockage Cigéo représentent 721 ha. Pour les opérations des autres maîtres d'ouvrage, les emprises potentielles concernent environ 62 hectares.

À l'échelle du projet global Cigéo, les modifications d'occupation des sols se traduisent sur l'ensemble de la durée du projet par :

- l'artificialisation d'environ 587 ha ;
- le déboisement d'environ 192 ha à 231 ha selon la valorisation des verses, principalement sur la zone puits et, dans une moindre mesure, sur la zone descenderie et sur une partie de l'ITE. Le déboisement sera progressif et dépendant de la chronologie de gestion des verses ;
- la suppression d'environ 347 ha à 415 ha de champs pour la zone descenderie, la LIS, l'ITE, le poste de transformation électrique, l'adduction d'eau, la mise à niveau de la ligne ferroviaire et la déviation de la route départementale D60/960.

Plusieurs mesures sont mises en œuvre pour réduire l'emprise du projet global :

- l'approvisionnement en énergie par des lignes électriques enterrées ;
- l'optimisation de l'emprise du centre de stockage grâce à la mise en place d'un parking silo en zone puits, la mutualisation de certaines installations entre la zone puits et la zone descenderie, la création d'une liaison intersites regroupant côte à côte des voies PL/VL et un convoyeur, et la localisation des installations de chantier des zones puits et descenderie au sein de la zone d'intervention potentielle.

D'autres mesures de réduction en termes d'occupation du sol permettent de réduire les surfaces artificialisées :

- les zones d'intervention potentielle pour les composantes du projet global à l'extérieur du centre de stockage seront remises en état à l'issue des travaux ;
- des espaces verts seront créés au sein du centre de stockage ;
- la végétalisation progressive des verses qui, au fur et à mesure, seront reboisées.

En dehors des travaux liés à l'approvisionnement du projet en eau et en énergie, les travaux liés au projet global Cigéo impactent de larges surfaces (environ 783 ha). Le centre de stockage, le poste de transformation 400 kV et la déviation de la route départementale D60/960 s'insèrent très largement sur des terres agricoles et des milieux naturels.

L'incidence résiduelle, après la mise en œuvre des mesures d'évitement et de réduction, est forte, aussi des mesures de compensation de cet effet notable sont donc mises en place. Elles concernent le milieu naturel ainsi que les activités agricoles et sylvicoles :

- compensation écologique sur des milieux boisés, sur des milieux prairiaux et des milieux cultivés. Quel que soit l'habitat concerné, ces mesures visent à diversifier les milieux de façon à augmenter la biodiversité par la création de zones d'alimentation, de repos, de nidification, d'hibernation ainsi qu'à restaurer l'équilibre écosystémique ;
- contribuer financièrement au développement des filières agricoles et sylvicoles et reboiser le double des surfaces défrichées.

Étant donné les surfaces artificialisées, l'impact global du projet global Cigéo sur l'occupation du sol devient modérée après mise en œuvre des mesures compensatoires.

TOPOGRAPHIE : TERRASSEMENTS ET MOUVEMENTS DE TERRES

La construction du projet global Cigéo implique d'adapter la topographie du site afin d'assurer une assise optimale des ouvrages et de répondre aux contraintes techniques comme aux contraintes de sécurité liées au fonctionnement. Les travaux de terrassement vont engendrer des mouvements de terre importants et nécessiter le stockage temporaire des déblais (apport de matériaux) à certains endroits du site en attendant leur réutilisation en tant que remblais (enlèvement de matériaux).

Le centre de stockage Cigéo

Plusieurs mesures de réduction sont mises en œuvre pour limiter les mouvements de terre vers ou depuis l'extérieur :

- la prise en compte de la topographie naturelle pour la composition spatiale du site ;
- une conception du projet visant à équilibrer le bilan remblais/déblais : 13,4 millions de m³ de terres et de matériaux déblayés seront utilisés en tant que remblais *in situ* ;
- une organisation du chantier basée sur la gestion des matériaux extraits sur site et leur réemploi en fonction de leurs caractéristiques ;
- des aménagements paysagers intervenant dès la fin des aménagements préalables.

À l'issue des travaux, la zone descenderie est aplanie, le relief de la zone puits est accentué. Toutefois, les nouveaux modelés s'inscrivent dans les proportions des reliefs existants : les verses ne dépassent pas 20 mètres comme la butte du Chaufour ; la zone descenderie accentue le replat du revers de côte sur lequel elle s'inscrit.

Les modifications sur la topographie du site concernent essentiellement la zone de verses. En raison de la vocation du projet qui engendre l'extraction de matériaux provenant du creusement des galeries souterraines, le volume global de verses déposé et transitant sur la plateforme de gestion des verses au nord de la zone puits correspond à environ 11 millions de m³. La surface remaniée maximale concernée est de l'ordre de 147 ha

(en considérant la Z3 potentiellement mobilisable à l'horizon 2070-2080 si les filières de valorisation étaient compromises).

La surface de gestion des verses est optimisée : elle permet de conserver les verses vives qui représentent environ 40 % du volume global des verses extraites et de gérer les flux de verses mortes qui sont évacuées hors du site pour valorisation.

Plusieurs mesures de réduction permettent de limiter l'incidence de la zone de gestion des verses sur la topographie et le paysage, notamment leur disposition en pyramide étagée dont la pointe présente une hauteur maximum de 20 mètres. Ce choix renforce le relief existant sans créer une nouvelle colline. Les abords de la zone puits et de la zone de gestion des verses sont reboisés, fondant les verses dans un paysage forestier. Par ailleurs, les verses seront végétalisées progressivement. Les verses vives sont réutilisées pour la fermeture des ouvrages souterrains. Après la fermeture, les plateformes feront l'objet de travaux écologiques pour reconstituer un milieu naturel s'intégrant dans l'environnement.

L'incidence résiduelle après mesures de réduction est qualifiée de faible. Aucune mesure compensatoire n'est nécessaire.

Les autres opérations

En comparaison des mouvements de terres des zones puits et descenderie, ceux nécessaires aux autres installations et opérations sont de faible ampleur, ils consistent à :

- aplanir la plateforme accueillant le poste de transformation 400/90 kV à proximité de la zone descenderie ;
- réaliser les tranchées de quelques mètres de large pour les liaisons électriques enterrées entre les zones puits et descenderie ;
- réaliser les tranchées de quelques mètres de large pour les adductions d'eau depuis les trois points de captages ;
- étayer ponctuellement les ouvrages d'art des éventuels rétablissements de passages à niveau le long de la ligne ferroviaire 027000 ;
- aplanir la plateforme accueillant la déviation de la route départementale D60/960 à proximité de la zone descenderie et créer des ouvrages de franchissement des cours d'eau pour les variantes sud et nord.

Leur incidence fine sur le relief sera précisée lors des phases ultérieures d'actualisation de la présente étude d'impact associées aux autorisations nécessaires à ces opérations. Toutefois, pour ces opérations, les modifications de la topographie se limitent à la présence ponctuelle de stocks de terre sur site. L'installation du poste de transformation impose l'aplanissement du terrain sur 6 ha. Certaines variantes de la déviation de la route départementale D60/960 nécessitent des ouvrages en terre pour traverser la vallée de l'Orge. Pour les opérations de sécurisation de la ligne 400 kV, d'adduction d'eau et de mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000, aucune modification complémentaire de la topographie et/ou mouvement de terre n'est attendu.

L'incidence des autres opérations est qualifiée de faible pour la déviation de la route départementale D60/960 et le raccordement électrique. Il est très faible pour l'adduction d'eau et la mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000. Aucune mesure compensatoire n'est nécessaire.

Le projet global Cigéo a une incidence résiduelle faible sur la topographie.

POLLUTION DES SOLS

En phase de fonctionnement

En phase de fonctionnement, la pollution du sol peut provenir des dépôts au sol des éléments radioactifs rejetés dans l'air et de pollutions accidentelles comme des fuites de carburant sur les camions ou les engins de chantier.

Les modélisations réalisées montrent que les dépôts au sol des éléments radioactifs rejetés dans l'air sont extrêmement faibles. Ils correspondent à des ordres de grandeur non détectables par les techniques de mesures actuelles.

Les principales sources de pollution identifiées en phase de fonctionnement correspondent à des fuites de carburant des engins de chantier/poids lourds et à des pollutions accidentelles. Le risque de fuite du carburant sur les sols est limité par le fait que les engins et poids lourds circulent sur des zones imperméabilisées dont les eaux de ruissellement sont collectées et traitées avant rejet au milieu naturel. Plusieurs mesures de réduction relatives à la gestion des eaux de ruissellement et à la gestion des déchets sont prévues. Elles sont traitées respectivement aux chapitres 5.3 et 5.4 et 11 du présent volume.

Dans le cadre du projet, le principal risque identifié susceptible de provoquer une pollution du sol est le risque de dispersion d'éléments radioactifs en cas d'accident lors du transport des colis de déchets radioactifs. Ce risque est très limité en raison des conditions de transport des colis de déchets radioactifs : ils sont transportés dans des emballages très robustes et ne présentant pas de déformation ou fuite dans des conditions accidentelles sévères. Les postes de conduite des locomotives sont équipés de dispositifs « homme mort » et le convoi est suivi en temps réel déclenchant alerte et secours en cas d'anomalie.

Le projet global Cigéo a une incidence résiduelle très faible sur la pollution des sols.

4

Sous-sol – Incidences et mesures

4.1	Incidences potentielles	94
4.2	Pollution accidentelle physico-chimique	95
4.3	Contamination potentielle radiologique et chimique du sous-sol par les colis de déchets	95
4.4	Vulnérabilité au risque sismique d'origine naturelle et anthropique	101
4.5	Risque de retrait-gonflement des argiles, de cavités et tassements	102
4.6	Ressources du sous-sol	106
4.7	Synthèse des incidences et mesures sur le sous-sol	111

4.1 Incidences potentielles

Au sein du projet global Cigéo, c'est essentiellement le centre de stockage Cigéo qui peut potentiellement impacter le sous-sol puisqu'il est constitué autour d'une installation souterraine creusée à 500 mètres sous terre. Les autres installations et opérations du projet global Cigéo sont susceptibles d'avoir des effets uniquement sur les quelques mètres du sous-sol les plus proches de la surface. D'autre part, les installations du projet global Cigéo peuvent être soumises aux mouvements de terrain et aux risques sismiques.

Les incidences potentielles du centre de stockage Cigéo sont :

- la pollution accidentelle physico-chimique ;
- la contamination potentielle par les radionucléides et substances toxiques chimiques contenus dans les colis de déchets nucléaires ;
- la vulnérabilité aux risques sismiques d'origine naturelle ou anthropique ;
- la vulnérabilité aux risques de retrait-gonflement des argiles, de cavités et risque de tassements suite à l'effondrement des galeries se répercutant sur les couches au-dessus ;
- l'aggravation des risques de mouvements de terrain ;
- les incidences sur les ressources du sous-sol par stérilisation des ressources souterraines au droit du stockage et utilisation de quantités importantes de matériaux de construction.

Les incidences potentielles des différentes opérations du projet global Cigéo sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 4-1 Incidences potentielles du projet global Cigéo sur le sous-sol

Effets potentiels	Centre de stockage Cigéo	Alimentation électrique	Adduction d'eau	Mise à niveau de la ligne 027000	Déviation de la route départementale D60/960	Expédition et transport des colis de déchets radioactifs
Pollution accidentelle physico-chimique	APR, CI, F					
La contamination potentielle par les radionucléides toxiques chimiques contenus dans les colis de déchets	F					
Vulnérabilité aux risques sismiques d'origine naturelle ou anthropique	CI, F					
Vulnérabilité du projet aux risques de retrait-gonflement des argiles, de cavités et tassements	CI, F					
Aggravation des risques de mouvements de terrain	CI, F					
Stérilisation des ressources du sous-sol et utilisation de quantités importante de matériaux	CI, F					

*En orange : incidence potentielle notable ; en bleu : incidences potentielles non notable ; **APR** : phase d'aménagements préalables ; **CI** : construction initiale ; **F** : fonctionnement*

Le centre de stockage Cigéo présentent une incidence potentielle notable sur le sous-sol.

4.2 Pollution accidentelle physico-chimique

4.2.1 Mesures d'évitement et de réduction

Les mesures de réduction présentées au chapitre 3.5.2 du présent volume permettant la gestion des pollutions accidentelles physico-chimiques sont appliquées, ainsi que leurs modalités de suivi. Il s'agit des mesures suivantes :

- la mise en place de dispositifs de stockage adaptés pour les produits dangereux ;
- l'organisation du chantier adaptée aux enjeux ;
- la limitation de déversement de polluants ;
- la gestion des déchets ;
- la gestion des accidents.

De même, les mesures présentées au chapitre 5.4.2 du présent volume, concernant la gestion des eaux (dispositifs de collecte et de traitement avant rejet au milieu naturel), sont appliquées, ainsi que leurs modalités de suivi. Il s'agit des mesures suivantes :

- la gestion des eaux de fond du centre de stockage Cigéo ;
- la mise en place de dispositifs de gestion des rejets des eaux pluviales et des effluents conventionnels ;
- la mise en place d'un dispositif de traitement complémentaire des eaux de ruissellement des verses et précisions apportées sur les eaux de percolation des verses ;
- la mise en place d'une station d'épuration par zone pour un rejet conforme au bon état chimique et écologique des eaux superficielles ;
- la 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 ;
- la mise en place d'un assainissement non-collectif sur les bases vie ou raccordement au réseau local.

Ces mesures de prévention relatives au stockage des produits et au dispositifs de traitement des eaux limitent les pollutions du sous-sol suite aux déversements accidentels ou à l'infiltration des eaux de ruissellement.

4.2.2 Incidences résiduelles

Au cours des travaux, une pollution accidentelle liée au disfonctionnement des véhicules ou matériels (par exemple fuites d'hydrocarbures, d'huiles, de circuits hydrauliques), à une mauvaise gestion des déchets générés par le chantier (par exemple la laitance de béton) et au ruissellement sur les terrains à nu peut atteindre les couches géologiques à l'affleurement. Les Calcaires du Barrois qui affleurent sous et autour du centre de stockage Cigéo laissent plus facilement les polluants s'infiltrer en profondeur du fait de la karstification (cf. Chapitre 4.3 du volume III de la présente étude d'impact). En phase d'aménagement, les terrassements nécessaires aux installations de surface du centre de stockage sur la zone descenderie sont importants et peuvent atteindre une profondeur maximale de 17 mètres. Les terrassements des autres installations et opérations du projet global Cigéo restent très superficiels ou ponctuels.

Comme présenté dans l'analyse des incidences sur les sols au chapitre 3 du présent volume, les quantités de polluants pouvant se répandre sont limitées. Elles ne sont pas de nature à transformer les roches en surface et de polluer les eaux souterraines (cf. Chapitre 5.2 du présent volume).

L'incidence résiduelle sur le sous-sol est très faible pour toutes les opérations du projet global Cigéo. Ainsi, une pollution accidentelle physicochimique a une incidence très faible sur le sous-sol.

Le projet global Cigéo a une incidence résiduelle très faible sur le sous-sol.

Aucune mesure compensatoire n'est nécessaire.

4.3 Contamination potentielle radiologique et chimique du sous-sol par les colis de déchets

4.3.1 Mesures d'évitement et de réduction

4.3.1.1 Conditionnement définitif des déchets radioactifs

Mesure de réduction : conditionnement définitif des déchets radioactifs				
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Sous-opération(s)**	**Phase(s)**
Contamination radiologique et chimique	Andra	Centre de stockage Cigéo - INB	ZIOS, ZD, ZP	F

4.3.1.1.1 Colis respectant les « spécification d'acceptation »

L'ensemble des déchets radioactifs reçus sur l'INB Cigéo se présente sous forme de colis de déchets conditionnés : les conditionnements des déchets HA et MA VL sont réalisés par les producteurs. Le produit fini à l'issue de chaque opération de conditionnement constitue le « colis primaire ». Les colis primaires sont des objets solides qui confinent les radionucléides et les substances toxiques chimiques en leur sein.

Le centre de stockage Cigéo acceptera uniquement des colis respectant l'ensemble des critères permettant de s'assurer de la sûreté de leur stockage.

Au préalable, les producteurs doivent soumettre à l'Andra une demande d'acceptation pour que leurs colis de déchets puissent être réceptionnés sur le centre de stockage Cigéo. Cette demande doit comporter la démonstration que ces colis primaires respectent les critères techniques, appelés « spécifications d'acceptation ». Ces critères techniques sont définis par l'Andra en cohérence avec les exigences opérationnelles et les exigences de sûreté du stockage. Ils portent notamment sur les caractéristiques et propriétés radiologiques, physiques, mécaniques et chimiques du colis. Les spécifications d'acceptation font l'objet d'un accord préalable à leur application par l'Autorité de sûreté nucléaire (17).

Ainsi, les colis de déchets ne seront acceptés sur le centre de stockage qu'après un processus permettant de s'assurer du respect de ces critères. Ce processus, dit « d'acceptabilité », comprend en particulier la vérification des documents de justification apportés par le producteur sur la conformité des colis aux spécifications d'acceptation. Par ailleurs, l'Andra exerce des actions de surveillance régulières et périodiques (audits, inspections, visites techniques…) sur les sites de production et d'entreposage des colis de déchets des producteurs. Ces actions visent notamment à conforter la confiance de l'Andra quant à la qualité des colis fabriqués et au respect des dispositions prévues par le producteur pour assurer la conformité de leurs colis aux spécifications d'acceptation. Ces actions viennent en complément des actions de surveillance propres que chaque producteur met en place pour garantir la qualité de ses colis.

Les colis primaires de déchets ne pourront donc être expédiés par les producteurs vers le centre de stockage Cigéo qu'après accord de l'Andra.

Ils feront l'objet de contrôles à leur réception sur le centre de stockage. Ces contrôles sont systématiques et sont de deux natures :

- un contrôle « documentaire » du dossier fourni par le producteur et accompagnant le colis depuis son site d'expédition et du numéro d'identification du colis ;
- un contrôle « physique » au déchargement sur le centre de stockage Cigéo afin de vérifier le respect des critères techniques spécifiés du colis. Ces contrôles sont associés à des critères radiologiques, comme des mesures du débit de dose au contact et à deux mètres, des mesures de contamination surfacique, et à des critères physiques de dimensions, de masse…

En complément, des contrôles, non systématiques mais approfondis (appelés « contrôles hors flux ») sont effectués sur des colis prélevés par sondage. Ces contrôles permettent en particulier de vérifier la qualité des conteneurs et la nature des déchets contenus *via* une installation de radiographie X très haute énergie (cf. Figure 4-1) et l'étanchéité des colis *via* des mesures de dégazage. Ces contrôles hors flux pourront être réalisés soit avant envoi, soit à réception sur le centre de stockage Cigéo.

Figure 4-1 *Photographie d'une radiographie très haute énergie d'un colis contenant un fût de déchets technologiques placé dans un conteneur en béton*

En cas d'écart constaté à un ou plusieurs critères techniques spécifiés par l'Andra, le colis ou les colis incriminés font l'objet, conformément à la réglementation, d'une analyse par l'Andra de l'assurance que les caractéristiques et les propriétés de ce/ces colis de déchets radioactifs en écart restent acceptables notamment vis-à-vis de de la démonstration de sûreté et de l'impact sur l'environnement. Selon le résultat de l'analyse, plusieurs possibilités de gestion sont envisagées : le renvoi du colis sur le site producteur pour remise en conformité, la remise en conformité du colis sur le centre de stockage Cigéo ou la mise en stockage du colis avec des précautions éventuelles en fonction du type d'écart.

4.3.1.1.2 Conteneurs de stockage

Les colis de stockage HA sont constitués d'un colis primaire HA provenant des producteurs de déchets complété 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 fermeture (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 de mobiliser les caractéristiques de la couche du Callovo-Oxfordien et de la matrice de verre dans des conditions thermiques correspondant à une bonne connaissance du comportement des radionucléides et des substances toxiques chimiques en température et à une faible dissolution de la matrice verre du fait de la présence d'eau ;
- la matrice de verre limite les relâchements des radionucléides et des substances toxiques chimiques, après la perte d'étanchéité du conteneur de stockage HA.

Figure 4-2 *Illustration d'un colis de stockage des déchets vitrifiés avec son conteneur de stockage*

Les colis de déchets MA-VL stockés sont :

- des colis primaires mis directement en alvéole de stockage ou après mise en panier (mode de stockage nommé « stockage direct ») ;
- des colis primaires après mise en conteneur de stockage (avec couvercle renforcé vis-à-vis du confinement dans certains cas particuliers). Lorsque le colis primaire est complété par un conteneur de stockage, l'ensemble colis primaires et conteneur de stockage constitue alors le colis de stockage transféré en installation souterraine pour y être stocké.

Le matériau constitutif du conteneur de stockage est le béton armé pour la majorité des familles (pour quelques familles de colis primaires de grandes dimensions, le conteneur de stockage est en acier).

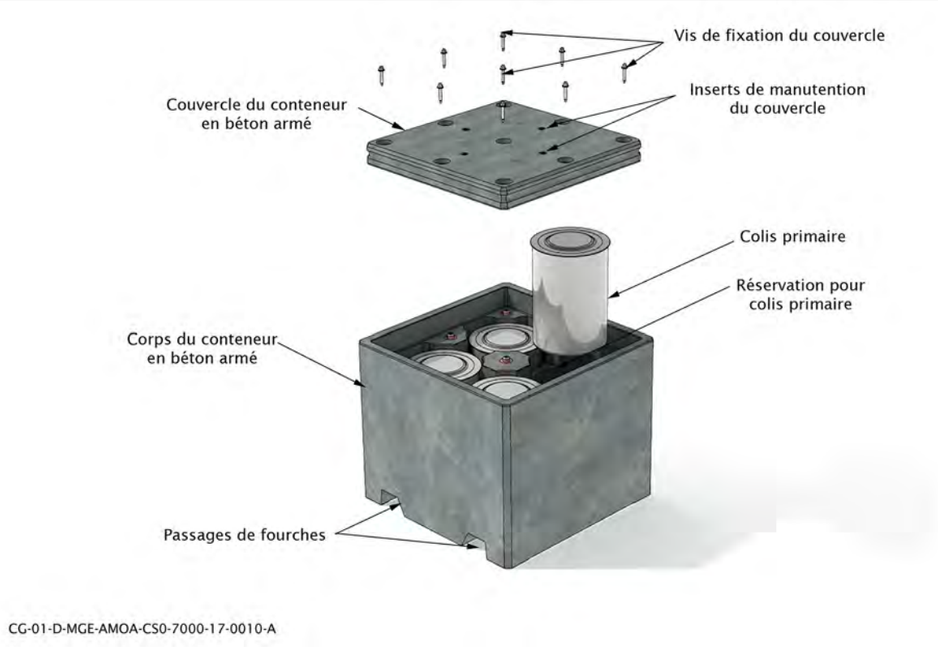


Figure 4-3 Illustration d'un colis de stockage MA-VL en conteneur béton

L'Andra dispose d'un retour d'expérience lié à un nombre important d'essais de fabrication de démonstrateurs. Des essais ont été menés avec ces conteneurs de stockage pour qualifier leur dimensionnement vis-à-vis des conditions d'exploitation (tenue au gerbage), ou des risques liés à la manutention (chute), à la tenue au feu ou encore au comportement d'une pile au séisme.

Modalités de suivi

Le respect des spécifications d'acceptation est garanti par un processus d'approbation et d'acceptation des colis incluant des contrôles par les producteurs de déchets et par l'Andra.

4.3.1.2 Conception de l'installation souterraine garantissant le maintien des caractéristiques du Callovo-Oxfordien favorables au confinement

Mesure de réduction : conception de l'installation souterraine garantissant le maintien des caractéristiques du Cox favorables au confinement				
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Sous-opération(s)**	**Phase(s)**
Contamination radiologique et chimique	Andra	Centre de stockage Cigéo - INB	ZIOS	F

Comme indiqué au chapitre précédent, la conception de l'installation souterraine vise à garantir la sûreté de l'installation tant en exploitation qu'après fermeture.

» DEBIT DE DOSE ET RADIOLYSE

Le **débit de dose** est la fraction de dose d'irradiation absorbée par unité de temps. Il s'exprime en Gray (Gy)/h.

La **radiolyse** est la décomposition de la matière (solide, liquide, gazeuse) sous l'effet d'un rayonnement énergétique intense.

Ainsi, les prescriptions de conception visent notamment à :

- garantir une épaisseur de Callovo-Oxfordien non endommagé d'au moins 50 mètres au-dessus et au-dessous des alvéoles de stockage ;
- adapter l'orientation des alvéoles de stockage pour limiter l'endommagement vertical du Callovo-Oxfordien au pourtour immédiat des ouvrages souterrains lors des activités de creusement ;
- favoriser la dissipation de la chaleur des déchets hautement radioactifs en limitant la densité de chargement des colis au sein des alvéoles de stockage (colis stockés sur un seul niveau, nombre de colis par alvéole et espacement entre alvéoles adaptés à la puissance thermique dégagée par les colis). La conception du centre de stockage Cigéo vise à préserver les propriétés favorables du Callovo-Oxfordien, ce qui conduit l'Andra à retenir de manière prudente un critère de température maximale dans le stockage et le Callovo-Oxfordien de 100 °C (90 °C en pratique afin de tenir compte des incertitudes et variabilités de toute nature) et un critère de résistance mécanique sous chargement thermique (contrainte effective maximale) permettant d'éviter les phénomènes de fracturation thermique. La densité de chargement des colis au sein des alvéoles et des alvéoles au sein du quartier de stockage est déterminée de façon ne manière à respecter les critères susmentionnés afin préserver les propriétés favorables du Callovo-Oxfordien ;
- limiter les interactions physico-chimiques au sein du stockage et entre le stockage et le Callovo-Oxfordien ; Cela conduit notamment à séparer les déchets HA et MA-VL dans des zones distinctes éloignées de plusieurs centaines de mètres, et à mettre dans un même alvéole MA-VL des déchets MA-VL compatibles et à séparer les alvéoles de déchets MA-VL d'une distance d'environ 50 mètres ;
- réaliser des scellements à base d'argile gonflante, matériau argileux remarquable par sa faible perméabilité et sa plasticité, notamment pour les ouvrages de liaison surface-fond, afin de limiter les flux d'eau au sein du stockage après fermeture ;
- réaliser des opérations dites de fermeture « partielle », zone de stockage par zone de stockage avant sa fermeture définitive pour limiter l'extension de la zone endommagée autour du stockage en vertical après fermeture ;
- réguler les paramètres de l'air de ventilation pendant toute la phase de fonctionnement pour favoriser la durabilité des composants de l'installation avant la fermeture de l'installation souterraine ;
- limiter le débit de dose afin de réduire les effets du rayonnement (corrosion radiolytique, radiolyse de l'eau...) avec une épaisseur de conteneur adaptée (pluri-décimétrique) ;
- assurer la stabilité mécanique des ouvrages souterrains pendant la phase de fonctionnement, notamment les alvéoles MA-VL par un revêtement/soutènement en béton adapté par ses dimensions et sa conception (par exemple un revêtement/soutènement comportant un matériau compressible).

Pour ce dernier point, on notera que les essais et mesures géo-mécaniques réalisés tant en laboratoire au jour que dans le Laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne avec des démonstrateurs jusqu'à des échelles proches de celles envisagées dans l'installation fond du centre de stockage Cigéo ont montré, d'une part, la capacité de réalisation des ouvrages souterrains, notamment par des méthodes minières classiques, et, d'autre part, une bonne tenue mécanique des ouvrages, âgés pour certains d'environ 20 ans. Les éléments d'analyse et de compréhension du comportement mécanique de la roche et de la tenue mécanique des ouvrages dans le Laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne ont été intégrés dans les études de conception et de dimensionnement du centre de stockage Cigéo.

Modalités de suivi

Afin de s'assurer de la bonne tenue mécanique des ouvrages, des instruments de mesures sont installés au sein d'un échantillonnage d'alvéoles, permettant un suivi continu des différents paramètres.

4.3.1.3 Séparation des opérations de stockage des déchets et de creusement de nouveaux alvéoles

Mesure de réduction : séparation des opérations de stockage des déchets et de creusement de nouveaux alvéoles				
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Sous-opération(s)**	**Phase(s)**
Contamination radiologique et chimique	Andra	Centre de stockage Cigéo - INB	ZIOS	F

Pour des raisons de sûreté, les zones nucléaires en exploitation sont séparées physiquement des zones en travaux, ce qui permet de maîtriser les risques de coactivité. Tous les flux travaux et exploitation - réseaux électriques, aérage, personnel, matériel - sont séparés (cf. Chapitre 3.2.5.1 du volume II de la présente étude d'impact). Les travaux de construction peuvent être effectués sans impact sur la poursuite des opérations de mise en stockage. De même, sous réserve de l'obtention d'autorisation, les travaux d'obturation des alvéoles, de galeries et de fermeture de quartiers de stockage pourront également être réalisés pendant la phase de fonctionnement du centre de stockage en respectant la même logique de séparation des activités.

Modalités de suivi

Un suivi du phasage des travaux de l'installation souterraine est réalisé.

4.3.1.4 Définition d'un périmètre de droit exclusif et d'un périmètre de protection

Mesure de réduction : définition d'un périmètre de droit exclusif et d'un périmètre de protection				
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Sous-opération(s)**	**Phase(s)**
Contamination radiologique et chimique	Andra	Centre de stockage Cigéo - INB	ZIOS	F

L'article L. 542-10-1 du code de l'environnement prévoit que *« Les dispositions des articles L. 542-8 et L. 542-9* [applicables aussi au Laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne] *sont applicables à l'autorisation »* nucléaire qui viendra réglementer l'INB Cigéo. Le décret d'autorisation de création qui sera éventuellement pris à l'issue de l'instruction du présent dossier devra donc définir :

- un périmètre de droit exclusif (article L. 542-8 du code de l'environnement) : *« l'autorisation confère à son titulaire, à l'intérieur d'un périmètre défini par le décret constitutif, le droit exclusif de procéder à des travaux en surface et en sous-sol et celui de disposer des matériaux extraits à l'occasion de ces travaux. Les propriétaires des terrains situés à l'intérieur de ce périmètre sont indemnisés, soit par accord amiable avec le titulaire de l'autorisation, soit comme en matière d'expropriation. Il peut être procédé, au profit du titulaire de l'autorisation, à l'expropriation pour cause d'utilité publique de tout ou partie de ces terrains » ;*
- un périmètre de protection (article L. 542-9 du code de l'environnement) : *« Le décret d'autorisation institue en outre, à l'extérieur du périmètre mentionné à l'article précédent, un périmètre de protection dans lequel l'autorité administrative peut interdire ou réglementer les travaux ou les activités qui seraient de nature à compromettre, sur le plan technique, l'installation ou le fonctionnement du laboratoire ».*

4.3.1.4.1 Périmètre de droit exclusif

Le périmètre de droit exclusif (cf. Figure 4-4) donne à l'Andra le droit exclusif, au sein du périmètre INB Cigéo, de procéder à des travaux en surface et en sous-sol, ainsi que de disposer des matériaux extraits à l'occasion de ces travaux sans en être propriétaire moyennant indemnisation.

Ce périmètre de droit exclusif étant effectif lors de la délivrance du décret d'autorisation de création, et la réglementation relative aux INB imposant à l'Andra de justifier de la maîtrise foncière de l'ensemble de son périmètre INB à *« compter de la délivrance de l'autorisation de mise en service »* (article L. 542-10-1), il permet à l'Andra d'effectuer des travaux au sein du périmètre de l'INB, sans l'accord des propriétaires de terrains et moyennant une juste et préalable indemnisation, entre la délivrance du décret et de l'autorisation de mise en service.

L'Andra ne prévoit pas d'user de cette faculté pour les terrains du centre de stockage Cigéo accueillant des aménagements de surface dans la mesure où l'engagement des travaux associés aux aménagements préalables (notamment les travaux d'archéologie préventive) nécessitera la disponibilité des terrains (et donc leur maîtrise foncière) avant la délivrance du décret de demande d'autorisation de création (DAC) c'est-à-dire avant que ce droit ne soit effectif.

Le centre de stockage Cigéo comprend une installation nucléaire de base délimitée par un périmètre continu et connexe en trois dimensions en surface et en souterrain. Les usages actuels (principalement agricoles) des terrains situés au-dessus de l'installation souterraine (ZIOS) sont prévus d'être maintenus dans la mesure ; où ils sont compatibles avec les résultats de la démonstration de sûreté et où l'exploitation du centre de stockage ne nécessite pas d'effectuer des travaux sur terrains.

Il est donc proposé que le périmètre de droit exclusif porte uniquement sur la partie du périmètre INB située en souterrain (ZIOS) dans la mesure où les travaux dans cette zone ne débuteront qu'après la délivrance du décret d'autorisation de création.

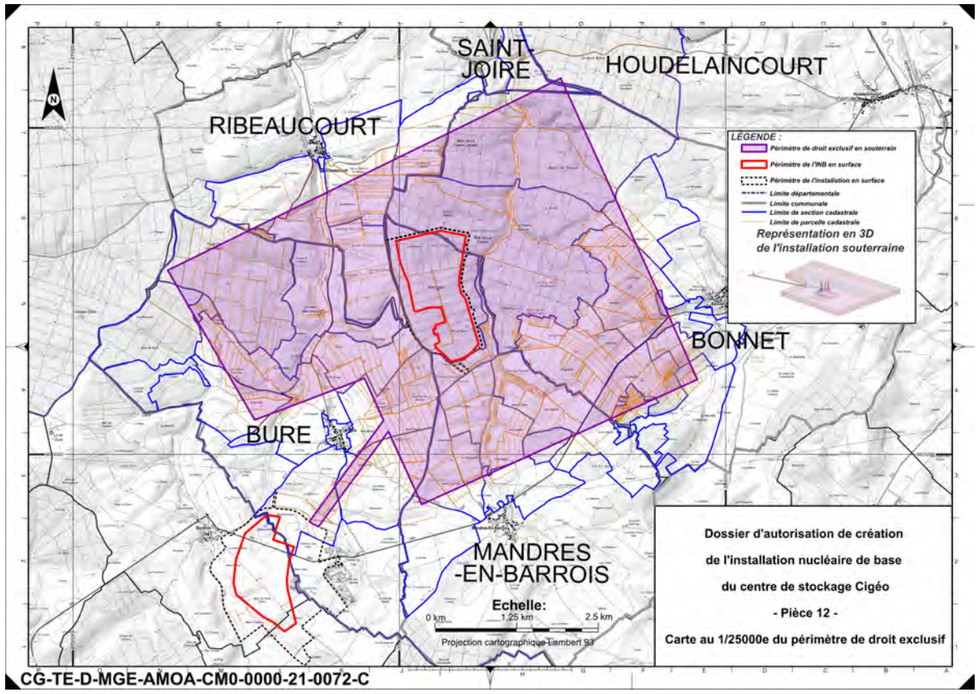


Figure 4-4 Carte du périmètre de droit exclusif

4.3.1.4.2 Périmètre de protection

Un périmètre réglementaire de protection (cf. Figure 4-5) est défini. Il a pour objectif de protéger les installations et activités du centre de stockage Cigéo des effets d'activités ou de travaux menés par des tiers en surface ou en souterrain (cf. « Pièce 12 – Servitudes et demande de périmètres de protection et de droit exclusif » (18)).

Dans le cas particulier de la partie souterraine du centre de stockage Cigéo, le périmètre de protection doit permettre de protéger l'ensemble de l'installation nucléaire, notamment le système de stockage (au sein de la zone d'implantation des ouvrages souterrains) et ses dispositifs de surveillance. On appelle le système de stockage, l'ensemble constitué de l'installation souterraine et de la roche hôte le Callovo-Oxfordien.

En effet, l'implantation de l'INB Cigéo dans le milieu naturel (de la surface jusqu'au fond, notamment la formation du Callovo-Oxfordien) requiert la compréhension et la surveillance de l'évolution des composants naturels et ouvragés qui constituent le système de stockage ainsi que leurs éventuelles interactions avec, pour finalité, la maîtrise des conditions de relâchement puis de transfert des radionucléides et des substances toxiques contenus dans les déchets jusqu'à la biosphère à long terme.

Le périmètre de protection concerne essentiellement les impacts potentiels des forages et pompages au-dessus et à proximité du centre de stockage Cigéo, notamment pouvant entraîner une modification significative des écoulements hydrogéologiques ou porter atteinte à l'intégrité des ouvrages souterrains (notamment la couche du Callovo-Oxfordien qui permet d'assurer la sûreté passive du centre à long terme).

Sont interdites, dans le périmètre de protection, toutes activités de recherche de gîtes contenant des substances minérales, fossiles ou de gîtes géothermiques ; toute activité de forage quel que soit son objet ; toutes activités de pompage aux niveaux des aquifères des Calcaires du Barrois, de l'Oxfordien carbonaté et du Dogger, sauf autorisation des services compétents de l'État après avis conforme de l'Andra sur la compatibilité de ces activités avec le maintien du bon fonctionnement et de la surveillance du centre de stockage Cigéo, et ce quel que soit leur régime d'autorisation ou de déclaration initialement applicable (code de l'environnement, code minier ou toute autre réglementation).

L'Andra demande également à ce que les services compétents de la préfecture concernée veillent, au sein du périmètre de protection, à la bonne prise en compte du risque d'interférence de toute activité avec l'exercice du programme de surveillance de l'environnement du centre de stockage Cigéo tel qu'il sera arrêté réglementairement sur la base des éléments du dossier de demande d'autorisation de création.

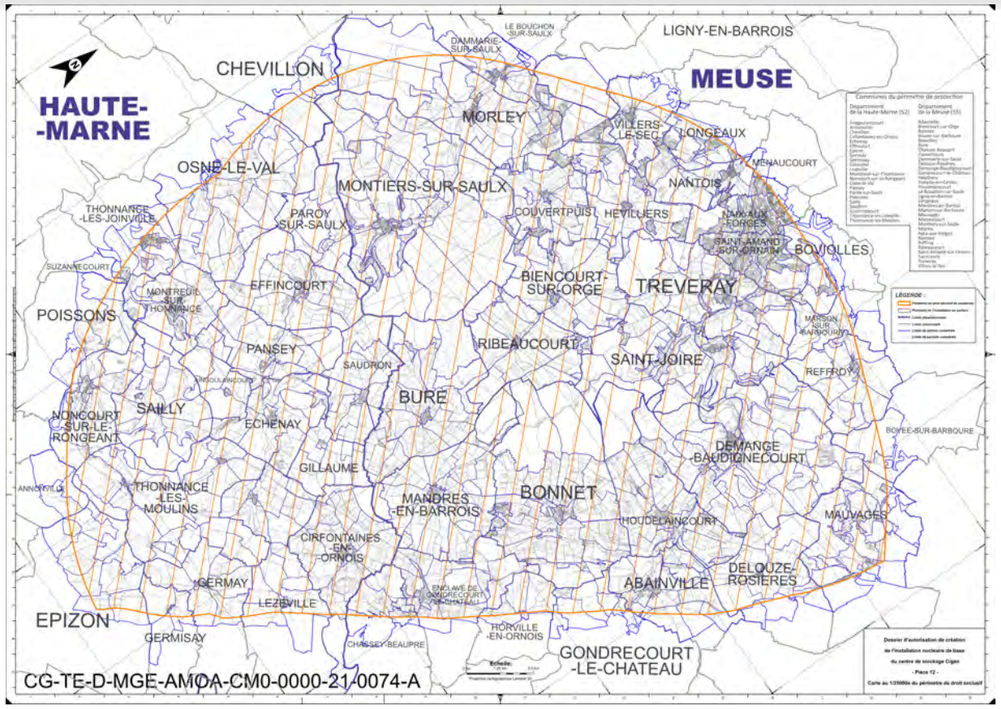


Figure 4-5 Carte du périmètre de protection

Modalités de suivi

Un suivi des activités réalisées dans le périmètre de protection sera assuré.

4.3.2 Incidences résiduelles

4.3.2.1 Confinement des radionucléides et substances toxiques chimiques contenus dans les colis

Les déchets nucléaires n'arrivent au centre de stockage qu'en phase de fonctionnement. Les installations sont alors prêtes pour les recevoir dans les conditions de sécurité maximale.

L'ensemble du centre de stockage Cigéo est conçu pour assurer la protection des hommes et de l'environnement du danger des déchets HA et MA-VL tant en phase de fonctionnement, qu'après fermeture.

Pendant la période de fonctionnement, les sources d'émissions par les colis de déchets concernent les substances toxiques chimiques et quelques éléments radioactifs gazeux susceptibles de s'échapper en faible quantité de certains colis de déchets MA-VL et à la présence potentielle de particules radioactives sur les surfaces externes des colis des déchets (dans la limite de la réglementation des transports).

La couche du Callovo-Oxfordien et les formations géologiques situées entre le Callovo-Oxfordien et la surface, de par leurs densités élevées (la densité du Callovo-Oxfordien est proche de celle du béton) et de par leurs épaisseurs, absorbent les rayonnements émis par les colis de déchets. Ils sont imperceptibles en surface et n'augmentent pas le niveau du rayonnement émis naturellement par le sol (cf. Chapitre 3 du présent volume). Le stockage des colis dans la formation argileuse du Callovo-Oxfordien permet de répondre à l'objectif de protection après fermeture, à très long terme, de manière passive, c'est à dire sans intervention de l'homme, de par les propriétés remarquables de cette formation et les dispositions de conception qui permettent de tirer parti de ces propriétés (cf. Chapitre 18.2 du présent volume). Située à environ 500 mètres de profondeur, et ainsi protégée vis-à-vis des activités humaines et des événements naturels en surface sur le très long terme (notamment l'érosion), la

formation argileuse du Callovo-Oxfordien qui s'est déposée il y a environ 160 millions d'années présente une faible perméabilité à l'eau et de fortes capacités de rétention de la très grande majorité des radionucléides et des substances toxiques chimiques contenus dans les déchets HA et MA-VL.

Les caractéristiques du Callovo-Oxfordien sont étudiées depuis plusieurs décennies en particulier dans le Laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne, mais aussi celles d'autres roches argileuses à l'international permettant de disposer d'une base de connaissances solide et croisée des propriétés de ce type de formation géologique. L'ensemble des travaux et expériences réalisés au Laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne a démontré la capacité de confinement de la roche (faible mobilité de l'eau et des solutés, capacité de rétention des radionucléides…).

La conception du stockage tire parti des propriétés favorables du Callovo-Oxfordien, comme par exemple un stockage borgne (sans ouverture), des bases de liaisons surface-fond regroupées pour limiter les flux d'eau au sein du stockage qui vise à garantir le maintien des propriétés favorables du Callovo-Oxfordien, par exemple en limitant la température maximale du Callovo-Oxfordien au droit des alvéoles ou quartier de stockage de déchets exothermiques, plus particulièrement les déchets HA.

Les évaluations quantitatives de la situation de référence du scénario d'évolution normale[5] permettent de vérifier la performance du système de stockage dans son ensemble tel que conçu et en tenant compte de son évolution sur le long terme. Elles soulignent ainsi la capacité de confinement de la majorité des radionucléides et de limitation de la migration de ceux mobiles à vie longue (*e.g.* Solubles et sans rétention, l'iode 129, le chlore 36 et le sélénium 79), par le système de stockage, en particulier le rôle central de la couche du Callovo-Oxfordien. Les incidences radiologiques sont très faibles, de l'ordre de 0,0015 mSv.an^{-1}, donc très inférieure à la valeur de référence de 0,25 mSv.an^{-1} citée dans le guide de sûreté de l'ASN de 2008 (19), et correspondent à des temps caractéristiques de l'ordre de 600 000 ans. S'agissant des substances toxiques chimiques, leur migration est également très atténuée et seules les quelques substances mobiles comme le sélénium parviennent aux exutoires. Les concentrations maximales obtenues sont très inférieures aux normes réglementaires de qualité environnementale (NQE).

Les autres opérations du projet global Cigéo ne sont pas source d'émission radioactive.

4.3.2.2 Maintien des caractéristiques du Callovo-Oxfordien favorables au confinement

4.3.2.2.1 Chaleur dégagée par les déchets HA sur les propriétés du Callovo-Oxfordien

L'espacement entre les alvéoles HA est déterminé de façon à ce que la puissance thermique résiduelle générée par les colis de déchets HA n'excède pas le critère de température maximale de 100 °C et de contrainte mécanique maximale, afin de préserver les propriétés de confinement du Callovo-Oxfordien. Cette approche de dimensionnement thermique a été établie depuis le démarrage des études sur le stockage géologique et répond aux exigences de l'Autorité de Sûreté Nucléaire sur le stockage géologique.

Par ailleurs, l'élévation de la température est transitoire, la puissance thermique des colis diminuant au fur et à mesure du temps, de par la décroissance radioactive des radionucléides : la période totale du transitoire thermique est de l'ordre de quelques centaines d'années à quelques milliers d'années suivant le niveau de température retenu par rapport à la température géothermale, le maximum de température dans le Callovo-Oxfordien étant atteint en quelques dizaines d'années.

4.3.2.2.2 Désaturation de la roche liée à la ventilation de l'installation souterraine

L'effet principal de la ventilation est une désaturation de la roche en champ proche des ouvrages : l'extension depuis la paroi des ouvrages et l'importance de cette désaturation sont toutefois limitées du fait de la très faible perméabilité et des capacités capillaires très élevées de la roche argileuse. La profondeur de désaturation est de l'ordre de quelques dizaines de centimètres (à mettre en perspective de la garde de Callovo-Oxfordien d'au moins 50 mètres de part et d'autre du stockage) ; elle n'affecte que la paroi des fractures de la zone endommagée mécanique autour des ouvrages et pas les blocs de roche qu'elles délimitent. De ce fait, les conséquences sur les plans hydrauliques, mécaniques et chimiques sont limités et transitoires (après fermeture du stockage, celui-ci et la roche en champ roche désaturée se resaturent progressivement).

4.3.2.2.3 Radiolyse de l'eau et de la matière organique dans le Callovo-Oxfordien

Les débits de dose sur la roche sont faibles à très faibles du fait notamment de dispositions de conception.

Ainsi, le débit de dose externe au colis de stockage HA est limité par conception (épaisseur du conteneur de stockage en acier de l'ordre de 50 mm à 60 mm) à, au maximum, 10 gray/h en surface du conteneur de stockage, et il s'atténue très rapidement tout d'abord du fait du chemisage (quelques Gy/h au maximum sur la face externe du chemisage) puis du fait de la roche.

Dans le cas des déchets MA-VL, le débit de dose sur la roche est encore plus faible du fait notamment des épaisseurs de béton. De plus, le débit de dose décroit généralement fortement durant la première centaine d'années (décroissance radioactive) car il est souvent piloté par des radionucléides à vie courte (Cobalt 60, ou Césium 137 par exemple).

Le phénomène de radiolyse de l'eau ou de la matière organique dans le Callovo-Oxfordien est de ce fait limité et n'altère pas les performances de confinement du Callovo-Oxfordien.

4.3.2.2.4 Endommagement mécanique (fracturation) de la roche lors des activités de creusement

Le creusement des ouvrages souterrains par différentes techniques crée un endommagement (fracturation) de la couche du Callovo-Oxfordien au pourtour immédiat de ces ouvrages souterrains.

Les travaux menés dans le Laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne et les observations dans d'autres roches argileuses (Opalinus Clay en Suisse, Argile de Mol en Belgique) montrent que la zone endommagée est limitée au champ proche des ouvrages, soit au maximum de la dizaine de mètre pour les ouvrages de grand diamètre (de l'ordre de la dizaine de mètres).

En outre, du fait des minéraux argileux contenu dans les roches, notamment les minéraux gonflants, les smectites, il a été observé que les argilites endommagées se cicatrisent sur le plan hydraulique, en récupérant des perméabilités proches de celles des argilites non endommagées.

Les méthodes de creusement et l'architecture de l'installation souterraine ont été progressivement définies pour limiter au maximum la zone endommagée. Par exemple, une direction préférentielle de creusement des alvéoles de stockage a été définie pour limiter la fracturation de la roche en vertical et préserver une garde saine de Callovo-Oxfordien d'au moins 50 mètres de part et d'autre des alvéoles.

4.3.2.2.5 Perturbation bactériologique

La présence de bactéries et leur développement dans l'installation souterraine du centre de stockage Cigéo en exploitation et en après fermeture est prise en compte en tant que telle et par ses effets éventuels sur les processus d'évolution phénoménologique du stockage, en exploitation et en après-fermeture.

Dans la couche du Callovo-Oxfordien, aucune activité microbienne significative n'est attendue. Les connaissances acquises sur les argilites de la couche du Callovo-Oxfordien indiquent que les tailles de pores nano à microscopiques des argilites de la couche du Callovo-Oxfordien sain ne permettent pas un développement bactérien significatif à cause d'un manque d'espace, d'eau libre ou de nutriments. Divers travaux sur des matériaux argileux y compris des argiles gonflantes confortent ces éléments.

[5] Le scénario d'évolution normale (SEN) vise à représenter le système de stockage tel que conçu par le concepteur, considérant que toutes les fonctions de sûreté après fermeture sont réalisées et tirant partie de l'état de la connaissance scientifique et technologique sur le système de stockage, en particulier les comportements du Callovo-Oxfordien et des composants du stockage à long terme une fois fermé et en tenant compte d'événements et processus « certains ou très probables ». Il vise à vérifier le bon fonctionnement du stockage dans le temps.

4.3.2.2.6 Oxydation

En présence d'air, les argilites (en conditions réductrices *in situ*) vont s'oxyder ; il s'agit de l'oxydation de la pyrite (espèce minérale composée de disulfure de fer (FeS_2)) présentes dans les argilites (2 % à 3 % au maximum). Ce phénomène est bien identifié par l'Andra ; il est observé à la paroi des ouvrages souterrains dans le Laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne.

L'influence de cette oxydation est prise en compte pour la conception des composants ouvragés, notamment les alvéoles HA. En effet, à titre d'illustration, la conception de l'installation souterraine, visant à préserver les propriétés favorables des conteneurs de stockage des déchets vitrifiés, retient certaines dispositions pour limiter l'influence de cette perturbation lors de la resaturation, notamment en introduisant un matériau de remplissage dans l'espace annulaire en extrados du chemisage de l'alvéole HA à base de matériaux cimentaires (MREA), limitant l'influence de l'oxydation des argilites lors de la resaturation.

4.3.2.3 Conclusion

L'incidence résiduelle sur le sous-sol est très faible pour toutes les opérations du projet global Cigéo. Toute la conception du centre de stockage Cigéo est élaborée pour confiner les radionucléides au sein de l'installation souterraine afin de maintenir un impact très faible pendant toutes les phases du projet. Ainsi, la présence de colis de déchets à une incidence très faible sur le sous-sol.

Le projet global Cigéo a une incidence résiduelle très faible le sous-sol.

Aucune mesure compensatoire n'est nécessaire.

4.4 Vulnérabilité au risque sismique d'origine naturelle et anthropique

4.4.1 Mesures d'évitement et de réduction

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

Mesure d'évitement : implantation du stockage dans une zone géologique d'activité sismique très faible

Facteur(s) environnemental(aux)	MOA(s)	Opération(s)	Sous-opération(s)	Phase(s)
Risque sismique	Andra	Centre de stockage Cigéo	ZD, ZP, ITE, LIS, ZIOS	APR, CI, F

Le choix du secteur d'implantation du centre de stockage Cigéo a été le résultat de plusieurs décennies de recherches pour garantir la sûreté à long terme du stockage (voir volume II chapitre 2 et volume III chapitre 4.2 de la présente étude d'impact). C'est un long processus décisionnel qui a permis de choisir, dans un premier temps, le stockage dans les argiles, puis, dans un second temps, de préciser la zone d'implantation des ouvrages souterrains (ZIOS) dans une zone géologique d'activité sismique très faible, et dont le contexte sismotectonique qui domine actuellement sur la région doit se poursuivre sur le prochain million d'années, en regard de la courte durée que représente le million d'années par rapport aux constantes de temps de l'évolution géodynamique interne et tectonique comptées en dizaines de million d'années. Le projet global Cigéo se situe en partie orientale du Bassin parisien qui constitue l'une des zones géologiques les plus stables de la plateforme ouest-européenne. Positionné à distance de toutes influences majeures de la compression alpine, le Bassin parisien présente un caractère asismique, au regard des régions avoisinantes (Vosges, Graben du Rhin, Alpes), confirmé par l'absence de toute activité sismique historique et instrumentale à l'ouest d'une ligne Chaumont-Neufchâteau-Commercy (cf. Données de sismicité naturelle du réseau RES combinées aux données des réseaux nationaux mis en place depuis 1962 (RSN, RéNaSS)).

Les nombreuses campagnes d'investigations géologiques, complétées par l'étude des données de la littérature scientifique ouverte, ont permis de délimiter, à l'écart des zones de failles géologiques identifiées (fossé de Gondrecourt, faille de la Marne), une région très stable d'environ 250 km² nommée Zone de transposition (ZT). Les failles existantes localisées au pourtour de la ZT sont inactives depuis au minimum 2 millions d'années et, au vu de leur signature sismique, elles sont très probablement inactives depuis les 25 derniers millions d'années.

La ZT exempte de failles majeures et de failles secondaires jusqu'à des profondeurs de 5 km à 6 km présente ainsi toutes les caractéristiques indispensables au confinement des éléments radioactifs sur de grandes échelles de temps.

Ensuite, à partir de 2009, les investigations géologiques ont permis de caractériser plus finement une zone plus restreinte, dénommée « zone d'intérêt pour la recherche approfondie » (ZIRA) d'environ 30 km² (cf. Chapitre 2.4.1.2.2 du volume II de la présente étude d'impact) au cœur de la ZT. Cette campagne a permis de confirmer l'absence de structure (faille présentant un rejet supérieur à 2-4 mètres) sur la ZIRA, aussi bien que dans le Callovo-Oxfordien et ses encaissants (Dogger, Oxfordien carbonaté et Kimméridgien) que plus largement sur l'ensemble de la pile sédimentaire mésozoïque ;

À partir de 2011, les études de la conception industrielle du centre de stockage Cigéo (études d'avant-projet) ont notamment visé l'implantation des ouvrages de stockage de façon optimale au sein de la couche de Callovo-Oxfordien de la ZIRA. La ZIOS, zone d'implantation des ouvrages souterrains, constitue donc l'emprise souterraine de la ZIRA.

De plus, dès les étapes initiales de recherche de la ZIRA, l'Andra a défini un périmètre d'implantation de la zone descenderie dans un rayon de 5 km autour de la zone de transposition. Ce périmètre a été réduit au sud et à l'est pour éviter de traverser avec la descenderie des zones de fracturation géologique connues comme le fossé de Gondrecourt-le-Château et la zone de fracturation diffuse au sud-est.

Modalités de suivi

Afin de surveiller les mouvements sismiques, un réseau d'écoute sismique a été mis en place par l'Andra depuis 2001 (cf. Chapitre 4.6.2 du volume III de la présente étude d'impact).

4.4.1.2 Conception et exploitation conformes aux règles spécifiques applicables aux installations nucléaires

Mesure de réduction : conception et exploitation conformes aux règles spécifiques applicables aux installations nucléaires				
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Sous-opération(s)**	**Phase(s)**
Risque sismique	Andra	Centre de stockage Cigéo	ZD, ZP, ITE, LIS, ZIOS	APR, CI, F

Le centre de stockage Cigéo est construit, conçu et exploité, conformément aux règles spécifiques applicables aux installations nucléaires, de sorte qu'en cas de séisme, les installations soient maintenues dans un état dit « sûr » et que ce phénomène n'entraîne pas de conséquence sur l'homme et l'environnement.

Modalités de suivi

Un contrôle à la réception de chaque installation de surface est réalisé, ainsi qu'une veille pendant toute la phase de fonctionnement, notamment en cas de séisme.

4.4.2 Incidences résiduelles

Aucune faille n'a été mise en évidence dans la formation du Callovo-Oxfordien au droit de la zone d'intérêt pour la reconnaissance approfondie. Par ailleurs, l'ensemble des données de terrain montre que les zones de failles à moins de 20 km du site (failles de la Marne, fossé de Gondrecourt et fossé de Joinville) ne présentent pas d'indice d'activité récente. Sur le secteur de Meuse/Haute-Marne, comme dans toute la région située au nord-ouest de ce secteur, il n'existe aucun épicentre de séisme historique et la sismicité instrumentale est nulle.

Le centre de stockage Cigéo est implanté dans une zone géologique d'activité sismique très faible.

Le risque sismique anthropique engendré par les deux sites de stockage souterrain de Cerville et de Trois Fontaines-l'Abbaye (cf. Chapitre 4.6.2 du volume III de l'étude d'impact) est fortement atténué compte tenu de la distance d'éloignement au centre de stockage Cigéo (Cerville situé à 70 km à l'est, et Trois Fontaines-l'Abbaye à plus de 40 km au nord-nord-ouest). Par ailleurs, la sismicité induite, provoquée par le pompage de gaz stocké dans ces stockages souterrains est caractérisée par des évènements de très faible magnitude.

Il n'y a aucune incidence sur les infrastructures et installations du centre de stockage Cigéo, tant en surface qu'en profondeur.

Ainsi, la vulnérabilité de l'installation nucléaire de base au risque sismique naturel et anthropique est très faible.

La vulnérabilité du projet global Cigéo au risque sismique est très faible.

Aucune mesure compensatoire n'est nécessaire.

4.5 Risque de retrait-gonflement des argiles, de cavités et tassements

Parmi les risques naturels inventoriés, le risque de retrait-gonflement des argiles constitue le principal risque naturel identifié au droit du projet global Cigéo (cf. Chapitre 11 du volume III de la présente étude d'impact).

4.5.1 Mesures d'évitement et de réduction

4.5.1.1 Choix de l'orientation des alvéoles de stockage

Mesure de réduction : choix de l'orientation des alvéoles de stockage				
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Sous-opération(s)**	**Phase(s)**
Risques de retrait-gonflement des argiles, de cavités et tassements	Andra	Centre de stockage Cigéo - INB	ZIOS	CI, F

Des expériences menées dans le Laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne ont permis de mettre en évidence que les propriétés mécaniques des argilites au niveau de l'implantation des ouvrages de stockage conduisent à la formation d'une zone endommagée constituée d'une zone fracturée connectée (ZFC) en paroi de galerie et d'une zone de fracturation « discrète » diffuse à l'arrière de la ZFC (cf. Figure 4-6). Il a été observé que la zone endommagée en paroi des galeries orientées suivant la contrainte principale majeure s'étend principalement latéralement alors que, pour les galeries orientées suivant la contrainte principale mineure, elle s'étend surtout au toit et au radier des galeries.

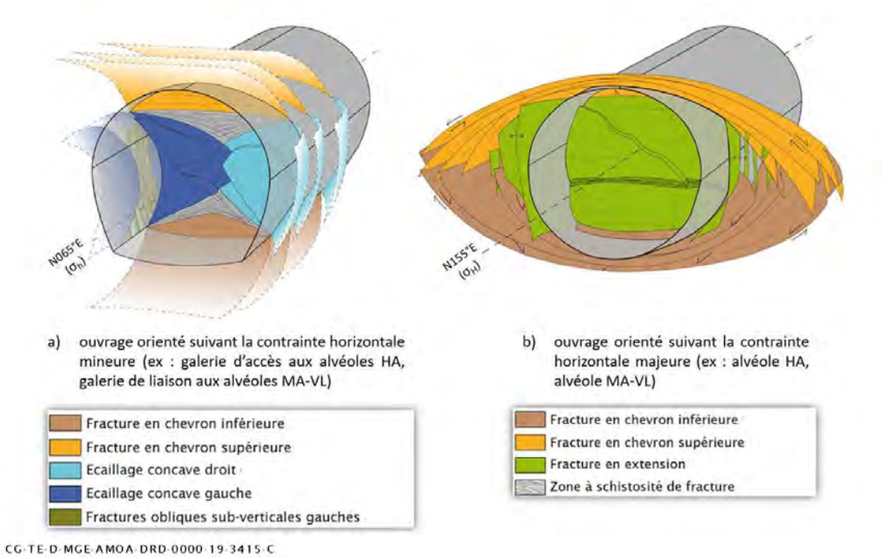


Figure 4-6 *Représentation de la fracturation induite autour des ouvrages suivant leurs orientations par rapport à la contrainte horizontale mineure (gauche) et majeure (droite)*

Ainsi, afin de limiter l'endommagement du Callovo-Oxfordien en vertical au pourtour des galeries creusées, les alvéoles de stockage seront tous creusés parallèlement à la direction de la contrainte horizontale majeure (induite par la compression alpine en champ lointain).

Des modélisations numériques ont été réalisées afin d'évaluer la stabilité à très long terme du quartier de stockage MA-VL selon une analyse multicritère. Cette étude permet de mettre en évidence que les déformations maximales calculées ne constituent pas un élément d'instabilité du quartier de stockage MA-VL, ce qui confirme donc sa stabilité à très long terme.

Modalités de suivi

Des mesures permanentes des modifications structurelles du sous-terrain sont réalisées afin de surveiller la couche du Callovo-Oxfordien et l'installation souterraine.

4.5.1.2 Adaptation des méthodes de creusement

Mesure de réduction : adaptation des méthodes de creusement				
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Sous-opération(s)**	**Phase(s)**
Risques de retrait-gonflement des argiles, de cavités et tassements	Andra	Centre de stockage Cigéo - INB	ZIOS	CI, F

Les méthodes de creusement, les éléments de soutènement et de revêtement sont adaptés à la nature et aux caractéristiques des terrains traversés en tenant compte du retour d'expérience acquis lors du creusement du Laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne et des nombreuses expériences qui y sont conduites. Ainsi, les mesures constructives suivantes seront appliquées :

- choix des tunneliers à bouclier simple pour le creusement des descenderies et galeries de liaison, technique endommageant le moins les terrains traversés, et en particulier le massif d'argilites ;
- recours à une méthode de tir adouci lors du creusement à l'explosif ;
- mise en œuvre de dispositions propres à limiter les débits d'eau en souterrain lors du creusement au droit de zones aquifères afin de limiter le risque de déformations en surface ;
- mise en œuvre de bulbes et bouchons d'étanchéité à l'interface entre les différentes couches géologiques traversées pour éviter la mise en communication des nappes comme les venues d'eau vers le Cox qui pourraient entraîner des dégradations dans la couche.

Modalités de suivi

Des mesures permanentes des forces appliquées sur l'installation souterraine et les liaisons surface-fond seront réalisées dès la phase de construction initiale.

Un système d'observation-surveillance est mis en place, en lien avec les modifications structurelles du sous-sol suite au creusement des galeries et alvéoles souterrains. Les principaux objectifs de cette mesure de suivi des mouvements sont la confirmation et l'amélioration des modèles et de vérifier le comportement attendu de l'ouvrage souterrain et du Cox.

4.5.1.3 Adaptation des méthodes de construction des installations de surface

Mesure de réduction : adaptation des méthodes de construction des installations de surface				
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Sous-opération(s)**	**Phase(s)**
Risques de retrait-gonflement des argiles, de cavités et tassements	Andra	Centre de stockage Cigéo	ZP, ZD, LIS, ITE	CI, F

Conformément à la norme NF-P 94-500 de 2013 relative aux missions géotechniques et à leur enchaînement (20), des campagnes de forages géotechniques sont prévues pour connaître précisément les caractéristiques des roches sur lesquelles sont implantées les installations de surface du centre de stockage. Toutes les dispositions constructives nécessaires seront mises en place pour réduire le risque précis identifié sous les différentes opérations.

Modalités de suivi

Un contrôle à la réception de chaque installation de surface est réalisé, ainsi qu'une veille pendant toute la phase de fonctionnement.

4.5.1.4 Adaptation des fondations des bâtiments et des ouvrages au contexte géotechtonique

Mesure de réduction : adaptation des fondations des bâtiments et des ouvrages au contexte géotechnique				
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Sous-opération(s)**	**Phase(s)**
Risques de retrait-gonflement des argiles, de cavités et tassements	Andra	Centre de stockage Cigéo	ZD, ZP, LIS, ITE, ZIOS	APR, CI, F

Grâce à la réalisation d'études géotechniques, les fondations des bâtiments et des ouvrages sont adaptées au contexte géotechnique réduisant ainsi les dommages liés aux risques naturels.

4.5.2 Incidences résiduelles

4.5.2.1 Risque de retrait-gonflement des argiles

4.5.2.1.1 Rappel de l'aléa retrait-gonflement des argiles au droit du projet global Cigéo

Dans la zone d'intervention potentielle du centre de stockage Cigéo, un aléa faible retrait-gonflement des argiles apparaît sur la zone puits à l'endroit des affleurements de marnes et argiles du jurassique terminal et crétacé indifférencié (partie supérieure des Dolomies verdâtres, de la Dolomie de Saint Dizier et des Sables des Griselles plus ou moins altérés-remaniés).

Un aléa modéré à faible est indiqué dans la vallée de l'Orge à l'endroit de la nouvelle plateforme ferroviaire pour l'ITE. L'ancienne plateforme chemine dans une zone partiellement exposée à un aléa faible jusqu'à la vallée de l'Ornain répertoriée en aléa modéré. Tout le fond de la vallée de l'Ornain entre Gondrecourt-le-Château et Tronville-en-Barrois, où chemine la ligne ferroviaire 027000, est soumis à un aléa modéré.

Un aléa modéré est attribué aux affleurements de Marnes du Kimméridgien entre Gillaumé et Joinville à proximité de deux captages identifiés pour l'adduction d'eau.

Les variantes du poste 90/400 kV et des liaisons électriques enterrées sont en dehors des zones exposées à cet aléa. Par contre, la portion de ligne 400 kV à renforcer traverse des zones concernées par un aléa faible à fort, fort notamment dans la Champagne humide.

La variante sud de la déviation de la route départementale D60/960 passe dans la partie de la vallée de l'Orge soumise à un aléa modéré.

Les aléas de retrait-gonflement des argiles figurent sur la cartographie présentée ci-après.

4.5.2.1.2 Risques identifiés

Concernant le centre de stockage Cigéo, les phénomènes de retrait gonflement des argiles sont plus visibles par la mise à nu des marnes et argiles lors du décapage des terres pendant les terrassements de la phase d'aménagements préalables et de construction initiale. En l'absence de construction, ces phénomènes n'ont aucune gravité.

Le creusement des liaisons surface-fond en construction initiale est susceptible de provoquer en surface des phénomènes très locaux et ponctuels de gonflements/tassements.

En phases de construction initiale et de fonctionnement, les fondations des bâtiments et ouvrages permettent de s'affranchir des tassements différentiels induits par le retrait-gonflement des argiles. Leur adaptation au contexte géotechnique limite les risques de dommages sur les bâtiments et les ouvrages.

Les autres opérations du projet global ne sont pas susceptibles de modifier l'aléa retrait-gonflement des argiles.

4.5.2.2 Risque d'effondrement de cavités

Les calcaires du Barrois, qui affleurent autour du centre de stockage Cigéo, présentent un risque d'effondrement du fait de leur karstification. Cependant, cette karstification dans la zone d'intervention potentielle est diffuse, ce qui signifie que les zones de dissolution sont de petites dimensions. Ainsi, le risque d'effondrement est faible, comme le confirme l'absence de cavité naturelle dans cette zone d'intervention potentielle.

Deux cavités sont répertoriées à proximité de l'extrémité nord de la ligne ferroviaire 027000 à Nançois-sur-Ornain. Les vibrations liées aux passages des trains en phase de construction initiale et en phase de fonctionnement qui pourraient aggraver le risque d'effondrement sont très faibles (cf. Chapitre 13.3 du présent volume).

4.5.2.3 Effondrement accidentel d'un ouvrage souterrain, voire de toute l'installation souterraine

L'installation souterraine du centre de stockage Cigéo est éloignée de la surface et représente un volume très petit par rapport au volume de roche l'environnant (localement moins de 0,1 % de la formation du Callovo-Oxfordien). Il est à comparer au *ratio* pour une mine (on parle de taux de défruitement) qui peut varier de 40 % à 75 % dans le cas d'une exploitation par chambres et piliers. Il est encore plus faible après fermeture définitive avant laquelle les ouvrages sont remblayés et scellés.

Les ouvrages souterrains de l'installation du centre de stockage Cigéo sont significativement espacés entre eux au regard de leur dimension. Cette séparation vise à limiter toute interaction physico-chimique, mais contribue à réduire les risques de nature mécanique. Par ailleurs, tous les ouvrages sont revêtus (revêtement en béton ou chemisage), ce qui contribue à leur stabilité. Enfin, le Callovo-Oxfordien présente des caractéristiques mécaniques élevées qui contribuent à la faisabilité et la bonne tenue mécanique des ouvrages souterrains dans le temps, comme le montrent les résultats du Laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne. De plus, les roches sus-jacentes sont résistantes, particulièrement la formation de l'Oxfordien carbonaté située juste au-dessus du Callovo-Oxfordien.

De ce fait, l'éventuel effondrement accidentel d'un ouvrage souterrain (galerie), voire de toute l'installation souterraine, aurait un effet mécanique d'extension limitée à quelques mètres, voire à la dizaine de mètres au maximum à proximité des ouvrages effondrés, et serait sans incidence perceptible en surface.

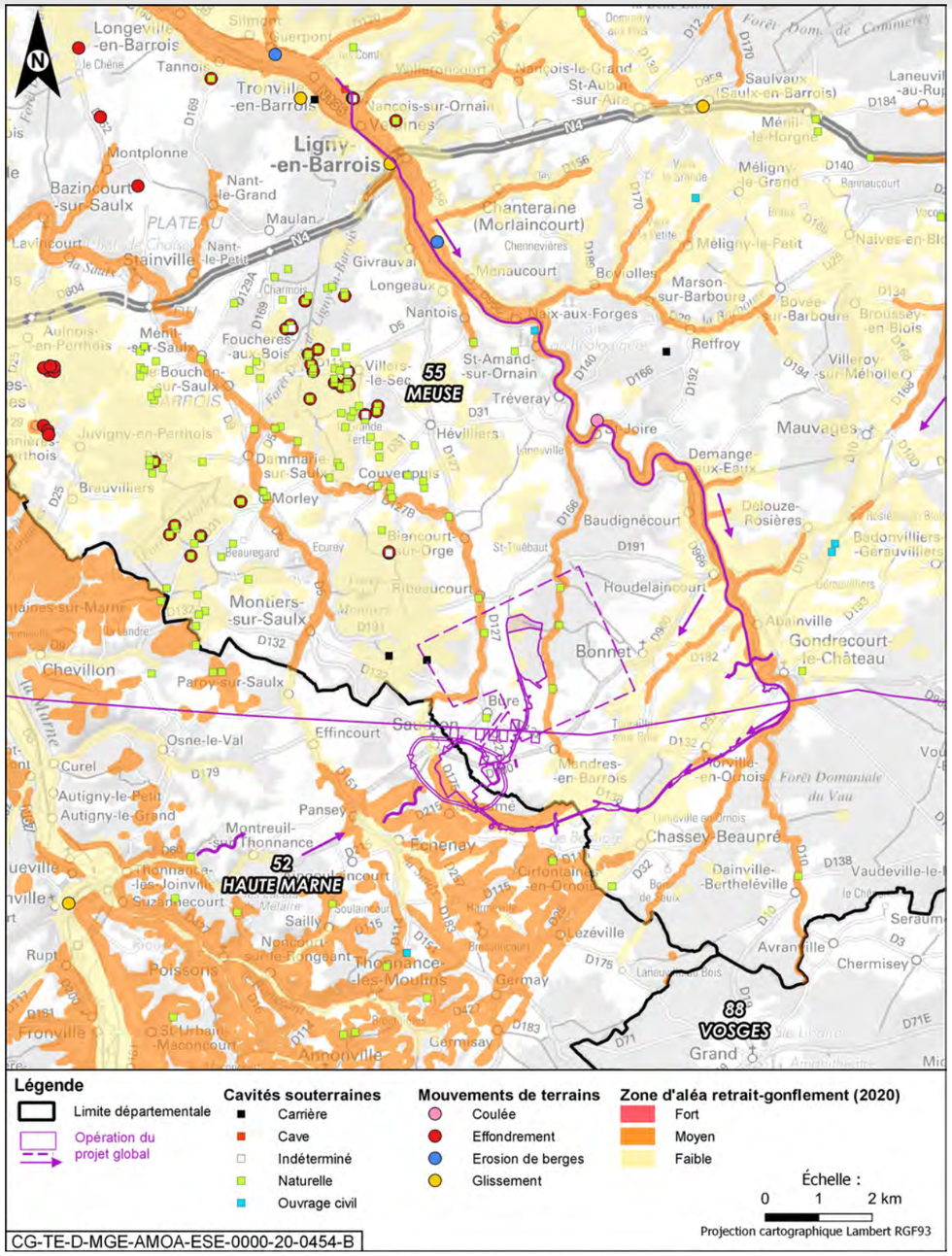


Figure 4-7 Risque de mouvements de terrain

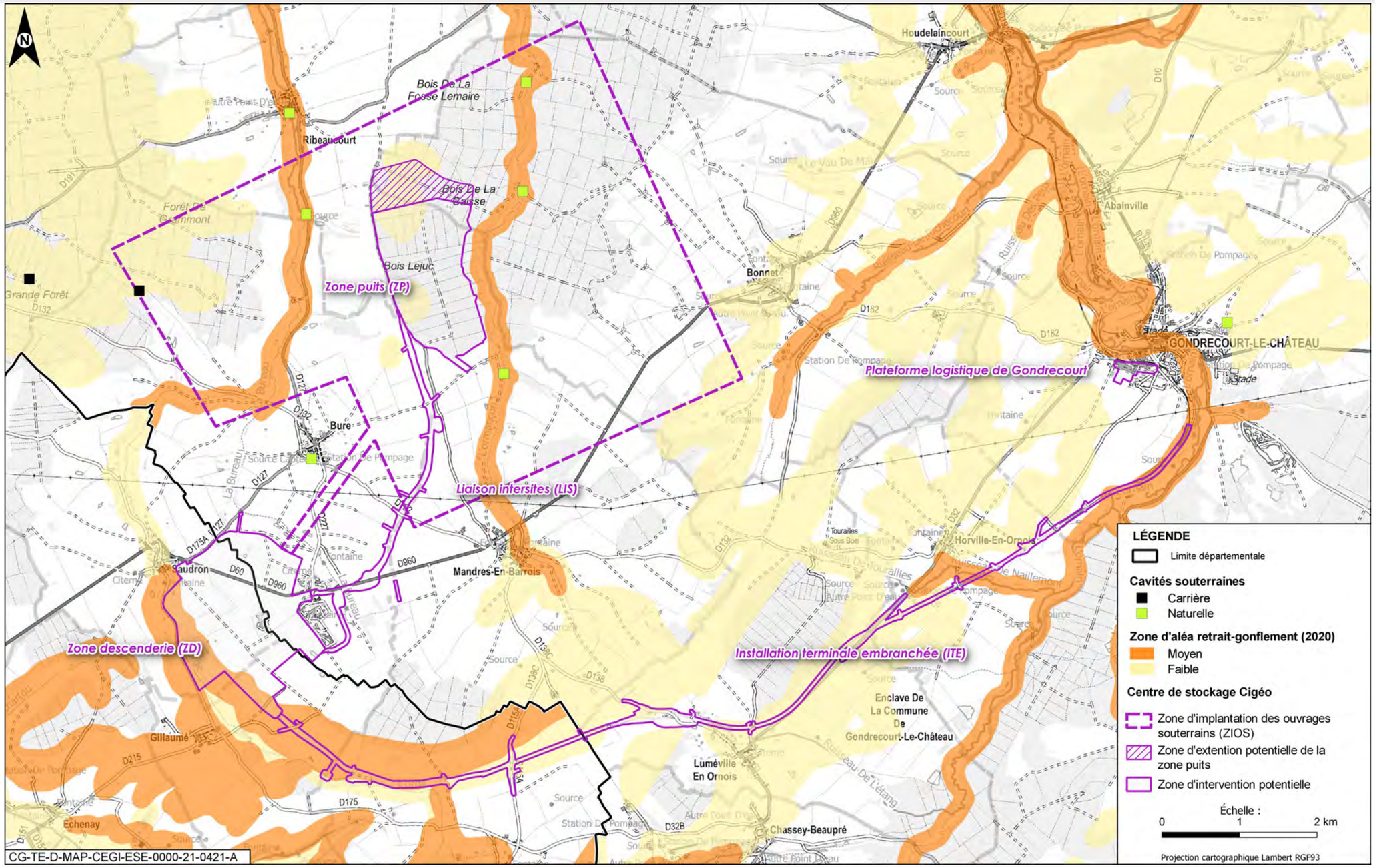


Figure 4-8 *Risque de mouvements de terrain – zoom sur le centre de stockage Cigéo*

4.5.2.4 Conclusion

Le centre de stockage Cigéo est situé dans une zone soumise à des risques de mouvements de terrain, cavités et retrait gonflement des argiles. Le risque lié aux mouvements de terrain le plus fort sur la zone d'intervention potentielle du projet est le risque lié à l'aléa retrait-gonflement des argiles. Pour limiter les risques naturels, les méthodes de creusement sont adaptées aux caractéristiques des terrains rencontrés. De plus, grâce à la réalisation d'études géotechniques, les fondations des bâtiments et des ouvrages sont adaptées au contexte géotechnique réduisant ainsi les dommages liés aux risques naturels.

La vulnérabilité du projet global Cigéo aux risques de retrait-gonflement des argiles, de cavités et de tassements est très faible.

L'éventuel effondrement accidentel d'un ouvrage souterrain (galerie), voire de toute l'installation souterraine, aurait un effet mécanique d'extension limitée à quelques mètres, voire à la dizaine de mètres au maximum à proximité des ouvrages effondrés, et serait sans incidence perceptible en surface.

L'incidence du projet global Cigéo et notamment de l'INB, sur les risques mouvements de terrain (effondrement) est très faible.

Aucune mesure compensatoire n'est nécessaire.

4.6 Ressources du sous-sol

4.6.1 Mesures d'évitement

4.6.1.1 Implantation du centre de stockage Cigéo dans une zone ne présentant pas un caractère exceptionnel ou particulier en termes de ressources souterraines

Mesure d'évitement : implantation du centre de stockage Cigéo dans une zone ne présentant pas un caractère exceptionnel ou particulier en termes de ressources souterraines

Facteur(s) environnemental(aux)	MOA(s)	Opération(s)	Sous-opération(s)	Phase(s)
Ressources du sous-sol	Andra	Centre de stockage Cigéo - INB	ZIOS	CI, F

Dans le cadre du choix d'un site pouvant accueillir un stockage de déchets radioactifs, les zones présentant un caractère exceptionnel ou particulier en termes de ressources souterraines ont été évitées, tel que le recommande le guide de sûreté relatif au stockage définitif des déchets radioactifs en formation géologique profonde de l'ASN (19). Ainsi, le site d'implantation du centre de stockage Cigéo ne présente pas de ressource géologique exceptionnelle ou particulière.

4.6.1.2 Déploiement progressif de l'installation souterraine

Mesure d'évitement : déploiement progressif de l'installation souterraine

Facteur(s) environnemental(aux)	MOA(s)	Opération(s)	Sous-opération(s)	Phase(s)
Risques de retrait-gonflement des argiles, de cavités et tassements	Andra	Centre de stockage Cigéo - INB	ZIOS	CI, F

Afin d'adapter le stockage aux orientations politiques de la France et de garantir toute la sureté de son fonctionnement, l'installation souterraine est déployée progressivement. Cette mesure permet d'éviter les creusements inutiles.

La construction progressive du centre de stockage Cigéo correspond à un enchaînement prudent d'opérations de construction et de mises en service successives de parties du centre de stockage sur toute la durée de son fonctionnement. Ce phasage pourra être revu pour accélérer, retarder ou modifier la construction de ces extensions (cf. Chapitre 4.1 du volume II de la présente étude d'impact).

Le principe d'un développement progressif offre la possibilité aux générations futures de modifier le programme de livraison des colis. De plus, il favorise l'intégration aux futures tranches de construction de toutes les améliorations qui seront rendues possibles par les progrès scientifiques et techniques et par le retour d'expérience acquis sur la durée d'ordre séculaire du projet.

L'installation souterraine est construite progressivement tout au long de l'exploitation du stockage sur une durée séculaire. À une première tranche de construction et d'exploitation se succéderont des tranches ultérieures. La conception prend en compte ce développement et se concentre tout d'abord sur la première tranche tout en vérifiant la compatibilité avec les développements des tranches ultérieures.

Modalités de suivi

Un suivi de l'enchaînement des opérations de construction et de mises en service successives des parties du centre de stockage sur toute la durée de son fonctionnement.

4.6.2 Incidences après mesures d'évitement

4.6.2.1 Incidences sur la stérilisation de la ressource

La ZIOS du centre de stockage Cigéo est implantée dans une zone ne présentant pas un caractère exceptionnel ou particulier en termes de ressources souterraines et ne nécessite pas de mesure de réduction complémentaire.

Concernant les ressources naturelles, la carrière la plus proche du projet se situe à Gondrecourt-le-Château. Elle extrait les calcaires de l'Oxfordien pour les besoins locaux.

Aucune ressource de matériaux de construction, minerai, charbon et hydrocarbures n'est exploitée dans la zone d'intervention potentielle du projet global Cigéo.

Les opérations d'alimentation électrique, d'adduction d'eau de mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000, de déviation de la route départementale D60/960 n'ont pas d'impact sur le sous-sol, pouvant entraîner la stérilisation de ressources du sous-sol.

4.6.2.2 Besoins en matériaux de construction

Au sein du projet global Cigéo, le centre de stockage Cigéo, et surtout l'installation souterraine, est le principal poste de consommation de matériaux de construction : les 15 km² d'installation souterraine sont renforcés par des revêtements en béton.

Selon les premières estimations, les besoins en matériaux de construction du centre de stockage sont de l'ordre de :

- 5,7 millions de tonnes de granulats ;
- 1,4 millions de tonnes de ciment ;
- 4,9 millions de tonnes de sables.

Un peu plus de la moitié de ces matériaux (51,6 %) est utilisé en phase de construction initiale pour les installations de surface, les liaisons surfaces-fond. Environ 45,6 % de ces matériaux servent principalement pour l'extension de l'installation souterraine pendant le siècle de phase de fonctionnement et de manière anecdotique pour les opérations de jouvence. Les 2,7 % restants sont mis en œuvre au moment de la phase des aménagements préalables. Les premières estimations des besoins annuels en matériaux de construction du centre de stockage Cigéo sont, présentées au tableau 4-2.

Tableau 4-2 Quantification des consommations de matériaux de construction par période homogène pour la construction du centre de stockage Cigéo

Matériaux de construction	Type d'année	Période P0	Période P1	Périodes P2 à P6
Ciments	Année basse	50 000 t	0 t	0 t
	Année moyenne	120 000 t	8 000 t	15 000 t
	Année haute	180 000 t	16 000 t	25 000 t
Graviers	Année basse	50 000 t	22 000 t	30 000 t
	Année moyenne	400 000 t	50 000 t	80 000 t
	Année haute	720 000 t	63 000 t	100 000 t
Sables	Année basse	50 000 t	25 000 t	30 000 t
	Année moyenne	300 000 t	40 000 t	80 000 t
	Année haute	574 000 t	45 000 t	120 000 t

Avec :

Période P0 : Aménagements préalables et construction initiale

Période P1 : Montée en cadence de l'installation avec la phase industrielle pilote après mise en service

Périodes P2 à P6 : Phase d'exploitation courante puis de démantèlement

Les besoins en matériaux pour les opérations de caractérisation et surveillance environnementale, d'alimentation électrique, d'adduction d'eau, de mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000, de déviation de la route départementale D60/960, et d'expédition et transports de colis sont faibles au regard des besoins pour le centre de stockage Cigéo. Ces besoins sont limités aux travaux suivants :

- pour l'opération de caractérisation et surveillance environnementale : la réalisation de forages ;
- pour l'opération d'alimentation électrique : passage de la fibre optique et renforcement des pylônes le long de la ligne 400 kV, construction du transformateur et mise en place des câbles électriques, de leurs gaines et stabilisation dans le sol pour les liaisons souterraines ;
- pour l'opération d'adduction d'eau : mise en place des tuyaux et stabilisation dans le sol ;
- pour l'opération de mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000 : réfection de la plateforme, rénovation des ouvrages d'art et construction des éventuels ouvrages de rétablissement des voiries en cas de fermeture de passages à niveau le long de la ligne ferroviaire ;
- pour l'opération de déviation de la route départementale D60/960 : création d'ouvrages d'art et de la plateforme routière.

4.6.2.3 Filières d'approvisionnement en sables et graviers

Les granulats (sables et graviers) sont utilisés dans la fabrication du béton servant à la construction des bâtiments et des ouvrages de génie civil. Ils sont également employés dans la réalisation de remblais, fondations, couches routières, etc. Ce sont des matières premières extraites dans des carrières.

L'identification des carrières de granulats a été réalisée grâce à un fichier transmis par la DREAL Grand Est (source BRGM - Bureau de Recherches Géologiques et Minières). Ces informations ont été vérifiées et complétées à l'aide de la base de données sur les installations classées du ministère de la transition écologique.

Les carrières produisant généralement à la fois du sable et du gravier, les productions de sables et de graviers ne sont pas différenciées.

La région Grand Est accueillie plus de 300 carrières en fonctionnement représentant une production annuelle d'environ 84 millions de tonnes, alors que les besoins de la région s'élèvent à environ 36 millions de tonnes par an. La production régionale est donc largement excédentaire. La région importe ainsi peu de granulats de l'extérieur, mais exporte vers des régions déficitaires et des pays frontaliers (Allemagne, Suisse notamment). L'analyse des flux régionaux indique que plus de 95 % des granulats (sables et graviers) consommés dans le Grand Est proviennent du Grand Est.

Les carrières sont de tailles variables. Leur capacité moyenne est d'environ 270 000 tonnes par an (tous produits confondus). Mais il y a de forts écarts par rapport à cette moyenne : certaines carrières produisent quelques dizaines de milliers de tonnes par an, tandis que d'autres produisent plus d'un million de tonnes.

La géographie de l'offre est aussi importante, en raison de la part élevée du coût du transport dans le coût global du produit, qui conduit à privilégier des distances courtes d'acheminement. Les départements alsaciens (Haut-Rhin et Bas-Rhin) sont les plus gros producteurs de la région Grand Est, mais sont aussi les plus éloignés du centre de

stockage Cigéo. La Meuse et la Haute-Marne produisent respectivement environ 4 millions et 8 millions de tonnes de granulats par an (sables et graviers confondus).

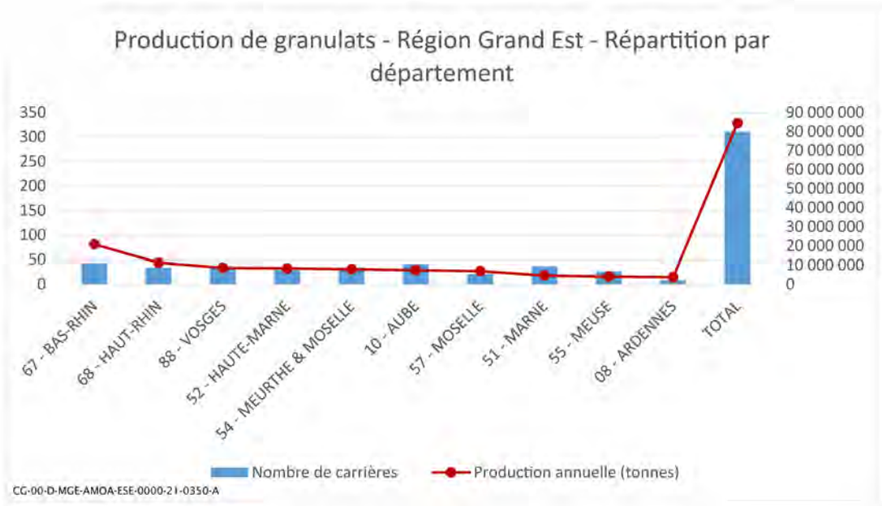


Figure 4-9 Production de granulats en Région Grand Est

À son pic, durant la phase de construction initiale, la consommation annuelle de sables et de graviers du centre de stockage Cigéo atteint un peu moins de 1,3 millions de tonnes, soit environ 1,5 % de la production annuelle de la région Grand Est. Les carrières de la région Grand Est sont donc susceptibles de couvrir l'ensemble des besoins du centre de stockage Cigéo.

Parmi les carrières de la région Grand Est, une cinquantaine sont déjà identifiées comme étant susceptibles d'approvisionner le centre de stockage Cigéo, en raison de leurs caractéristiques, notamment leurs grandes capacités de production (supérieures à 250 000 tonnes par an). La production annuelle cumulée de ces carrières s'élève à 32,6 millions de tonnes, ce qui représente environ 25 fois le besoin du centre de stockage Cigéo à son année de pic.

Les graphiques ci-dessous présentent la distribution de ces carrières selon leurs distances du centre de stockage Cigéo, leurs productions annuelles et leur embranchement ou pas au réseau ferré. Les deux tiers des carrières sont à moins de 150 km. Seules cinq carrières disposent d'un terminal ferroviaire embranché.

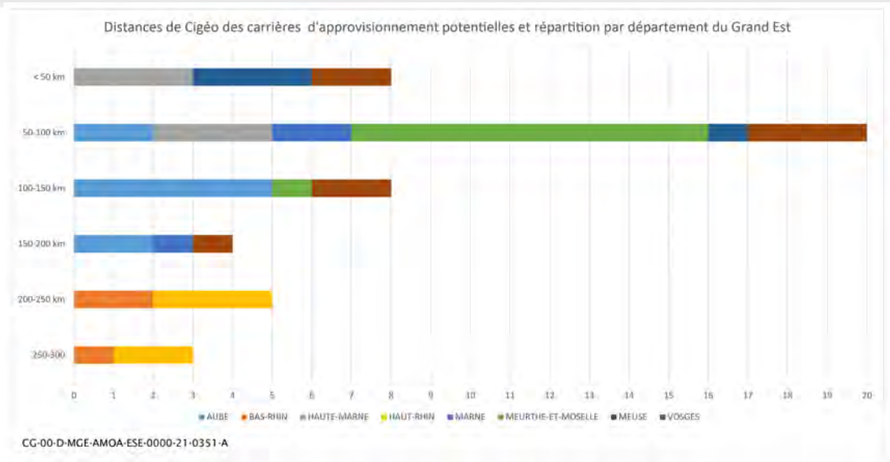


Figure 4-10 Distance entre le centre de stockage Cigéo et les potentielles carrières d'approvisionnement

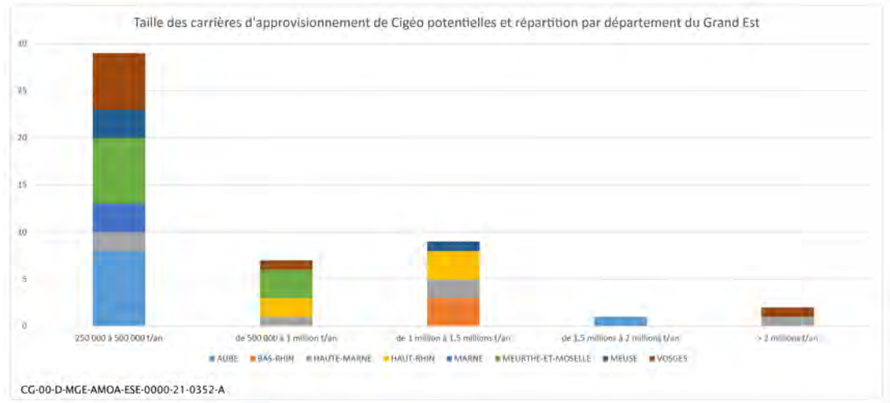


Figure 4-11 Taille des potentielles carrières d'approvisionnement du centre de stockage Cigéo

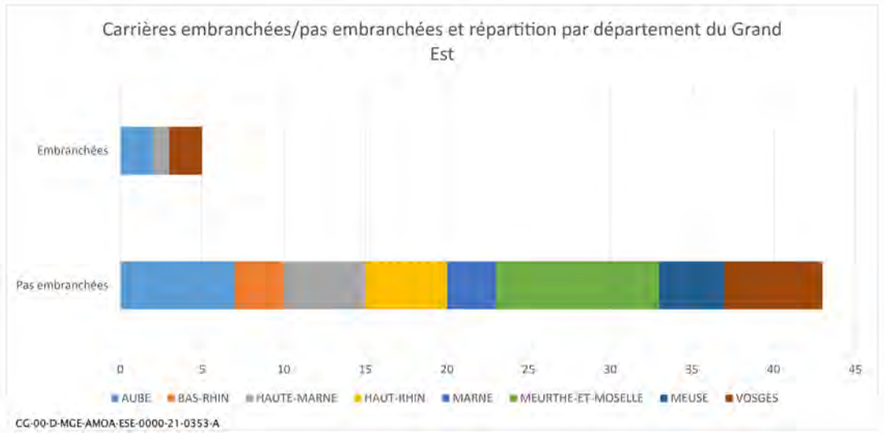


Figure 4-12 Raccordement des carrières au réseau ferré

Par ailleurs, la construction du centre de stockage Cigéo génère une très grande quantité de matériaux excavés. Pour autant que leurs caractéristiques conviennent, leur recyclage en granulats pour la fabrication de béton ou la réalisation de travaux d'infrastructures sera recherché, afin de réduire le recours à l'extraction de carrières.

4.6.2.4 Filières d'approvisionnement en ciment

Le ciment est un matériau qui entre dans la composition des bétons et des mortiers. Il est fabriqué à partir de calcaire et d'argile dans des cimenteries.

La région Grand Est accueillie des cimenteries ou centres de broyage, dont la production annuelle totale s'élève à un peu moins de 3,2 millions de tonnes. Celle-ci couvre donc largement les besoins projetés pour le centre de stockage Cigéo, qui sont d'environ 180 000 tonnes l'année du pic de consommation, soit moins de 6 % de la capacité régionale. Si nécessaire, le centre pourra aussi s'approvisionner auprès de cimenteries extrarégionales (ex : Jura, Pas-de-Calais). Les cimenteries sont toutes embranchées au réseau ferré. Les graphiques ci-dessous montrent que la majeure partie de la production de ciment est localisée en Moselle à moins de 200 km du centre de stockage Cigéo. Une part notable de la production est aussi située dans la Marne et la Meurthe-et-Moselle à moins de 100 km du centre de stockage Cigéo ainsi que dans le Haut-Rhin et le Jura soit entre 200 km et 300 km du centre de stockage Cigéo.

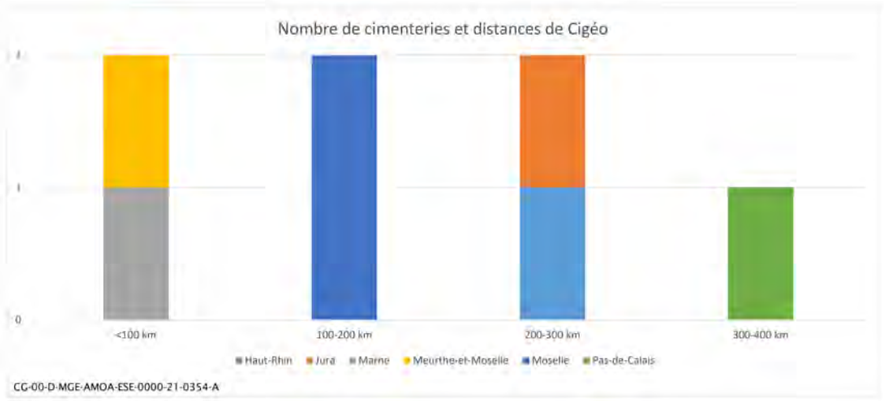


Figure 4-13 Distances entre le centre de stockage Cigéo et les potentielles cimenteries

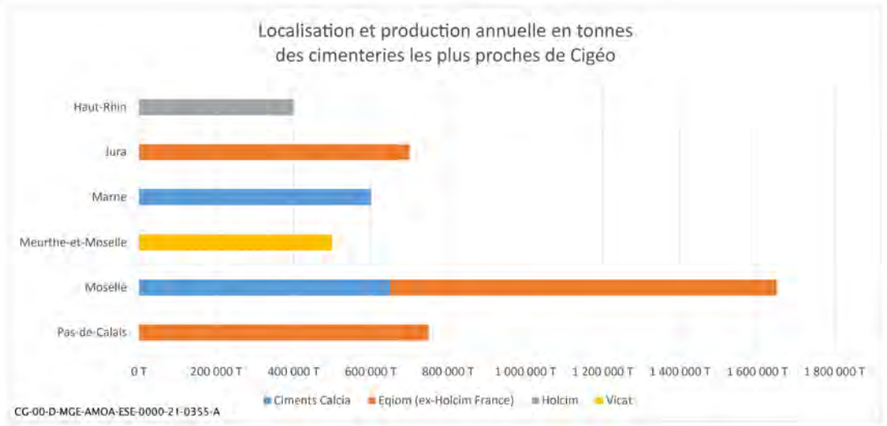


Figure 4-14 Localisation et production annuelle des cimenteries les plus proches du centre de stockage Cigéo

4.6.3 Mesures de réduction

4.6.3.1 Réduction des besoins de matériaux de construction

Mesure de réduction : réduction des besoins de matériaux de construction				
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Sous-opération(s)**	**Phase(s)**
Ressources du sous-sol	Andra	Centre de stockage Cigéo - INB	ZIOS	CI, F

Plusieurs procédés de réduction des besoins en béton sont à l'étude : dimensionnement au plus juste, structures extrudées, récupération des chutes de béton, utilisation du calcaire extrait lors du creusement des liaisons surfaces fond. Ces solutions seront affinées au cours des phases ultérieures de conception du projet. Elles seront détaillées dans les actualisations ultérieures de l'étude d'impact.

4.6.3.2 Réemploi et traitement des matériaux

Mesure de réduction : réemploi et traitement des matériaux				
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Sous-opération(s)**	**Phase(s)**
Ressources du sous-sol	Andra	Centre de stockage Cigéo	ZIOS, ZP, ZD	CI, F

La conception intègre le réemploi et le traitement des matériaux pour limiter la consommation des ressources, que ce soit verses « vives », la terre végétale, les franges superficielles et les calcaires :

- les couches de franges superficielles et de terres végétales sont destinées aux remblais des zones de jouvence, espaces verts et couverture végétale ;
- les calcaires fracturés extraits (calcaires du Barrois) sont utilisés en corps de remblais sur les zones de remblais destinées aux bâtiments et voiries. Ces matériaux sont utilisables en l'état. Ils sont concassés si nécessaire afin d'obtenir une granulométrie suffisante ;

- 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.

Sous réserve du respect des formulations, l'utilisation de matériaux de recyclage peut être envisagée essentiellement pour les ouvrages du centre de stockage Cigéo les moins sensibles en termes de sécurité.

Par ailleurs, plusieurs pistes de valorisation sont envisagées pour les verses (argilites du Callovo-Oxfordien) qui ne sont pas réutilisées pour la fermeture des galeries, notamment leur utilisation par des cimentiers, ce qui contribue également à limiter la pression sur la ressource naturelle au niveau départemental, voire régional (cf. Mesure de réduction « Réutilisation ou valorisation des verses » présentée au chapitre 3.4.2 du présent volume).

Modalités de suivi

Un suivi des quantités de matériaux importés et réutilisés est réalisé de la conception jusqu'à la fermeture.

4.6.4 Incidences résiduelles

La ZIOS du centre de stockage Cigéo ne stérilise pas de ressource du sous-sol. Par contre, le projet global Cigéo et notamment la construction de l'installation souterraine nécessite des quantités importantes de matériaux de construction. Ce besoin, qui s'étale pendant les phases de construction initiale et de fonctionnement, soit pendant plus d'un siècle, est compatible avec les schémas départementaux des carrières de la Meuse et de la Haute-Marne (cf. Chapitre 4.6.5 du présent volume). **L'impact du projet global Cigéo, et notamment de l'INB, sur les ressources du sous-sol est donc faible.**

Le projet global Cigéo a une incidence résiduelle faible sur les ressources du sous-sol.

Aucune mesure compensatoire n'est nécessaire.

4.6.5 Compatibilité du projet avec les schémas départementaux des carrières

En raison de son caractère industriel et nucléaire, la construction du projet global Cigéo nécessite la mise en œuvre de quantités importantes de matériaux (granulats, ciment, sables) et des formulations de béton très particulières pour certains ouvrages de surface, mais aussi pour les galeries qui serviront au stockage des déchets radioactifs. Ces besoins en matériaux de construction doivent être compatibles avec les schémas départementaux des carrières présentés au chapitre 4.5.2 du volume III de la présente étude d'impact.

4.6.5.1 Compatibilité avec le schéma départemental des carrières de la Haute-Marne

Le Schéma départemental des carrières (SDC) de la Haute Marne (21), met en évidence des disparités en termes de disponibilité de gisements de granulats alluvionnaires et de roches massives calcaires suivant les secteurs géographiques : le sud de la Haute-Marne sera à court terme totalement démuni de ressources alluvionnaires, alors que le nord continuera à exporter ce type de matériaux vers le département de la Marne. Il préconise une utilisation économe de ces matériaux alluvionnaires de grande qualité, facilement épuisables et non renouvelables.

En revanche, les matériaux calcaires, qui occupent une superficie considérable du département de la Haute-Marne, constituant de ce fait une ressource très importante voire inépuisable, pourront être exploités et leur usage privilégié en substitution des alluvions le plus tôt possible.

Parmi les objectifs et orientations du SDC de la Haute-Marne, seuls ceux relatifs à l'utilisation économe et rationnelle de la ressource alluviale concernent le projet global Cigéo. Les autres objectifs et orientations, relatifs à l'ouverture de carrières (« Transport », « Schéma Directeur Paysager du Perthois », « Préservation de l'environnement et du Développement Durable » et « Les réaménagements des carrières ») ne concernent pas le projet global Cigéo. Ils ne sont donc pas repris dans la présente analyse de compatibilité.

Tableau 4-3 Analyse de la compatibilité du projet global avec le schéma départemental des carrières de Haute-Marne

Objectifs et orientations du SDC de la Haute-Marne	Compatibilité du projet global Cigéo avec le SDC de Haute Marne
Utilisation économe et rationnelle de la ressource alluviale • **réduction de la consommation de matériaux alluvionnaires de 1 % (5 500 tonnes par an)** • **augmentation de la production de roches massives de 5,5 % (90 000 tonnes par an)**	Le projet global Cigéo et particulièrement le centre de stockage mettent en jeu de grandes quantités de matériaux. Les matériaux alluvionnaires sont utilisés pour la réalisation du béton. Le béton nécessaire pour la construction des galeries de stockage des déchets radioactifs fait l'objet de préconisations de formulations qui doivent strictement respectées afin d'obtenir des bétons aux performances adaptées. Sous réserve du respect des formulations, l'utilisation de matériaux de recyclage peut être envisagée essentiellement pour les ouvrages du projet du centre de stockage les moins sensibles en termes de sécurité. Par ailleurs, plusieurs pistes de valorisation sont envisagées pour les verses (argilites du Callovo-Oxfordien) qui ne sont pas réutilisées pour la fermeture des galeries, notamment leur utilisation par des cimentiers, ce qui contribue également à limiter la pression sur la ressource naturelle au niveau départemental, voire régional.

4.6.5.2 Compatibilité avec le schéma départemental des carrières de la Meuse

De la même manière, l'évaluation environnementale du Schéma départemental des carrières de la Meuse (21) stipule que le département possède un gisement de matériaux calcaires important et est autosuffisant pour les matériaux calcaires destinés à l'industrie. Par ailleurs, la production d'alluvions est supérieure aux besoins du département. Cependant, les aspects liés aux ressources minérales constituent un réel enjeu au niveau de la Meuse dans un contexte régional d'appauvrissement de la ressource disponible en matériaux alluvionnaires et de conflits d'usage des territoires. Ainsi, les orientations prises par le schéma des carrières sont là encore de rationaliser la

consommation de granulats alluvionnaires, d'augmenter le recours aux matériaux de substitution et d'augmenter le recyclage des matériaux.

Parmi les objectifs et orientations du SDC de la Meuse, seuls ceux relatifs aux ressources et aux besoins existants et à venir concernent le projet global Cigéo. Les autres objectifs et orientations, relatifs à l'ouverture de carrières (« Échange de matériaux » et « Le volet environnemental ») ne concernent pas le projet global Cigéo. Ils ne sont donc pas repris dans la présente analyse de compatibilité.

Tableau 4-4 Analyse de la compatibilité du projet global avec le Schéma Départemental des carrières de la Meuse

Objectifs du SDC de la Meuse	Compatibilité du projet global Cigéo avec le SDC de la Meuse
Les ressources **Bonne connaissance de la ressource et des aspects environnementaux afin d'assurer une gestion adaptée des carrières et la pérennité des entreprises**	Dans le cadre du projet global Cigéo, un recensement des ressources naturelles du sous-sol a été réalisé au sein de l'aire d'étude éloignée et de l'aire d'étude spécifique de la ligne 400 kV, permettant une bonne connaissance de la ressource. D'autre part, le projet global Cigéo participe à la pérennité des entreprises.
Les besoins existants et à venir • **rationaliser la consommation de granulats alluvionnaires** • **augmenter le recours aux matériaux de substitution** • **augmenter le recyclage des matériaux** • **mettre en adéquation la qualité des matériaux et leurs usages**	Le projet global Cigéo, et particulièrement le centre de stockage, mettent en jeu de grandes quantités de matériaux. Les matériaux alluvionnaires sont utilisés pour la réalisation du béton. Le béton nécessaire pour la construction des galeries de stockage des déchets radioactifs fera l'objet de préconisations de formulations qui devront être strictement respectées afin d'obtenir des bétons aux performances adaptées. Sous réserve du respect des formulations, l'utilisation de matériaux de recyclage peut être envisagée essentiellement pour les ouvrages du projet du centre de stockage les moins sensibles en termes de sécurité. Par ailleurs, plusieurs pistes de valorisation sont envisagées pour les verses (argilites du Callovo-Oxfordien) qui ne sont pas réutilisées pour la fermeture des galeries, notamment leur utilisation par des cimentiers, ce qui contribue également à limiter la pression sur la ressource naturelle au niveau départemental, voire régional.

4.6.5.3 Conclusion

Pour limiter la demande sur la ressource naturelle, l'utilisation de matériaux de recyclage est privilégiée pour les aménagements et les constructions, sous réserve du respect de la performance des matériaux et du béton. La valorisation des verses (réutilisation pour fermeture des galeries, comblement de carrières, utilisation comme composant de base dans la fabrication de ciments) contribue également à limiter la demande globale sur la ressource naturelle. Ainsi, **le projet global Cigéo est compatible avec les schémas départementaux des carrières de la Haute-Marne et de la Meuse (21).**

4.7 Synthèse des incidences et mesures sur le sous-sol

Le tableau 4-5 synthétise les mesures mises en œuvre afin de limiter les impacts sur le sous-sol.

Tableau 4-5 Synthèse des mesures mises en œuvre pour le sous-sol dans le cadre du projet global Cigéo

Incidences potentielles	Mesures	Type (ERC)	Phase (APR, CI, F)	Effet attendu de la mesure	Modalités de suivi	MOA	Opération
Pollution accidentelle physico-chimique	**Pollution physico-chimique : Niveau d'incidences potentielles : Notable**						
	Mise en place de dispositifs de stockage adaptés pour les produits dangereux	R	APR, CI, F	Éviter la propagation de produits dangereux	Suivi des modalités de travaux Entretien et maintenance des dispositifs	Andra	Centre de stockage Cigéo
						SNCF	Mise à niveau de la ligne 027000
						CD 52	Déviation de la route départementale D60/960
						RTE	Alimentation électrique
						SIAEP d'Échenay /SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau
	Organisation du chantier adaptée aux enjeux	R	APR, CI, F	Éviter la propagation de produits dangereux et veiller à la non pollution du sous-sol	Suivi des modalités de travaux Entretien et maintenance des dispositifs Chargé environnement	Andra	Centre de stockage Cigéo
						SNCF	Mise à niveau de la ligne 027000
						CD 52	Déviation de la route départementale D60/960
						RTE	Alimentation électrique
						SIAEP d'Échenay /SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau
	Limitation de déversement de polluants	R	APR, CI, F	Limiter la pollution du sous-sol	Suivi des modalités de travaux Entretien et maintenance des dispositifs	Andra	Centre de stockage Cigéo
						SNCF	Mise à niveau de la ligne 027000
						CD 52	Déviation de la route départementale D60/960
						RTE	Alimentation électrique
						SIAEP d'Échenay /SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau
	Gestion des déchets	R	APR, CI, F	Limiter la pollution du sous-sol	Suivi des modalités de travaux Entretien et maintenance des dispositifs	Andra	Centre de stockage Cigéo
						SNCF	Mise à niveau de la ligne 027000
						CD 52	Déviation de la route départementale D60/960
						RTE	Alimentation électrique
						SIAEP d'Échenay /SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau
	Gestion des accidents	R	APR, CI, F	Prévenir les risques de dispersion d'éléments radioactifs en cas d'accident lors du transport des colis de déchets	Suivi des modalités de travaux Entretien et maintenance des dispositifs et des procédures	Andra	Centre de stockage Cigéo
						SNCF	Mise à niveau de la ligne 027000

Incidences potentielles	Mesures	Type (ERC)	Phase (APR, CI, F)	Effet attendu de la mesure	Modalités de suivi	MOA	Opération
				radioactifs et le risque de fuite sur un camion de livraison du carburant		CD 52	Déviation de la route départementale D60/960
						RTE	Alimentation électrique
						SIAEP d'Échenay /SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau
	Gestion des eaux de fond du centre de stockage Cigéo	R	CI, F	Réduire les incidences qualitatives sur les eaux souterraines, et donc le risque de pollution du sous-sol	Suivi du débit des eaux d'exhaure Suivi de la gestion des eaux d'exhaure en surface Suivi quantitatif et qualitatif des nappes d'eau souterraine	Andra	Centre de stockage Cigéo - INB
	Mise en place de dispositifs de gestion des rejets d'eaux pluviales et d'effluents conventionnels	R	APR, CI, F	Limiter les risques de pollution suite aux déversements accidentels ou à l'infiltration des eaux de ruissellement	Suivi des modalités de travaux Contrôle de la performance des dispositifs quantitatifs/qualitatifs de gestion des eaux pluviales Entretien et maintenance des dispositifs de gestion des eaux	Andra	Centre de stockage Cigéo
						SNCF	Mise à niveau de la ligne 027000
						CD 52	Déviation de la route départementale D60/960
						RTE	Alimentation électrique
						SIAEP d'Échenay /SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau
	Mise en place d'un dispositif de traitement complémentaire des eaux de ruissellement des verses	R	CI, F	Réduire l'altération de la qualité des eaux superficielles	Suivi de la qualité des eaux de ruissellement des verses issues du traitement complémentaire Entretien et maintenance des dispositifs	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Mise en place d'une station d'épuration par zone pour un rejet conforme au bon état chimique et écologique des eaux superficielles	R	CI, F	Réduire l'altération de la qualité des eaux superficielles, et donc le risque de pollution du sous-sol par infiltration	Suivi de la qualité des eaux recyclées issues des stations d'épuration Entretien et maintenance des dispositifs	Andra	Centre de stockage Cigéo
	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	R	CI, F	Réduire l'altération de la qualité des eaux superficielles	Suivi de la qualité des eaux recyclées issues des dispositifs de traitement des eaux de fond Entretien et maintenance des dispositifs	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Mise en place d'un assainissement non-collectif sur les bases vie (traitement des eaux générées) ou raccordement au réseau local	R	APR, CI, F	Réduire l'altération de la qualité des eaux superficielles	Suivi des modalités de travaux Contrôle de la performance des dispositifs de traitement des eaux usées	RTE	Alimentation électrique
						SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau
						SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000
						CD52	Déviation de la route départementale D60/960
	Pollution physico-chimique : Niveau d'incidences résiduelles : Très faible						

Incidences potentielles	Mesures	Type (ERC)	Phase (APR, CI, F)	Effet attendu de la mesure	Modalités de suivi	MOA	Opération
Contamination potentielle radiologique et chimique du sous-sol par les colis de déchets	**Contamination radiologique : Niveau d'incidences potentielles : Notable**						
	Conditionnement définitif des déchets radioactif selon les spécifications d'acceptation fixées par l'Andra	R	F	Ralentir la migration des radionucléides	Suivi de la qualité des colis de déchets radioactifs de la production jusqu'au stockage Contrôles plus précis sur échantillonnage aléatoire	Andra	Centre de stockage Cigéo – INB
	Conception de l'installation souterraine garantissant le maintien des caractéristiques du Cox favorables au confinement	R	F	Ralentir la migration des radionucléides	Instruments de mesure au sein d'un échantillonnage d'alvéoles	Andra	Centre de stockage Cigéo – INB
	Séparation des opérations de stockage des déchets et de creusement de nouveaux alvéoles	R	F	Maîtriser les risques de coactivité et donc le risque de contamination radiologique du sous-sol	Suivi du phasage des travaux de l'installation souterraine	Andra	Centre de stockage Cigéo – INB
	Définition d'un périmètre de droit exclusif et d'un périmètre de protection	R	F	Empêcher toute activité susceptible de remettre en cause la pérennité du stockage souterrain ou d'affecter son intégrité	Suivi des activités dans le périmètre de droit exclusif et dans le périmètre de protection	Andra	Centre de stockage Cigéo – INB
	Contamination radiologique : Niveau d'incidences résiduelles : Très faible						
Vulnérabilité du projet aux risques sismiques d'origine naturelle ou anthropique	Vulnérabilité du projet aux risques sismiques d'origine naturelle ou anthropique : Niveau d'incidences potentielles : Notable						
	Implantation stockage dans une zone géologique d'activité sismique très faible	E	APR, CI, F	Évitement des désordres liés au risque sismique	Réseau d'écoute sismique	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Conception et exploitation conformes aux règles spécifiques applicables aux installations nucléaires	R	APR, CI, F	Maintien des installations dans un état dit « sûr » en cas de séisme Absence de conséquence sur l'homme et l'environnement	Contrôle à la réception de chaque installation de surface et veille pendant toute la phase de fonctionnement, notamment en cas de séisme	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Vulnérabilité du projet aux risques sismiques d'origine naturelle ou anthropique : Niveau d'incidences résiduelles : Très faible						
Vulnérabilité du projet aux risques de retrait-gonflement des argiles, de cavités et tassements	**Vulnérabilité du projet aux risques de retrait-gonflement des argiles, de cavités et tassements : Niveau d'incidences potentielles : Notable**						
	Déploiement progressif de l'installation souterraine	E	CI, F	Garantir la sûreté du fonctionnement du centre de stockage Cigéo Éviter les risques de tassements suite à l'effondrement des cavités (en lien avec la construction)	Suivi de l'adéquation entre l'inventaire des déchets et le dimensionnement de l'installation souterraine de la conception jusqu'à la fermeture	Andra	Centre de stockage Cigéo – INB
	Choix de l'orientation des alvéoles de stockage	R	CI, F	Limiter l'endommagement du Cox au pourtour des galeries creusées	Mesure permanente des modifications structurelles	Andra	Centre de stockage Cigéo – INB
	Adaptation des méthodes de creusement	R	CI, F	Réduction du risque d'effondrement des cavités	Mesure permanente des forces appliquées sur l'installation souterraine et les liaisons surface-fond dès la phase de construction initiale	Andra	Centre de stockage Cigéo – INB
	Adaptation des méthodes de construction des installations de surface	R	CI, F	Réduction du risque de mouvements de terrain	Contrôle à la réception de chaque installation de surface et veille pendant toute la phase de fonctionnement	Andra	Centre de stockage Cigéo – INB

Incidences potentielles	Mesures	Type (ERC)	Phase (APR, CI, F)	Effet attendu de la mesure	Modalités de suivi	MOA	Opération
	Adaptation des fondations des bâtiments et des ouvrages au contexte géotechnique	R	APR, CI, F	Adaptation des bâtiments et ouvrages au contexte géotechnique	Contrôle à la réception de chaque installation de surface et veille pendant toute la phase de fonctionnement	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Vulnérabilité du projet aux risques de retrait-gonflement des argiles, de cavités et tassements : Niveau d'incidences résiduelles : Très faible						
Aggravation des risques de mouvements de terrain	**Aggravation des risques de mouvements de terrain : Niveau d'incidences potentielles : Notable**						
	Adaptation des méthodes de creusement	R	CI, F	Réduction du risque d'effondrement des cavités	Mesure permanente des forces appliquées sur l'installation souterraine et les liaisons surface-fond dès la phase de construction initiale	Andra	Centre de stockage Cigéo – INB
	Aggravation des risques de mouvements de terrain : Niveau d'incidences résiduelles : Très faible						
Incidences sur les ressources du sous-sol	**Incidences sur les ressources du sous-sol : Niveau d'incidences potentielles : Notable**						
	Implantation de l'installation souterraine dans une zone ne présentant pas un caractère exceptionnel ou particulier en termes de ressources souterraines	E	CI, F	Ne pas priver les populations d'une ressource locale de grande importance	Sans objet	Andra	Centre de stockage Cigéo – INB
	Déploiement progressif de l'installation souterraine	E	CI, F	Éviter les creusements inutiles	Suivi de l'enchaînement des opérations de construction et de mises en service successives des parties du centre de stockage sur toute la durée de son fonctionnement	Andra	Centre de stockage Cigéo – INB
	Réduction des besoins de matériaux de construction	R	CI, F	Réduction du prélèvement des ressources naturelles	Suivi des quantités de matériaux importés et réutilisés de la conception jusqu'à la fermeture	Andra	Centre de stockage Cigéo – INB
	Réemploi et traitement des matériaux	R	CI, F	Réduction du prélèvement des ressources naturelles	Suivi des quantités de matériaux importés et réutilisés de la conception jusqu'à la fermeture	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Incidences sur les ressources du sous-sol : Niveau d'incidences résiduelles : Faible						

*Type de mesure : **E** : évitement ; **R** : réduction ; **C** : compensation : **A** : accompagnement.*

*Phase : **APR** : aménagements préalables ; **CI** : construction initiale ; **F** : fonctionnement.*

Au sein du projet global Cigéo, c'est essentiellement le centre de stockage Cigéo qui peut potentiellement impacter le sous-sol puisqu'il est constitué autour d'une installation souterraine creusée à 500 mètres sous terre. Les autres installations et opérations du projet global Cigéo sont susceptibles d'avoir des effets uniquement sur les quelques mètres du sous-sol les plus proches de la surface. D'autre part, les installations du projet global Cigéo peuvent être soumises aux mouvements de terrain et aux risques sismiques.

- **Pollution accidentelle physico-chimique du sous-sol**

  Au cours **des trois phases (APR, CI et F)**, le principal risque de pollution du sous-sol concerne une contamination accidentelle liée aux engins de chantiers et au ruissellement sur les terrains à nu qui pourrait atteindre les couches géologiques à l'affleurement. Ce risque est minime et l'incidence de l'ensemble des travaux sur le sous-sol est très faible.

Le projet global Cigéo a une incidence résiduelle très faible sur le sous-sol.

- **Contamination potentielle radiologique et chimique du sous-sol par les colis de déchets**

  Au cours de **la phase de fonctionnement**, le stockage des colis de déchets se fait dans la couche de roche dure argileuse du Callovo-Oxfordien qui s'est déposée il y a environ 160 millions d'années et qui est située à environ 500 m de profondeur. Par conséquent, le stockage est protégé vis-à-vis des activités humaines et des événements naturels en surface sur le très long terme.

  Le choix de ce secteur d'implantation a été le résultat de plusieurs décennies de recherches pour garantir la pérennité du stockage. Le projet global Cigéo se situe en partie orientale du Bassin parisien qui constitue l'une des zones géologiques les plus stables du monde. La construction progressive du centre de stockage Cigéo correspond à un enchaînement prudent d'opérations de construction et de mises en service successives de parties du centre de stockage sur toute la durée de son fonctionnement.

  La couche du Callovo-Oxfordien est principalement composée d'« *argiles* », d'où sa dénomination commune d'« *argilites* ». L'ensemble des expériences menées sur cette roche ont démontré qu'elle dispose des propriétés nécessaires pour le confinement des déchets radioactifs :

  - ✓ la couche du Callovo-Oxfordien a une perméabilité très faible, les circulations d'eau sont très limitées : une molécule d'eau parcourt quelques centimètres en 100 000 ans ;
  - ✓ de par cette très faible perméabilité, les éléments radioactifs se déplacent préférentiellement par diffusion dans la roche et cette diffusion est très lente ;
  - ✓ les argilites du Callovo-Oxfordien possèdent de fortes capacités de rétention pour la majeure partie des éléments radioactifs et contiennent une part importante de minéraux argileux qui fixent ces éléments à leur surface ;
  - ✓ la composition chimique de l'eau dans la roche conduit à une très faible solubilité de la majeure partie des éléments radioactifs.

  Les alvéoles de stockage et les ouvrages souterrains de Cigéo seront implantés en milieu de couche, afin de bénéficier d'une teneur en argile maximale et d'une épaisseur importante et équivalente du sommet à la base.

  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 dispositions constructives et les conditionnements des déchets.

  Le centre de stockage Cigéo accepte uniquement des colis primaires de déchets respectant l'ensemble des critères définis dans les spécifications d'acceptation. Ces critères permettent de garantir la sûreté du stockage des colis de déchets. Notamment, le conditionnement des déchets radioactifs à destination du centre de stockage Cigéo consiste à les immobiliser sous une forme non dispersable dans un conteneur (fût métallique, coque béton…). La conception de l'installation souterraine permet de garantir le maintien des caractéristiques du Callovo-Oxfordien : les alvéoles sont conçus afin de limiter au maximum tout risque d'effondrement pendant le creusement et en phase de fonctionnement, ou encore de limiter la migration des radionucléides après la fermeture du site. Enfin, les opérations de stockage des déchets et de creusement de nouvelles alvéoles sont séparées géographiquement au cours de la phase fonctionnement.

  Un périmètre de protection prévu par l'article L. 542-10-1 de code de l'environnement est défini. Il a pour objectif de protéger les installations et activités du centre de stockage Cigéo des effets d'activités ou de travaux menés par des tiers en surface ou en souterrain.

  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.

  À titre illustratif, sur les 144 radionucléides contenus dans les colis de déchets HA et MA-VL, seuls l'iode 129 (^{129}I), le chlore 36 (^{36}Cl) et sélénium 79 (^{79}Se), non retenus par l'argile, migreront sous forme de solutés de manière très lente et limitée (par diffusion) dans la couche du Callovo-Oxfordien.

Le projet global Cigéo a une incidence résiduelle très faible sur le sous-sol.

- **Vulnérabilité au risque sismique d'origine naturelle et anthropique**

  Le choix du secteur d'implantation du centre de stockage Cigéo a été le résultat de plusieurs décennies de recherches pour garantir la sûreté à long terme du stockage. C'est un long processus décisionnel qui a permis de choisir, dans un premier temps, le stockage dans les argiles, puis, dans un second temps, de préciser la zone d'implantation des ouvrages souterrains (ZIOS) dans une zone géologique d'activité sismique très faible, et dont le contexte sismotectonique qui domine actuellement sur la région doit se poursuivre sur le prochain million d'années.

  Le centre de stockage Cigéo est construit, conçu et exploité, conformément aux règles spécifiques applicables aux installations nucléaires, de sorte qu'en cas de séisme, les installations soient maintenues dans un état dit « sûr » et que ce phénomène n'entraîne pas de conséquence sur l'homme et l'environnement.

La vulnérabilité du projet global Cigéo au risque sismique est très faible.

- **Risques de retrait-gonflement des argiles, de cavités et de tassements**

  Parmi les risques naturels inventoriés, le risque de retrait-gonflement des argiles constitue le principal risque naturel identifié au droit du projet global Cigéo. Certains secteurs du projet sont soumis à un aléa faible, comme en zone puits, et ponctuellement dans la vallée de l'Orge au droit de la nouvelle plateforme de l'ITE. D'autres secteurs sont soumis à un aléa modéré : la ligne ferroviaire 027000 et la variante sud de la déviation de la route départementale D60/960. Certaines portions de ligne électrique à renforcer traversent des zones d'aléa fort à très fort, notamment en Champagne humide.

  Concernant le risque d'effondrement de cavités, la karstification des calcaires du barrois qui affleurent autour du centre de stockage est diffuse. Les zones de dissolution sont donc petites. Le risque de dissolution est faible dans la zone d'intervention potentielle.

  Pour limiter les risques naturels, les méthodes de creusement sont adaptées aux caractéristiques des terrains rencontrés. De plus, grâce à la réalisation d'études géotechniques, les fondations des bâtiments et des ouvrages sont adaptées au contexte géotechnique réduisant ainsi les dommages liés aux risques naturels.

La vulnérabilité du projet global Cigéo aux risques de retrait-gonflement des argiles, de cavités et de tassements est très faible.

L'éventuel effondrement accidentel d'un ouvrage souterrain (galerie), voire de toute l'installation souterraine, aurait un effet mécanique d'extension limitée à quelques mètres, voire à la dizaine de mètres au maximum à proximité des ouvrages effondrés, et serait sans incidence perceptible en surface.

L'incidence du projet global Cigéo et notamment de l'INB, sur les risques mouvements de terrain (effondrement) est très faible.

- **Ressources du sous-sol**
  - ✓ utilisation des ressources

    Dans le cadre du choix d'un site pouvant accueillir un stockage de déchets radioactifs, les zones présentant un caractère exceptionnel ou particulier en termes de ressources souterraines ont été évitées, tel que le recommande le guide de sûreté relatif au stockage définitif des déchets radioactifs en formation géologique profonde de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) (19).

    Aucune carrière n'est exploitée dans la zone d'intervention potentielle du projet global Cigéo. Le site d'implantation du centre de stockage Cigéo ne présente pas de ressource géologique exceptionnelle ou particulière.

    Le projet global aura une incidence très faible sur l'utilisation des ressources.
  - ✓ besoin de matériaux de construction

    C'est la construction du centre de stockage qui génère le besoin le plus important en matériaux de construction. Afin d'adapter le stockage aux orientations politiques de la France et de garantir toute la sureté de son fonctionnement, l'installation souterraine est déployée progressivement. Cette mesure permet d'éviter les creusements inutiles.

    Les besoins en matériaux de construction peuvent, les années les plus hautes en besoins, atteindre jusqu'à 180 000 t de ciments, 720 000 t de graviers et plus de 570 000 t de sables.

    La région Grand Est accueille des cimenteries ou centres de broyage, dont la production annuelle totale s'élève à un peu moins de 3,2 millions de tonnes. Celle-ci couvre donc largement les besoins projetés pour le centre de stockage Cigéo, qui représentent moins de 6 % de la capacité régionale.

    À son pic, durant la phase de construction initiale, la consommation annuelle de sables et de graviers du centre de stockage Cigéo atteint un peu moins de 1,3 millions de tonnes, soit environ 1,5 % de la production annuelle de la région Grand Est. Les carrières de la région Grand Est sont donc susceptibles de couvrir l'ensemble des besoins en sables et graviers du centre de stockage Cigéo.

    Compte-tenu des quantités mises en jeu, l'Andra étudie la mise en œuvre de plusieurs pratiques visant à réduire ce besoin (dimensionnement au plus juste, structures extrudées, récupération des chutes de béton, utilisation du calcaire extrait lors du creusement des liaisons surfaces fond, utilisation de matériaux de recyclage, réutilisation des verses vives, valorisation des verses mortes) et sous réserve du respect des formulations spécifiques du béton ;
  - ✓ compatibilité du projet avec les schémas départementaux des carrières de la Haute-Marne et de la Meuse

    En raison de son caractère industriel et nucléaire, la construction du projet global Cigéo nécessite d'une part la mise en œuvre de quantités importantes de matériaux (granulats, ciment, sables) et d'autre part, des formulations de béton très particulières pour certains ouvrages de surface mais aussi pour les galeries qui serviront au stockage des déchets radioactifs. Pour limiter la demande sur la ressource naturelle, l'utilisation de matériaux de recyclage est privilégiée pour les aménagements et les constructions, sous réserve du respect de la performance des matériaux et du béton. La valorisation des verses (réutilisation pour fermeture des galeries, comblement de carrières, utilisation comme composant de base dans la fabrication de ciments) contribue également à limiter la demande globale sur la ressource naturelle. Ainsi, le projet global Cigéo est compatible avec les schémas départementaux des carrières de la Haute-Marne et de la Meuse.

Le projet global Cigéo a une incidence résiduelle faible sur les ressources du sous-sol.

5

Eaux – Incidences et mesures

5.1	Introduction à l'analyse des incidences sur les eaux	120
5.2	Incidences potentielles	123
5.3	Mesures d'évitement	131
5.4	Mesures de réduction	139
5.5	Incidences résiduelles	181
5.6	Mesures de compensation	206
5.7	Synthèse des incidences et mesures	206
5.8	Incidences liées aux émissions chimiques et effluents non conventionnels sur la santé humaine	226
5.9	Compatibilité du projet global Cigéo avec les outils de planification	227

5.1 Introduction à l'analyse des incidences sur les eaux

5.1.1 Qualification des incidences

L'évaluation des incidences sur les eaux souterraines et les eaux superficielles est réalisée sur la base de l'état initial des eaux et des caractéristiques du projet global Cigéo, présentés respectivement au chapitre 5 du volume III et au chapitre 3 du volume II de la présente étude d'impact. La localisation du projet global Cigéo au sein du réseau hydrographique est présentée sur la figure 5-1. Les sous-secteurs hydrographiques et les zones hydrographiques sont rappelés sur la figure 5-2.

Les trois grandes catégories d'incidences identifiées sur les eaux sont les suivantes :

- les incidences quantitatives ;
- les incidences qualitatives ;
- les incidences sur les usages.

L'analyse des incidences est menée pour l'ensemble des opérations du projet global Cigéo : centre de stockage Cigéo (incluant les opérations de caractérisation et de surveillance), mise à niveau de la ligne 027000, déviation de la route départementale D60/960, alimentation électrique, adduction d'eau.

Les incidences sur les habitats et/ou individus d'espèces liées aux milieux aquatiques et notamment aux zones humides sont évaluées dans le chapitre 6 Biodiversité et milieu naturel du présent volume.

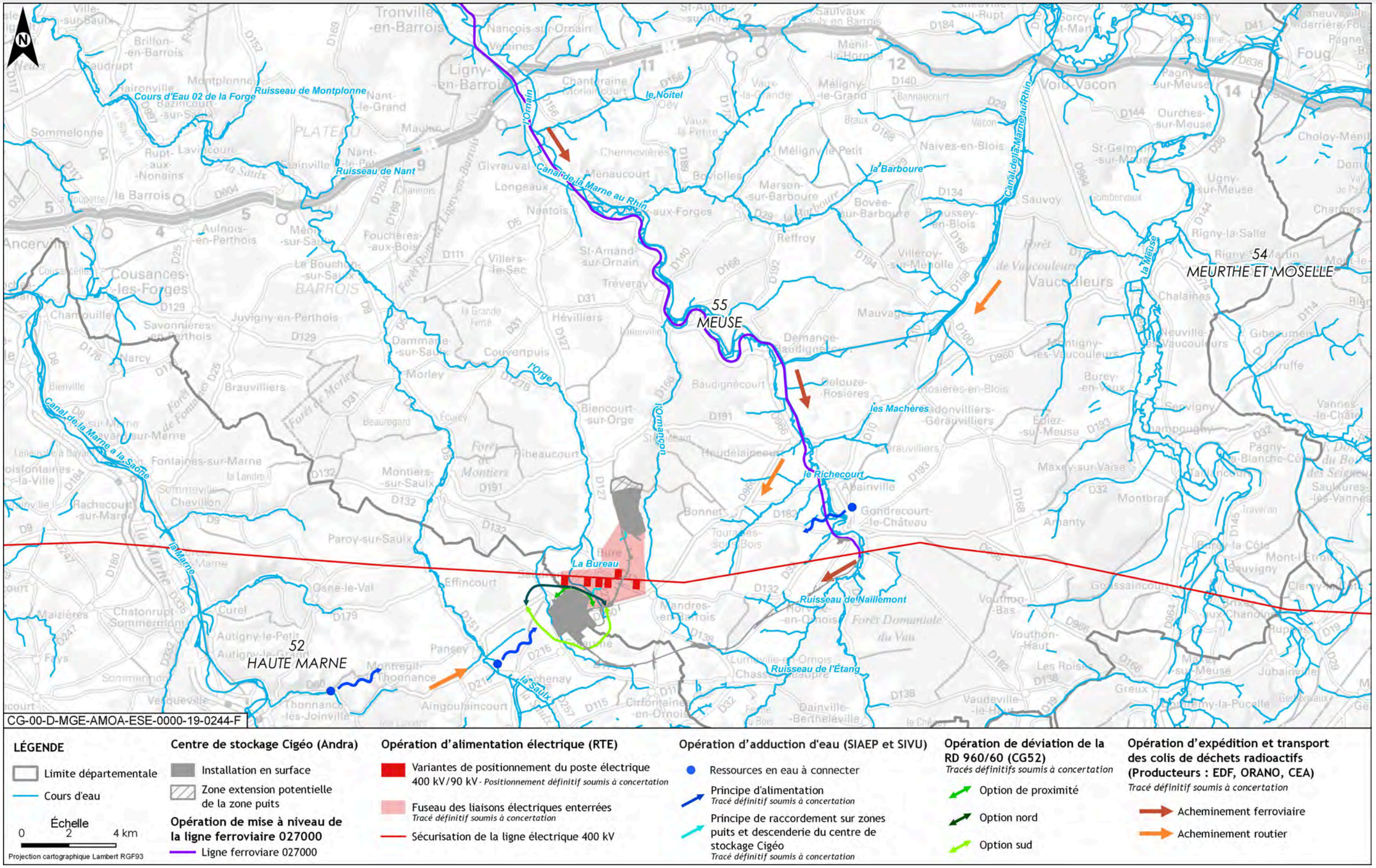


Figure 5-1 Localisation du projet global Cigéo au sein du réseau hydrographique

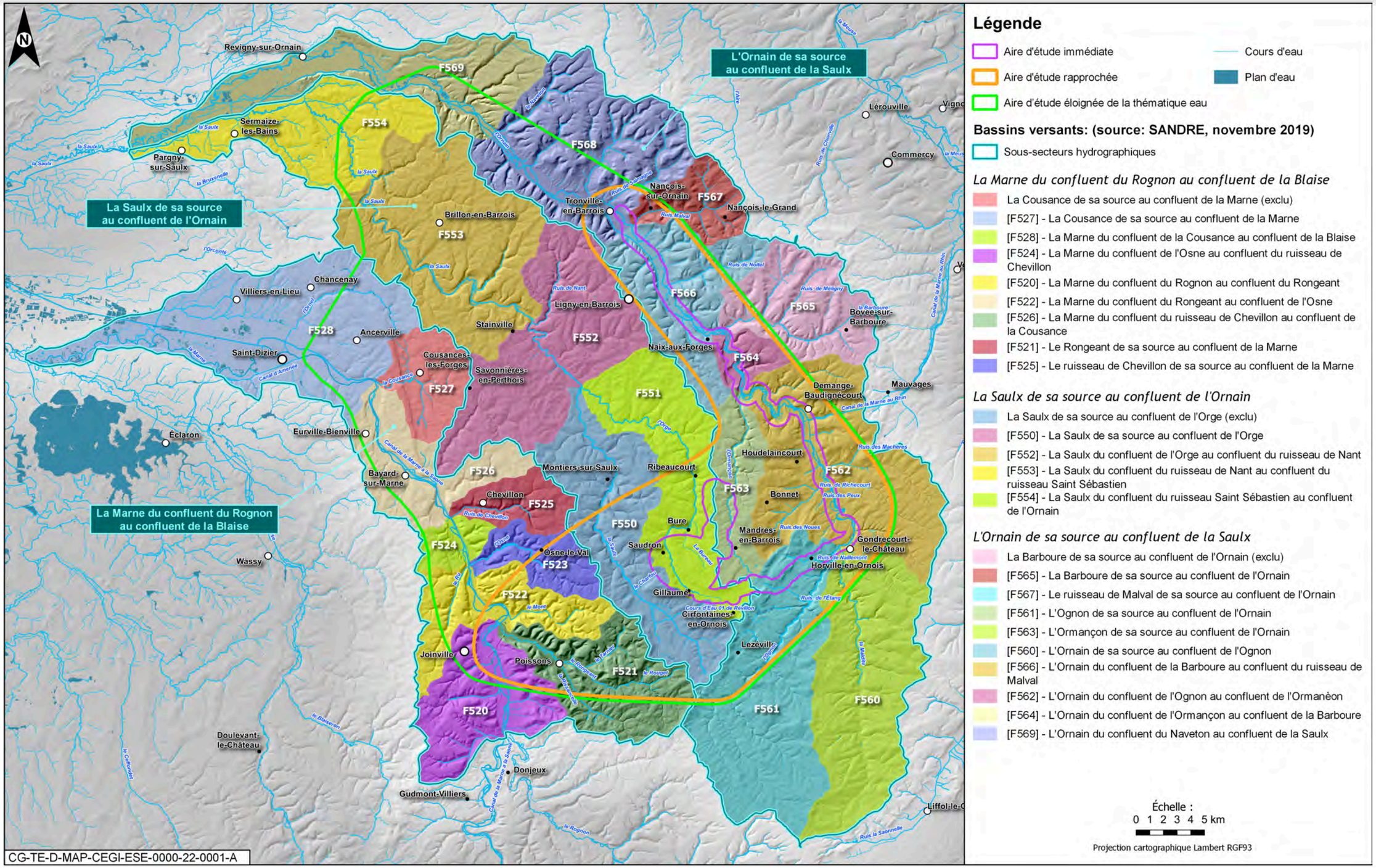


Figure 5-2 Carte des sous-secteurs hydrographiques et des zones hydrographiques présents dans l'aire d'étude éloignée de la thématique eau (source : Sandre, novembre 2019)

5.1.2 Eaux souterraines et superficielles concernées par le projet global Cigéo

Toutes les nappes d'eau souterraine potentiellement impactées par le projet global Cigéo sont présentées au chapitre 5 du volume III de la présente étude d'impact. Les nappes d'eau souterraines potentiellement impactées par le centre de stockage Cigéo les suivantes :

- aquifères des Calcaires du Barrois ;
- aquifères du Kimméridgien et de l'Oxfordien calcaire ;
- aquifères du Dogger ;
- nappes d'accompagnement de l'Orge et de l'Ornain.

La nappe d'eau souterraine de l'Albien et du Néocomien libre entre la Seine et l'Ornain est affleurante dans l'aire d'étude éloignée, à environ 10 km de l'aire d'étude immédiate.

Tous les cours d'eau concernés par le projet global Cigéo sont présentés au chapitre 5 du volume III de la présente étude d'impact. Les cours d'eau potentiellement impactés par le centre de stockage Cigéo sont :

- dans l'unité hydrographique de la Saulx : l'Orge et la Bureau ;
- dans l'unité hydrographique de l'Ornain : l'Ormançon, le ruisseau de l'Étang, le ruisseau de Naillemont, le ru de l'Ognon et l'Ornain.

Le régime hydrologique des cours d'eau présents sur l'aire d'étude éloignée est très lié au niveau de la nappe (ou niveau piézométrique), créant des zones de pertes lorsque le niveau de la nappe est en-dessous du niveau du sol, sous les cours d'eau et des zones de gain et de ruissellement lorsque la nappe est affleurante au niveau des cours d'eau (cf. Chapitre 5.2.2 du volume III de la présente étude d'impact).

5.2 Incidences potentielles

5.2.1 Les différents types d'eau générées par le projet global Cigéo et milieux récepteurs

La définition des incidences sur les eaux superficielles au sein des différentes opérations du projet global Cigéo dépend des différents types d'eau dont le volume, la qualité, le lieu de production et la temporalité diffèrent :

- **les eaux pluviales** sont les eaux d'eau de pluie ruisselant et collectées sur les surfaces imperméabilisées (voiries, toitures, parkings ...) et certaines surfaces artificialisées des zones d'intervention potentielle (espaces verts, verses...). Les eaux pluviales ruisselants sur les verses font l'objet d'une attention particulière et sont donc identifiées comme un « type d'eau » spécifique ;
- **les eaux usées** regroupent les eaux vannes (WC), les eaux grises (douches, lavabos, cuisine...) et les eaux industrielles de surface ;
- l**es eaux industrielles** (en surface ou en fond) sont les eaux produites par les travaux et activités du projet global Cigéo par exemple au niveau des aires de lavages, des centrales de béton, des ateliers ; elles sont regroupées sous l'appellation « eaux usées » ;
- **les eaux de fond** regroupent les eaux d'exhaure qui correspondent à des eaux d'infiltration dans un ouvrage souterrain pendant sa construction et son exploitation (fouille profonde, liaisons surface-fond), et les eaux industrielles souterraines.

Les différents types d'eau sont regroupées en trois catégories :

- **les eaux pluviales** ;
- l**es effluents conventionnels regroupant les eaux usées et les eaux de fond évoqués précédemment** :
  - ✓ en surface regroupant les eaux usées (effluents issus des sanitaires, des lavabos, des douches et des réfectoires) et les eaux industrielles de surface (eaux issues d'activités industrielles conventionnelles, aires de lavage...) ;
  - ✓ en fond ou eaux de fond regroupant les eaux d'exhaure, les eaux industrielles (eaux de lavage, eaux liées au fonctionnement du tunnelier), eaux de tests de prises incendie.
- **les effluents non conventionnels**. Pendant le fonctionnement de l'INB, certains effluents collectés dans les zones à production possibles de déchets nucléaires (par exemple, lors d'opérations de décontamination suite à des contrôles radiologiques) ou dans le système de collecte des eaux d'exhaure des alvéoles HA (eaux ayant été au contact des colis de déchets) peuvent contenir des substances radioactives. Ces effluents liquides, dits « non conventionnels » ne sont pas rejetés localement et font l'objet d'une gestion distincte. Ils ne sont jamais mélangées aux eaux conventionnelles que ce soit en surface ou au fond.

Les effluents liquides non conventionnels sont collectés, conditionnés temporairement dans des cuves dédiées, contrôlés radiologiquement, puis transférés vers une filière externe. Ils sont acheminés conformément à la réglementation transport pour leur traitement et prise en charge vers une installation adaptée.

Les rejets se font dans les cours d'eau de La Bureau, l'Orge et l'Ormançon qui peuvent se retrouver dans des épisodes d'assec. Ainsi, dans une volonté de démarche environnementale pour le respect du bon état écologique et chimique des cours d'eau tout au long de l'année, les niveaux de rejet ont été adaptés pour correspondre aux normes de qualité environnementale. Le respect de ces valeurs, bien que normalement appliquées sur les eaux superficielles naturelles et non sur les rejets, nécessite la mise en place de filière de traitement permettant une épuration très poussée des eaux. De même, la réutilisation d'une partie des eaux nécessite une adaptation de la filière proposée pour le respect des paramètres microbiologiques et physico-chimiques.

5.2.2 Incidences potentielles quantitatives sur les eaux

5.2.2.1 Rabattement potentiel des nappes d'eau souterraine

Les incidences potentielles liées au rabattement des nappes d'eau souterraine sont les suivantes :

- **rabattement des nappes d'eau souterraine au niveau des déblais créés par le projet global Cigéo – y compris dans le cas particulier de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine**

Plusieurs types de travaux peuvent entrainer un rabattement de la nappe des Calcaires du Barrois et de la nappe du Kimméridgien-Oxfordien :

✓ **la construction des ouvrages avec des fondations profondes** entrainent la réalisation de déblais provoquant un drainage plus ou moins important de la nappe (conséquence indirecte : un rabattement de nappe en amont et en aval du déblai). Cet effet existe lorsque le niveau piézométrique de la nappe se trouve au-dessus de la côte projet la plus basse du déblai. Plus le déblai est important, plus le drainage de la nappe peut être important. L'incidence potentielle concerne toutes les phases du projet global Cigéo ;

✓ **la mise en place d'ouvrage de protection des bâtiments contre le risque inondation par remontées de nappe.** La construction en zone descenderie du bâtiment nucléaire de surface de la première phase d'exploitation (EP1), des têtes des deux descenderies et du terminal ferroviaire nucléaire implique des terrassements importants sous le niveau du terrain naturel lors de la construction initiale. Or, la nappe des calcaires du Barrois est sub-affleurante dans cette zone.

L'incidence potentielle est notable sur la nappe avec un cône de rabattement et une gestion spécifique des eaux pompées, en phase de construction initiale. L'incidence potentielle sur la nappe est permanente et se poursuit en phase de fonctionnement du centre de stockage Cigéo.

Les incidences potentielles du rabattement de la nappe d'eau souterraine sont susceptibles, dans le cône de rabattement, de concerner des forages/puits et des piézomètres existants avec un abaissement de leur niveau d'eau, mais aussi de réduire le débit des sources alimentant les cours d'eau, en particulier l'Orge entre sa source et l'amont de Saudron, et les zones humides.

Plusieurs piézomètres à l'intérieur de la zone descenderie sont impactés potentiellement par les travaux, en particulier les piézomètres de surveillance réglementaire du Laboratoire souterrain ;

✓ **la mise en œuvre de puits de rabattement**. Lors des travaux de terrassement en phases d'aménagements préalables et de construction initiale, il est nécessaire de pomper les venues d'eaux souterraines *via* un ou une série de puits de rabattement pour éviter une inondation de la zone de travaux ce qui induit un rabattement temporaire du niveau piézométrique (cône de rabattement).

» PUITS DE RABATTEMENT

Un puits de rabattement est un forage permettant par pompage de maintenir le niveau d'une nappe en dessous d'une cote prédéfinie pour assurer la mise hors d'eau d'une zone de travaux et dont l'effet latéral est maitrisé. Lors de l'arrêt du pompage, la nappe reprend progressivement son niveau initial et le cône de rabattement s'efface. Le schéma de principe d'un cône de rabattement est représenté sur la figure 5-3.

En comparaison des mouvements de terres des zones puits et descenderie, ceux nécessaires aux autres installations et opérations sont de faible ampleur. Actuellement, les volumes de déblais des quatre opérations cumulées sont évalués à environ 500 000 m³. L'incidence potentielle est non notable pour les autres opérations du projet global Cigéo.

L'incidence potentielle est notable pour la nappe d'eau souterraine des Calcaires du Barrois concernée par le phénomène de drainage et temporaire ou permanente selon les phases du projet.

L'incidence potentielle est également notable pour la nappe d'eau souterraine des Calcaires du Barrois en zone descenderie dans le cas de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine en phase de construction initiale et de fonctionnement.

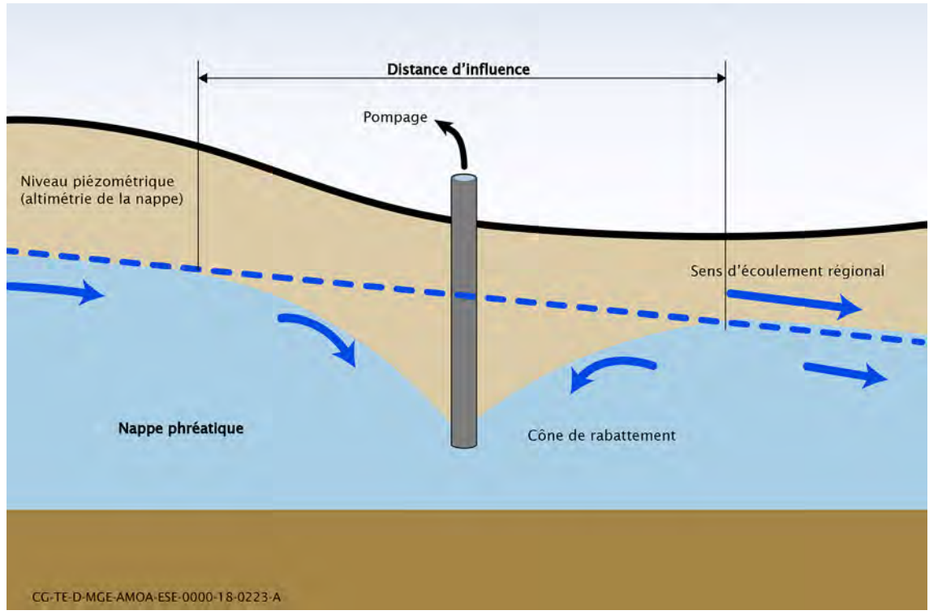


Figure 5-3 Schéma de principe d'un rabattement de nappe par pompage

- **drainage de la nappe affleurante au droit des tranchées**

Les travaux des voiries et réseaux divers nécessaires au projet global Cigéo impliquent la réalisation de tranchées rapidement comblées par les matériaux extraits au préalable après la pose de canalisation et de regards de connexion, de chambre à vannes, etc. Les effets de drainage sont souvent peu ou pas perceptibles mais ils peuvent exister localement.

Les liaisons électriques enterrées et les travaux d'adduction d'eau sont susceptibles de générer aussi un effet de drainage de la nappe, en lien avec les matériaux remaniés insérés dans la tranchée. Cet effet de drainage peut modifier très localement les caractéristiques des secteurs traversés en concentrant les eaux dans les parties basses du tracé.

L'incidence quantitative potentielle est considérée comme notable et permanente. Les travaux concernés auront lieu en phase d'aménagements préalables, en phase de construction initiale et de façon moindre lors de la phase de fonctionnement (travaux de jouvence[6] des réseaux).

- **drainage des eaux souterraines au droit des liaisons surface-fond du centre de stockage Cigéo ou de tout forage nécessaire à l'opération de caractérisation et de surveillance environnementale**

✓ **nappe des Calcaires du Barrois**

Dès la phase d'aménagements préalables, des forages sont réalisés au sein de la zone d'intervention potentielle du projet global Cigéo et en dehors pour permettre la caractérisation et la surveillance environnementale du centre de stockage Cigéo. Leur localisation n'est pas encore connue, des échanges étant nécessaires avec les services de l'autorité de sureté nucléaire pour la définition du plan de surveillance et avec les services de l'État en charge de l'instruction des différents dossiers administratifs pour le suivi des mesures environnementales prescrites.

De par leur fonctionnalité et leur profondeur, les forages présentent des diamètres très différents.

La construction et l'exploitation des forages (piézomètres) ainsi que des liaisons surface-fond peut générer différents impacts quantitatifs :

[6] Jouvence : phase de travaux permettant de remplacer un système ou un bâtiment dans son ensemble, parce que sa maintenance en est devenue extrêmement difficile.

- au moment de leur création en cas de non-respect des règles de l'art (mise en communication de différents aquifères entre eux ou pompage de nettoyage de l'ouvrage mal dimensionné générant une pollution des eaux ; drainage potentiel de la nappe d'eau souterraine recoupée et modification localement du sens d'écoulement de la nappe considérée) ;
- pendant les campagnes de prélèvement dans les nappes d'eau souterraine avec un pompage de renouvellement de l'eau de chaque ouvrage mal dimensionné (non-respect des normes de prélèvement pour prélever un échantillon représentatif de la nappe).

Cette incidence potentielle quantitative est notable et permanente sur la nappe des calcaires du Barrois recoupée par les ouvrages. Les ouvrages ainsi créés peuvent aussi être à l'origine d'une incidence potentielle qualitative.

✓ **nappe du Kimméridgien-Oxfordien**

Lors de la réalisation des différents puits et descenderies, des venues d'eau d'exhaure en provenance de la nappe du Kimméridgien-Oxfordien sont attendues. La mise en place de piézomètres est prévue pour des opérations de caractérisation et de surveillance environnementale du centre de stockage Cigéo, dès la phase d'aménagements préalables.

Cette incidence potentielle quantitative est notable et permanente. Les ouvrages ainsi créés peuvent aussi être à l'origine d'une incidence potentielle qualitative.

✓ **nappe du Dogger**

La nappe du Dogger, présente sous le Callovo Oxfordien, n'est pas traversée par les descenderies, les puits et les ouvrages souterrains du centre de stockage Cigéo (le déploiement des ouvrages souterrains étant limité à la couche du Callovo-Oxfordien). **Cette incidence potentielle est non notable**.

- **modification des écoulements – effets barrage au droit des liaisons surface-fond (descenderies, puits) ou de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine de la zone descenderie**

Les liaisons surface-fond constituent potentiellement un obstacle à l'écoulement des eaux et peuvent générer localement un effet barrage sur la nappe considérée.

Cette incidence potentielle quantitative est notable et permanente sur les nappes d'eau souterraine recoupées. Elle concerne l'ouvrage de protection contre les remontées de nappe phréatique en phase d'aménagements préalables et les liaisons surface-fond à partir de la phase de construction initiale.

Le déploiement progressif des ouvrages souterrains entrepris dans la couche du Callovo-Oxfordien durant la phase de fonctionnement ne génère pas d'incidence supplémentaire sur les nappes d'eau souterraine traversées lors de la construction des liaisons surface-fond.

- **diminution de l'infiltration et de la recharge des nappes d'eau souterraine**

Une imperméabilisation en surface et/ou une modification des écosystèmes, et donc des services rendus par ces derniers, provoque une diminution de l'infiltration et de la recharge des nappes d'eau souterraine engendrant ainsi **une incidence quantitative potentielle notable.** Cette dernière peut être temporaire ou permanente pour l'ensemble des nappes d'eau souterraine affleurantes et concerne toutes les opérations et phases du projet global Cigéo.

- **inondation de la zone d'intervention potentielle par remontée de nappe**

Comme présenté au chapitre 5.2.2.1 du présent volume de l'étude d'impact, les travaux impliquent des terrassements sous le niveau du terrain naturel et des rabattements de nappe.

L'incidence potentielle quantitative est notable dans toutes les zones identifiées à risque de remontée de nappe (cf. Chapitre 5.3.5 du volume III de la présente étude d'impact) et non notable pour les autres zones.

Elle concerne toutes les opérations et phases du projet global Cigéo.

- **prélèvements dans les nappes d'eau souterraine pour la consommation en eau potable et non potable**

Il existe différentes nappes d'eau souterraine dans l'aire d'étude éloignée du projet global Cigéo servant à l'alimentation en eau potable. Les captages d'alimentation en eau potable pourraient être sollicités dans la limite de leur autorisation d'exploitation de la ressource.

Pour le centre de stockage Cigéo : l'estimation des pics de consommation maximale est de 500 m^3/j en phases d'aménagements préalables et de construction initiale et de 200 m^3/j en phase de fonctionnement pour l'eau potable.

Pour les autres opérations du projet global Cigéo, les consommations en eau potable sont marginales par rapport au besoin estimé du centre de stockage Cigéo en phase d'aménagements préalables, puis nulles lors de l'exploitation des infrastructures (phases de construction initiale et de fonctionnement du projet global Cigéo).

Pour des usages non alimentaires, différents forages/puits privés (usage industriel ou agricole) existent dans l'aire d'étude éloignée et pourraient être sollicités pour les besoins du projet global Cigéo dans la limite de leur autorisation d'exploitation et de l'accord de leur propriétaire/gestionnaire.

Pour le centre de stockage de Cigéo, les besoins en eau non potable sont pourvus par un raccordement sur le réseau d'adduction existant dès la phase d'aménagements préalables. Les travaux de raccordement sont réalisés principalement le long des infrastructures existantes.

Pour les autres opérations du projet global Cigéo, les besoins en eau non potable sont marginaux par rapport au besoin estimé du centre de stockage Cigéo.

Dans les deux cas, l'incidence potentielle quantitative est donc permanente et son niveau dépend du débit prélevé au regard de la capacité de recharge du captage concerné, de la période de prélèvement et de sa durée.

Le niveau d'incidence quantitative potentielle est notable sur la ressource en eau disponible et pourrait accentuer le risque d'une possible pénurie pour l'usage d'eau potable des populations actuellement desservies (cf. Chapitre 5.2.4 du présent volume de l'étude d'impact).

5.2.2.2 Modification potentielle du régime hydraulique des cours d'eau

Les incidences potentielles liées à la modification du régime hydraulique des cours d'eau sont les suivantes :

- **effet barrière sur les écoulements lié aux différentes opérations du projet global Cigéo**

Sont principalement concernées les opérations d'infrastructures linéaires (liaison intersites, installation terminale embranchée, mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000, déviation de la route départementale D60/960).

L'effet barrière sur les écoulements peut entraîner :

✓ au droit des cours d'eau, un exhaussement de la ligne d'eau en amont des ouvrages de franchissement et une modification du lit mineur du cours d'eau ;

✓ au droit des rétablissements de voirie des remblais pouvant provoquer une augmentation de la fréquence des débordements des cours d'eau et une extension des zones inondables associées par un exhaussement du niveau d'eau en amont ;

✓ un resserrement et une accélération des écoulements au droit de l'ouvrage de franchissement provoquant un phénomène d'érosion ;

✓ une augmentation des débits en aval des franchissements si des remblais sont réalisés dans le champ d'expansion des crues.

Toutes les opérations du projet global Cigéo, sur l'ensemble des phases (aménagements préalables construction initiale, fonctionnement), sont potentiellement à l'origine d'un effet barrière plus ou moins important pouvant aggraver les conditions d'écoulement et de ruissellement des eaux superficielles.

L'incidence potentielle est notable et permanente sur les écoulements.

- **perturbation du régime hydraulique des cours d'eau par la présence de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine en zone descenderie**

Les cours d'eau ayant un comportement hydraulique étroitement lié à la piézométrie de la nappe des calcaires du Barrois et/ou à une alimentation par des sources de débordement de cette nappe, ils sont susceptibles d'être affectés par des baisses de débit en lien avec le cône de rabattement induit par l'ouvrage de protection contre les remontées de nappe phréatique de la zone descenderie, dès la phase de construction initiale.

Cette incidence quantitative potentielle concerne l'Orge et plus particulièrement la section du cours d'eau entre Gillaumé et Saudron dont une partie de l'alimentation pourrait également avoir pour origine le débordement de la nappe des calcaires du Barrois au niveau de sources ou d'écoulements hypodermiques localisés dans la frange d'altération du substratum calcaire et/ou marneux plus ou moins remaniée sur les flancs des vallées sous forme de colluvions (cf. Figure 5-4).

L'incidence potentielle est notable et permanente.

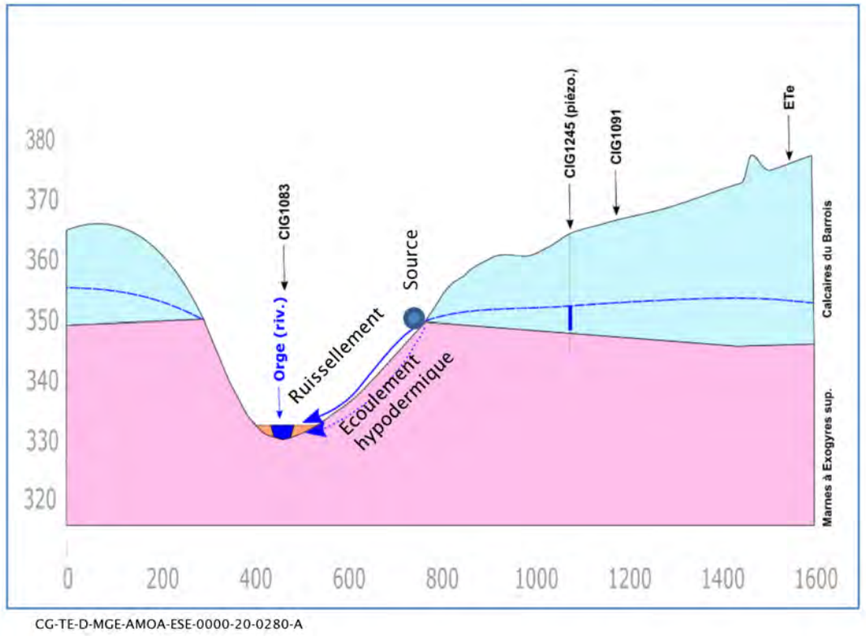


Figure 5-4 *Coupe géologique - hydrologique schématique au niveau de la vallée de l'Orge en amont de Saudron*

- **modification du profil en long des cours d'eau lié au franchissement de cours d'eau**

  La construction d'ouvrage hydraulique de type buse, dalot, pont cadre, peut entraîner une modification potentielle du profil en long et de la section d'écoulement du cours d'eau.

  Le type de travaux et le niveau d'incidence potentielle diffèrent selon les caractéristiques du cours d'eau avec :

  - ✓ des franchissements provisoires pour la création des pistes de chantier, si nécessaire : tous les cours d'eau localisés dans l'aire d'étude immédiate du milieu physique sont potentiellement concernés. **L'incidence potentielle est notable sur le profil en long des cours d'eau ;**
  - ✓ des franchissements définitifs, rénovés ou construits : selon le type d'ouvrage de génie civil mis en place (buse, dalot, pont cadre), les travaux peuvent impliquer une dérivation temporaire ou définitive du cours d'eau, la mise en place de batardeaux pour la réalisation des fondations de l'ouvrage de franchissement, une modification potentielle du profil en long et de la section du cours d'eau. **L'incidence potentielle est notable sur le profil en long des cours d'eau.**

  Cette incidence potentielle concerne toutes les opérations du projet global Cigéo, sur l'ensemble des phases du projet global Cigéo (aménagements préalables construction initiale, fonctionnement).

- **modification de la ligne de partage des eaux (bassins versants topographiques) due au terrassement des zones d'intervention potentielle**

  Toutes les opérations du projet global Cigéo, en phase de d'aménagements préalables, en phase de construction initiale et en phase de fonctionnement, peuvent être à l'origine de cette incidence potentielle.

  Le centre de stockage présente un avancement des études suffisant pour estimer l'incidence potentielle de cette perturbation. Pour les opérations des autres maîtres d'ouvrages, elles sont réalisées sur des emprises linéaires et sont donc potentiellement à l'origine d'une incidence potentielle très faible. Concernant le poste de transformation 400/90 kV, sa surface est très limitée (6 ha).

  Le nivellement de la plateforme de la zone descenderie implique une modification de la ligne de partage des eaux entre les bassins versants topographiques de l'Orge et de La Bureau, avec une augmentation de surface de 2,3 ha en faveur de La Bureau.

  Le nivellement de la plateforme de la zone puits et de la liaison intersites implique une modification de la ligne de partage des eaux entre les bassins versants topographiques de l'Orge et de l'Ormançon, avec une augmentation de surface de l'ordre de 29 ha en faveur de l'Ormançon.

  Au regard de la superficie totale de ces bassins versants, l'incidence est non-notable et permanente sur la modification de la ligne de partage des eaux.

- **prélèvements dans les cours d'eau locaux pour les besoins en eau potable**

  Aucun captage d'alimentation en eau potable depuis un cours d'eau n'existe dans l'aire d'étude éloignée. L'incidence potentielle est non notable sur la ressource en eau superficielle pour l'ensemble des phases du projet global Cigéo (aménagements préalables construction initiale, fonctionnement). Pour rappel, les besoins en eau du centre de stockage sont pourvus par un raccordement sur le réseau d'adduction local avec trois forages mis à contribution (cf. Chapitre 4.3.2 du volume II de la présente étude d'impact).

  L'incidence potentielle sur l'usage d'alimentation en eau potable est présentée au chapitre 5.2.4 du présent volume de l'étude d'impact.

- **prélèvements dans les cours d'eau locaux pour les besoins en eau non potable**

  Pour des usages non alimentaires, les cours d'eau permanent présents dans l'aire d'étude immédiate (La Blaise, La Marne, La Saulx, l'Ornain, le canal de La Marne au Rhin, La Meuse) peuvent être sollicités pour le projet global Cigéo dans la limite de l'autorisation du gestionnaire du cours d'eau et du respect des arrêtés préfectoraux limitant les prélèvements en période de sécheresse.

  L'incidence potentielle peut être notable et permanente sur la ressource selon la quantité d'eau et la durée du prélèvement.

  L'incidence potentielle sur les usages non alimentaires est présentée au chapitre 5.2.4 du présent volume de l'étude d'impact.

- **perturbation du fonctionnement hydraulique des cours d'eau par les rejets d'eau dans le milieu**

  Le rejet des eaux pluviales ruisselant sur les surfaces artificialisées/imperméabilisées et le rejet des eaux produites, puis traitées au sein des installations du projet global Cigéo, pendant l'ensemble des phases (aménagements préalables construction initiale, fonctionnement) dans le milieu naturel peuvent avoir une **incidence potentielle notable et permanente sur le fonctionnement hydraulique des cours d'eau** (inondation, perturbation de la biodiversité, modification des conditions hydromorphologiques des cours d'eau, etc.).

- **imperméabilisation de certaines surfaces et modification des écoulements**

  La création du projet global Cigéo induit un changement d'occupation du sol (cf. Chapitre 3 de la présente étude d'impact) entrainant la création de zones artificialisées qui peuvent être ensuite imperméabilisées de manière temporaire ou définitive.

  Cette imperméabilisation induit une modification du coefficient de ruissellement des eaux (coefficient plus élevé) entrainant une hausse du volume d'eau à l'aval.

  Toutes les opérations du projet global Cigéo sont à l'origine d'une imperméabilisation plus ou moins importante augmentant théoriquement les quantités et les vitesses d'eaux ruisselées.

  L'incidence potentielle est notable et temporaire pendant la phase d'aménagements préalables et permanente en phase de construction initiale et fonctionnement sur les surfaces imperméabilisées.

- **diminution de capacité de stockage de l'eau dans les zones inondables et risque inondation en aval**

  La réalisation de travaux dans une zone inondable et notamment la réalisation de remblais (plateforme ferroviaire, plateforme routière, remblais des rampes des ouvrages d'art) implique une diminution de la capacité de stockage du volume d'expansion de crue. Ceci peut entraîner une extension de la zone inondable et des risques nouveaux pour les personnes et les biens dès la phase d'aménagements préalables.

  L'incidence potentielle est notable et permanente sur la capacité de stockage en eau des zones inondables.

5.2.3 Incidences potentielles sur la qualité des eaux

5.2.3.1 Incidences des rejets dans les cours d'eau

- **Altération de la qualité des eaux superficielles et/ou souterraines**

Le rejet des eaux pluviales ruisselant sur les surfaces artificialisées/imperméabilisées et le rejet des eaux usées traitées, pendant l'ensemble des phases (aménagements préalables construction initiale, fonctionnement), peuvent être à l'origine d'un rejet à forte charge polluante (matières en suspension, hydrocarbures, métaux, et autres substances organiques, biologiques et chimiques).

Ces rejets peuvent ainsi dégrader la qualité des eaux superficielles des cours d'eau localisés dans l'aire d'étude immédiate, et interdire de manière indirecte la continuité de certains usages (cf. Chapitre 5.2.4 du présent volume).

L'ensemble des rejets aux différentes phases du projet global Cigéo peut perturber les conditions écologiques et chimiques des cours d'eau.

L'incidence potentielle sur les milieux est notable et peut être permanente selon la nature de la pollution et son occurrence (rejet chronique ou rejet accidentel).

5.2.3.2 Incidences potentielles sur les eaux souterraines

- **Modification de la qualité des eaux souterraines lors des travaux**

Compte tenu des interrelations étroites entre les eaux superficielles et les eaux souterraines, les eaux superficielles peuvent être un vecteur de pollution vers les nappes d'eau souterraine. Cette incidence potentielle concerne l'ensemble des opérations lors de la phase d'aménagements préalables.

Le risque de pollution potentielle des eaux de la nappe du Barrois et de la nappe des Calcaires du Kimméridgien et de l'Oxfordien présente une origine dépendante avec la nature et l'ampleur des travaux entrepris en phase d'aménagements préalables ainsi qu'en phase de construction initiale et en phase de fonctionnement pour le centre de stockage Cigéo :

- ✓ l'archéologie préventive avec la nécessité d'un dessouchage préalable des zones boisées ;
- ✓ avant le démarrage des terrassements, le décapage des sols sur les zones d'intervention potentielle qui modifie la consistance du sol sur quelques mètres et enlève une partie de la protection naturelle des nappes d'eau affleurante ;
- ✓ la réalisation de déblais plus ou moins importants qui drainent la nappe d'eau souterraine ;
- ✓ la réalisation de fondations en profondeur comme pour le bâtiment nucléaire de surface de la première phase de fonctionnement (EP1) ;
- ✓ l'emploi de tunneliers ou de dispositifs similaires pour réaliser les liaisons surface-fond (descenderies et puits) ;
- ✓ les forages plus ou moins profonds mis en place dans le cadre de l'opération de caractérisation et de surveillance environnementale.

Le niveau d'incidence potentielle qualitative est notable et peut-être permanent.

[7] Déchets conventionnels incluant les déchets ménagers, les déchets inertes, les déchets non dangereux et les déchets dangereux.

5.2.3.3 Incidences potentielles liées à une situation accidentelle

- **Modification de la qualité des eaux à la suite d'un incident ayant un impact sur l'environnement**

» INCIDENT AYANT UN IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

Un incident ayant un impact sur l'environnement peut être un acte de malveillance ou le constat d'une anomalie lors des différentes phases du projet global Cigéo.

Lors des différentes phases du projet global Cigéo, les rejets accidentels peuvent être provoqués :

- ✓ par un incident ayant un impact sur l'environnement au sein des zones d'intervention potentielle ou des installations de surface, par exemple :
  - rupture d'un flexible sur un engin ;
  - déversement lors d'une phase d'approvisionnement en carburant d'un engin sur site ou au droit d'un atelier ou d'une station de distribution de carburant fixe ;
  - accident sur le chantier entre plusieurs engins-véhicules ;
  - déversement d'un fût de produits dangereux ;
- ✓ par des rejets anormaux de matières en suspension provoquant une altération, voire une destruction de l'habitat, de la faune et flore associées :
  - colmatage du lit des cours d'eau ;
  - asphyxie de poissons ;
  - destruction des herbiers, de la faune d'invertébrés indispensable à la vie piscicole et de frayères…
- ✓ par des substances chimiques et/ou toxiques présentes sur les zones d'intervention potentielle ou dans des déchets conventionnels[7] stockés et se retrouvant dans le cours d'eau (acte de malveillance, envol de déchets, transport lors de crue…) ;
- ✓ par des émissions atmosphériques (envols poussières lors des activités de terrassement et de circulation des engins sur des pistes non revêtues au démarrage des travaux). La nature géochimique de ces poussières est essentiellement liée à celle des matériaux terrassés ou excavés, c'est-à-dire aux formations superficielles (sols) et aux formations rocheuses (calcaires, marnes…). Les poussières tombant en dehors des surfaces de chantier raccordées aux dispositifs temporaires, puis définitifs, de traitement des eaux pluviales échappent aux dispositifs d'abattement par décantation des eaux de ruissellement. Les surfaces raccordées aux bassins qualitatifs et quantitatifs sont essentiellement des surfaces présentant un taux d'imperméabilisation (et donc une capacité de ruissellement) supérieur à celles non raccordées et à celles situées hors zone d'intervention potentielle. Pour les surfaces non raccordées interviennent d'autres facteurs d'abattement tels que la végétation.

  En termes d'incidence potentielle, la contribution des retombées de poussières minérales à la turbidité des eaux superficielles est considérée comme négligeable.

Tous les cours d'eau localisés dans l'aire d'étude immédiate du milieu physique sont potentiellement concernés.

Compte tenu des interrelations étroites entre les eaux superficielles et les eaux souterraines, les eaux superficielles peuvent être un vecteur de pollution vers les nappes d'eau souterraine.

Le niveau d'incidence potentielle qualitative est notable et peut-être permanent selon l'ampleur de la pollution générée par l'incident, la nature du produit déversé dans le milieu et le milieu concerné par la pollution (eau souterraine et/ou eau superficielle). Ce risque existe pour toutes les opérations et les phases du projet global Cigéo.

- **pollution accidentelle avec un rejet contenant des éléments radioactifs (rejets non conventionnels)**

En phase de fonctionnement, la réception de colis de déchets radioactifs sur le centre de stockage Cigéo peut conduire à des émissions radioactives à des niveaux de radioactivité extrêmement faibles en exploitation (dans l'air (gaz, aérosols) et dans l'eau (condensats de ventilation, eaux de ruissellement collectées au niveau des alvéoles HA), cf. Chapitre 3 du volume VI de la présente étude d'impact). L'incidence potentielle est notable et peut être permanent selon l'ampleur de la pollution.

5.2.4 Incidences potentielles sur les usages des eaux

L'état initial présenté au chapitre 5.3.4 du volume III de la présente étude d'impact liste les différents usages des eaux souterraines et superficielles dans l'aire d'étude rapprochée du projet global Cigéo, en faisant la distinction entre les usages pour l'alimentation en eau potable et les autres usages (agricole, industriel…).

5.2.4.1 Incidences potentielles sur les captages d'alimentation en eau potable

Les incidences quantitatives et qualitatives sur les eaux souterraines générées par le projet global Cigéo peuvent provoquer une diminution ou/et une dégradation de la ressource en eau captée pour les populations desservies.

Certaines opérations du projet global Cigéo, notamment les pylônes de la ligne 400 kV, sont implantées dans le périmètre de protection rapprochée et/ou éloignée de captages d'alimentation en eau potable. L'incidence potentielle qualitative la plus importante est un transfert rapide de pollution dans une nappe d'eau située à l'aval du projet global Cigéo vers un ou plusieurs captages d'eau potable destinée à la consommation humaine.

Toute dégradation de la qualité des eaux superficielles peut aussi influencer la qualité de la ressource en eau souterraine en raison de l'existence d'interrelation étroite.

De plus, la réalisation d'ouvrage en profondeur, notamment pour le centre de stockage Cigéo (liaisons surface-fond, ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine) peut générer des modifications du sens d'écoulement des eaux souterraines mais aussi une baisse du niveau piézométrique et entraîner une diminution de la ressource au droit des captages d'alimentation en eau potable.

Par sa fonction même, l'opération d'adduction en eau potable du projet global Cigéo a une incidence potentielle notable et permanente sur la ressource en eau potable (incidence quantitative) puisque trois captages sont mis à contribution pour pourvoir au besoin en eau potable du centre de stockage Cigéo à partir de la phase de construction initiale.

Globalement, les incidences potentielles sur les eaux souterraines, limitant ou interdisant leur usage initial pour l'alimentation en eau potable, sont notables pour toutes les phases du projet global Cigéo.

Il n'y a pas d'enjeu associé à l'alimentation en eau potable depuis un prélèvement dans les eaux superficielles au droit de l'aire d'étude immédiate du projet global Cigéo, ni dans l'aire d'étude spécifique de la ligne 400 kV (cf. Chapitre 5.4.5.6 du volume III de la présente étude d'impact).

L'incidence potentielle sur l'alimentation en eau potable depuis les eaux de surface est donc non notable.

5.2.4.2 Incidences potentielles sur les forages/puits à usage agricole et industriel

Une altération de la qualité des eaux superficielles peut impacter l'usage des cours d'eau pour l'abreuvement des bovins (cf. Chapitre 5.4.5.2 du volume III de la présente étude d'impact) et de manière indirecte les captages à usage agricole présents notamment dans la nappe d'accompagnement des cours d'eau en raison des interrelations étroites entre les eaux superficielles et les eaux souterraines. Une variation de la qualité des eaux peut également engendrer une incidence pour les captages à usage industriel.

Il n'y a pas d'utilisation industrielle notable des eaux superficielles présentes dans l'aire d'étude immédiate du projet global Cigéo, ni dans l'aire d'étude spécifique de la ligne 400 kV (cf. Chapitre 5.4.5.3 du volume III de la présente étude d'impact).

Cependant, deux pisciculture (Gondrecourt-Le-Château, Thonnance-Lès-Joinville) et une salmoniculture (Rupt-aux-Nonains) se localisent en aval des opérations du projet global Cigéo. La qualité des eaux doit être préservée pour ne pas nuire à leur activité.

Dans l'aire d'étude immédiate, vis-à-vis des prises d'eau du canal de la Marne au Rhin dans l'Ornain (cf. Chapitre 5.4.5 du volume III de la présente étude d'impact), un impact quantitatif sur le cours d'eau peut avoir une incidence sur l'usage.

De la même manière que pour les captages d'alimentation en eau potable, les forages/puits à usage industriel, le réseau de piézomètres de surveillance du Laboratoire souterrain et les sources (cf. Chapitre 5.3.4.5 du volume III de la présente étude d'impact) peuvent être impactés par les différentes incidences potentielles quantitatives et/ou qualitatives générées sur les eaux souterraines par le projet global Cigéo.

De plus, dans l'aire d'étude immédiate, le bâtiment d'archives EDF et la boulangerie industrielle sur la commune de Bure, utilisent un système de sondes géothermiques verticales (SGV) pour leurs besoins en chauffage et/ou climatisation. Les travaux effectués sur la zone descenderie sont susceptibles de modifier le niveau de la nappe.

L'incidence potentielle sur les usages agricoles et industriels est notable et permanente ou temporaire selon l'ampleur de la pollution des eaux et la perte des usages associés, et selon l'incidence sur la ressource disponible. Elle concerne le centre de stockage Cigéo et l'opération de mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000.

5.2.4.3 Incidences potentielles sur les usages de l'eau pour les loisirs

La qualité physico-chimique des rejets en l'absence de traitement et une diminution du débit des cours d'eau peuvent perturber les activités de pêche de loisir (cf. Chapitre 5.4.5.4 du volume III de la présente étude d'impact). Aucune zone de baignade réglementairement autorisée n'est recensée dans l'aire d'étude éloignée du projet global Cigéo et le long de la ligne 400 kV.

L'incidence potentielle est notable sur les activités de pêche de loisir. Elle concerne toutes les opérations et les phases du projet global Cigéo.

5.2.5 Synthèse des incidences potentielles sur les eaux

Le tableau 5-1 synthétise les incidences potentielles du projet global Cigéo sur les eaux souterraines et superficielles.

L'ensemble des incidences potentielles quantitatives et qualitatives sur les eaux souterraines ainsi que sur les usages sont notables pour le centre de stockage Cigéo. Certaines incidences peuvent également être notables pour certaines autres opérations du projet global Cigéo.

Les incidences potentielles qualitatives et quantitatives sur les eaux superficielles sont globalement notables pour le projet global Cigéo.

L'opération d'expédition et de transport des colis de déchets radioactifs ne présente aucune incidence sur les eaux souterraines et superficielles.

Tableau 5-1 Tableau de synthèse des incidences potentielles sur les eaux par opération et phase du projet global Cigéo

Incidences potentielles sur les eaux	Nature de l'incidence	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
Incidence quantitative : Rabattement des nappes d'eau souterraine au niveau des déblais créés par le projet global Cigéo - y compris dans le cas particulier de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine)	Incidence sur les eaux souterraines	APR, CI, F					
Incidence quantitative : Drainage de la nappe d'eau affleurante au droit des tranchées	Incidence sur les eaux souterraines	APR, CI, F	APR, CI, F	APR, CI, F			
Incidence quantitative : Drainage des eaux souterraines au droit des liaisons surface-fond du centre de stockage Cigéo ou de tout forage nécessaire à l'opération de caractérisation et de surveillance environnementale	Incidence sur les eaux souterraines	APR, CI, F					
Incidence quantitative : Modification des écoulements – effet barrage des liaisons surface-fond (descenderies, puits) ou de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine) en zone descenderie	Incidence sur les eaux souterraines	APR, CI, F					
Incidence quantitative : Diminution de l'infiltration et de la recharge des nappes d'eau souterraine	Incidence sur les eaux souterraines	APR, CI, F	APR, CI, F	APR, CI, F	APR, CI, F	APR, CI, F	
Incidence quantitative : Inondation de la zone d'intervention potentielle par remontée de nappe	Incidence sur les eaux souterraines	APR, CI, F	APR, CI, F	APR, CI, F	APR, CI, F	APR, CI, F	
Incidence quantitative : Prélèvements dans les nappes d'eau souterraine pour la consommation en eau potable et non potable	Incidence sur les eaux souterraines	APR, CI, F					
Incidence quantitative : Effet barrière sur les écoulements liés aux différentes opérations du projet global Cigéo	Incidence sur les eaux superficielles	APR, CI, F	APR, CI, F	APR, CI, F	APR, CI, F	APR, CI, F	
Incidence quantitative : Perturbation du fonctionnement hydraulique des cours d'eau par la présence de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine) en zone descenderie	Incidence sur les eaux superficielles	CI, F					
Incidence quantitative : Modification du profil en long des cours d'eau lié au franchissement de cours d'eau	Incidence sur les eaux superficielles	APR, CI, F	APR, CI, F	APR, CI, F	APR, CI, F	APR, CI, F	

Incidences potentielles sur les eaux	Nature de l'incidence	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
Incidence quantitative : Modification de la ligne de partage des eaux (bassin versant topographique) due au terrassement des zones d'intervention potentielle	Incidence sur les eaux superficielles						
Incidence quantitative : Prélèvement dans les cours d'eau locaux pour les besoins en eau potable	Incidence sur les eaux superficielles						
Incidence quantitative : Prélèvement dans les cours d'eau locaux pour les besoins en eau non potable	Incidence sur les eaux superficielles	APR, CI, F	APR, CI, F	APR, CI, F	APR, CI, F	APR, CI, F	
Incidence quantitative : Perturbation du fonctionnement hydraulique des cours d'eau par les rejets d'eau dans le milieu	Incidence sur les eaux superficielles	APR, CI, F	APR, CI, F	APR, CI, F	APR, CI, F	APR, CI, F	
Incidence quantitative : Imperméabilisation de certaines surfaces et modification des écoulements	Incidence sur les eaux superficielles	APR, CI, F	APR, CI, F	APR, CI, F	APR, CI, F	APR, CI, F	
Incidence quantitative : Diminution de la capacité de stockage de l'eau dans les zones inondables et risque inondation en aval	Incidence sur les eaux superficielles	APR, CI, F	APR, CI, F	APR, CI, F	APR, CI, F	APR, CI, F	
Incidence qualitative : Altération de la qualité des eaux superficielles et/ou souterraines	Incidence sur les eaux souterraines et superficielles	APR, CI, F	APR, CI, F	APR, CI, F	APR, CI, F	APR, CI, F	
Incidence qualitative : Modification de la qualité des eaux souterraines lors des travaux	Incidence sur les eaux souterraines	APR, CI, F	APR	APR	APR	APR	
Incidence qualitative : Modification de la qualité des eaux à la suite d'un incident ayant un impact sur l'environnement	Incidence sur les eaux souterraines et superficielles	APR, CI, F	APR, CI, F	APR, CI, F	APR, CI, F	APR, CI, F	
Incidence sur les usages : Pollution accidentelle avec un rejet contenant des éléments radioactifs (rejets non conventionnels)	Incidence sur les eaux superficielles	F (INB)					
Incidence sur les usages : Incidences potentielles sur les captages d'alimentation en eau potable	Incidence sur les eaux souterraines	APR, CI, F	APR, CI, F	APR, CI, F	APR, CI, F	APR, CI, F	
Incidence sur les usages : Incidences potentielles sur les forages/puits à usage agricole et industriel	Incidence sur les eaux souterraines et superficielles	APR, CI, F			APR, CI, F		
Incidence sur les usages : Incidences potentielles sur les usages de l'eau pour les loisirs	Incidence sur les eaux superficielles	APR, CI, F	APR, CI, F	APR, CI, F	APR, CI, F	APR, CI, F	

5.3 Mesures d'évitement

Afin de limiter les impacts du projet global Cigéo sur les eaux souterraines et les eaux superficielles, et en cohérence avec la démarche éviter, réduire, compenser, différentes mesures d'évitement sont proposées et décrites dans les chapitres suivants. Certaines mesures d'évitement limitent les effets pour une ou plusieurs incidences potentielles.

Pour une meilleure lisibilité des mesures d'évitement du projet global Cigéo, la présentation suivante par grand type d'incidence est retenue avec :

- le chapitre 5.3.1 du présent volume, présente les mesures pour les incidences quantitatives sur les eaux ;
- le chapitre 5.3.2 du présent volume, précise les mesures pour les incidences qualitatives sur les eaux ;
- le chapitre 5.3.3 du présent volume, présente les mesures pour les incidences sur les usages des eaux.

Tableau 5-2 Synthèse des mesures d'évitement sur les eaux par phase et par opération

Type d'incidence	Intitulé de la mesure	Facteur(s) environnemental(aux)	Phase(s) concernée(s)	Opération(s) concernée(s)
Incidence quantitative	Choix de l'emplacement des descenderies en dehors des zones de fracturation géologiques pour préserver les nappes d'eau souterraine	Eaux souterraines	APR, CI, F	Centre de stockage Cigéo – Périmètre INB
	Conception des liaisons surface-fond : ouvrages espacés et de faibles diamètres au regard des formations géologiques traversées	Eaux souterraines	APR, CI, F	Centre de stockage Cigéo
	Travaux suspendus en période de plus hautes eaux de la nappe d'eau souterraine avec des mesures de mise en sécurité du chantier	Eaux souterraines	APR, CI, F	Centre de stockage Cigéo Mise à niveau de la ligne 027000 Déviation de la route départementale D60/960 Alimentation électrique Adduction d'eau
	Interdiction de réalisation des prélèvements dans les cours d'eau	Eaux superficielles	APR, CI, F	Centre de stockage Cigéo
	Pas d'emprise des installations temporaires et définitives dans les zones inondables identifiées	Eaux superficielles	APR, CI, F	Centre de stockage Cigéo Alimentation électrique Adduction d'eau Mise à niveau de la ligne 027000 Déviation de la route départementale D60/960
	Réalisation en période d'assec des travaux au droit des cours d'eau temporaires	Eaux superficielles	APR	Centre de stockage Cigéo Alimentation électrique Adduction d'eau Mise à niveau de la ligne 027000 Déviation de la route départementale D60/960
Incidence sur la qualité	Aucun rejet d'eau non traitée dans les cours d'eau	Eaux souterraines et superficielles	APR, CI, F	Centre de stockage Cigéo Mise à niveau de la ligne 027000 Déviation de la route départementale D60/960 Alimentation électrique Adduction d'eau
	Utilisation des routes et chemins existants à proximité des cours d'eau	Eaux superficielles	APR, CI	Centre de stockage Cigéo Alimentation électrique Adduction d'eau Mise à niveau de la ligne 027000 Déviation de la route départementale D60/960
	Limitation du nombre de bases vie	Eaux superficielles	APR, CI	Centre de stockage Cigéo Alimentation électrique Adduction d'eau Mise à niveau de la ligne 027000 Déviation de la route départementale D60/960
	Absence de travaux dans le lit mineur d'un cours d'eau	Eaux superficielles	APR	Alimentation électrique Adduction d'eau Mise à niveau de la ligne 027000 Déviation de la route départementale D60/960
Incidence sur les usages	Raccordement du centre de stockage Cigéo au réseau local d'adduction	Eaux souterraines	APR, CI, F	Centre de stockage Cigéo Adduction d'eau

5.3.1 Mesures d'évitement des incidences quantitatives sur les eaux

5.3.1.1 Choix de l'emplacement des descenderies en dehors des zones de fracturation géologiques pour préserver les nappes d'eau souterraine

Mesure d'évitement : choix de l'emplacement des descenderies en dehors des zones de fracturation géologiques pour préserver les nappes d'eau souterraine			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Eaux souterraines	Andra	Centre de stockage Cigéo – Périmètre INB (ZD, ZIOS)	APR, CI, F

Lors des études de conception, le choix de l'emplacement des descenderies s'est arrêté sur une zone située au sud et à l'ouest de la zone d'implantation des ouvrages souterrains. Cette localisation évite que les descenderies traversent le fossé de Gondrecourt-le-Château et une zone de fracturation diffuse au sud-est plus favorables à la circulation des eaux souterraines (cf. Chapitre 4.4.1 du présent volume).

Cette mesure d'évitement participe à la préservation de la ressource en eau souterraine.

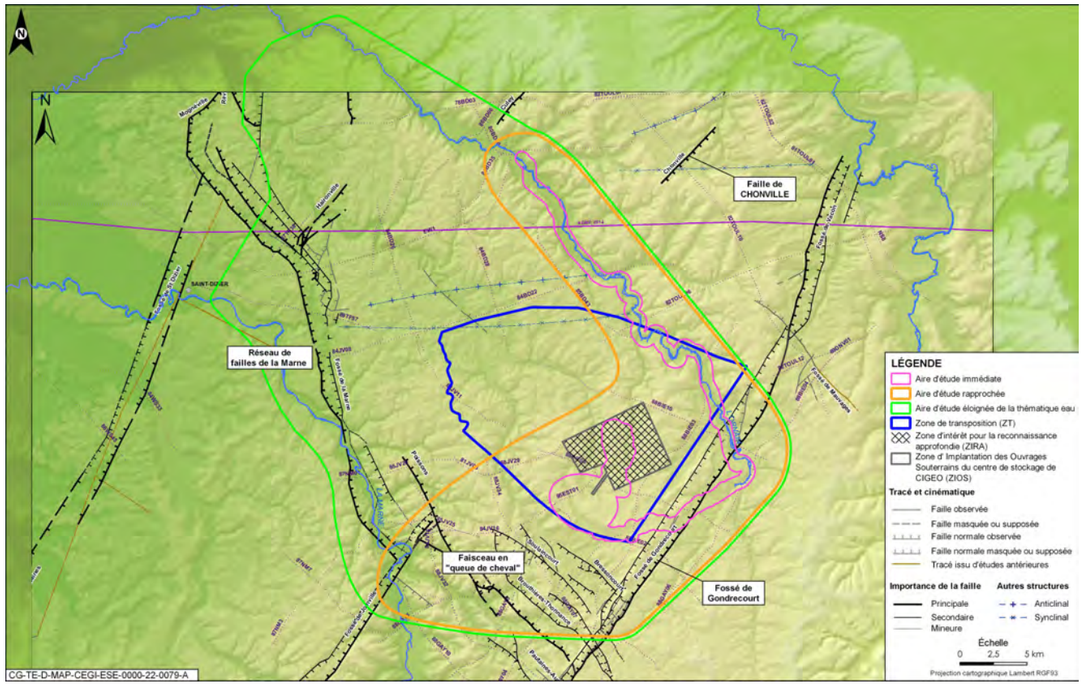


Figure 5-5 *Localisation des zones de fracturation au droit de l'aire d'étude éloignée du projet global Cigéo*

Modalité de suivi

Un géomètre expert interviendra avant le début des travaux pour veiller au respect du plan d'implantation des ouvrages et matérialiser l'implantation des descenderies (piquetage).

5.3.1.2 Conception des liaisons surface-fond : ouvrages espacés et de faibles diamètres au regard des formations géologiques traversées

Mesure d'évitement : conception des liaisons surface-fond - ouvrages espacés et de faibles diamètres au regard des formations géologiques traversées			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Eaux souterraines	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZD et ZIOS)	APR, CI, F

Afin d'éviter l'apparition d'un effet barrière lié à la mise en place des descenderies et des différents puits indispensables aux travaux et à l'exploitation du centre de stockage Cigéo, les caractéristiques techniques et notamment le diamètre et l'espacement de ces ouvrages de liaison ont été optimisés.

» RAPPEL DES FONCTIONS DES LIAISONS SURFACE-FOND

Les caractéristiques détaillées des liaisons surface-fond sont détaillées dans le volume II de la présente étude d'impact.

Les descenderies sont deux tunnels inclinés (12 %), d'environ 4 km, parallèles (distants de 60 mètres environ) et de même diamètre excavé (10 mètres environ).

Les puits constituent les liaisons verticales entre la zone puits et les zones de soutien logistique. Cinq puits sont prévus pour assurer les flux des personnels, matériels et matériaux nécessaires au fonctionnement et pour assurer la ventilation :

- deux puits pour l'exploitation, qui émergent en zone exploitation de la zone puits et qui desservent la zone de soutien logistique (ZSL) exploitation :
  - ✓ le puits ventilation air frais exploitation (VFE) ;
  - ✓ le puits ventilation air vicié exploitation (VVE) ;
- trois puits pour les travaux, qui émergent en zone puits travaux/verses et qui desservent la zone de soutien logistique travaux :
  - ✓ le puits matériels matériaux travaux (MMT) ;
  - ✓ le puits ventilation air vicié travaux (VVT) ;
  - ✓ le puits ventilation air frais Travaux (VFT).

Le diamètre utile des différents puits varie entre 6 mètres et 8,5 mètres et leur longueur entre 500 mètres et 560 mètres.

Ces puits sont représentés sur la figure 5-7.

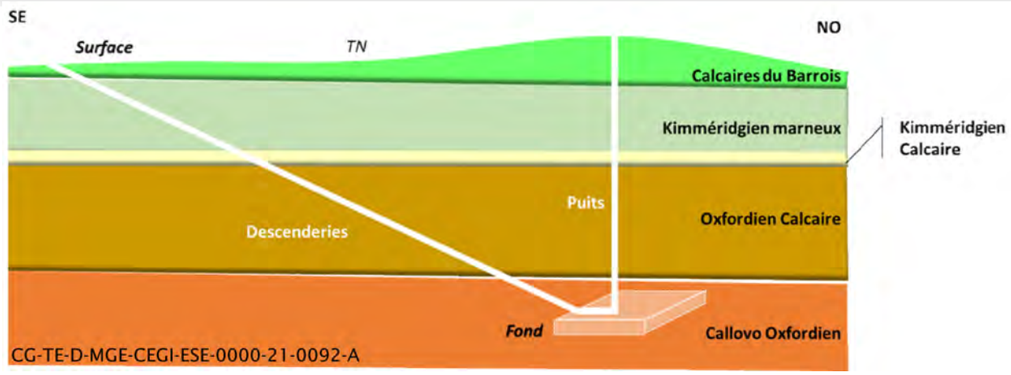


Figure 5-6 *Coupe schématique des grandes formations géologiques traversées*

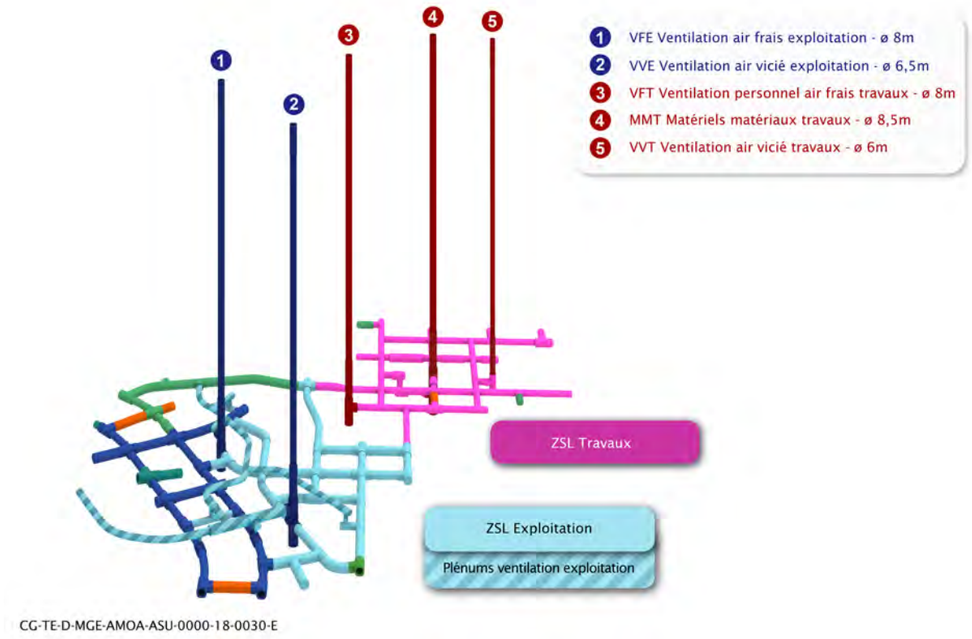


Figure 5-7 *Principe d'organisation de la zone de soutien logistique travaux et de la zone de soutien logistique exploitation en zone puits*

5.3.1.2.1 Nappes des calcaires du Barrois

Au niveau de la zone descenderie, les bâtiments constituant les têtes des descenderies sont inclus dans l'enceinte de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe phréatique. Aucune mesure supplémentaire et spécifique de réduction d'incidence au creusement des descenderies dans la nappe des calcaires du Barrois n'est nécessaire pour leur creusement.

En zone puits, il est actuellement prévu que :

- les trois puits desservant la zone de soutien logistique travaux présentent un espacement entre eux compris entre 75 mètres et 210 mètres, soit 10 à 30 fois le diamètre des ouvrages ;
- les deux puits pour l'exploitation soient distants entre eux d'environ 165 mètres, soit 20 fois le diamètre des ouvrages ;
- les puits travaux soient espacés des puits exploitation d'au moins 190 mètres.

Les quatre puits (VFE, VFT, VVT, MMT) et les descenderies sont de conception semi-étanche (soutènement et revêtement en béton armé ou béton fibré). Seul le puits VVE assurant l'extraction de la ventilation des zones nucléaires au droit de la zone puits est étanche avec mise en œuvre un tubage métallique sur toute sa hauteur pour éviter tout risque de contamination des aquifères traversés et des terrains pendant la phase de fonctionnement.

5.3.1.2.2 Nappes du Kimméridgien-Oxfordien

Au sein des calcaires du Kimméridgien et de l'Oxfordien, comme les quatre puits (VFE, VFT, VVT, MMT), les deux descenderies sont en conception semi-étanche avec mise en œuvre de produits de bourrage et de voussoirs (en béton armé ou béton fibré munis de joints d'étanchéité entre voussoirs) lors du creusement par tunnelier. Cette conception des descenderies est aussi retenue lors de la traversée de la nappe des calcaires du Barrois.

5.3.1.2.3 Synthèse

Ainsi, bien que les écoulements pourraient être localement impactés par le creusement des liaisons surface-fond en phase de construction initiale, ces ouvrages ne sont pas de nature à induire un effet barrage puisque la réduction des sections d'écoulement est très faible au regard des dimensions de la formation géologique traversée. De plus, l'espacement entre les différents ouvrages et leur faible taille vis-à-vis des formations géologiques induit un potentiel effet barrage très limité.

Cependant, la conception de certaines liaisons surface-fond avec des voussoirs et des revêtements béton entraine un phénomène de drainage des nappes d'eau souterraine, en particulier les nappes du Kimméridgien-Oxfordien qui ne sont pas concernées par la mesure d'évitement de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine.

5.3.1.2.4 Modalité de suivi

Un géomètre expert interviendra avant le début des travaux pour veiller au respect du plan d'implantation des ouvrages et matérialiser l'implantation des puits.

5.3.1.3 Travaux suspendus en période de plus hautes eaux de la nappe d'eau souterraine avec des mesures de mise en sécurité du chantier

Mesure d'évitement : travaux suspendus en période de plus hautes eaux de la nappe d'eau souterraine avec des mesures de mise en sécurité du chantier			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Eaux souterraines	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZP, ZD, LIS, ITE)	APR, CI, F
	SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000	
	CD 52	Déviation de la route départementale D60/960	
	RTE	Alimentation électrique	
	SIAEP d'Échenay /SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau	

Pour les zones de travaux non protégées par l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine de la zone descenderie (cf. Chapitre 5.4.1.1 du présent volume), la zone puits, la liaison intersites et l'installation terminale embranchée, les travaux de terrassement en déblais sont suspendus en période de plus hautes eaux de la nappe affleurante, si besoin. Une mise en sécurité du chantier est aussi entreprise avec l'évacuation des engins, du matériel et des produits polluants pour éviter une pollution des eaux que ce phénomène de remontée de nappe est susceptible de causer.

Cette mesure permet d'éviter un drainage de la nappe affleurante au droit des tranchées (profondeur entre 1 mètre à 3 mètres) ou de fouilles lors des différentes opérations du projet global Cigéo, notamment pendant les travaux de type création des voiries et des réseaux enterrés ou terrassement.

Avec la mise en place de cette mesure d'évitement, aucun drainage de la nappe ou rabattement ponctuel n'est attendu.

Modalité de suivi

Les niveaux piézométriques enregistrés par le réseau de surveillance feront l'objet d'un suivi.

5.3.1.4 Interdiction de réalisation des prélèvements dans les cours d'eau

Mesure d'évitement : interdiction de réalisation des prélèvements dans les cours d'eau			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Eaux superficielles	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZP, ZD, ZIOS, LIS, ITE)	APR, CI, F

La conception du centre de stockage Cigéo ne prévoit aucun prélèvement pour un usage d'eau (potable et non potable) dans les eaux superficielles dans les cours d'eau locaux (Orge, Bureau, Ormançon…) quelle que soit la phase.

Modalité de suivi

Le cahier des charges environnemental rappellera l'interdiction de réalisation des prélèvements dans les cours d'eau.

5.3.1.5 Pas d'emprise des installations temporaires et définitives dans les zones inondables identifiées

Mesure d'évitement : pas d'emprise des installations temporaires et définitives dans les zones inondables identifiées			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Eaux superficielles	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZD, ZP, LIS, ITE)	APR, CI, F
	RTE	Alimentation électrique	
	SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau	
	SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000	
	CD52	Déviation de la route départementale D60/960	

La zone descenderie et la zone puits sont implantées en dehors des zones inondables, comme la liaison intersites. Il en est de même pour les bases vie de travaux (installations de chantiers pour le personnel).

Notons un éloignement de la zone descenderie de la vallée de l'Orge pour éviter la zone inondable et les zones humides associées au cours d'eau ; il s'agit d'une mesure d'évitement pour la biodiversité et le milieu naturel et favorable pour les eaux superficielles avec la préservation de milieu ouvert favorisant l'infiltration naturelle des eaux pluviales (cf. Chapitre 6 du présent volume : ME0 Mesures de conception du centre de stockage Cigéo qui évitent les zones à enjeux environnementaux (choix des sites, choix de tracé ou d'emprises, optimisation des emprises…).

Pour l'installation terminale embranchée, la plateforme ferroviaire existante se situe en-dehors des zones inondables car elle est surélevée par rapport au terrain naturel. Il en est de même pour la plateforme logistique de Gondrecourt-le-Château (cf. Chapitre 5.4.6 du volume III de la présente étude d'impact).

Les différentes options de déviation de la route départementale D60/960 sont également situées en dehors des zones inondables.

Pour l'opération d'adduction d'eau, comme pour les autres opérations il sera recherché l'évitement des zones inondables.

Concernant l'opération d'alimentation électrique, 26 pylônes existent déjà en zone inondable. Si des travaux sont nécessaires au droit de ces pylônes, une analyse sera menée pour éviter ou réduire autant que possible l'incidence en zones inondables.

Certaines opérations de caractérisation et de surveillance environnementale de la thématique eau (forages, sondages…) peuvent ponctuellement être présentes au droit de zones inondables, sans pour autant accentuer le risque. Elles ne remettent donc pas en cause la volonté d'évitement du projet global Cigéo.

De manière globale, pour l'ensemble du projet global Cigéo, il est recherché l'évitement des zones inondables pour les nouvelles installations.

Modalité de suivi

Un géomètre expert interviendra avant le début des travaux pour veiller au respect du plan d'implantation des ouvrages et matérialiser l'implantation des installations (piquetage).

5.3.1.6 Réalisation des travaux en période d'assec des travaux au droit des cours d'eau temporaires

Mesure d'évitement : réalisation des travaux en période d'assec des travaux au droit des cours d'eau temporaires			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Eaux superficielles	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZP, ZD, LIS, ITE)	APR
	RTE	Alimentation électrique	
	SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau	
	SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000	
	CD52	Déviation de la route départementale D60/960	

La réalisation en période d'assec des travaux au droit des cours d'eau temporaires permet d'éviter la mise en place d'une dérivation provisoire du cours d'eau pendant la phase d'aménagements préalables.

Cependant, il existe un risque de venue d'eau intempestive (orage par exemple). Au moment des travaux, pour éviter l'entrainement de matières en suspension (matières minérales) vers l'aval, il pourra être mis en place des batardeaux en amont et en aval de la zone de chantier, reliés par une canalisation, pour assurer le transit des eaux, si nécessaire.

Cette mesure valant pour éviter les incidences quantitatives des travaux l'est aussi pour les aspects qualitatifs en limitant ainsi les rejets polluants dans les cours d'eau et une pollution en aval.

Cette mesure s'applique aux cours d'eau nécessitant la réalisation d'un franchissement comme La Bureau au niveau de la liaison intersites et aux cours d'eau faisant déjà l'objet d'un franchissement de la plateforme ferroviaire existante de l'installation terminale embranchée (ruisseau de l'Étang, ruisseau de Naillemont, ru de l'Ognon et l'Ornain).

Compte tenu du niveau de définition des opérations des autres maîtres d'ouvrage (alimentation électrique, adduction d'eau, remise à niveau de la ligne ferroviaire 027000 et déviation de la route départementale D60/960), les franchissements de cours d'eau seront précisés une fois les projets retenus, à l'issue des études de conception et de la participation du public à l'élaboration des projets. Le même principe d'évitement est appliqué.

Modalité de suivi

Le cahier des charges environnemental rappellera que les travaux doivent être réalisés en période d'assec au droit des cours d'eau temporaires.

5.3.2 Mesures d'évitement des incidences sur la qualité des eaux

5.3.2.1 Aucun rejet d'eau non traitée dans les cours d'eau

Mesure d'évitement : aucun rejet d'eau non traitée dans les cours d'eau			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Eaux souterraines et superficielles	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZP, ZD, ZIOS, LIS, ITE)	APR, CI, F
	SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000	
	CD 52	Déviation de la route départementale D60/960	
	RTE	Alimentation électrique	
	SIAEP d'Échenay /SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau	

Aucun rejet d'eau non traitée (eaux pluviales, eaux usées ou eaux de fond, eaux de laitance des travaux de renforcement des fondations de pylônes de l'opération d'alimentation électrique) n'est prévu dans les cours d'eau, quelle que soit la phase et l'opération considérée du projet global Cigéo.

Aucun effluent radioactif n'est rejeté au point d'exutoire des autres effluents liquides. Les effluents radioactifs potentiellement générés font l'objet d'une gestion particulière (cf. Mesure de gestion des effluents non conventionnels au chapitre 5.4.2.5 du présent volume).

La mesure permet d'éviter une altération de la qualité des eaux superficielles et une préservation des usages existants, mais l'incidence après mesure d'évitement reste notable et nécessite la mise en œuvre de mesures de réduction complémentaires avec une gestion adaptée à la nature des eaux (cf. Chapitre 5.4 du présent volume).

Modalité de suivi

Les bassins de rétention feront l'objet d'un entretien régulier afin de garantir leur bon fonctionnement et leur pérennité.

Une vérification initiale puis un suivi régulier de la compatibilité des rejets avec la qualité ou les objectifs de qualité des cours d'eau récepteurs sont mis en œuvre.

5.3.2.2 Utilisation des routes et chemins existants à proximité des cours d'eau

Mesure d'évitement : utilisation des routes et chemins existants à proximité des cours d'eau			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Eaux superficielles	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZP, ZD, LIS, ITE)	CI, APR
	RTE	Alimentation électrique	
	SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau	
	SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000	
	CD52	Déviation de la route départementale D60/960	

Pour l'ensemble du projet global Cigéo, les routes et chemins existants sont utilisés préférentiellement pour éviter des traversées de cours d'eau, même provisoires par les différentes activités de travaux.

Plus spécifiquement, dans le cadre de l'opération d'alimentation électrique, les voiries existantes ainsi que les layons déboisés (couloir de servitudes) sous la ligne seront privilégiées pour accéder aux supports et ainsi éviter les franchissements provisoires. Les longueurs de pistes à créer seront limitées, avec définition des cheminements de moindre impact et d'une longueur inférieure à 500 mètres. Il est prévu le passage préalable d'un écologue dans la définition des accès et emprises.

Cette mesure permet d'éviter des franchissements de cours d'eau non nécessaires.

Modalité de suivi

Un balisage des chemins sera réalisé avant le début des travaux afin de garantir leur usage préférentiel.

5.3.2.3 Limitation du nombre de bases vie

Mesure d'évitement : limitation du nombre de bases vie			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Eaux superficielles	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZP, ZD, LIS, ITE)	APR, CI
	RTE	Alimentation électrique	
	SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau	
	SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000	
	CD52	Déviation de la route départementale D60/960	

Le nombre de bases vie sera limité afin d'éviter des incidences supplémentaires sur les eaux superficielles.

Modalité de suivi

Le nombre de bases vie sera inscrit dans le cahier des charges.

5.3.2.4 Absence de travaux dans le lit mineur d'un cours d'eau

Mesure d'évitement : absence de travaux dans le lit mineur d'un cours d'eau			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Eaux superficielles	RTE	Alimentation électrique	APR
	SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau	
	SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000	
	CD52	Déviation de la route départementale D60/960	

Cette mesure est spécifique aux opérations des autres maîtres d'ouvrages, des travaux ayant lieu dans le lit mineur de cours d'eau pour le centre de stockage Cigéo. Afin d'éviter l'altération de la qualité des eaux superficielles, aucun travail n'est réalisé dans le lit mineur des cours d'eau situés dans l'emprise des travaux (cf. Chapitre 5.3 du volume III de la présente étude d'impact). Concernant l'opération de déviation de la route départementale D60/960, les principes de cette mesure seront étudiés en fonction de l'option retenue.

Modalité de suivi

Le cahier des charges environnemental rappellera l'interdiction de réaliser des travaux dans le lit mineur des cours d'eau.

5.3.3 Mesures d'évitement des incidences sur les usages des eaux

5.3.3.1 Raccordement du centre de stockage Cigéo au réseau local d'adduction

Mesure d'évitement : raccordement du centre de stockage au réseau local d'adduction			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Eaux souterraines	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZD, ZP, LIS, ITE)	APR, CI, F
	SIAEP d'Échenay /SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau	

Le volume II de la présente étude d'impact (cf. Chapitre 3.3.2 du volume II de la présente étude d'impact) précise les choix de conception retenus pour l'alimentation d'eau du centre de stockage Cigéo.

L'opération d'adduction d'eau (AEP) est définie par ses fonctionnalités qui consistent, sous réserve de la restructuration (remise en état ou optimisation) d'une partie des réseaux de distribution des syndicats des eaux, à alimenter en eau potable le centre de stockage Cigéo en sollicitant :

- deux ressources pérennes en Meuse avec les captages de Gondrecourt-le-Château (forage du Muleau) et les captages d'Échenay (captage de Massonfosse, forage F2 de 1977) ;
- une ressource complémentaire en Haute-Marne avec le captage de Thonnance-lès-Joinville (source de Claire Fontaine, source du Mont).

Les captages cités ci-dessus sont présentés sur la figure 5-8. Le raccordement au réseau local d'adduction permet d'éviter la création de nouveaux captages pour les besoins du centre de stockage Cigéo.

L'étude de faisabilité quantitative pour le raccordement du centre de stockage Cigéo au réseau local d'adduction s'appuie sur l'estimation des besoins en eau potable du centre de stockage Cigéo et des collectivités.

5.3.3.1.1 Besoins du centre de stockage Cigéo

La réalisation du centre de stockage Cigéo, puis son fonctionnement requiert un approvisionnement en eau potable. Les besoins estimés et détaillés dans le tableau suivant prennent en compte la mesure de réduction consistant à utiliser des eaux recyclées pour limiter la consommation en eau potable.

Tableau 5-3 Volume considéré ($m^3.j^{-1}$) pour les études d'incidence du projet sur la disponibilité de la ressource en eau

Besoins en eau potable	Structure de raccordement	Situation actuelle	Situation future (phases d'aménagement préalables/phase de construction initiale)	Situation future (phase de fonctionnement)
Besoin du centre de stockage Cigéo ($m^3.j^{-1}$)	SIAEP Échenay SIAEP Thonnance-lès-Joinville/Suzannecourt	-	250	50
	SIVU Gondrecourt-le-Château	-	500	200

5.3.3.1.2 Besoins des collectivités

Les besoins actuels en eau et les besoins futurs du SIAEP de la région d'Échenay sont présentés dans le tableau 5-4.
Le débit maximum autorisé des captages d'Échenay est de 540 m^3/j.

Tableau 5-4 Besoins en eau actuels et futurs du SIAEP de la région d'Échenay

Besoins en eau	Situation actuelle	Situation future (phases d'aménagement préalables/phase de construction initiale)	Situation future (phase de fonctionnement)
Jour moyen ($m^3.j^{-1}$)	300	350	350
Jour de pointe ($m^3.j^{-1}$)	550	600	600

Les besoins en eau actuels et futurs du SIAEP de Thonnance/Suzannecourt sont présentés dans le tableau 5-5. Il n'existe pas de débit maximum autorisé pour les captages de Thonnance/Suzannecourt. Le débit maximum actuellement prélevé est de 200 m^3/j.

Tableau 5-5 Besoins en eau actuels et futurs du SIAEP de Thonnance/Suzannecourt

Besoins en eau	Situation actuelle	Situation future (phases d'aménagement préalables/phase de construction initiale)	Situation future (phase de fonctionnement)
Jour moyen ($m^3.j^{-1}$)	160	310	310
Jour de pointe ($m^3.j^{-1}$)	227	377	377

Aucun projet n'a été identifié au droit du SIVU de Gondrecourt-le-Château au moment de l'étude de disponibilité de la ressource. Le débit maximum autorisé du captage de Gondrecourt-le-Château est de 1 500 m^3/j.

5.3.3.1.3 Synthèse

En synthèse, les captages de Thonnance-lès-Joinville, d'Échenay et de Gondrecourt-Le-Château, utilisés par les syndicats des eaux et qui font l'objet d'arrêtés d'utilité publique de protection, présentent de bonnes caractéristiques en termes de productivité.

Les différents tests de productivité des forages et la localisation des réseaux existants ont permis de confirmer la faisabilité, compte tenu de leur capacité, de l'utilisation de ces forages pour alimenter le centre de stockage Cigéo. La disponibilité de la ressource en eau potable pour alimenter le centre de stockage Cigéo est compatible avec les caractéristiques des différents captages retenus : la somme des débits autorisés des trois captages autorisés d'Échenay, Gondrecourt-le-Château et de Thonnance-lès-Joinville (>2 000 m^3) excède largement les besoins cumulés des syndicats et du centre de stockage Cigéo (cf. Chapitre 5.1.2.1 du volume VII de la présente étude d'impact). Les prélèvements pour le centre de stockage n'ont pas d'incidence sur l'utilisation actuelle pour l'approvisionnement en eau des populations locales.

Les différentes études de faisabilité montrent aussi le besoin de sécurisation de l'alimentation en eau potable de certaines communes justifiant l'interconnexion des différents réseaux pour assurer des ressources fiables et complémentaires en termes de quantité et de qualité. Elles ont également fait émerger des opportunités d'amélioration de l'alimentation en eau pour des communes comme Poissons, Houdelaincourt ou Bonnet et l'intérêt de privilégier plutôt une alimentation directe depuis les sources du Syndicat intercommunal d'adduction en eau potable (SIAEP) de Thonnance-lès-Joinville ou du SIVU du Haut-Ornain vers le SIAEP d'Échenay. La description de ces captages est présentée au chapitre 5.3.4.1 du volume III de la présente étude d'impact.

Les études des différentes solutions de raccordement sont engagées par les syndicats d'eau de la Meuse et de la Haute-Marne, elles seront détaillées dans une prochaine actualisation.

Ainsi, la définition de l'opération d'adduction d'eau du projet global Cigéo (mesure d'évitement pour le centre de stockage Cigéo) permet d'assurer la continuité dans l'approvisionnement en eau des populations locales avec des débits prélevés adaptés à la capacité de recharge des captages sollicités pour le besoin.

5.3.3.1.4 Modalité de suivi

En ce qui concerne l'utilisation rationnelle et la surveillance des consommations d'eau, les fréquences de suivi des consommations sont définies. Une surveillance continue des consommations d'eau potable, des volumes d'eau recyclée et des volumes d'eau d'exhaure est réalisée.

En ce qui concerne la fabrication de produits en béton par procédé mécanique sur les emprises du centre de stockage Cigéo, un suivi spécifique des consommations d'eau prélevée dans le réseau public est réalisé pour vérifier le respect des ratios de consommation par tonne de produits fabriqués. Cette modalité de suivi perdure pendant le fonctionnement des installations de fabrication des bétons.

Les ouvrages de prélèvement, les dispositifs de disconnexion, les dispositifs de limitation des débits d'eau prélevée et les réseaux de distribution font l'objet d'un entretien préventif et d'un contrôle régulier de leur état et de leur bon fonctionnement. L'ensemble des opérations d'entretien et de contrôle effectuées est consigné sur un registre éventuellement informatisé et tenu à la disposition de l'administration.

Une vérification initiale puis un suivi régulier de la compatibilité des prélèvements avec les exigences du SDAGE, l'évolution des seuils de la nomenclature IOTA et la ressource disponible sont mis en œuvre.

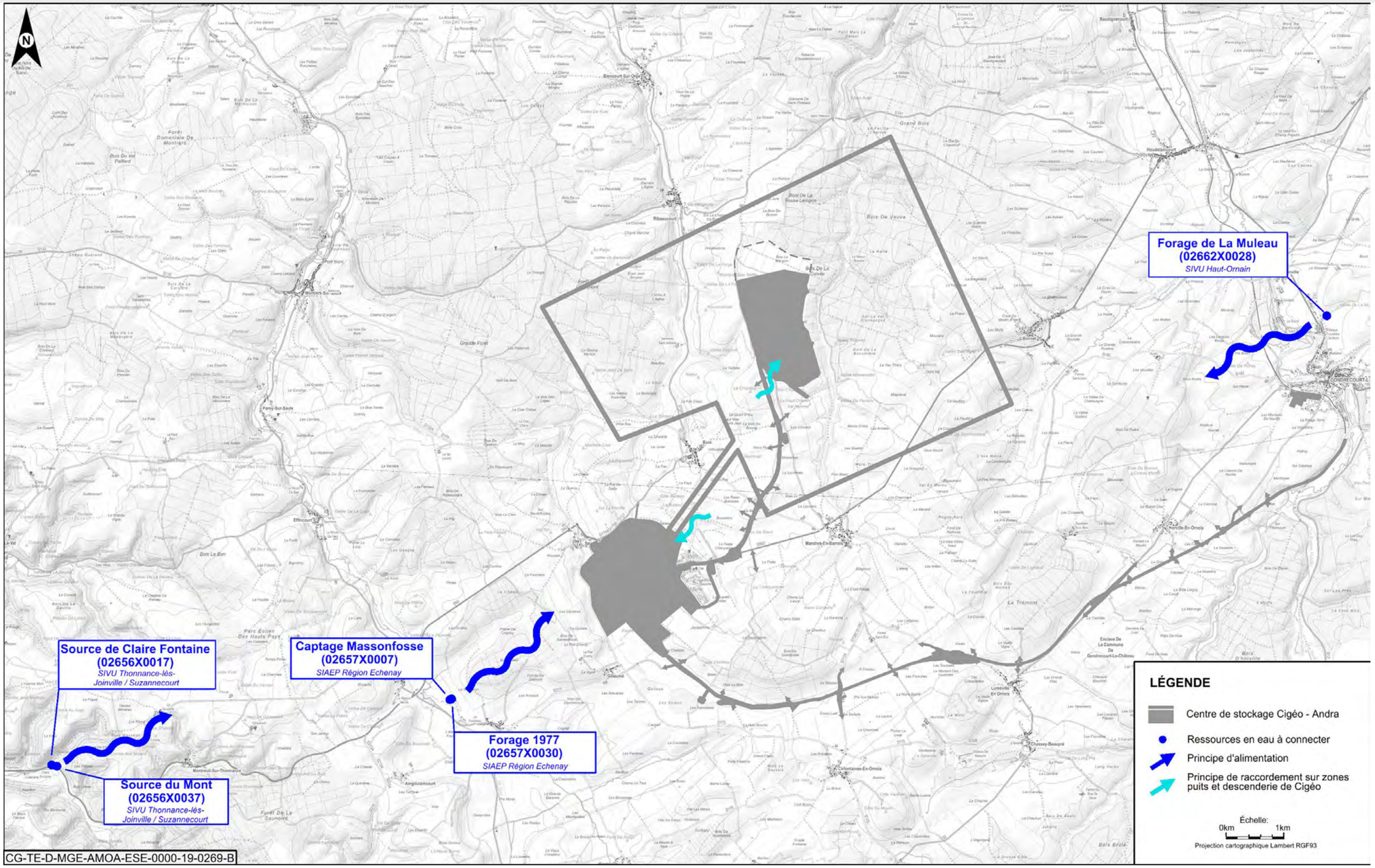


Figure 5-8 *Localisation des ressources sollicitées dans le cadre de l'opération d'adduction d'eau*

5.4 Mesures de réduction

Afin de limiter les impacts du projet global Cigéo sur les eaux souterraines et les eaux superficielles, et en cohérence avec la démarche éviter, réduire, compenser, après les mesures d'évitement, les mesures de réduction suivantes sont proposées.

Pour une meilleure lisibilité des mesures de réduction du projet global Cigéo, la présentation suivante par grand type d'incidence est retenue avec :

- le chapitre 5.4.1 du présent volume, présente les mesures de réduction des incidences quantitatives sur les eaux ;
- le chapitre 5.4.2 du présent volume, précise les mesures de réduction des incidences sur la qualité des eaux ;
- le chapitre 5.4.3 du présent volume, présente les mesures de réduction des incidences sur les usages des eaux.

Tableau 5-6 Synthèse des mesures de réduction sur les eaux par phase et par opération

Type d'incidence	Intitulé de la mesure	Facteur(s) environnemental(aux)	Phase(s) concernée(s)	Opération(s) concernée(s)
Incidence quantitative	Conception adaptée de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine en zone descenderie	Eaux souterraines et superficielles	APR, CI, F	Centre de stockage Cigéo
	Dispositions constructives adaptées pour les liaisons surface-fond *	Eaux souterraines	APR, CI, F	Centre de stockage Cigéo
	Dispositions liées au creusement et à la réception des forages/piézomètres *	Eaux souterraines	APR, CI, F	Centre de stockage Cigéo
	Mise en place d'un système de gestion des eaux souterraines lors des travaux de terrassements	Eaux souterraines	APR, CI, F	Centre de stockage Cigéo Alimentation électrique Adduction d'eau Mise à niveau de la ligne 027000 Déviation de la route départementale D60/960
	Limitation des surfaces imperméabilisées et du ruissellement	Eaux superficielles	APR, CI, F	Centre de stockage Cigéo Alimentation électrique Adduction d'eau Mise à niveau de la ligne 027000 Déviation de la route départementale D60/960
	Mise en place d'une gestion quantitative des eaux pour une non-aggravation du risque d'inondation en aval des points de rejet	Eaux superficielles	APR, CI, F	Centre de stockage Cigéo Alimentation électrique Adduction d'eau Mise à niveau de la ligne 027000 Déviation de la route départementale D60/960
	Optimisation des dispositifs d'assainissement et des ouvrages hydrauliques en privilégiant la réhabilitation des ouvrages existants	Eaux superficielles	APR, CI, F	Centre de stockage Cigéo Mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000 Déviation de la route départementale D60/960
	Ouvrage de franchissement hydraulique défini par rapport aux caractéristiques écologiques et hydrauliques des cours d'eau	Eaux superficielles	APR, CI, F	Centre de stockage Cigéo Alimentation électrique Adduction d'eau Mise à niveau de la ligne 027000 Déviation de la route départementale D60/960
	Dispositifs assurant la transparence hydraulique des aménagements	Eaux superficielles	APR, CI, F	Centre de stockage Cigéo Alimentation électrique Adduction d'eau Mise à niveau de la ligne 027000 Déviation de la route départementale D60/960
	Utilisation de dispositifs visant à réduire le tassement des sols	Eaux superficielles	APR	Alimentation électrique
	Respect des prescriptions techniques et protection du chantier en zone inondable	Eaux superficielles	APR	Alimentation électrique
Incidence sur la qualité	Mise en place de dispositifs de gestion des rejets des eaux pluviales pour ne pas altérer la qualité des eaux superficielles et des souterraines par transfert	Eaux souterraines et superficielles	APR, CI, F	Centre de stockage Cigéo Alimentation électrique Adduction d'eau Mise à niveau de la ligne 027000 Déviation de la route départementale D60/960
	Mise en place d'un dispositif de traitement complémentaire des eaux de ruissellement des verses	Eaux superficielles	CI, F	Centre de stockage Cigéo

Type d'incidence	Intitulé de la mesure	Facteur(s) environnemental(aux)	Phase(s) concernée(s)	Opération(s) concernée(s)
	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)	Eaux superficielles	APR, CI, F	Centre de stockage Cigéo Alimentation électrique Adduction d'eau Mise à niveau de la ligne 027000 Déviation de la route départementale D60/960
	Mise en place d'un dispositif de traitement des eaux de fond par zone	Eaux superficielles	CI, F	Centre de stockage Cigéo - INB
	Gestion des effluents non conventionnels	Eaux superficielles	CI, F	Centre de stockage Cigéo - INB
	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	Eaux superficielles	APR, CI, F	Centre de stockage Cigéo Alimentation électrique Mise à niveau de la ligne 027000 Déviation de la route départementale D60/960
	Utilisation de sels en solution sous forme de saumure pour limiter l'apport de sel dans les eaux superficielles en saison hivernale	Eaux superficielles	CI, F	Centre de stockage Cigéo Déviation de la route départementale D60/960
	Remise en état des zones d'intervention	Eaux superficielles	APR, CI	Centre de stockage Cigéo Alimentation électrique Adduction d'eau Mise à niveau de la ligne 027000 Déviation de la route départementale D60/960
	Organisation globale du chantier	Eaux superficielles	APR, CI, F	Centre de stockage Cigéo Alimentation électrique Adduction d'eau Mise à niveau de la ligne 027000 Déviation de la route départementale D60/960
	Mise en place de dispositifs de stockage adaptés pour les produits dangereux	Eaux superficielles	APR, CI, F	Centre de stockage Cigéo Alimentation électrique Adduction d'eau Mise à niveau de la ligne 027000 Déviation de la route départementale D60/960
Incidence sur les usages	Conception et travaux limitant les incidences sur les usages des eaux souterraines	Eaux souterraines	APR, CI, F	Centre de stockage Cigéo Alimentation électrique Mise à niveau de la ligne 027000
	Réutilisation prioritaire des eaux traitées pour les besoins en eau non potable du centre de stockage Cigéo	Eaux souterraines	CI, F	Centre de stockage - INB

** Ces mesures traitent également de l'incidence sur la qualité des eaux mais sont présentées une seule fois au chapitre sur l'incidence quantitative (cf. Chapitre 5.4.1 du présent volume)*

5.4.1 Mesures de réduction des incidences quantitatives sur les eaux

5.4.1.1 Conception adaptée de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine en zone descenderie

Mesure de réduction : conception adaptée de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine en zone descenderie			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Eaux souterraines et superficielles	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZD et ZIOS)	APR, CI, F

La conception adaptée de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine en zone descenderie permet de répondre aux incidences d'obstacle aux écoulements de la nappe des calcaires du Barrois et limiter les incidences sur les eaux superficielles. Les incidences sur les eaux superficielles liées aux échanges nappe-rivière sont également présentées ci-après.

5.4.1.1.1 Conception adaptée pour répondre aux incidences d'obstacle aux écoulements de la nappe des calcaires du Barrois

La mesure d'évitement « Travaux suspendus en période de plus hautes eaux de la nappe d'eau souterraine avec des mesures de mise en sécurité du chantier » (cf. Chapitre 5.3.1.3 du présent volume) ne peut pas s'appliquer à la construction du terminal ferroviaire nucléaire, du bâtiment nucléaire de surface de la phase 1 d'exploitation et des têtes de descenderie, du fait de leur ampleur et durée.

Comme indiqué au chapitre 5.2.2 du présent volume, les liaisons surface-fond constituent un obstacle à l'écoulement des eaux souterraines très limité et peuvent générer localement un très faible effet barrage sur la nappe des calcaires du Barrois. L'effet barrage se manifeste par un basculement piézométrique avec une remontée du niveau à l'amont de l'obstacle et une baisse à l'aval. Le principe est illustré sur la figure 5-9.

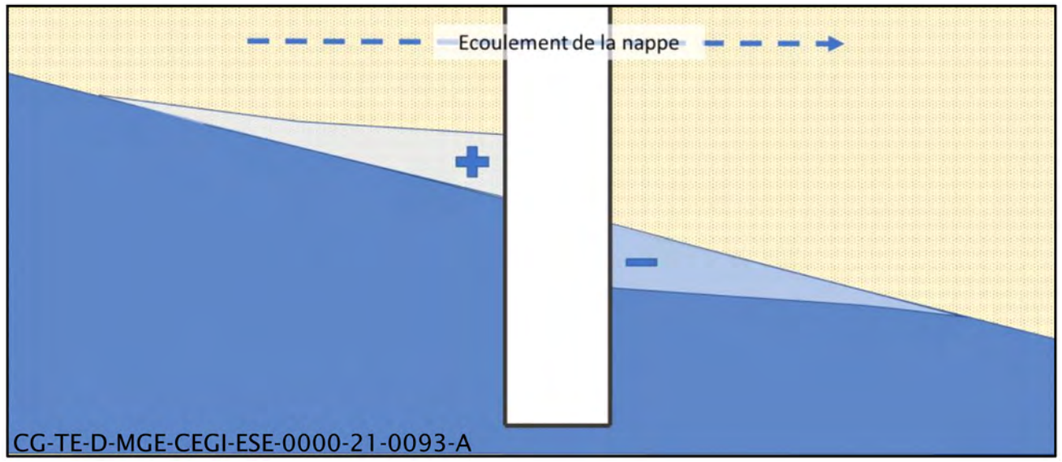


Figure 5-9 Conséquences de l'effet barrage généré par un obstacle souterrain

Sans la mise en œuvre de mesure de réduction, lors des différentes phases du centre de stockage Cigéo (en zone descenderie en particulier), un rabattement permanent de la nappe des calcaires du Barrois serait indispensable afin d'éviter une inondation, lors de ces phases, des ouvrages cités précédemment. Le rabattement induirait une incidence très forte sur la nappe avec un cône de rabattement et une gestion spécifique des eaux pompées nécessitant une ré-infiltration dans le sous-sol. Ainsi, pour réduire cette incidence, un ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine et de drainage au niveau de la nappe des calcaires du Barrois sur la zone descenderie est prévu.

Cet ouvrage de protection a pour objectifs :

- en phase de construction initiale, de limiter des débits d'eaux d'exhaure lors des creusements du chantier du bâtiment nucléaire de surface EP1, des têtes de descenderies et du terminal ferroviaire nucléaire ;
- en phase d'exploitation, de protéger le bâtiment nucléaire de surface EP1, et le terminal ferroviaire nucléaire vis-à-vis du risque d'inondation externe par remontée de la nappe.

Afin de réduire le rabattement de la nappe occasionné en aval hydraulique de cet ouvrage, des drains de gestion des eaux souterraines y sont associés pour permettre leur ré-infiltration dans le milieu naturel. Ils sont composés des éléments suivants :

- des drains de rabattement extérieurs. Ils permettent :
  - ✓ de canaliser et de réorienter les eaux pour une réinfiltration en aval des ouvrages à protéger ;
  - ✓ de limiter l'effet barrage engendrée par l'ouvrage de protection ;
  - ✓ ils sont équipés de mesure de débit ;
- des drains intérieurs permettant de gérer les eaux météoriques qui s'infiltrent dans l'emprise de l'ouvrage ainsi que les eaux issues de la porosité de ses parements ;
- des tranchées drainantes de diffusion permettant la ré infiltration de l'intégralité des eaux drainées vers l'extérieur de l'ouvrage dans l'aquifère tout en respectant les bassins versants de l'Orge et de La Bureau.

Ce dispositif est mis en place au plus tôt pour éviter des venues d'eau latérales et ainsi se protéger des variations du niveau de la nappe.

L'approfondissement de la conception de ce dispositif fait l'objet d'une démarche itérative, dans le cadre des actualisations ultérieures de l'étude d'impact, afin d'identifier des pistes d'optimisation permettant de réduire ses incidences sur l'environnement, notamment pour renforcer la transparence hydraulique.

Une fois construit, cet ouvrage de protection contre les remontées de nappe phréatique en zone descenderie impactera localement les écoulements de la nappe du Barrois. Les eaux souterraines collectées seront réinfiltrées dans la même nappe. Les modélisations ont montré que l'effet barrage se limite à quelques centaines de mètres à l'aval de la tranchée

Les résultats considérés ici découlent d'une approche enveloppe issue de la modélisation initiale des Calcaires du Barrois. Ils seront consolidés ultérieurement à partir de la nouvelle modélisation région-secteur (cf. Chapitre 5.5.1 du présent volume).

5.4.1.1.2 Conception adaptée pour limiter les incidences sur les eaux superficielles

Une modification de l'hydrodynamisme de la nappe peut impacter les échanges nappe-rivière.

D'après les résultats de la modélisation initiale sur l'analyse des incidences du centre de stockage Cigéo sur les flux d'alimentation des rivières par l'aquifère :

- les principaux écarts de transfert nappe/rivière sont constatés sur le tronçon amont de l'Orge en contrebas de la zone descenderie et *a minima* jusqu'à Saudron ;
- dans ce secteur, la dépression piézométrique créée par la paroi perturbe les écoulements souterrains et diminue l'apport souterrain vers l'Orge ;
- sur la Bureau, l'Ormançon et la partie avale de l'Orge, les écarts de flux sont négligeables quel que soit le contexte hydroclimatique considéré.

L'effet du centre de stockage Cigéo est notable sur l'alimentation du tronçon amont de l'Orge par les calcaires sublithographiques, mais négligeable au niveau de la relation nappe/rivière de la Bureau, l'Ormançon et la partie avale de l'Orge.

Comme explicité dans la présentation de l'état initial (chapitre 5 du volume III de la présente étude d'impact), de par sa position topographique plus élevée, l'aquifère des calcaires du Barrois peut se déverser dans celui des

alluvions de l'Orge (section entre Gillaumé et Saudron) moyennant uniquement des écoulements de surfaces ou hypodermiques au niveau des marnes du Kimméridgien.

Dans cette configuration, un rabattement induit par des drains autour de l'ouvrage de protection contre la remontée de la nappe d'eau souterraine de la zone descenderie aussi important soit-il ne pourra pas conduire à un prélèvement d'eau dans la nappe d'accompagnement de l'Orge car les deux entités hydrogéologiques sont séparées. En revanche, le rabattement de la nappe peut limiter les volumes d'eau de la nappe se « déversant » vers la vallée de l'Orge.

Une modification des débits des sources ou des écoulements de débordement de la nappe des calcaires du Barrois vers la vallée de l'Orge induite par le rabattement de la nappe ou l'imperméabilisation des sols, pourrait être de nature à modifier le bilan en eau de l'Orge et de sa nappe d'accompagnement sur le tronçon compris entre Gillaumé et Saudron.

En effet, sur le tronçon amont de l'Orge, les simulations montrent une baisse significative des flux transférés en direction de l'Orge ainsi qu'un déficit important de volumes cumulés transférés (représentant 40 % des volumes cumulés pour la simulation de référence au cours de l'année « humide » et 55 % au cours de l'année « sèche »).

Afin de réduire ces incidences, la conception de la zone descenderie prévoit :

- une ré-infiltration de l'intégralité des eaux collectées par les drains périphériques de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine ;
- une gestion des eaux pluviales à l'intérieur de leur bassin versant d'origine (les eaux pluviales infiltrées récupérées par les drains intérieurs de la paroi ou les eaux pluviales collectées en surface).

Par ailleurs, plusieurs pistes d'optimisation sont à l'étude et permettront de réduire significativement l'incidence des ouvrages et aménagements situés dans la nappe du Barrois. Ces pistes d'optimisation seront présentées ultérieurement.

5.4.1.1.3 Modalité de suivi

Un suivi des modalités de travaux sera réalisé.

Un réseau de suivi quantitatif et qualitatif adapté aux enjeux de la nappe des calcaires du Barrois et aux incidences potentielles de l'opération du projet global Cigéo considérées sera mis en place.

La définition précise du protocole de suivi (point de suivi, fréquence de suivi, paramètres analysés) est menée avec les services de l'État lors de l'instruction des dossiers de demandes d'autorisation environnementale préalablement au lancement des travaux. Ce suivi perdure pendant le fonctionnement et jusqu'à la fermeture du centre de stockage Cigéo et son démantèlement.

5.4.1.2 Dispositions constructives adaptées pour les liaisons surface-fond

Mesure de réduction : dispositions constructives adaptées pour les liaisons surface-fond			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Eaux souterraines	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZD, ZP, ZIOS)	APR, CI, F

Toutes les dispositions constructives décrites ci-après participent à la réduction de l'incidence quantitative (drainage de la nappe, mise en communication des nappes) et de l'incidence qualitative sur les eaux souterraines.

Grâce aux travaux du creusement du Laboratoire de recherche souterrain et aux nombreuses expériences qui y sont conduites, l'Andra dispose de connaissances très précises sur les opérations de construction des ouvrages de cette nature et sur les quantités d'eaux drainées par les puits (équipés avec un certain type de revêtement) au niveau des calcaires du Barrois et de l'Oxfordien Carbonaté.

5.4.1.2.1 Méthode constructive des liaisons surface-fond

Le terrassement des descenderies au moyen de tunnelier permet de réaliser à l'avancement la pose des voussoirs (avec mise en œuvre de produits de bourrage et de joints d'étanchéité) pour isoler le tunnel des arrivées d'eau souterraine et réduire l'effet de drainage des nappes traversées. Pour les puits, des investigations supplémentaires incluses dans l'opération de caractérisation et de surveillance environnementale ont pour objectif de statuer sur la méthode de construction retenue au regard d'une analyse technico-environnementale.

Le puits d'extraction d'air vicié (VVE) des ouvrages souterrains est étanche sur toute sa hauteur et n'est donc pas sujet aux infiltrations d'eaux d'exhaure. L'étanchéité est réalisée au moyen d'une virole (tubage) métallique implantée dans le revêtement béton. Cette disposition permet d'éviter tout risque de contamination des aquifères traversées et des terrains pendant la phase de fonctionnement.

Pour l'ensemble des quatre autres puits (VFE, VFT, VVT, MMT), les parois ne sont étanches que sur la partie la plus proche de la surface, jusqu'à la limite de la couche des Calcaires du Barrois. Ensuite ils sont de conception semi-étanche (soutènement et revêtement en béton armé ou béton fibré). Par conséquent, il est nécessaire de collecter et de gérer les eaux d'exhaure en fond des puits. Les deux descenderies, dont le creusement est effectué à l'aide de tunneliers, sont également de conception semi-étanche. Les têtes de descenderie, s'ancrant dans le kimméridgien et faisant l'objet d'injections, sont quant-à-elles étanches. Leur revêtement, hors Callovo-Oxfordien, est constitué par des anneaux de voussoirs en béton armé préfabriqués, de 40 cm d'épaisseur (conception rigide). Ces voussoirs, munis de joints d'étanchéité et complétés par des injections périphériques au coulis, sont assemblés et boulonnés entre eux.

5.4.1.2.2 Réalisation d'un bouchon d'étanchéité

Toutes les liaisons surface-fond du centre de stockage Cigéo sont susceptibles de mettre en communication différents aquifères.

Pour y remédier, un « bouchon d'étanchéité » (ou bulbe d'étanchéité) composé d'un matériau gonflant en présence d'eau (matériau bentonitique) est mis en place à l'interface entre les différentes couches géologiques traversées par les liaisons surface-fond. En gonflant, il assure l'étanchéité entre le massif en béton des liaisons et le terrain (cf. Figure 5-11).

Pour les puits, un premier bulbe d'étanchéité est mis en place au toit du Kimméridgien. Pour limiter les arrivées d'eau dans le Callovo-Oxfordien et pour l'ensemble des liaisons surface-fond, un second bulbe d'étanchéité est mis en place au toit de celui-ci. Ces bulbes d'étanchéité se composent d'injections de collage et d'un matériau hydrogonflant (composé de bentonite, un matériaux argileux caractérisée par sa capacité de gonflement en présence d'eau et une très faible perméabilité, d'où sa capacité d'étanchéité) placé à l'extrados d'un revêtement épais coulé en place. L'injection de collage permet de combler les vides de la zone endommagée par le creusement. Le composé à base de bentonite, de par sa capacité de gonflement en présence d'eau (hydrogonflant) permet de recomprimer le terrain sous la pression de bentonite pour en améliorer l'étanchéité.

La figure 5-11 et la figure 5-12 présentent, à titre illustratif, la localisation et le détail correspondant aux deux bulbes d'étanchéité mis en œuvre pour chaque puits.

5.4.1.2.3 Mise en place d'un système de gestion des eaux collectées dans les liaisons surface-fond

Au fur et à mesure de la réalisation des liaisons surface-fond en phase de construction initiale et en phase de fonctionnement du centre de stockage Cigéo, des caniveaux et des gouttières récupèrent et acheminent de manière gravitaire les éventuelles eaux collectées dans les liaisons surface-fond vers des rétentions. Ces rétentions sont situées à l'écart des zones de stockage des colis de déchets radioactifs pour éviter tout risque de contamination.

Deux collecteurs récupèrent les eaux d'exhaure auprès d'une rigole annulaire située en zone basse du puits (cf. Figure 5-10).

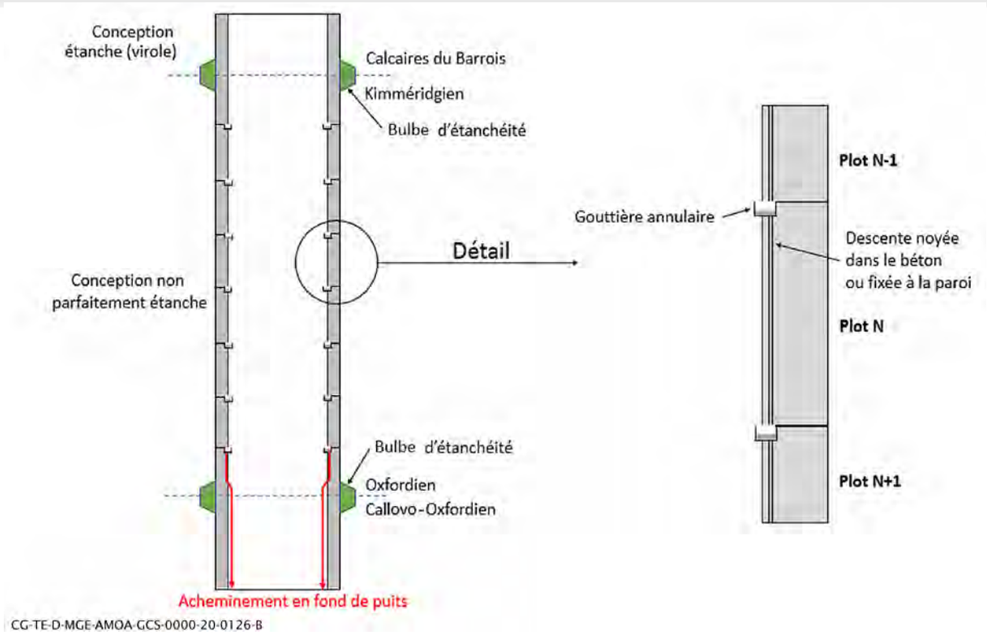


Figure 5-10 Schéma de principe de la collecte des eaux d'infiltration pour les puits semi-étanches)

Les eaux de fond regroupent les eaux d'exhaure conventionnelles et les eaux industrielles, générées en zone souterraine :

- les eaux d'exhaures conventionnelles sont issues :
  - ✓ des drains des descenderies colis et service ;
  - ✓ de la zone travaux en fond (collecte des puits VVT, VFT et MMT) ;
  - ✓ du collecteur d'égouttures du puits VFE (au niveau de l'accès à la partie Cox, en zone exploitation) ;
- les eaux industrielles produites en fond sont issues :
  - ✓ des eaux de lavage des engins ;
  - ✓ des eaux de la centrale à béton de secours ;
  - ✓ des tests de prises d'eau d'incendie ;
  - ✓ les eaux de lavage des équipements du tunnelier (nettoyage de conduites de mortier de bourrage et brumisation en tête de coupe pour le fonçage hors Cox).

La quantité d'eaux de fond maximale générée est estimée à 361 m^3/jour en phase de construction initiale (zone puits et zone descenderie) et à 251 m^3/jour en phase de fonctionnement (zone puits et zone descenderie).

La gestion des eaux de fond a deux incidences principales sur les eaux souterraines :

- le pompage des eaux d'exhaure a une incidence quantitative sur la nappe. Le pompage entraîne un cône de rabattement, plus ou moins important, pouvant engendrer des modifications du niveau de la nappe ;
- le risque de pollution et modification de la qualité des eaux souterraines, directement des eaux de fond vers la nappe ou bien *via* le rejet des eaux de fond dans les eaux superficielles puis par transfert vers les eaux souterraines (cf. Chapitre 5.4.2.4 du présent volume).

L'ensemble des eaux générées au sein des ouvrages souterrains de stockage fait l'objet d'une gestion mutualisée sur chaque installation de surface du centre de stockage Cigéo. Les eaux sont collectées et remontées par canalisations avant leur traitement en surface pour une réutilisation au sein des installations du centre de stockage Cigéo ou un rejet au milieu naturel. Le principe de collecte sépare les effluents dits conventionnels (vers le réseau) des effluents dits non conventionnels (vers un système de cuves) (cf. Chapitre 5.4.2.4 du présent volume).

La remontée et le traitement des eaux de fond en surface permettent de limiter le risque de pollution direct des eaux souterraines ou bien par transfert des eaux superficielles vers les eaux souterraines.

5.4.1.2.4 Modalité de suivi

Un suivi des modalités de travaux sera réalisé.

Un réseau de suivi quantitatif et qualitatif adapté aux enjeux de la nappe des calcaires du Barrois et aux incidences potentielles de l'opération du projet global Cigéo considérées sera mis en place.

En plus du suivi quantitatif et qualitatif des eaux souterraines, le suivi du débit des eaux d'exhaure est entrepris.

La définition précise du protocole de suivi (fréquence de suivi du débit) sera menée avec les services de l'État lors de l'instruction des dossiers de demandes d'autorisation environnementale pour le lancement des travaux.

Ce suivi perdure pendant le fonctionnement et jusqu'à la fermeture du centre de stockage Cigéo et son démantèlement.

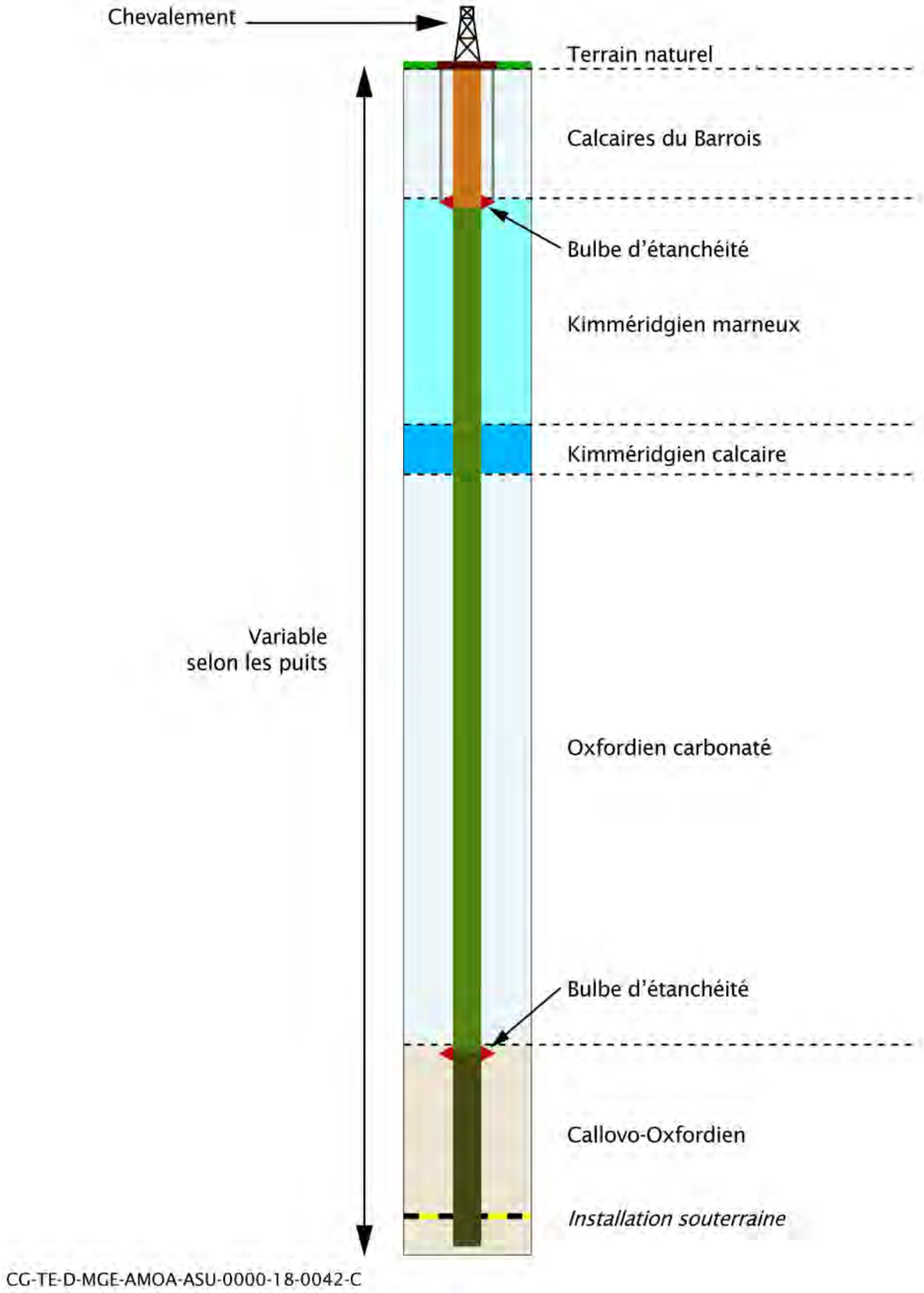


Figure 5-11 *Principe de construction des puits pour éviter la mise en communication des aquifères traversés*

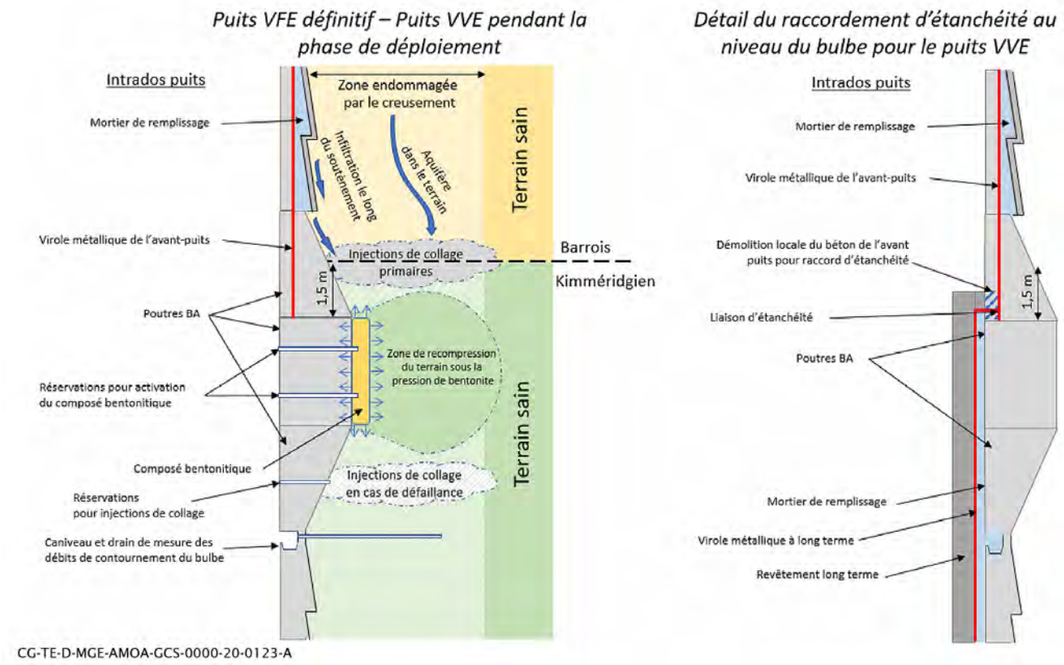


Figure 5-12 *Vue en coupe d'un bulbe d'étanchéité*

5.4.1.3 Dispositions liées au creusement et à la réception des forages/piézomètres

Mesure de réduction : dispositions constructives adaptées pour le creusement des forages/piézomètres			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Eaux souterraines	Andra	Centre de stockage Cigéo – INB (ZD, ZP et ZIOS)	APR, CI, F

La mise en place de forages est prévue pour pomper et drainer les eaux d'exhaure dans la nappe du Barrois et dans la nappe de l'Oxfordien au niveau des zones puits et descenderie lors de la phase de construction initiale.

La réalisation de forages et de piézomètres est également prévue pour des opérations de caractérisation et de surveillance environnementale du centre de stockage Cigéo, dès la phase d'aménagements préalables et jusqu'en phase de construction initiale.

Lors du creusement des forages/piézomètres, il existe un risque de pollution potentielle de la nappe d'eau souterraine. Le dispositif de creusement est conçu pour limiter ce risque de pollution. Par ailleurs, pendant les travaux, les sources de pollution devront être éloignées de la tête de forage. Les accès et stationnements des véhicules, les stockages d'hydrocarbures et autres produits susceptibles d'altérer la qualité des eaux seront choisis en vue de limiter tout risque de pollution pendant le chantier.

L'ouvrage retenu (forage/piézomètre) est adapté à la profondeur de la nappe captée. Il est conçu, construit et exploité dans les règles de l'art et comprend notamment :

- de l'argile à l'extrados du tubage plein et un massif cimenté en tête incluant le scellement de la tête métallique de protection pour limiter les possibilités d'introduction de l'eau de mauvaise qualité ou une substance dangereuse et de polluer la nappe d'eau souterraine (ruissellement, inondation, vandalisme) ;
- une protection de la tête de l'ouvrage adaptée à sa taille (capot cadenassé, protection par un plot scellé ou tout autre dispositif) pour limiter la destruction des têtes d'ouvrages par accident (engin, véhicule, chute d'arbre…) ;
- un bouchon cimentation de l'espace annulaire, ou bouchon d'étanchéité, (comme pour les liaisons surface-fond) pour les forages profonds participant au plan de surveillance du centre de stockage Cigéo. La cimentation de l'espace annuaire en dehors de l'horizon capté permettra d'isoler la nappe captée des eaux de nappes moins profondes qui peuvent présenter des risques de pollution.

Modalité de suivi

Un suivi des modalités de travaux sera réalisé.

Un réseau de suivi quantitatif et qualitatif adapté aux enjeux des nappes d'eau concernées et aux incidences potentielles de l'opération du projet global Cigéo considérées sera mis en place.

Le creusement et le contrôle de l'avancement sont entrepris pour veiller à la non mise en relation hydraulique de différentes masses d'eau (par exemple, conception de l'ouvrage avec une colonne isolant la masse d'eau visée des masses d'eau sus-jacentes). Des diagraphies de contrôle cimentation à la réception des ouvrages pourront permettre de s'assurer de la mise en place correcte de la cimentation annulaire assurant l'étanchéité depuis la surface ainsi que la séparation des différents aquifères traversés.

Concernant les opérations de caractérisation et de surveillance environnementale réalisées en dehors du centre de stockage Cigéo, les forages respectent les dispositifs liés au creusement des forages/piézomètres.

5.4.1.4 Mise en place d'un système de gestion des eaux souterraines lors des travaux de terrassements

Mesure de réduction : mise en place d'un système de gestion des eaux souterraines lors des travaux de terrassements			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Eaux souterraines	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZP, ZD, LIS, ITE)	APR, CI, F
	RTE	Alimentation électrique	APR
	SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau	
	SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000	
	CD52	Déviation de la route départementale D60/960	

Différentes modalités de travaux lors les terrassements sont prévus pour capter la nappe d'eau souterraine, puis rejeter les eaux vers le milieu naturel, permettant de limiter l'incidence sur la ressource par une restitution des eaux au milieu :

- réalisation de fossés de pied de déblais captant les éventuelles arrivées d'eau des talus ; cette mesure est mise en œuvre dès le démarrage des travaux de la phase d'aménagements préalables ;
- réalisation d'éperons ou masques drainants lorsque des circulations d'eau sont recoupées dans des déblais ;
- mise en place d'un système de couche drainante ou de drains transversaux au niveau des infrastructures linéaires (liaison intersites, installation terminale embranchée, ligne ferroviaire 027000, déviation de la route départementale D60/960) pour intercepter ces remontées d'eau, notamment à la base de la chaussée.

Ces eaux reprises dans le dispositif de collecte, stockage et traitement des eaux pluviales sont dirigées vers le milieu naturel (cours d'eau, fossé ou thalweg) le plus proche. Aucune réinjection dans la nappe n'est prévue dans ce cas.

Pour le cas spécifique des tranchées, certaines modalités de travaux sont mises en œuvre comme :

- le comblement des tranchées avec des matériaux appropriés et correctement tassés afin de ne pas créer de drainage de la nappe surtout au niveau des tranchées des liaisons électriques enterrées ;
- la mise en place de bouchons étanches, dans les pentes de la tranchée des liaisons électriques souterraines, permettant d'éviter les circulations d'eau en lien avec l'effet drainant de la tranchée.

Pour les zones de travaux nécessitant une mise hors d'eau des fouilles pour permettre le terrassement et la construction de l'ouvrage, le rabattement temporaire de la nappe sera assuré par un dispositif de pompage (puits de rabattement) ou un batardeau. Toutes les eaux provenant de la phase d'excavation de la fouille protégée par le batardeau ou des puits de rabattement de nappe et potentiellement chargées en matières en suspension sont évacuées vers le dispositif d'assainissement provisoire des eaux pluviales, le plus proche, avant rejet dans le milieu.

Toutes les mesures de réduction en lien avec les modalités de travaux lors des terrassements permettent de réduire l'ensemble des incidences sur les eaux souterraines.

Modalité de suivi

Un suivi des modalités de travaux sera réalisé.

Un réseau de suivi quantitatif et qualitatif adapté aux enjeux de la nappe des calcaires du Barrois et aux incidences potentielles de l'opération du projet global Cigéo considérées sera mis en place.

En plus du suivi quantitatif et qualitatif des eaux souterraines, le suivi du débit des eaux d'exhaure est entrepris.

La définition précise du protocole de suivi (fréquence de suivi du débit) sera menée avec les services de l'État lors de l'instruction des dossiers de demandes d'autorisation environnementale pour le lancement des travaux.

Ce suivi perdure pendant le fonctionnement et jusqu'à la fermeture du centre de stockage Cigéo et son démantèlement.

5.4.1.5 Limitation des surfaces imperméabilisées et du ruissellement

Mesure de réduction : limitation des surfaces imperméabilisées et du ruissellement			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Eaux superficielles	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZP, ZD, LIS, ITE)	APR, CI, F
	RTE	Alimentation électrique	APR
	SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau	
	SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000	
	CD52	Déviation de la route départementale D60/960	

L'imperméabilisation des sols induit une augmentation du coefficient de ruissellement des eaux entrainant une hausse du volume d'eau à l'aval. Afin de réduire cet effet, la limitation des surfaces imperméabilisées a été recherchée au maximum pour l'ensemble des opérations et phases du projet global Cigéo. De nombreuses mesures permettent de diminuer les surfaces imperméabilisées et donc l'incidence sur le volume d'eau collecté :

- **décapage progressif pour éviter une mise à nu de la totalité des zones d'intervention potentielle**

  Lors des terrassements et pour éviter une mise à nu de la totalité de la zone d'intervention potentielle, le décapage des surfaces est progressif au fur et à mesure de l'avancement du chantier ;
- **création d'espaces verts au sein des zones artificialisées** (cf. Chapitres 3 et 14 du présent volume de l'étude d'impact)

  Dès la fin des aménagements préalables, une stratégie de végétalisation de l'ensemble des zones d'intervention potentielle des installations de surface du centre de stockage Cigéo ne faisant plus l'objet de travaux en phase de construction initiale est entreprise.

  Les espaces verts non raccordés aux dispositifs de stockage et de rejet régulé des eaux pluviales sont conçus pour limiter ou retarder les ruissellements (gestion alternative des eaux pluviales à la parcelle) par infiltration directe des eaux dans le sol ;
- **végétalisation des verses après remblais** (cf. Chapitres 6.3 et 14.1.4 du présent volume de l'étude d'impact)

  Au droit des verses en zone puits, le sol est reconstitué par la mise en œuvre de couches successives dont la nature et l'épaisseur dépendent des aménagements paysagers prévus. La végétation en surface va ralentir l'écoulement et favoriser le dépôt des particules sur lesquelles les polluants sont fixés. Elle permet également de lutter contre l'érosion des verses et d'éviter que les eaux de ruissellement soient chargées en matières en suspension.

  La végétalisation est progressive, les verses encore non végétalisées bénéficient d'un réseau de collecte des eaux de ruissellement avant traitement spécifique ;

- **création de toitures végétalisées** (cf. Chapitre 2.1.2 du présent volume)

  La conception architecturale des ouvrages du centre de stockage Cigéo se base sur la démarche développement durable retenue pour le centre de stockage Cigéo et prévoit notamment la mise en place de toitures végétalisées sur certains bâtiments. Ces dernières participent au parti pris en termes de paysage et d'intégration de ces ouvrages, en améliorant les performances thermiques et jouent un rôle très intéressant en matière de régulation des eaux de pluie. Elles retiennent une partie des eaux de pluie (rôle de stockage) favorisent le phénomène d'évapotranspiration et réduisent de fait les rejets liquides ;

- **optimisation de la zone d'intervention potentielle du centre de stockage et réduction des emprises de travaux le long de la ligne électrique 400 kV** (cf. Chapitre 3.3.2 du présent volume)

  Les emprises de chantier sont limitées au strict nécessaire (pistes, plateformes, zones de travaux aux pieds des supports), en particulier dans le cadre de l'opération d'alimentation électrique.

Dans le respect des contraintes de sécurité et de fonctionnement du centre de stockage Cigéo (cf. Chapitre 2.6 du volume II de la présente étude d'impact), plusieurs optimisations limitant les surfaces imperméabilisées ont été mises en place :

- ✓ création d'un parking silo sur plusieurs étages en zone puits à la place d'un parking extérieur ;
- ✓ mutualisation de certaines installations entre zone puits et zone descenderie. Ainsi, l'accueil du public, la délivrance des autorisations d'accès et l'essentiel des services administratifs de l'ensemble du centre de stockage sont regroupés dans la zone descenderie. Ce choix a permis de limiter l'emprise de la zone puits ;
- ✓ création d'une liaison intersites groupant côte à côte les voies pour les véhicules légers, les poids lourds et le convoyeur ;
- ✓ localisation des installations de chantiers des zones puits et descenderie au sein des zones d'intervention potentielle à la phase de fonctionnement ;
- ✓ utilisation du tracé actuel de la route départementale D960 comme axe principal de desserte à l'intérieur de la zone descenderie.

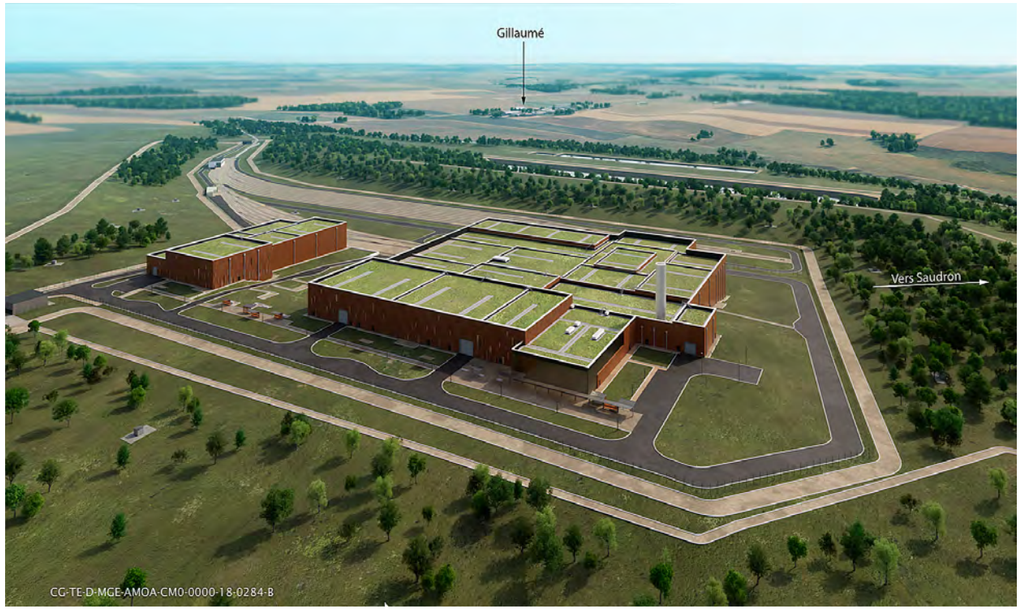


Figure 5-13 Exemple de configuration possible du bâtiment EP1 et de la tête de descenderie

La surface utilisée pour les zones d'intervention potentielle est ainsi optimisée. Elle se limite au strict nécessaire, en particulier lors des différentes activités de la phase d'aménagements préalables.

CARACTERISATION DES DIFFERENTS TYPES DE SURFACES

Il existe trois types de surfaces entrant en ligne de compte dans le dimensionnement des dispositifs d'assainissement :

- **surface remaniée** : il s'agit de l'emprise maximale faisant l'objet des différents travaux, cette surface est au maximum égale à la superficie de la zone d'intervention potentielle, zone qui identifie les emprises provisoires ou définitives sur lesquelles les travaux ou installations sont susceptibles de s'étendre en surface ou en souterrain (périmètre prévisionnel des travaux, installations de chantier…). Aucun travaux n'est entrepris en dehors de la zone d'intervention potentielle. Cette surface est prise en considération pour le dimensionnement des dispositifs d'assainissement provisoire ;
- **surface artificialisée** : selon la définition de l'Insee, les sols artificialisés recouvrent les sols bâtis, les sols revêtus et stabilisés (routes, voies ferrées, parkings, chemins, etc.), ainsi que les mines, carrières, décharges, chantiers, terrains vagues et espaces verts artificiel). Dans cette surface sont incluses la surface imperméabilisée d'une part et les autres surfaces remaniées potentiellement perméables (espaces verts notamment) ;
- **surface imperméabilisée** : il s'agit de la surface sur laquelle le ruissellement des eaux pluviales est prépondérant avec une infiltration nulle ou très limitée. Cette surface correspond aux zones bétonnées, aux routes, parkings, toits des bâtiments… Cette surface est utilisée pour le dimensionnement des dispositifs définitifs d'assainissement.

Ainsi selon la phase du projet global Cigéo, la répartition des trois surfaces au sein de la zone d'intervention potentielle du centre de stockage Cigéo évolue. La situation en fin de construction initiale sur l'emprise du périmètre INB est présentée dans le tableau 5-7. Les différentes surfaces figurent au tableau 5-8. Le même type de répartition concernant les opérations des autres maitres d'ouvrage et l'opération de caractérisation et de surveillance environnementale sous maîtrise d'ouvrage Andra constitue le tableau 5-9.

Tableau 5-7 Tableau de l'occupation des sols et situation en fin de construction initiale sur l'emprise des périmètres INB

Périmètre INB (Occupation des sols et situation en fin de construction initiale)	Occupation actuelle du sol					Opérations à réaliser	Situation en fin de construction initiale		
	Agricole	Bois et Bosquets	Milieux naturels (rudérale, fourrés, pelouse, hydro…)	Milieux artificiels (routes, chemins, bâti, parking…)	Total	Surface à déboiser	Surface artificialisée	Surface à remanier	Surface imperméabilisée
Zones	Surface (ha)	Surface (ha)	Surface (ha)	Surface (ha)	Surface (ha)	Surface (ha)	Surface (ha)	Surface (ha)	Surface (ha)
ZD-INB-Surface	102,4	0,7	0,2	4,6	107,9	0,8	107,9	107,9	28,5
ZP-INB-Surface	0,0	95,6	0,0	1,7	97,3	94,2	95,9	95,9	23,8
ZIOS-INB-Surface	1 509,2	1298,3	3,3	60,6	2 871,4	178,5	230,1	243,4	41,4

Tableau 5-8 Tableau des différents types de surfaces au sein de la zone d'intervention potentielle du centre de stockage Cigéo

Installation du centre de stockage Cigéo	Surface de la zone d'intervention potentielle (en ha)	Surface remaniée (en ha)	Surface artificialisée (en ha)	Surface imperméabilisée (en ha)	Surface imperméabilisée en fin de construction initiale par rapport à la surface de la zone d'intervention potentielle (%)	Surface imperméabilisée en fin de construction initiale par rapport à la surface des bassins versants		
		Valeur maximale en phase d'aménagements préalables	Valeur maximale atteinte en fin de construction initiale	Valeur maximale atteinte en fin de construction initiale		L'Orge de sa source au confluent de la Saulx (exclu)	L'Ormançon de sa source au confluent de l'Ornain (exclu)	L'Ornain du confluent de l'Ognon (exclu) au confluent de l'Ormanèon (exclu)
Zone descenderie	296	269 Préservation d'une partie de l'emprise en limite sud de la zone (proximité de l'Orge)	231 Comprend des zones pour la compensation écologique	50 dont 2,5 ha de voiries 1,9 ha de parking	17 %	0,5 %	0 %	0 %
Zone puits	258	136 Préservation de la bande boisée en limite de la zone	210 ha	33 dont 1,6 ha de voiries	13 %	0,04 %	0,7 %	0 %
Liaison intersites	46	23 Travaux sur toute la surface de la zone d'intervention	25	14 Correspond à la bande de roulement de la voie privée, de la voie publique et du convoyeur semi-enterré	30 %	0,07 %	0,2 %	0 %
Installation terminale embranchée	121	53 Travaux sur toute la surface de la zone d'intervention	60	19 Correspond à des zones spécifiques, la voie en ballaste perméable favorisant l'infiltration des eaux pluviales n'est pas comprise dans la surface imperméabilisée	16 %	0,1 %	0,2 %	0 %

Pour le centre de stockage Cigéo, les zones d'interventions potentielles représentent 721 ha. En termes d'occupation du sol, il résulte à l'issue de la phase d'aménagements préalables et de celle de construction initiale :

- l'artificialisation d'environ 526 ha dont 116 hectares de surface imperméabilisée ;
- la conservation d'environ 52 ha de milieux naturels ;
- la préservation d'environ 91 ha de surface agricole dont environ 24 ha se trouvent en zone descenderie et le reste aux abords de l'installation terminale embranchée et de la liaison intersites.

Tableau 5-9 Tableau des différents types de surfaces au sein de la zone d'intervention potentielle des opérations des autres maîtres d'ouvrage et de l'opération de caractérisation et de surveillance environnementale sous maitrise d'ouvrage Andra

Opérations des autres maitres d'ouvrage	Surface de la zone d'intervention potentielle (en ha)	Surface remaniée (en ha)	Surface artificialisée (en ha)	Surface imperméabilisée (en ha)	Surface imperméabilisée en fin de construction initiale par rapport à la surface de la zone d'intervention potentielle (%)
		Valeur maximale en phase d'aménagements préalables	Valeur maximale atteinte au démarrage de l'exploitation de l'infrastructure	Valeur maximale atteinte au démarrage de l'exploitation de l'infrastructure	
Alimentation électrique (poste de transformation 400/90 kV)	6	6	6	4	66 %
Mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000	43	28	14	14	32 %
Adduction d'eau	1	1	1	1	100 %
Déviation de la route départementale D60/960	10	9,5	9,5	9,5	95 %
Opération de caractérisation et de surveillance environnementale	2	2	2	2	100 %

L'infiltration de l'eau au niveau des zones de surface du centre de stockage Cigéo reste possible : en effet, le centre de stockage Cigéo ne présente qu'une imperméabilisation moyenne d'environ 17 % des installations de surface (surface imperméabilisée en fin de construction initiale par rapport à la surface de la zone d'intervention potentielle).

Pour les opérations des autres maitres d'ouvrage, l'imperméabilisation du sol est limitée au poste de transformation 400/90 KV, aux futurs rétablissements au droit de la ligne ferroviaire 027000, à la création de postes de relevage pour l'opération d'adduction d'eau (hypothèse prise d'un cumul d'un hectare) et à la déviation de la route départementale D60/960 sur son option la plus longue impliquant un franchissement de l'Orge. Concernant l'opération de caractérisation et de surveillance environnementale sous maitres d'ouvrage Andra, il est considéré quatre plateformes d'un demi-hectare en dehors des emprises du centre de stockage Cigéo pour la mise en place de forage.

La réduction de l'imperméabilisation et de l'artificialisation liée au projet global Cigéo est complémentaire de la mesure « Mise en place d'une gestion quantitative des eaux pour une non aggravation du risque d'inondation en aval des points de rejet » (cf. Chapitre 5.4.1.6 du présent volume). L'incidence résiduelle sur l'imperméabilisation est présentée au chapitre 5.5.1 du présent volume.

Ces mesures permettent de réduire l'incidence lié à l'imperméabilisation des sols et donc la diminution de l'infiltration d'eau dans les nappes.

Modalité de suivi

Un suivi sera réalisé de la conception jusqu'à la fermeture :

- suivi régulier des superficies imperméabilisées et végétalisées ;
- suivi régulier de la superficie des verses ;
- suivi de la répartition de l'occupation du sol et notamment des emprises imperméabilisées et végétalisées ;
- suivi de l'intégration de toitures végétalisées au centre de stockage Cigéo.

5.4.1.6 Mise en place d'une gestion quantitative des eaux pluviales pour une non-aggravation du risque d'inondation en aval des points de rejet

Mesure de réduction : mise en place d'une gestion quantitative des eaux pluviales pour une non aggravation du risque d'inondation en aval des points de rejet

Facteur(s) environnemental(aux)	MOA(s)	Opération(s)	Phase(s)
Eaux superficielles	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZD, ZP, ITE)	APR, CI, F
	RTE	Alimentation électrique	APR, CI, F
	SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau	
	SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000	
	CD52	Déviation de la route départementale D60/960	

Afin d'éviter toute aggravation du risque d'inondation en aval des points de rejet, des dispositifs de gestion des effluents liquides adaptés sont mis en œuvre.

Le rejet vers le milieu naturel est régulé par les bassins quantitatifs, mis en place au droit des secteurs imperméabilisés de la zone descenderie et de la zone puits, conçus pour ne pas augmenter le débit des cours d'eau récepteurs. La méthodologie de dimensionnement des ouvrages de gestion des eaux pluviales est présentée au chapitre 5.2.2.4 du volume VII de la présente étude d'impact. Les bassins quantitatifs sont dimensionnés par la méthode des pluies. Les calculs d'écrêtement permettent de dimensionner des bassins capables de maîtriser l'incidence de l'imperméabilisation et de limiter ainsi le risque d'inondation à l'aval.

Le débit spécifique d'un cours d'eau en un point est son débit par unité de superficie du bassin versant situer en amont de ce point (L/s/ha). Il permet de comparer des cours d'eau situés sur des bassins versants différents et les capacités d'infiltration des eaux de ces bassins versants.

L'imperméabilisation des sols entraîne une diminution de la quantité d'eau pluviale infiltrée et donc une augmentation du débit spécifique.

Sur le centre de stockage Cigéo, l'eau pluviale sur les surfaces imperméabilisées est collectée et transférée vers des bassins qualitatifs pour traitement, puis vers des bassins quantitatifs qui régulent le débit de rejet. Pour les surfaces non imperméabilisées, soit les eaux ruissellent et s'infiltrent naturellement (gestion alternative à la parcelle), soit elles sont collectées et rejoignent le réseau de collecte des eaux pluviales.

En phase de fonctionnement avec le déploiement de toutes les verses, les points de rejets liquides dans le milieu naturel concernés associé à un bassin quantitatif de type « étanche » dimensionné pour une pluie centennale (cf. Figure 5-17) se font :

- par des ouvrages de diffusion (fossés) :
  - ✓ trois rejets de la zone puits vers l'Ormançon, l'un pour les eaux pluviales, les eaux usées traitées et les eaux de fond traitées et deux autres pour les eaux de ruissellement des verses ;
  - ✓ un rejet de la zone descenderie sud vers l'Orge pour les eaux pluviales du bassin versant correspondant ;
- par une canalisation :
  - ✓ un rejet de la zone descenderie nord vers La Bureau pour les eaux pluviales du bassin versant correspondant, les eaux usées traitées et les eaux de fond traitées.

Ces bassins quantitatifs ont une capacité globale de l'ordre de 100 000 m³ en zone descenderie et 64 000 m³ en zone puits avec Z1 et Z2 des verses.

Les ouvrages de rejet permettent de réguler de manière passive le débit des eaux rejetées dans le milieu naturel.

Pour la liaison intersites, le même principe de non-aggravation des risques d'inondation est appliqué avec la mise en place de bassins quantitatifs régulant le débit rejeté pour une pluie décennale avec :

- un bassin quantitatif avec un rejet sud par canalisation vers La Bureau ;
- un bassin quantitatif avec un rejet nord par un ouvrage de diffusion vers l'Ormançon.

Pour l'installation terminale embranchée, le même principe de non-aggravation des risques d'inondation est appliqué avec la mise en place de bassins quantitatifs régulant le débit rejeté par canalisation pour une pluie décennale avec deux bassins quantitatifs implantés dans le bassin versant amont de l'Orge et en dehors du périmètre de protection rapprochée du captage d'eau potable d'Échenay (département Haute-Marne).

Les surfaces imperméabilisées et non imperméabilisées collectées par les ouvrages de gestion des eaux pluviales sont présentées dans le tableau 5-10. L'écoulement des eaux est découpé, en phase de construction initiale et de fonctionnement :

- en zone puits en deux zones : nord et sud ;
- en zone descenderie en trois zones : nord, sud et sud Terminal ferroviaire fret (TFF).

Tableau 5-10 *Tableau des surfaces collectées par les différents bassins de gestion des eaux pluviales du centre de stockage Cigéo*

	ZD nord – rejet vers La Bureau	ZD sud - rejet vers l'Orge	ZD sud TFF - rejet vers l'Orge	ZP nord – rejet vers l'Ormançon	ZP sud – rejet vers l'Ormançon	LIS	ITE
Surfaces imperméabilisées (en ha), raccordées aux ouvrages de gestion des eaux pluviales	17	10	5	20	6	14	19
Surfaces non imperméabilisées (en ha), raccordées aux ouvrages de gestion des eaux pluviales	64	51	1	21	17	-	-
Surfaces totales (en ha), raccordées aux ouvrages de gestion des eaux pluviales	**81**	**61**	**6**	**41**	**23**	**14**	**19**

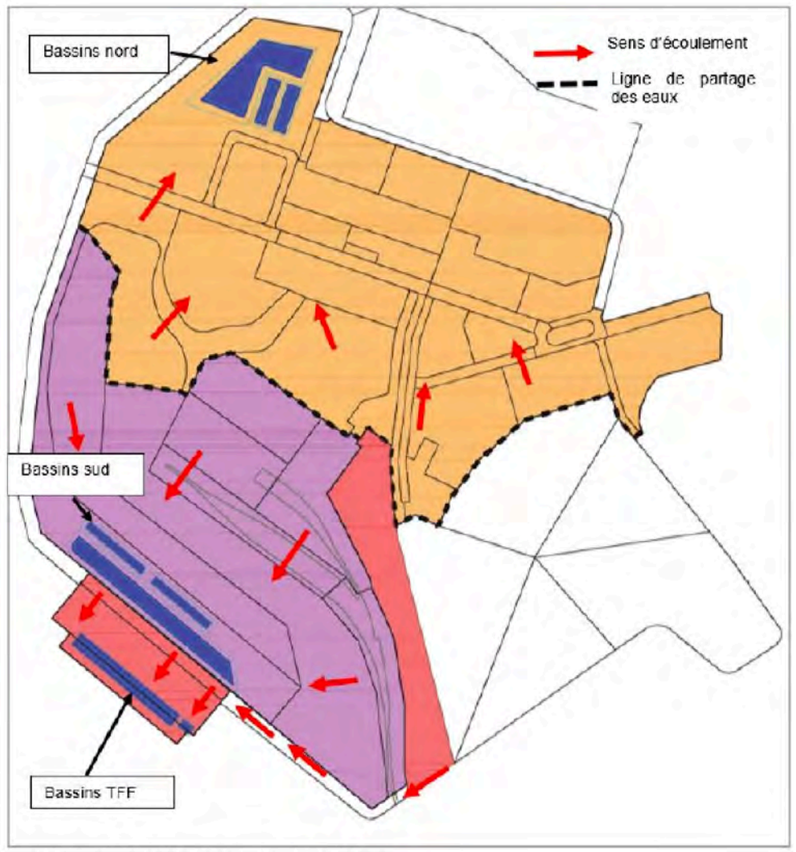


Figure 5-14 *Schéma d'écoulement des eaux en zone descenderie*

Figure 5-15 *Schéma d'écoulement des eaux en zone puits*

Contrairement aux eaux pluviales des surfaces imperméabilisées et non imperméabilisées présentées dans le tableau 5-10, celles collectées sur les zones blanches (localisées sur les figures ci-avant) ne transiteront pas par la filière de gestion des eaux pluviales. En zone descenderie, ces zones blanches ne seront pas imperméabilisées et correspondront à des espaces verts permettant l'infiltration des eaux pluviales. En zone puits, les zones blanches correspondent uniquement à certains fossés.

La filière de gestion des eaux pluviales actuellement à l'étude est schématisée dans la figure 5-16.

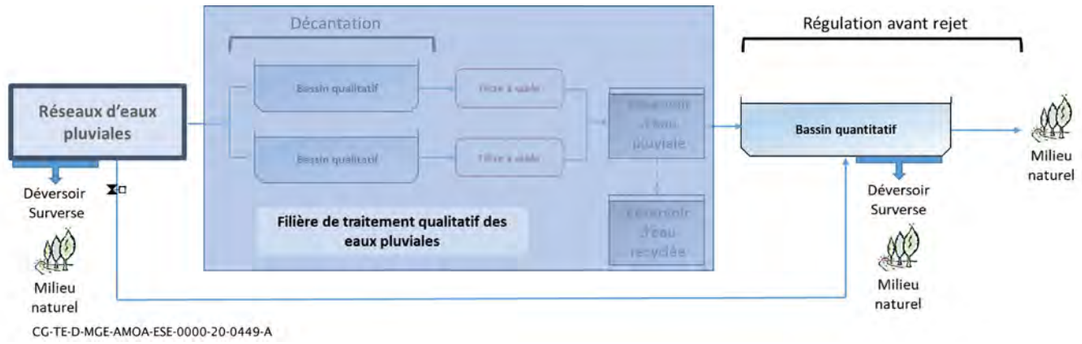


Figure 5-16 *Schéma illustratif de la filière de gestion quantitative des eaux pluviales (à partir de la phase de construction initiale)*

Le débit de fuite maximum retenu, dont la valeur est fonction de la pluie considérée (principe de régulation), est le suivant :

- pour une pluie décennale, le débit de fuite maximum retenu est de 3 L/s/ha, cette valeur est retenue pour le dimensionnement :
  - ✓ des bassins réalisés en phase d'aménagements préalables des zones descenderie et puits. Le bassin est associé à un réseau de collecte provisoire des eaux constitué de fossés longitudinaux le long des pistes et de fossés au niveau des entrées en terre. Les bassins provisoires sont réalisés au démarrage de la phase d'aménagements préalables et sont remplacés progressivement par les bassins définitifs des installations de surface du centre de stockage Cigéo ;
  - ✓ des bassins quantitatifs de la liaison intersites et de l'installation terminale embranchée ;
- pour une pluie centennale, le débit de fuite maximum retenu est de 6 L/s/ha ; cette valeur est retenue pour le dimensionnement des bassins quantitatifs définitifs des zones descenderie et puits.

Le débit régulé des eaux pluviales rejetées par le centre de stockage Cigéo est inférieur au débit spécifique naturel du bassin versant correspondant, c'est-à-dire au débit spécifique sans le centre de stockage (sans imperméabilisation de la zone). Ce principe permet de ne pas aggraver le risque d'inondation à l'aval du point de rejet.

Tableau 5-11 *Comparaison des débits régulés (L/s/ha) des eaux pluviales rejetées par le centre de stockage Cigéo et les débits spécifiques (L/s/ha) des bassins versants*

	Débit régulé	Débit spécifique naturel des bassins versants		
		Bureau	Ormançon	Orge
Pluie décennale	3 L/s/ha	8,589 L/s/ha	3,917 L/s/ha	4,231 L/s/ha
Pluie centennale	6 L/s/ha	15,037 L/s/ha	7,052 L/s/ha	6,856 L/s/ha

Les limites des bassins versants naturels considérés sont représentés sur la figure 5-17 et les limites des bassins versants collectés aux différents points de rejets de la zone puits et de la zone descenderie sont reportées sur la figure 5-14 et la figure 5-15.

Tous ces dispositifs de gestion des eaux pluviales du centre de stockage Cigéo sont conçus pour participer à la non-aggravation des risques d'inondation pour les personnes et les biens. Conformément au SDAGE Seine-Normandie 2022-2027 (22), la conception du dispositif de rejet des bassins quantitatifs du centre de stockage Cigéo est réalisée à partir des données du milieu naturel.

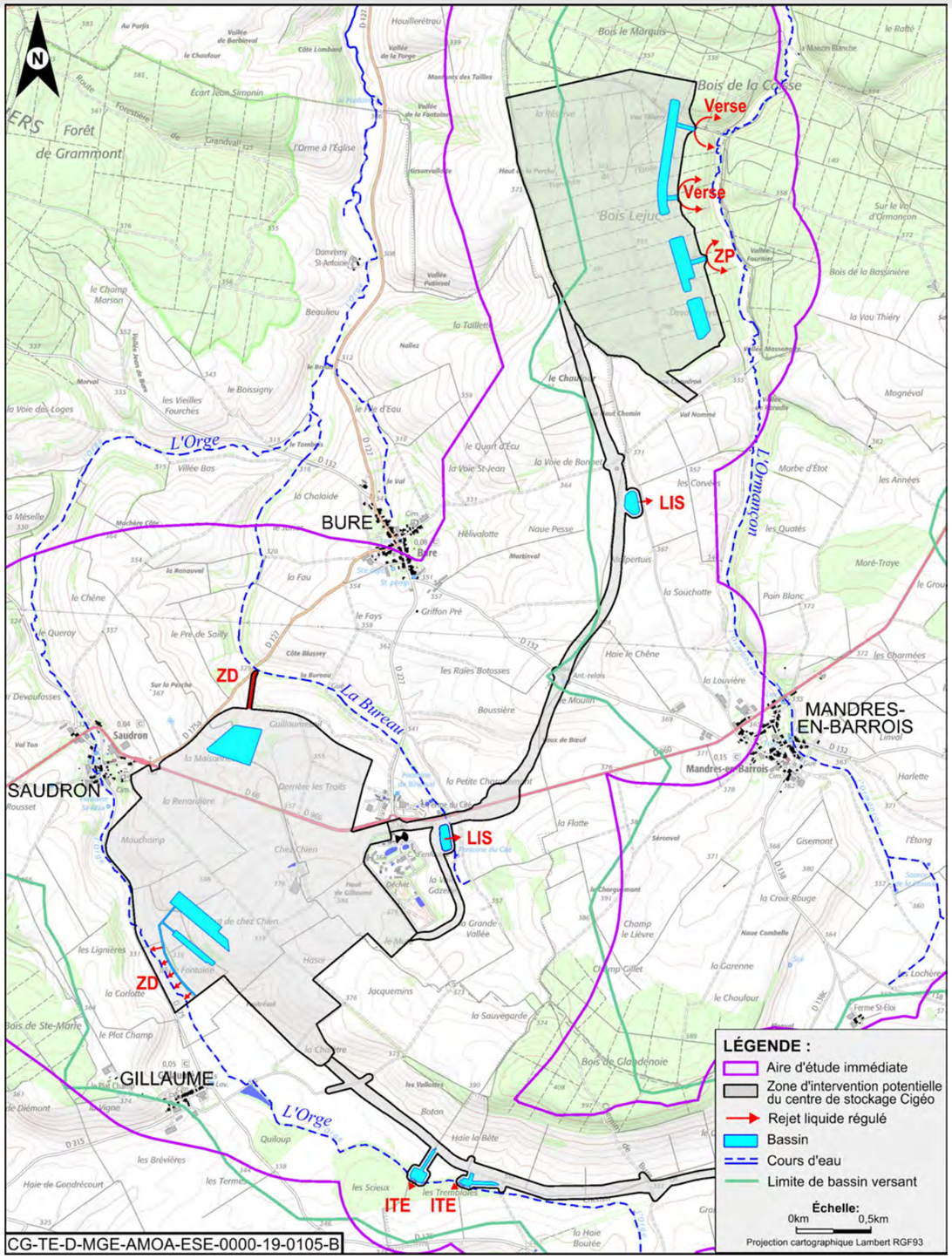


Figure 5-17 Carte de localisation des points de rejets liquides du centre de stockage Cigéo

Les méthodologies de dimensionnement des bassins quantitatifs et des débits de rejet figurent dans le chapitre 5.2.5 du volume VII « Méthode de réalisation de l'étude d'impact » de la présente étude d'impact ».

Les incidences résiduelles sur la capacité de stockage de l'eau dans les zones inondables et le risque d'inondation en aval (modélisation hydraulique de l'incidence résiduelle) sont présentés au chapitre 5.5.1.2 du présent volume.

Compte tenu du niveau de définition des opérations des autres maîtres d'ouvrage (alimentation électrique, adduction d'eau, remise à niveau de la ligne ferroviaire 027000 et déviation de la route départementale D60/960), cette mesure ne peut pas être décrite finement à ce stade. Le principe de non-aggravation des risques d'inondation sera précisé une fois les projets retenus, à l'issue des études de conception et de la participation du public à l'élaboration des projets.

Modalité de suivi

Un suivi des zones d'expansion des crues est mis en place en aval et en amont des points de rejet dans les eaux superficielles pendant la phase d'aménagements préalables de façon à surveiller et à contrôler l'absence d'incidence quantitative sur les personnes et les biens.

Lors de l'occurrence d'une crue de fréquence supérieure à la crue de fréquence décennale, une analyse fine est entreprise sur le fonctionnement des équipements mis en place et la vérification de l'absence d'incidence provoquée par les rejets du centre de stockage Cigéo.

Cette mesure de suivi perdure pendant le fonctionnement et jusqu'à la fermeture du centre de stockage Cigéo et son démantèlement.

5.4.1.7 Optimisation des dispositifs d'assainissement et des ouvrages hydrauliques en privilégiant la réhabilitation des ouvrages existants

Mesure de réduction : optimisation des dispositifs d'assainissement et des ouvrages hydrauliques en privilégiant la réhabilitation des ouvrages existants			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Eaux superficielles	Andra	Centre de stockage Cigéo (ITE)	APR, CI, F
	SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000	
	CD52	Déviation de la route départementale D60/960	

Cette mesure d'optimisation des dispositifs d'assainissement et des ouvrages hydrauliques en privilégiant la réhabilitation des ouvrages existants concerne l'installation terminale embranchée, la mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000 et la déviation de la route départementale D60/960.

Les travaux de mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000 n'impliquent aucune modification de tracé de la ligne existante. Le diagnostic réalisé par SNCF réseau révèle qu'actuellement les dispositifs d'assainissement et les ouvrages hydrauliques sont en mauvais état (état médiocre de la plateforme, traverses souvent très anciennes, ballast décompacté et présence de végétation). La mesure améliore la situation existante Son système de drainage est largement déficient et un quart des ouvrages hydrauliques doit être rénové pour limiter les incidences sur les eaux superficielles.

Concernant les travaux de déviation de la route départementale D60/960, cette mesure d'optimisation des ouvrages d'assainissement des eaux pluviales est prévue et sera précisée dans une version ultérieure de la présente étude d'impact. Cette dernière fera en effet l'objet, conformément à ce qui est explicité au chapitre 3.2.1 du volume I de la présente étude d'impact, d'actualisations au fur et à mesure de l'évolution des connaissances de l'ensemble des opérations du projet global, de l'intégration des conclusions des participations du public en cours ou à venir et de l'approfondissement de la conception du projet global Cigéo.

L'installation terminale embranchée n'est pas conçue en tracé neuf sur les 14 km de son linéaire mais comprend la réutilisation d'une plateforme ferroviaire sur 10 km. La réhabilitation du dispositif d'assainissement de l'ancienne infrastructure et des ouvrages de franchissement hydraulique évite des incidences nouvelles sur les eaux superficielles. Les ouvrages hydrauliques de rétablissement d'écoulement sont dimensionnés pour une pluie

centennale. Le drainage longitudinal de la plateforme ferroviaire existante est dimensionné pour une pluie d'occurrence décennale.

Sur les 15 ouvrages hydrauliques de traversée existants, cinq nécessitent de légers travaux de maçonnerie sur les têtes, six nécessitent la réalisation d'opérations d'entretien, et quatre ne requièrent aucune action.

Concernant le drainage longitudinal, la conservation des assainissements existants (fossés terre) en fond de déblai est privilégiée. La conception est réalisée de manière à ne pas modifier les talus de déblais existants qui ont des profondeurs importantes. En remblai et crête de déblai, la gestion existante des eaux est conservée.

Il n'est pas prévu de modifier la gestion existante des eaux de ruissellement. La mise en remblai du profil en long de la voie ferrée permet d'éviter la réalisation de dispositifs de rétention.

Modalité de suivi

Un suivi des modalités de travaux sera réalisé.

5.4.1.8 Ouvrage de franchissement hydraulique défini par rapport aux caractéristiques écologiques et hydrauliques des cours d'eau

Mesure de réduction : ouvrage de franchissement hydraulique défini par rapport aux caractéristiques écologiques et hydrauliques des cours d'eau			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Eaux superficielles	Andra	Centre de stockage Cigéo (LIS, ITE)	
	RTE	Alimentation électrique	
	SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau	APR, CI, F
	SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000	
	CD52	Déviation de la route départementale D60/960	

» DEUX AVANTAGES ENVIRONNEMENTAUX D'UN OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT

Cette mesure de conception permet de ne pas aggraver les risques d'inondation en aval et de préserver les corridors de déplacement de la faune aquatique et terrestre.

Le dimensionnement des ouvrages de franchissement hydraulique est déterminé en fonction des caractéristiques du cours d'eau concerné (débit spécifique, présence ou non d'un corridor écologique dans le cours d'eau et/ou sur les berges).

De plus, il ne doit pas :

- entraîner une modification du profil en long et de la section du lit mineur du cours d'eau concerné ;
- augmenter le risque de submersion des voiries et routes créées ;
- rendre inondables des zones qui ne le sont pas actuellement ;
- créer des zones d'érosion en aval des cours d'eau et des talwegs recoupés.

Centre de stockage Cigéo

Il n'existe pas de création d'ouvrage de franchissement hydraulique au sein de la zone descenderie et de la zone puits.

Il est actuellement retenu le principe d'un dimensionnement de l'ensemble des ouvrages de franchissement hydraulique pour une crue de fréquence centennale pour la liaison intersites et l'installation terminale embranchée dans sa partie en tracé neuf. Le détail des principes de dimensionnement figure dans le tableau 5-12.

En complément, des travaux de réhabilitation des ouvrages hydrauliques sur la plateforme ferroviaire existante reprise pour l'installation terminale embranchée sont prévus en cohérence avec la mesure d'évitement « Optimisation des dispositifs d'assainissement et des ouvrages hydrauliques en privilégiant la réhabilitation des ouvrages existants » (décrite au chapitre 5.4.1.7 du présent volume).

Dans le cadre des procédures administratives liées à ces ouvrages, les diagnostics pertinents seront réalisés et la nature des travaux à entreprendre sera adaptée aux résultats de ces diagnostics.

Tableau 5-12 Principe de dimensionnement des ouvrages hydrauliques pour les infrastructures linéaires du centre de stockage Cigéo

Bassin versant	Cours d'eau	Principe de dimensionnement des ouvrages de franchissement hydraulique par cours d'eau
La Saulx	Orge	Aucun franchissement hydraulique
	La Bureau	Franchissement hydraulique de la liaison intersites L'ouvrage existant au droit de la route départementale est composé de deux buses qui ne permettent pas le passage d'un débit Q100 et il existe un risque de submersion de la route existante. Le projet prévoit de mettre en œuvre une arche de dimensions 2,2 m x 3,5 m pour assurer la transparence hydraulique. L'ouvrage est dimensionné à Q100, ce qui permet de supprimer le risque de submersion pour un Q100. Ainsi, le projet reste transparent et ne modifie pas les conditions actuelles d'écoulements. De plus, l'ouvrage sera aménagé en fond de telle sorte qu'il conserve un radier enterré naturel, permettant la continuité sédimentaire du ruisseau. La réalisation de l'ouvrage hydraulique sur la Bureau risque d'avoir des incidences qualitatives significatives sur les milieux en aval. Cet ouvrage, en contact direct avec l'écoulement peut générer lors de sa mise en place, un entraînement très important de matières en suspension. En phase travaux mais également en exploitation, l'ouvrage hydraulique sur le cours d'eau entraine une modification définitive du profil en long et en travers du lit mineur du cours d'eau (topographie, pente, profil…). Cela peut entrainer des modifications sur les écoulements du cours d'eau. Pour limiter ces incidences, les travaux seront réalisés à sec pour faciliter le chantier. Dans le cas où le cours d'eau n'est pas à sec (lors de venue d'eau intempestive comme après le passage d'un orage par exemple), pour éviter l'entrainement de fines vers l'aval au moment des travaux, il y aura mise en place de batardeaux en amont et en aval de la zone de chantier, reliés par une canalisation. Les travaux seront réalisés de préférence à l'étiage.
	L'Ormançon	Aucun franchissement hydraulique
L'Ornain	Ruisseau de l'Étang	Travaux de réhabilitation de l'ouvrage actuel de franchissement hydraulique (occurrence de dimensionnement : 100 ans)
	Ruisseau de Naillemont	Les ouvrages hydrauliques risquent de concentrer les écoulements et de créer des phénomènes d'érosion vers l'aval. Ils seront donc équipés de fosses de diffusion côté aval des ouvrages hydrauliques, afin de répartir les écoulements sur toute la largeur du talweg naturel existant. De cette manière, en aval de la fosse de diffusion, l'écoulement retrouvera son fonctionnement d'origine, en nappe.
	Ru de l'Ognon	Aucun franchissement hydraulique

Opérations des autres maîtres d'ouvrage

Concernant l'opération d'alimentation électrique, il est important de rappeler que les cours d'eau recensés dont l'Aroffe, affluent de la Meuse, sont déjà franchis par la ligne aérienne. Ils ont fait l'objet d'une description proportionnée à l'état d'avancement des travaux de sécurisation de la ligne. Des précautions sont prises lors des travaux du possible franchissement de La Bureau par le faisceau des liaisons électriques enterrées. Afin de réduire significativement les risques sur les sols par la création de pistes provisoires et de plateformes, il est procédé à un passage préalable d'un écologue sur les zones de travaux afin de définir le cheminement de moindre impact pour la piste d'accès provisoire ou l'emplacement de moindre impact pour la mise en place de plateformes. Si l'accès à un support ou une zone de travaux, malgré la recherche de tracé alternatif, ne peut éviter le franchissement d'un cours d'eau, celui-ci sera réalisé par la mise en place d'un passage provisoire adapté aux caractéristiques hydrauliques et écologiques du cours d'eau traversé. Cette mesure de réduction se décline aussi de manière opérationnelle pour la réduction des incidences sur le milieu naturel.

Les travaux d'adduction d'eau sont principalement réalisés le long des infrastructures existantes. Plusieurs techniques de pose de canalisations peuvent être mises en œuvre et sont présentées en détail dans le chapitre 3.3.2 du volume II de la présente étude d'impact :

- en tranchée le long des routes (cf. Figure 5-18) ;
- en encorbellement le long de ponts existants ;
- en souterrain par fonçage ;
- en souterrain par forage dirigé.

Le choix de la technique est adapté aux enjeux en cas de franchissement du cours d'eau.

Figure 5-18 Trancheuse pour pose de canalisation

La ligne ferroviaire n° 027000 longe et traverse différents cours d'eau. Les ouvrages d'art enjambant les cours d'eau doivent faire l'objet de travaux de réfection. La liste est donnée dans le tableau 5-13 avec le point kilométrique de franchissement. Les travaux sont de différentes natures : réfection de l'étanchéité, travaux de peinture, réfection des maçonneries et bétons de certains ouvrages d'art, réparation des structures métalliques ou le remplacement de tabliers. Un renforcement ou remplacement de l'ensemble des ouvrages hydrauliques de type buse au droit du remblai ferroviaire est aussi prévu.

Tableau 5-13 Ouvrages de franchissement hydraulique existant le long de la ligne ferroviaire 027000

Bassin versant	Cours d'eau	Point de franchissement (pk)	Dimension des ouvrages
L'Ornain	L'Ornain	pk 0 + 970, 13 + 555, 14 + 076, 18 + 230,18 + 694, 19+373, 23+ 937, 27 + 934, 29 + 496, 32 + 560, 33 + 086	Sous réserve des études de conception après participation du public, pas de modification de la dimension des ouvrages hydrauliques
	Ru des Grandes Fontaines	pk 9 + 07	
	Canal de la Marne au Rhin	pk 9 + 45	
	Ormançon	pk 17 + 953	
	Un affluent sans nom de l'Ornain	pk 26 + 089	
	Ruisseau de Richecourt	pk 30 + 902	
	Ruisseau des Peux	pk 31 + 750	

Concernant l'opération de déviation de la route départementale D60/690, des précautions sont prises lors des travaux du possible franchissement de La Bureau et de l'Orge selon l'option retenue pour la déviation.

Modalité de suivi

Un suivi hydromorphologique des cours d'eau concerné par des rejets ou la mise en place d'un ouvrage de franchissement hydraulique (temporaire ou définitif) du centre de stockage est mis en place.

La définition du protocole de suivi (type de méthode utilisée, fréquence de suivi, cours d'eau concerné) sera menée avec les services de l'État lors de l'instruction des dossiers de demande d'autorisation environnementale préalablement au lancement des travaux.

Cette mesure de suivi perdure pendant le fonctionnement et jusqu'à la fermeture du centre de stockage Cigéo et son démantèlement.

5.4.1.9 Dispositifs assurant la transparence hydraulique des aménagements

Mesure de réduction : dispositifs assurant la transparence hydraulique des aménagements			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Eaux superficielles	Andra	Centre de stockage Cigéo (ITE, LIS)	APR, CI, F
	RTE	Alimentation électrique	
	SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau	
	SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000	
	CD52	Déviation de la route départementale D60/960	

La mise en œuvre de dispositifs de type buse hydraulique au droit des remblais permet d'éviter l'accumulation d'eaux pluviales en fond de vallon amont et donc potentiellement une inondation des terrains en amont.

Cette mesure permet d'éviter l'effet barrière sur les écoulements. Elle est applicable à l'ensemble des zones d'intervention potentielle en particulier au droit du tracé neuf en remblai de l'installation terminale embranchée dans la vallée de l'Orge. Les dispositifs de transparence hydraulique sont dimensionnés pour une crue centennale.

Une analyse a été réalisée pour vérifier la capacité, la structure et la résistance des ouvrages hydrauliques de traversée sous la plateforme ferroviaire existante de l'ITE (cf. Tableau 5-14). Trois ouvrages de type buse et un passage par fossé pour le rétablissement du bassin versant naturel sous les parties nouvelles sont mis en place.

Tableau 5-14 Travaux et actions préconisés sur les ouvrages existants de l'ITE

Nature de l'ouvrage	Travaux
Aqueduc de 1,00 m	A boucher
Aqueduc de 0,60 m	Remplacement
Aqueduc vouté de 0,60 m	Travaux mineurs de maçonnerie + curage
Aqueduc vouté de 0,60 m	Travaux mineurs de maçonnerie + curage
Ponceau de 2,00 m x 1,40 m	Curage
Aqueduc vouté de 0,60 m x 1,10 m	Remplacement
Aqueduc maçonné environ 0,70 m x 0,85 m	Remplacement
Aqueduc Arche 0,70 m x 0,90 m	Curage
Aqueduc de 0,70 m x 1,05 m	Curage
Aqueduc de 1,00 m x 0,90 m	Travaux mineurs de maçonnerie + curage
Aqueduc de 1,00 m x 1,10 m	Curage
Aqueduc maçonné environs 0,70 m x 1,00 m	Travaux mineurs de maçonnerie + curage
Aqueduc maçonné environ 0,70 m x 1,00 m	Réfection

Au niveau de la liaison intersites, les ouvrages hydrauliques de rétablissement proposés pour limiter l'interception des bassins versants naturels par le projet sont présentés en figure 5-19. Les caractéristiques de ces ouvrages sont détaillées dans le tableau 5-15.

Tableau 5-15 Synthèse des ouvrages hydrauliques au droit de la liaison intersites

Nom	Longueur ouvrage (m)	Type ouvrage	Dimension (hauteur/largeur en mm)
OH1	21	Dalot	1 000 × 1 200
OH2	31	Arche	2 200 × 3 500
OH3	14	Dalot	300 × 1 000
OH4	21	Dalot	1 000 × 2 000
OH5	16,5	Dalot	400 × 600
OH6	40,4	Buse	1 200
OH7	43.2	Buse	1 500
OH8	39	Buse	800
OH9	39	Buse	800
OH10	46.5	Arche	2 110 × 1 450
OH11	42	Arche	1 955 × 1 320

Compte tenu du niveau de définition des opérations des autres maîtres d'ouvrage (alimentation électrique, adduction d'eau, remise à niveau de la ligne ferroviaire 027000 et déviation de la route départementale D60/960), cette mesure ne peut pas être décrite finement à ce stade. Les dispositifs assurant la transparence hydraulique seront précisés une fois les projets retenus, à l'issue des études de conception et de la participation du public à l'élaboration des projets.

Modalité de suivi

Un suivi hydromorphologique des cours d'eau concerné par des rejets ou la mise en place d'un ouvrage de franchissement hydraulique (temporaire ou définitif) du centre de stockage est mis en place.

La définition du protocole de suivi (type de méthode utilisée, fréquence de suivi, cours d'eau concerné) sera menée avec les services de l'État lors de l'instruction des dossiers de demande d'autorisation environnementale préalablement au lancement des travaux.

Cette mesure de suivi perdure pendant le fonctionnement et jusqu'à la fermeture du centre de stockage Cigéo et son démantèlement.

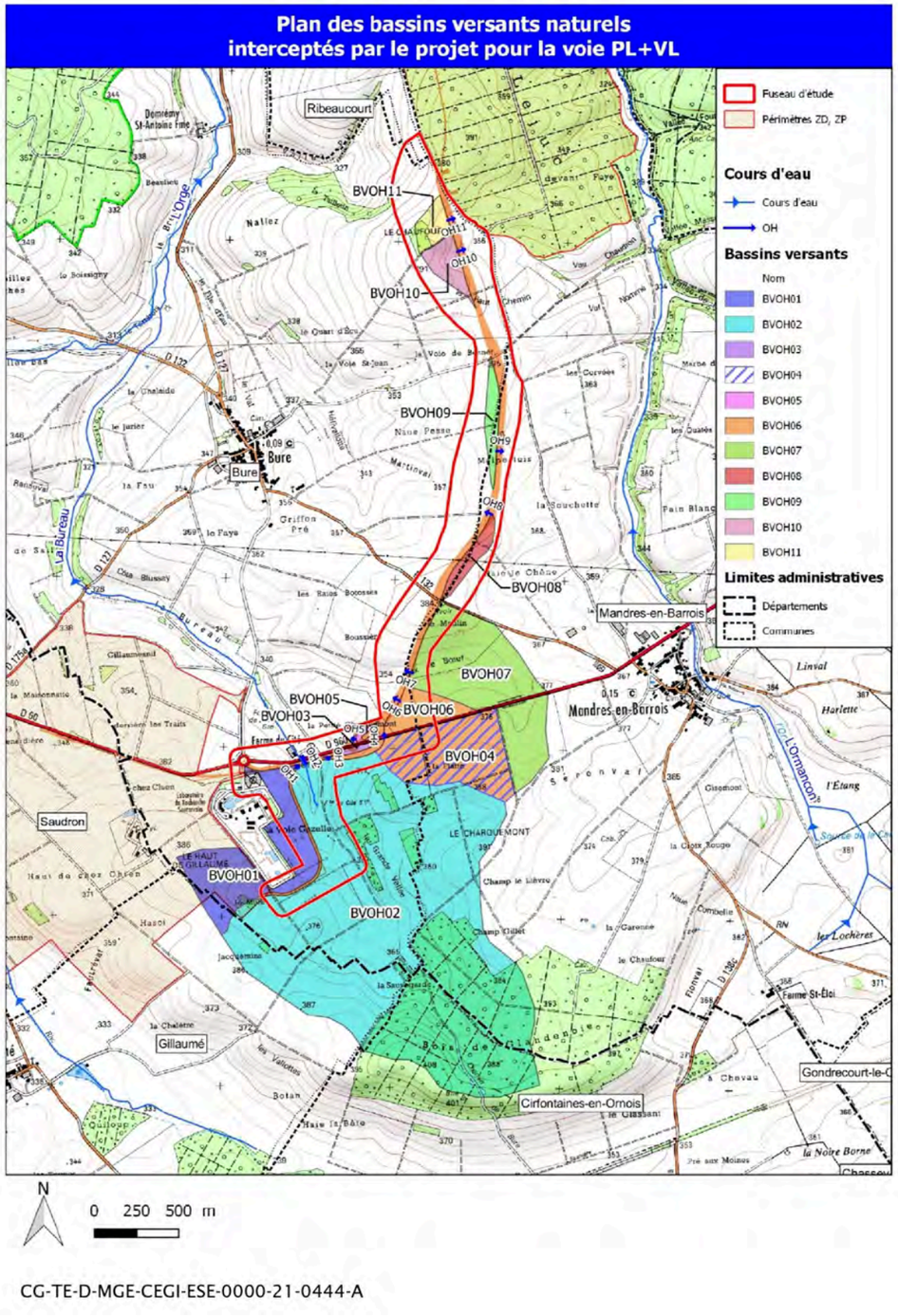


Figure 5-19 Ouvrages hydrauliques de rétablissement au niveau de la liaison intersites

5.4.1.10 Utilisation de dispositifs visant à réduire le tassement des sols

Mesure de réduction : utilisation de dispositifs visant à réduire le tassement des sols			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Eaux superficielles	RTE	Alimentation électrique	APR

Afin de limiter les tassements de sols liés à la création de plateforme et de pistes provisoires pour l'opération d'alimentation électrique, des plaques de roulement sont mises en place pour protéger le sol si le site le nécessite, en particulier si la zone est définie à protéger suite au passage préalable de l'écologue (zones humides). Cette mesure permet d'éviter la création d'ornière et de réduire le tassement des sols. Cette mesure de réduction de l'incidence sur la biodiversité et le milieu naturel a un effet bénéfique pour les eaux superficielles (cf. Chapitre 6 du présent volume de l'étude d'impact : MR21 – Adaptation des travaux en zones humides en cas d'emprise sur celles-ci).

Modalité de suivi

La définition précise du protocole de suivi (point de suivi, fréquence de suivi, paramètres analysés) des eaux superficielles, pour les opérations des autres maîtres d'ouvrage, sera menée avec les services de l'État lors de l'instruction des dossiers de demandes d'autorisation environnementale préalablement au lancement des travaux.

Les principes de suivi quantitatif des eaux superficielles, le contrôle de la performance des dispositifs de gestion des eaux superficielles, l'entretien et la maintenance des dispositifs de gestion des eaux sont actuellement prévus.

5.4.1.11 Respect des prescriptions techniques et protection du chantier en zone inondable

Mesure de réduction : respect des prescriptions techniques et protection du chantier en zone inondable			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Eaux superficielles	RTE	Alimentation électrique	APR

Sur l'opération d'alimentation électrique, des travaux sont réalisés sur des pylônes existants localisés en zone inondable. La réalisation des travaux respectera les prescriptions émises dans les Plans de prévention des risques inondation. Les engins de chantier et le matériel sont stockés hors zone inondable.

Afin de se préserver du risque inondation et d'anticiper la crue d'un cours d'eau, un abonnement à Vigore ou à un dispositif similaire pourra être pris par l'entreprise en charge des travaux ce qui lui permettra en cas de risque annoncé de procéder au repli du matériel et du personnel présent dans la zone concernée.

Modalité de suivi

La définition précise du protocole de suivi (point de suivi, fréquence de suivi, paramètres analysés) des eaux superficielles, pour les opérations des autres maîtres d'ouvrage, sera menée avec les services de l'État lors de l'instruction des dossiers de demandes d'autorisation environnementale préalablement au lancement des travaux.

Les principes de suivi quantitatif des eaux superficielles, le contrôle de la performance des dispositifs de gestion des eaux superficielles, l'entretien et la maintenance des dispositifs de gestion des eaux sont actuellement prévus.

5.4.2 Mesures de réduction des incidences sur la qualité des eaux

Le rejet des eaux pluviales ruisselant sur les surfaces artificialisées et/ou imperméabilisées et le rejet des eaux d'origines diverses produites au sein du projet global Cigéo aux différentes phases de sa vie peuvent être à l'origine d'un rejet à forte charge polluante (matières en suspension, hydrocarbures, substances organiques et chimiques diverses) et dégrader la qualité des eaux superficielles et souterraines et perturber ou interdire de manière indirecte la continuité de certains usages.

Les eaux pluviales et les eaux conventionnelles du centre de stockage Cigéo font l'objet de différents traitements selon leur nature et leur période de production parmi les grandes phases du projet global Cigéo, ainsi :

- en phase d'aménagements préalables, des dispositifs provisoires et évolutifs d'assainissement des eaux pluviales des plates-formes et de toutes les zones de chantier, dimensionnés pour la pluie décennale, sont mis en place (capacité de stockage). Adaptés à un chantier, ils comprennent des systèmes de traitement de la qualité des eaux de type filtres à fines, séparateurs à hydrocarbures ou dispositifs similaires. L'objectif de ces dispositifs est l'absence de rejet polluant (hydrocarbures, matières en suspension…) vers le milieu local tout en assurant une régulation des débits rejetés dans ce milieu. Ils sont dimensionnés selon les exigences des règlements sanitaires départementaux ou les prescriptions techniques précisés dans les documents d'urbanismes concernés ;
- en phase de construction initiale, dès la fin de la phase d'aménagements préalables, les dispositifs qualitatifs et quantitatifs définitifs de traitement des eaux pluviales et des effluents conventionnels sont fonctionnels et dimensionnés pour la pluie de référence du projet. L'Andra a pour objectif de traiter l'ensemble des eaux pluviales et des effluents conventionnels selon les meilleures techniques possibles ;
- en phase de fonctionnement, les dispositifs de collecte, de stockage, de traitement et de rejet développés en phase de construction initiale pour les eaux pluviales et les effluents conventionnels sont maintenus et utilisés. Sur la durée de fonctionnement d'ordre séculaire du centre de stockage Cigéo, ils pourront naturellement être adaptés suite à la prise en compte des retours d'expérience, de développements technologiques ou à d'éventuelles modifications des installations.

Les rejets se font dans les cours d'eau de La Bureau, l'Orge et l'Ormançon qui peuvent se retrouver dans des épisodes d'assec. Ainsi, dans une volonté de démarche environnementale pour le respect du bon état écologique et chimique des cours d'eau tout au long de l'année, les niveaux de rejet ont été adaptés pour correspondre aux Normes de Qualité Environnementale. Le respect de ces valeurs, bien que normalement appliquées sur les eaux superficielles naturelles et non sur les rejets, nécessite la mise en place de filière de traitement permettant une épuration très poussée des eaux. De même, la réutilisation d'une partie des eaux nécessite une adaptation de la filière proposée pour le respect des paramètres microbiologiques et physico-chimiques

L'arrêté ministériel du 25 janvier 2010 (23) (modifié par l'arrêté du 28 juin 2016 (24) et par l'arrêté du 27 juillet 2018 (25) fixe des valeurs limites de classes d'état pour les paramètres physico-chimiques généraux pour les cours d'eau. L'article D. 211-10 du code de l'environnement énonce les objectifs définis en fonction des différents usages de l'eau (eaux conchylicoles, alimentation, baignade). Les normes de rejets sont précisées au chapitre 5.5.2 du présent volume.

5.4.2.1 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

Mesure de réduction : mise en place de dispositifs de traitement des eaux pluviales pour ne pas altérer la qualité des eaux superficielles et des souterraines par transfert			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Eaux souterraines et superficielles	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZP, ZD, ZIOS, LIS, ITE)	APR, CI, F
	RTE	Alimentation électrique	
	SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau	
	SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000	
	CD52	Déviation de la route départementale D60/960	

5.4.2.1.1 Origines des eaux pluviales

Les eaux pluviales sont collectées et traitées selon le bassin versant sur lequel elles ruissèlent. Les eaux pluviales peuvent être séparées en quatre catégories en fonction des secteurs sur lesquels elles ruissèlent :

- **les eaux pluviales (hors cas spécifique)** : les eaux pluviales (EP) concernées, sont des eaux météoriques ruisselant sur des secteurs imperméabilisés, susceptibles d'être pollués (infrastructures routières, terminaux ferroviaires, parkings, toitures, etc.). Ces secteurs imperméabilisés susceptibles d'être pollués le sont majoritairement par des matières en suspension, des métaux lourds et des hydrocarbures ;
- **les eaux pluviales de verses** : les eaux pluviales de verses de la zone puits sont des eaux météoriques ruisselant sur les verses (argilites excavées, extraites du Callovo-Oxfordien pour la réalisation de l'installation souterraine et mises en verses en surface au fur et à mesure de leur extraction). La charge polluante des eaux pluviales de verses est différente des eaux pluviales définies ci-avant. C'est pourquoi leur mode de gestion avant rejet au milieu naturel est spécifique. La gestion des eaux pluviales de verses est traitée au chapitre 5.4.2.2 du présent volume ;
- **les eaux pluviales du Terminal ferroviaire fret (TFF)** : Les eaux pluviales de ruissellement sur le terminal ferroviaire fret sont collectées et traitées de manière indépendante. Elles sont dirigées vers un bassin qualitatif avant de rejoindre un bassin quantitatif dédié à cette zone fret pour finalement être rejetées à débit régulé dans l'Orge.

  Les bassins du terminal ferroviaire fret sont dimensionnés pour accueillir les eaux pendant les opérations de terrassement (phase d'aménagements préalables). Leur capacité lors de cette phase, bien que surévaluée par rapport aux besoins de la phase exploitation, est conservée. Les démanteler aurait un cout important, leur surdimensionnement est une protection supplémentaire pour les phases suivantes ;
- **les eaux pluviales du Terminal ferroviaire nucléaire (TFN)** : les eaux pluviales au niveau du TFN sont collectées sur trois impluviums, dépendants des différences d'altimétrie entre les plateformes dans la zone descenderie, et dirigées vers deux bassins de confinement pour contrôle radiologique.

  Les eaux pluviales ruisselées sur le terminal ferroviaire nucléaire sont collectées de manière indépendante. Sur chaque impluvium, les eaux pluviales sont collectées dans des caniveaux à grille positionnés entre les voies. Ces caniveaux se rejettent gravitairement dans des collecteurs enterrés et positionnés parallèlement aux voies.

  En cas de contrôle négatif lors du contrôle radiologique, les eaux pluviales du terminal ferroviaire nucléaire sont envoyées vers les bassins qualitatifs du bassin versant de la zone descenderie sud. En cas de contrôle positif, elles sont évacuées et traitées hors site.

5.4.2.1.2 Collecte des eaux pluviales du centre de stockage Cigéo

La localisation des infrastructures de gestion des eaux pluviales est présentée sur la figure 5-20 en zone descenderie et sur la figure 5-21 en zone puits.

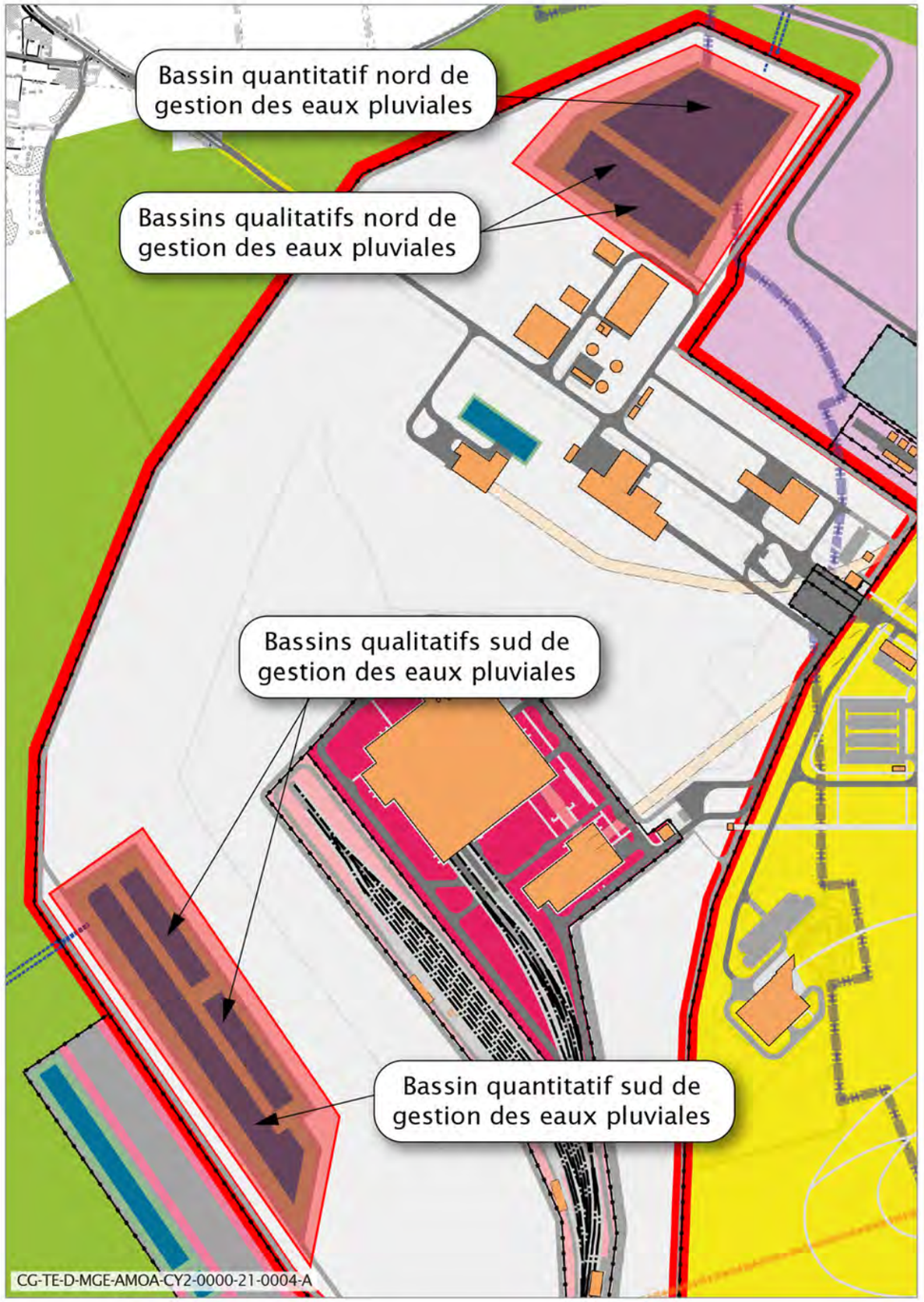


Figure 5-20 Localisation des ouvrages liés à la gestion des eaux pluviales en zone descenderie

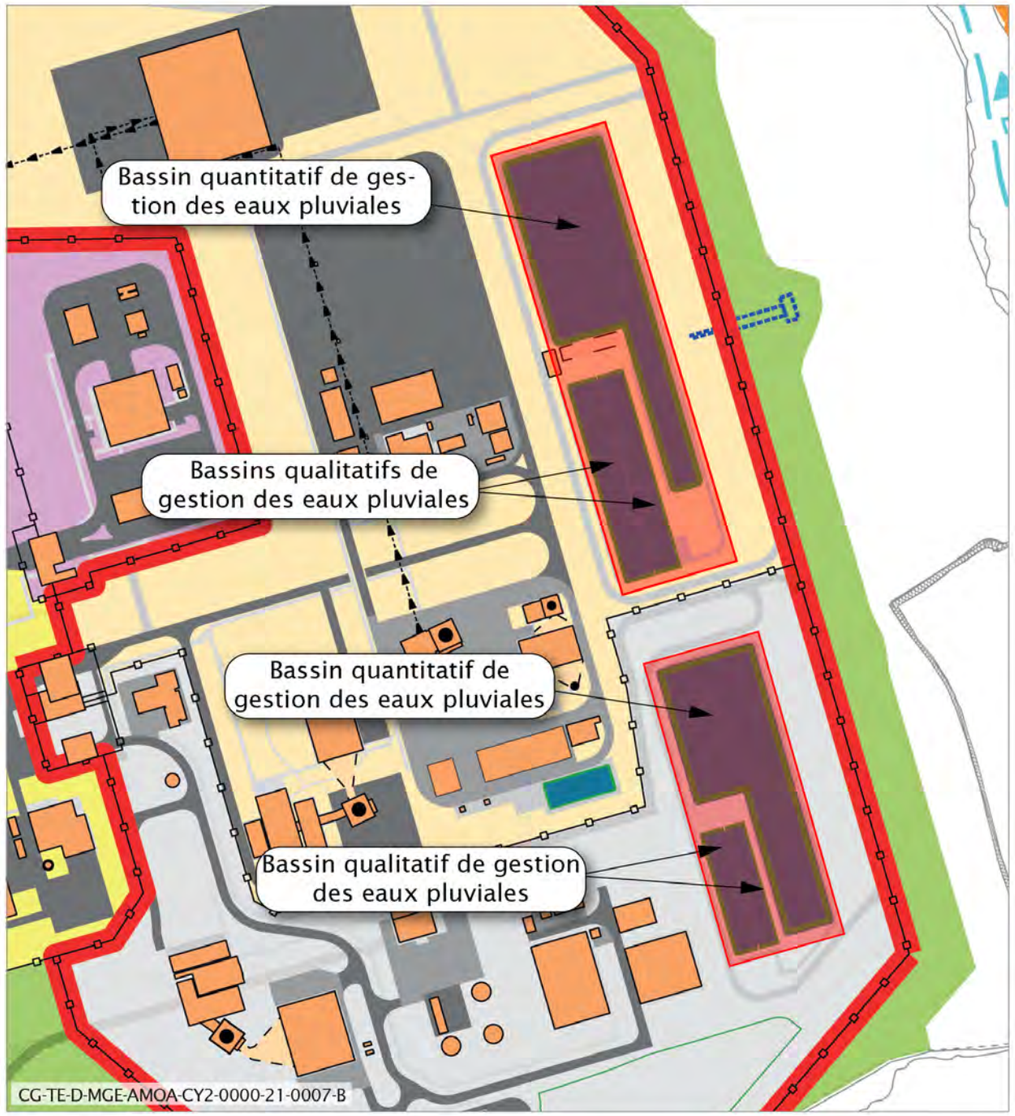


Figure 5-21 Localisation des ouvrages liés à la gestion des eaux pluviales en zone puits

En zones descenderie et puits, des dispositifs de traitement et d'abattement de la pollution des eaux pluviales sont mis en place (cf. Figure 5-22) Ils sont dimensionnés pour traiter la charge polluante issue du lessivage des voiries par un évènement pluvieux de 11 mm, correspondant au premier flot des eaux pluviales pour lequel la pollution est la plus forte, dans des bassins dénommés « qualitatifs ».

Les eaux pluviales de la liaison intersites et du terminal ferroviaire fret sont récupérées et traitées de la même manière que les eaux pluviales des zones descenderie et puits (traitements qualitatifs et quantitatifs). Les eaux de la liaison intersites sont réparties dans deux bassins différents du fait de la longueur importante de la voirie (cf. Figure 5-17).

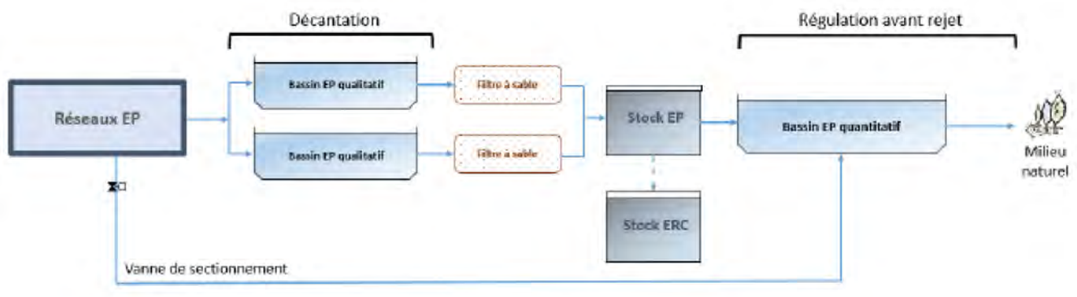


Figure 5-22 Schéma d'ensemble de la filière de traitement des eaux pluviales

En sortie des bassins qualitatifs, un ouvrage de régulation permet de gérer le trop-plein du bassin, les pollutions ainsi que le débit de sortie (le principe de l'ouvrage étant présenté en figure 5-23). Les eaux transitent ensuite dans une filière de traitement dédiée avant de rejoindre des bassins quantitatifs dimensionnés pour une pluie centennale. Le débit de fuite de ces bassins respecte le principe de non-aggravation des risques d'inondation décrit au chapitre 5.4.1.6 du présent volume. Les bassins qualitatifs comprennent aussi un dispositif pour assurer le confinement d'une éventuelle pollution accidentelle avant son traitement, mais également pour permettre les opérations de maintenance. Les eaux pluviales sont rejetées vers l'Orge, la Bureau et l'Ormançon.

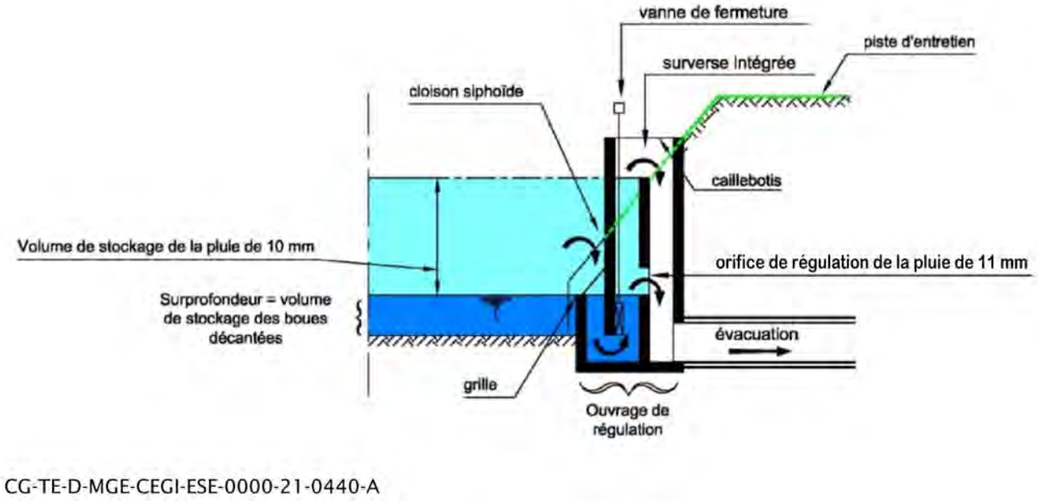


Figure 5-23 Ouvrage de régulation en sortie des bassins qualitatifs

Le dispositif de traitement des eaux pluviales évolue entre la phase d'aménagements préalables et les phases suivantes :

- **En phase d'aménagements préalables**

  La première phase de terrassement sur les zones descenderie et puits débute par la réalisation de bassins temporaires positionnés en point bas au droit des exutoires naturels, avec un exutoire régulé réalisé au plus tôt, permettant de limiter l'incidence de cette activité de chantier. Si nécessaire, il est prévu un réseau de fossés provisoires déployé au cours de ces phases afin de garantir une collecte des eaux de chantier.

  Les bassins de traitement provisoire mis en place sont dimensionnés pour une pluie décennale et concentrent les trois fonctions de traitement en un seul et unique bassin (pollution chronique, accidentelle, écrêtement hydraulique) (cf. Figure 5-24). Pour augmenter l'efficacité des bassins de décantation, un filtre leur est adjoint en aval ce qui permet d'une part de ralentir l'écoulement et d'autre part de retenir une partie des particules qui n'auraient pas pu décanter dans le bassin (filtre à paille, géogrille + cailloux, géogrille + géotextile, filtre coco, etc.).

  Des fossés temporaires sont créés en pourtour des zones en travaux pour assurer l'écoulement des eaux des bassins versants naturels (zones non terrassées encore) vers les exutoires naturels, sans se mélanger aux eaux de chantier (cf. Figure 5-25).

  Deux types de dispositifs de collecte sont prévus :

  - ✓ les fossés dont le but est de collecter les eaux de chantier et uniquement celles-ci. Dans certains cas, des merlons peuvent être mis en place à la place de fossés pour orienter le ruissellement ;
  - ✓ les fossés périphériques dont le but est de collecter les eaux des bassins versants naturels interceptés avant qu'elles ne rejoignent les zones de chantier. Dans certains cas, des merlons peuvent également être mis en œuvre à la place du fossé.

  Selon le contexte, ces dispositifs de collecte font l'objet de quelques adaptations :

  - ✓ en cas de forte pente ou de sols et sous-sols sensibles à l'érosion, ces fossés sont équipés de dispositifs de ralentissement des vitesses de ruissellement. Il s'agit, le plus souvent de zone de mouilles ou de blocs de pierre ;
  - ✓ pour les merlons, une bonne pratique consiste à leur adjoindre des blocs pour éviter qu'ils ne soient abimés par les engins de chantier.

  Pour les petites surfaces (par exemple, les eaux d'une piste temporaire qui ne pourraient être dirigées vers un bassin provisoire), les ouvrages de collecte seront munis en extrémité de filtre à sable avant rejet au milieu naturel.

  Les dispositifs définitifs d'assainissement des eaux collectées sur les zones d'intervention potentielle seront mis en fonctionnement avant la fin de la phase d'aménagements préalables.

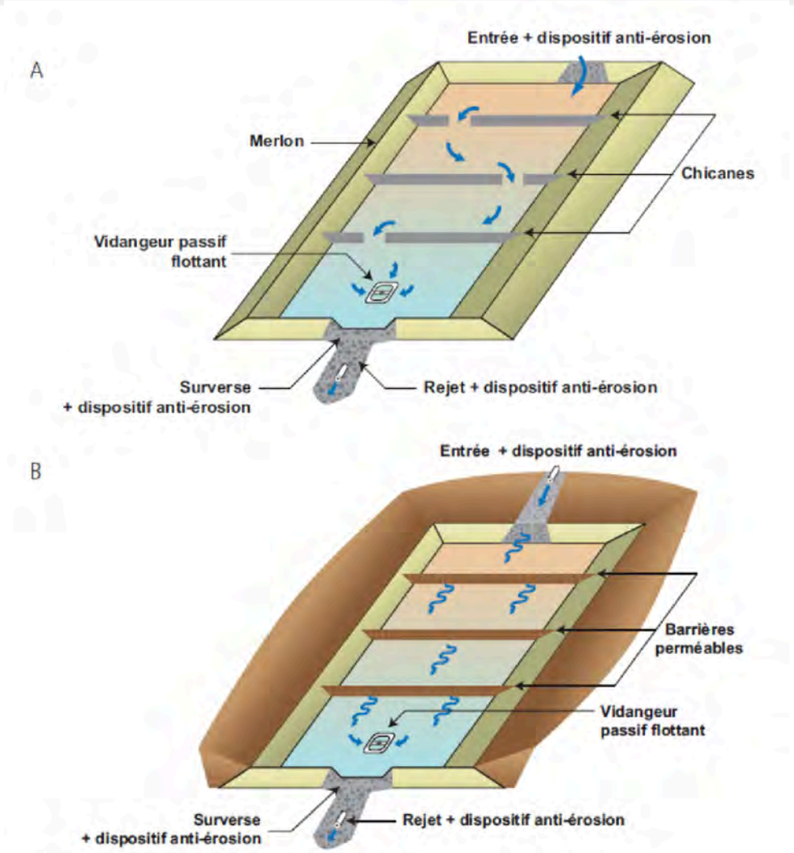


Figure 5-24 Schéma de principe d'un bassin de décantation hors sol (A) ou enterré (B)

Figure 5-25 Exemples de fossé de collecte des eaux de chantier

- **En phase de construction initiale et par la suite**

  Le dispositif de traitement définitif recueille les eaux pluviales collectées dans un bassin dit « qualitatif » *via* un réseau de canalisations enterrées. La totalité de ces réseaux fonctionnera de manière gravitaire. Ces bassins qualitatifs sont étanches et ont trois fonctions :

  - ✓ traitement de la pollution chronique (eaux de lessivage des sols, matières en suspension) ;
  - ✓ confinement de la pollution accidentelle (par exemple, déversement d'hydrocarbures) ;
  - ✓ confinement des eaux d'extinction incendie.

a) Gestion de la pollution chronique

Le principe de la gestion de la **pollution chronique** des eaux de ruissellement est de traiter le premier flot d'eaux pluviales susceptible de collecter la majorité des polluants accumulés sur les surfaces imperméabilisées (eaux de lessivage des sols). Ces bassins qualitatifs sont dimensionnés pour accueillir les 11 premiers millimètres de pluie. À Cirfontaines-en-Ornois, cet abattement de la pollution est atteint pour une pluie de cumul de hauteur 11 mm, soit très proche de la pluie de période de retour Tr = 2 ans et de durée 15 minutes.

Ces bassins qualitatifs intègrent un « volume mort » situé entre le fond du bassin et le fil d'eau de l'orifice de fuite. Ce volume restera toujours en eau. Il permet la décantation des effluents entrants dans le bassin en augmentant leur temps de séjour et en réduisant la vitesse de l'eau. Il assure ainsi le traitement de la pollution chronique avant passage par des filtres à sable permettant la filtration des matières en suspension.

Ces bassins assurent un traitement des premières pluies, les plus chargées en pollution puisqu'elles lessivent les sols et emportent la majorité des polluants présents (hydrocarbures, matières en suspension, etc.).

La pollution accidentelle est traitée au chapitre 5.4.2.1.5 du présent volume.

b) Dimensionnement des bassins

Les eaux pluviales des zones puits et descenderie sont recueillies dans des bassins qualitatifs doublés, et dimensionnés à l'identique. Ce principe permet de **maintenir l'exploitation**, à savoir d'assurer notamment le traitement de la pollution chronique avant transfert des eaux vers le bassin quantitatif et cela malgré un confinement d'une pollution accidentelle ou des eaux d'extinction incendie par l'un des deux bassins.

Les marges de conception retenues actuellement permettent pour chaque bassin de reprendre soit deux épisodes de pollution chronique (2*11 mm) soit une pollution accidentelle ou la récupération des eaux incendie avec concomitance à une pluie de durée deux heures et de période de retour de deux ans. Ils ont une capacité globale de stockage de l'ordre de 20 000 m³ en zone descenderie et 10 000 m³ en zone puits.

Le bypass est également utilisé pour assurer les opérations d'entretien sur chaque bassin, de manière non concomitante et en période favorable (en dehors d'épisodes pluvieux importants).

Ces bassins qualitatifs sont en fonctionnement continu et sont, de fait, équipés de bypass, en amont et en aval, permettant d'isoler le bassin ayant piégé une pollution accidentelle ou des eaux d'extinction incendie.

Après passage dans les filtres à sable, les eaux collectées sont dirigées vers le bassin quantitatif pour un rejet régulé vers le milieu naturel.

Les bassins quantitatifs, permettent quant à eux, d'écrêter les pluies majeures (temps de retour 10 ans et 100 ans) comme des événements pluviométriques plus fréquents (temps de retour 2 ans et 5 ans) et ainsi assurer la non-aggravation des risques d'inondation.

Les principes de conception évoqués permettent bien de confiner une pollution accidentelle ou des eaux d'extinction incendie tout en permettant le traitement de la pollution chronique des eaux de ruissellement. Ces eaux traitées sont ensuite stockées vers des bassins quantitatifs dimensionnés de manière conséquente (pluie centennale) avant un rejet régulé vers le milieu naturel. De fait les pollutions chronique ou accidentelle des eaux de ruissellement ne seront pas rejetées sans traitement, même ponctuellement, directement dans le milieu naturel sans transiter préalablement par ces bassins.

Il est à noter que la lutte contre l'incendie est assurée par des ouvrages amont (réseaux, bornes incendies, réservoirs et pompes de distribution) et cela indépendamment des bassins de gestion des eaux pluviales.

5.4.2.1.3 Traitement de dépollution des eaux pluviales du centre de stockage Cigéo

La filière est composée de séparateurs hydrocarbures sur les emplacements les plus à risque (parkings, etc.) avant de rejoindre les bassins qualitatifs où une première décantation aura lieu pour retirer les matières en suspension (elles-mêmes composées de matière organique, de métaux et d'autres polluants). Enfin, le traitement sera complété par une filtration sur sable pour retirer la fraction particulaire résiduelle.

La filière de gestion des eaux pluviales sur l'aspect qualitatif est schématisée dans la figure 5-26.

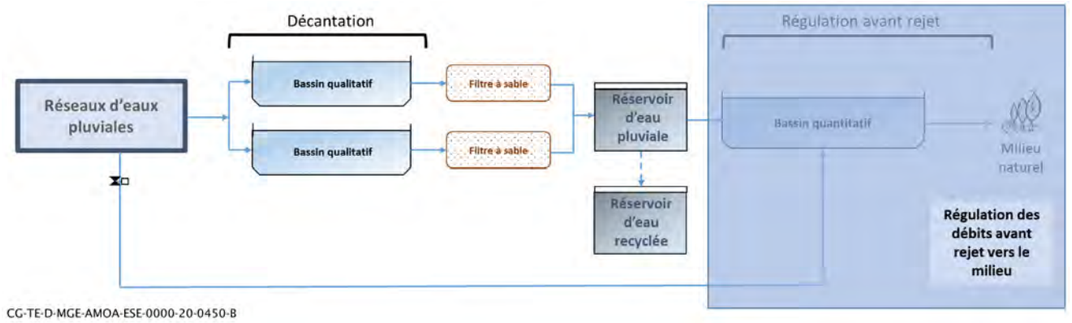


Figure 5-26 *Schéma illustratif de la filière de traitement qualitatif des eaux pluviales (à partir de la phase de construction initiale)*

Les eaux pluviales ruisselant sur la liaison intersites sont gérées qualitativement et quantitativement au moyen de deux bassins de collecte multifonctions dimensionnés pour la pluie décennale. Le rejet vers le milieu naturel se fait à débit régulé selon le même principe que ceux des zones descenderie et puits.

Les eaux pluviales ruisselant sur la plateforme ferroviaire de l'installation terminale embranchée sont gérées grâce à deux bassins de collecte multifonctions dimensionnés pour la pluie décennale au niveau du tracé neuf, conformément aux règles de l'art. Le rejet vers le milieu naturel se fait à débit régulé selon le même principe que ceux des zones descenderie et puits. Une réhabilitation du dispositif actuel de gestion des eaux pluviales est prévue pour la partie du tracé de l'installation terminale embranché reprenant la plateforme ferroviaire existante comme pour la plateforme logistique de Gondrecourt-le-Château (en attente de la définition technique des futures installations/activités implantées sur la plateforme logistique).

La séparation physique des boues (composées essentiellement de sable et de terre) interviendra dans les bassins qualitatifs. Ces derniers seront hydrocurés et les boues obtenues traitées dans une filière dédiée. La quantité produite est difficilement estimable puisque cela dépend fortement de la pluviométrie : plus une précipitation est intense, plus le lessivage sera important et donc la concentration en MES également. La filière de traitement et l'exutoire de ces boues est également en cours d'étude, avec un approfondissement des filières de valorisation comme un traitement in-situ du sable pour une réutilisation sur place en construction (remblai…). Autrement, elles pourront trouver un exutoire dans un centre de stockage de déchet (inerte ou non dangereux en fonction de leur qualité). Les hydrocarbures quant à eux seront récupérés en surface des bassins par hydrocurage et trouveront un exutoire dans un centre agréé comme pour un cas de pollution accidentelle (en centre d'incinération par exemple).

5.4.2.1.4 Rendement épuratoire « cible » de la filière de traitement du centre de stockage Cigéo

Les concentrations des eaux pluviales en entrée et cible en sortie de filière de traitement, au droit la zone descenderie et au droit de la zone puits sont présentées dans le tableau 5-16.

Tableau 5-16 *Tableau des concentrations (mg/l) des eaux pluviales (hors eaux de ruissellement des verses) en entrée et en sortie de filière de traitement*

Paramètres étudiés	Entrée de filière		Concentration « cible » en sortie de filière
	Zone descenderie	Zone puits	
DCO	160 mg/l	125 mg/l	30 mg/l
MES	235 mg/l	190 mg/l	35 mg/l
HCT	20 µg/l	40 µg/l	5 mg/l

Les rejets d'eaux pluviales font l'objet d'une régulation du débit en sortie de bassin.

Les concentrations en entrée de filière ont été estimées en fonction du trafic routier présent sur le site (différent entre les deux zones). Les concentrations en sortie des filières sont les valeurs cibles pour garantir le bon état chimique et écologique des cours d'eau (se référer au chapitre 5.5 du présent volume).

Les volumes d'eaux pluviales sont gérés grâce aux bassins quantitatifs dimensionnés pour la pluie centennale. Les débits de fuite sont présentés au chapitre 5.4.1.6 du présent volume.

Contrôle de la performance des dispositifs quantitatifs/qualitatifs de gestion des eaux pluviales

Cette mesure concerne les eaux souterraines et les eaux superficielles.

Les entreprises en charge des travaux ont l'obligation de s'assurer de la performance des dispositifs de gestion des eaux pluviales grâce :

- à plusieurs visites de terrain (notamment après des pluies abondantes ou une crue) ;
- à plusieurs contrôles de la qualité des eaux en amont et en aval du point de rejet (état chimique et écologique) dont la fréquence, conditions de mise en œuvre et les paramètres analysés respecteront les prescriptions des futures autorisations environnementales pour les travaux ;
- à plusieurs mesures de vérification du débit en sortie des bassins de stockage et de traitement des eaux.

Cette mesure s'applique à la fois pour les dispositifs temporaires que pour les dispositifs définitifs en fin de phase d'aménagements préalables.

Cette mesure de suivi perdure pendant le fonctionnement et jusqu'à la fermeture du centre de stockage Cigéo et son démantèlement.

La gestion des eaux pluviales de verses est présentée au chapitre 5.4.2.2 du présent volume.

5.4.2.1.5 Gestion de la pollution accidentelle et démarche en cas d'accident

a) Gestion d'une pollution accidentelle ou des eaux incendies

Quand une pollution survient en dehors des aires sensibles évoquées précédemment, le réseau de collecte des eaux pluviales étant imperméable, le flux de polluant aboutit à la filière de gestion des eaux pluviale intégralement.

Ces bassins qualitatifs doivent de fait également permettre le confinement **d'une pollution accidentelle ou des eaux d'extinction incendie**. Le dimensionnement correspondant consiste au stockage d'une pollution concomitante à une pluie de durée deux heures et de période de retour deux ans considéré comme scénario critique. Les eaux confinées sont ensuite pompées dans des camions citernes et évacuées à l'extérieur du site pour dépollution par une filière de traitement spécifique.

b) Démarche entreprise en cas de constat d'incident ayant un impact sur l'environnement

Certaines activités de travaux ou activités liées au fonctionnement du centre de stockage Cigéo peuvent être sources de pollutions accidentelles. Des mesures organisationnelles et techniques sont mises en œuvre pour les ouvrages identifiés afin d'en supprimer ou d'en limiter autant que possible, et cela au plus proche de la source, le risque de pollution associé.

Il est à rappeler que les activités liées au fonctionnement du centre de stockage Cigéo respectent les principes suivants :

- l'implantation et l'agencement des aires sensibles (aires carburant, aires de lavage, aires de stationnement, aires de stockage de produits…) se font à l'écart des voiries. Ces aires sont étanches, adaptées à la nature des produits qu'elles contiennent et munies de système de rétention ou de collecte ;
- les eaux pluviales qui sont récupérées sur ces aires sont prétraitées localement à l'aide de séparateurs d'hydrocarbures. Elles sont instrumentées (type sondes et poires de niveaux, alarmes déportées, arrêt d'urgence).

Néanmoins, si un constat d'incident ayant provoqué une pollution des eaux superficielles était réalisé, les services de l'État compétents sont informés dans les plus bref délais en cas de constat d'incident ayant provoqué une pollution des eaux superficielles ou souterraines.

Un incident peut avoir plusieurs origines : un acte de malveillance (vandalisme, incendie…) ou le constat d'une anomalie lors de l'interprétation des résultats de suivi quantitatif et qualitatif des eaux superficielles et leur comparaison avec l'état initial.

Une analyse des conséquences sur la qualité des eaux superficielles et un possible transfert vers les nappes d'eau souterraine de l'incident est entrepris afin de déterminer le plan d'action nécessaire pour y remédier.

5.4.2.1.6 Principe de gestion des eaux pluviales pour les opérations des autres maîtres d'ouvrage

a) Opération d'alimentation électrique

Quelle que soit la variante retenue, la réalisation d'un poste de transformation électrique, de par sa nature même, implique des contraintes fortes dans la conception du dispositif d'assainissement du site pour éviter une accumulation d'eau dans une zone électrique (risque d'électrocution).

Lors de son exploitation, le poste de transformation ne produit pas d'émission polluante susceptible d'être lessivée par les eaux de pluie et susceptible de se retrouver dans les eaux superficielles, puis à terme dans les nappes d'eau souterraines. Il est donc communément admis que les eaux de pluie arrivent « propres » au niveau du sol. Deux cas sont alors possibles :

- les eaux de pluie tombent soit sur un secteur imperméabilisé ne présentant pas de risque de pollution, soit sur une surface non imperméabilisée (matériaux concassés, gravillons…) : l'infiltration des eaux de pluie est réalisée *in situ*, sans collecte, ni récupération, ni traitement *via* des puits d'infiltration, des tranchées drainantes ou par écoulement libre. La superficie de ce type de surface en rejet par un ouvrage de diffusion est de 4 ha sur les 6 ha du poste de transformation ;
- les eaux de pluie tombent sur un secteur imperméabilisé présentant un risque de pollution (eaux d'extinctions d'incendie, fuites d'huile, eau en provenance des toitures des bâtiments techniques) : les eaux sont collectées et amenées vers une fosse étanche munie d'un séparateur/récupérateur d'huile (qui débouche sur une tranchée d'infiltration). La superficie du bâtiment technique est estimée à 0,1 ha et une superficie de voirie de l'ordre de 1,9 ha, soit une surface totale d'environ 2 ha.

Le système définitif d'assainissement du poste avec drainage et infiltration des eaux pluviales est réalisé dans l'enceinte du poste, au plus près des surfaces imperméabilisées. En aucun cas, les écoulements ne sont évacués vers les terrains jouxtant le poste.

Ainsi, l'ensemble des eaux pluviales du poste de transformation 400/90 kV est infiltré soit par des tranchées drainantes, soit par des puits d'infiltration.

Pour les postes électriques de livraison 90 kV de RTE au niveau des zones descenderie et zone puits, postes accolés avec le poste de transformation 90/20 kV sous maitrise d'ouvrage Andra, les eaux pluviales sont reprises dans le dispositif d'assainissement de chacune des zones descenderie et puits (fossé de collecte, bassin de stockage et de traitement avant rejet dans le milieu naturel), car inclus dans le périmètre de la future installation nucléaire de base.

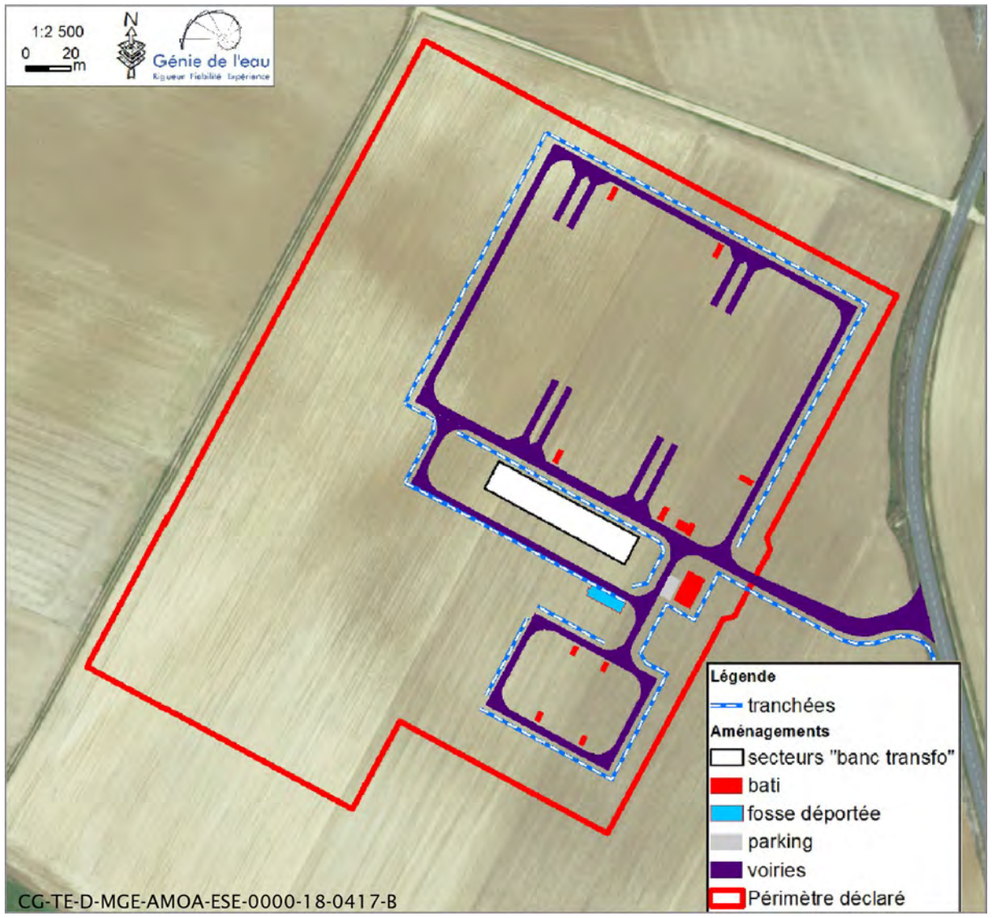


Figure 5-27 *Exemple d'aménagements de surface d'un poste électrique (hors équipements électriques) avec les ouvrages hydrauliques*

b) Opération d'adduction d'eau

Un dispositif de gestion des eaux est prévu pour les éventuels bâtiments techniques associés à l'opération d'adduction d'eau.

c) Mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000

La ligne ferroviaire 027000 est une ligne à voie unique non électrifiée, exclusivement réservée au fret. Elle est exploitée avec une vitesse maximum de 40 $km.h^{-1}$, en voie unique à trafic restreint (VUTR) pour l'usage du centre de stockage Cigéo. Ce mode de fonctionnement implique la présence d'un seul train sur la ligne. La réfection du dispositif d'assainissement de la plateforme ferroviaire permet d'assumer les fonctionnalités suivantes :

- la collecte à l'amont de l'infrastructure des eaux des bassins versants amont, soit par des fossés dimensionnés pour les tronçons en déblai, soit par des buses dimensionnées pour les tronçons en remblai. Les eaux collectées sont évacuées vers le milieu naturel sans régulation, ni traitement ;

- la non accumulation d'eaux pluviales en fond de vallon amont par mise en place de fossés de drainage latéraux à l'ouvrage en déblai ;
- la non accumulation d'eaux pluviales au niveau des zones en déblais de la ligne ferroviaire par mise en place de buses sous ouvrage aux passages en remblai ;
- la collecte et l'évacuation des eaux pluviales grâce à des ouvrages dédiés (bassins…).

d) Déviation de la route départementale D60/960

La conception de la route départementale est réalisée selon les normes environnementales en vigueur. Les détails sur le dispositif d'assainissement seront présentés dans les versions actualisées de la présente étude d'impact en fonction de l'avancée de la conception de l'opération.

Cette mesure de réduction pour les eaux superficielles permet d'éviter les incidences qualitatives sur les eaux souterraines par transfert depuis les eaux superficielles.

Les incidences résiduelles sur la qualité des eaux sont présentées au chapitre 5.5.2 du présent volume.

5.4.2.1.7 Modalité de suivi

- **Réseau de suivi des eaux superficielles**

  Un suivi des eaux superficielles est mis en place avec des stations de jaugeage des cours d'eau et des stations de suivi de la qualité des eaux superficielles. Le suivi sera conforme aux prescriptions des différentes autorisations environnementales préalables aux travaux en termes de localisation des points de suivi, de fréquences et de paramètres analysés.

  Ainsi, pour le centre de stockage Cigéo le suivi est centré sur la qualité de chaque cours d'eau dont les bassins versants sont recoupés avec :

  ✓ la mise en place d'un réseau de suivi quantitatif (et qualitatif) des cours d'eau concernés par les travaux ;

  ✓ l'information rapide des services de l'État compétents en cas de constat d'incident ayant un impact sur l'environnement ayant provoqué une pollution des eaux superficielles.

  Cette mesure de suivi perdure pendant le fonctionnement et jusqu'à la fermeture du centre de stockage Cigéo et son démantèlement.

- **Suivi hydromorphologique des cours d'eau**

  Un suivi hydromorphologique des cours d'eau concerné par des rejets ou la mise en place d'un ouvrage de franchissement hydraulique (temporaire ou définitif) du centre de stockage est mis en place.

  La définition du protocole de suivi (type de méthode utilisée, fréquence de suivi, cours d'eau concerné) sera menée avec les services de l'État lors de l'instruction des dossiers de demande d'autorisation environnementale préalablement au lancement des travaux.

  Cette mesure de suivi perdure pendant le fonctionnement et jusqu'à la fermeture du centre de stockage Cigéo et son démantèlement.

- **Entretien et maintenance des dispositifs de gestion des eaux**

  Les dispositifs de collecte et de traitement des eaux pluviales susceptibles d'être polluées (réseaux, débourbeurs séparateurs d'hydrocarbures bassins qualitatifs) font l'objet d'un entretien préventif et d'un contrôle régulier de leur état et de leur bon fonctionnement. Pour les débourbeurs séparateurs d'hydrocarbures, la fréquence est *a minima* une fois par an ou plus fréquemment si nécessaire (notamment si le volume des boues atteint la moitié du volume de l'ouvrage de traitement). L'ensemble des opérations d'entretien et de contrôle effectuées est consigné sur un registre éventuellement informatisé et tenu à la disposition de l'administration. En complément, un suivi des incidents ayant entraîné l'arrêt des dispositifs de traitement (analyse des causes et mesures prises pour y remédier) est mis en place. Ce suivi est consigné sur un registre, éventuellement informatisé et tenu à la disposition de l'administration.

- **Surveillance du bon fonctionnement des obturateurs permettant l'isolement des réseaux d'évacuation des eaux pluviales et autres effluents**

  Les obturateurs permettant l'isolement des réseaux d'évacuation des eaux pluviales et des autres effluents de l'établissement par rapport à l'extérieur font l'objet d'un entretien préventif et d'un contrôle régulier de leur état et de leur bon fonctionnement. L'ensemble des opérations d'entretien et de contrôle effectuées est consigné sur un registre éventuellement informatisé et tenu à la disposition de l'administration. Ce suivi permet de garantir le bon fonctionnement des obturateurs et leur pérennité.

- **Suivi de la compatibilité des émissions liquides avec les exigences relatives à la règlementation IOTA**

  Une vérification initiale puis un suivi régulier de la compatibilité des rejets avec la qualité ou les objectifs de qualité des cours d'eau récepteurs sont mis en œuvre.

Dans le cadre du système de management environnemental intégré (SMI), un inventaire des flux d'effluents aqueux générés ainsi qu'un plan de surveillance environnemental sont mis en place et mis à jour régulièrement.

5.4.2.2 Mise en place d'un dispositif de traitement spécifique des eaux de ruissellement des verses

Mesure de réduction : mise en place d'un dispositif de traitement complémentaire des eaux de ruissellement des verses			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Eaux superficielles	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZD, ZP)	CI, F

5.4.2.2.1 Origine des eaux de verses

La mise en dépôt des verses se fait à partir d'une assise compactée faiblement perméable. La réalisation des verses se fera ensuite par ajouts successifs de couches d'argilites qui seront compactées et contrôlées. Une couverture végétalisée est installée au fur et à mesure afin de protéger l'argile excavée des intempéries et d'en limiter les eaux d'infiltration dans les verses. Ce stockage permettra de gérer les déblais de verses, y compris celles qui repartent en valorisation.

Du fait des principes constructifs retenus et du contrôle qualité associé, la percolation des eaux dans les verses sera très faible. De fait, l'incidence résiduelle sur la qualité des eaux souterraines associée au rejet des eaux de percolation des verses est non notable

La chimie des eaux contenues au sein des argilites (eaux porales naturelles, eaux de percolation…) dépend principalement de la nature et de la teneur en minéraux, des processus d'oxydo-réduction (notamment en présence ou non d'oxygène) et des processus de sorption[8] qui peuvent piéger des éléments chimiques en surface de certains minéraux. Les minéraux argileux, de par leur nature, peuvent ainsi incorporer et retenir à leur surface de nombreux éléments chimiques (cations alcalins et alcalino-terreux, métaux, terres rares…). Quant aux sulfures, ils contiennent souvent des éléments traces métalliques (As, Ni, Co, Pb, Zn, Cu, Cd, Mo…), de même que la matière organique (cf. Tableau 4.2 du volume III de l'étude d'impact).

Différentes études réalisées à partir d'argilites excavées depuis le Laboratoire souterrain ont établi que lorsque les argilites sont exposées à l'atmosphère (*i.e.* En présence d'oxygène), notamment à la lixiviation par les eaux de pluie (Scholtus *et al.*, 2009 (26)), il se produit les processus géochimiques suivants :

- l'oxydation des sulfures et la dissolution partielle des carbonates dont le pouvoir tampon permet de neutraliser sur le long terme l'acidité produite par l'oxydation des sulfures : des expériences en laboratoire (Marty *et al.,* 2018 (27)) ont en effet montré que des phénomènes de drainage acide liés à l'oxydation des pyrites ne peuvent pas se produire dans les argilites du Callovo-Oxfordien grâce à la neutralisation du pH par les carbonates. Cela est confirmé par un suivi en dispositif d'essai en colonne sur le terrain toujours en cours depuis 2014 (Tremosa *et al.,* 2020 (28). L'oxydation des sulfures génère néanmoins de larges quantités de sulfates ;
- l'oxydation des pyrites et la minéralisation de la matière organique peuvent libérer les éléments traces métalliques qu'ils contiennent ;
- il a été montré que les concentrations des éléments métalliques dans les eaux sont limitées, ces éléments étant rapidement réabsorbés sur les minéraux secondaires formés (oxyhydroxydes) (Tremosa *et al.,* 2020 (28)).

[8] Phénomène physico-chimique au cours duquel une espèce chimique se concentre à la surface d'un solide (dans ce cadre des minéraux) conduisant à son immobilisation.

Les matériaux mis en verses peuvent générer quelques composés indésirables comme certains métaux, comme identifié sur des essais laboratoires et dont la caractérisation est présente au chapitre 5.4.2.2.4 du présent volume. Ce sont principalement les quantités de sulfates et de matières en suspension ainsi que quelques espèces ioniques cumulées (conductivité) dans les eaux de ruissellement et de percolation issues des verses qui sont pris en compte et font l'objet d'attention vis-à-vis d'incidences possibles sur les milieux aquatiques.

Ces eaux sont chargées en fonction de la composition du sol dans lequel les eaux percolent. Ainsi, des concentrations importantes matières en suspension, en sulfate ou autres métaux ont été identifiées.

5.4.2.2.2 Gestion des eaux de verses

Les eaux pluviales ruisselant sur les verses de la zone puits font l'objet d'une gestion spécifique compte tenu de leur charge polluante différente des eaux pluviales présentées ci-avant. Elles sont collectées par un fossé étanche et dirigées vers des bassins qualitatifs. Elles transitent ensuite vers un bâtiment technique pour un traitement spécifique, puis sont transférées vers des bassins quantitatifs dimensionnés pour la pluie centennale avant leur rejet par des ouvrages de diffusion vers l'Ormançon.

Les principes retenus, à ce stade, pour le traitement de l'eau de ruissellement des verses sont les suivants :

- les eaux pluviales brutes issues des verses ruissellent vers un fossé de collecte. Le premier flot des eaux pluviales, le plus pollué, se déverse vers des bassins à vocation de traitement qualitatif. Après décantation primaire, ces eaux sont dirigées vers une filière de traitement puis « rejetées » à un débit de fuite relativement faible (à priori 10 l/s à 20 l/s) en direction du bassin quantitatif. Il est à noter qu'au-delà du traitement de la pollution chronique décrit ci-avant, ces bassins qualitatifs sont également destinés à recueillir une pollution accidentelle par temps sec ;
- en cas de remplissage complet de la filière de bassins qualitatifs, les eaux brutes entrantes s'écoulent en direction du bassin quantitatif ;
- le bassin quantitatif, dimensionné pour une pluie centennale, remplit la fonction d'écrêtement hydraulique. Deux orifices permettent un débit de fuite de 3 L/s/ha (pour une pluie d'entrée décennale) et un débit de fuite maximal de 6 L/s/ha (pour une pluie d'entrée centennale) ;
- les ouvrages qualitatifs et quantitatifs seront munis d'équipements utiles à la mise en œuvre d'un programme périodique d'entretien (échelons, piste et rampes d'accès) ;
- à l'issue de chaque phase, il est prévu une restitution des zones de verses recouvertes et végétalisées à l'écoulement « naturel », ce qui signifie que les eaux collectées sur ses zones ne seront plus traitées par la filière de rejet.

Les objectifs de traitement, tant pour les phases de construction initiale que de fonctionnement du centre de stockage Cigéo, visent à obtenir une qualité d'eaux rejetées compatible avec le bon état chimique et écologique des eaux superficielles.

5.4.2.2.3 Traitement des eaux de verses

La filière est composée de prétraitements (décantation avec coagulation/floculation, filtres 5 microns et 10 microns), puis affinage par la mise en place d'une osmose inverse basse pression (nanofiltration).

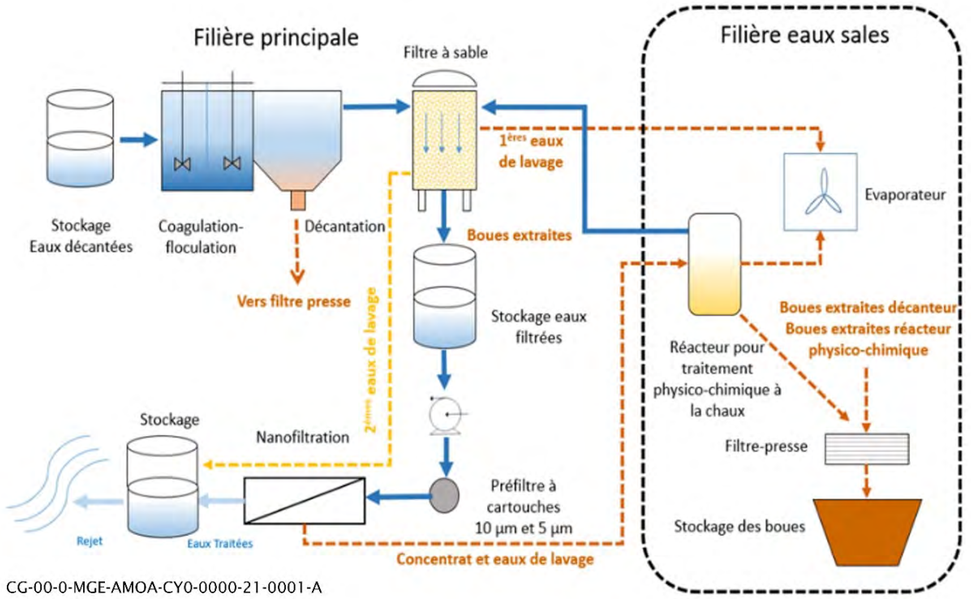


Figure 5-28 Schéma illustratif de la filière de traitement qualitatif des eaux de ruissellement des verses

Les boues produites dans cette filière de traitement seront essentiellement minérales et seront donc considérées comme des déchets ultimes et destinées à rejoindre une installation de stockage. La qualité de ces boues sera suivie régulièrement de manière à optimiser le fonctionnement de la filière et assurer un respect des critères d'acceptabilité.

Comme pour les boues des eaux pluviales, la quantité de boues issues des verses est très dépendante de la pluviométrie ce qui les rend difficilement quantifiables.

De plus, dans le but de limiter le départ de fines dans les eaux pluviales, plusieurs expérimentations sont prévues sur le comportement du dépôt d'argilites présent sur le Laboratoire souterrain de Meuse/Haute-Marne. L'une d'elles traite des eaux de ruissellement des verses en se plaçant dans des conditions proches de la mise en œuvre des verses telles que conçues du centre de stockage Cigéo. Les objectifs de cette expérimentation sont les suivants :

- consolider la filière de traitement des eaux de ruissellement des verses ;
- définir les modalités et/ou les contraintes de montage des verses en adéquation avec la filière de traitement des eaux de ruissellement en limitant au maximum le lessivage ;
- valoriser si possible les boues issues des bassins qualitatifs (la majorité des particules lessivées y sera récupérée) en les réutilisant sur les stocks de verses.

Hors valorisation in-situ, ces boues rejoindront des filières conventionnelles d'élimination comme les installations de stockage de déchets (inertes ou non dangereux) du fait de leur composition majoritairement minérale.

5.4.2.2.4 Rendement épuratoire « cible » de la filière de traitement

Les concentrations des eaux pluviales de verses en entrée et cible en sortie de filière de traitement sont présentées dans le tableau 5-17. Les valeurs prises en compte en entrée de filière sont détaillées au chapitre 5.2.2.4 du volume VII de la présente étude d'impact.

La qualité des eaux en sortie de traitement est détaillée au chapitre 5.5.2 du présent volume.

Tableau 5-17 Tableau des concentrations (mg/l) des eaux pluviales de verses en entrée et en sortie de filière de traitement sur la zone puits

Paramètres étudiés	Eaux de verses		Rendement minimum attendu*
	Concentration en entrée de filière	Concentration cible en sortie de filière	
DCO	81 mg/l	30 mg/l	>63 %
MES	1 900 mg/l	35 mg/l	>98 %
Cu	10 µg/l	1 µg/l	>90 %
Pb	24 µg/l	1,2 µg/l	>95 %
Zn	170 µg/l	7,8 µg/l	>95 %
HCT	100 µg/l	1 000 µg/l	-
Cd	0,08 µg/l	0,25 µg/l	-
Al	61 mg/l	0,1 mg/l	>99 %
Sulfate	2 000 mg/l	250 mg/l	>88 %
Fe	52 mg/l	0,1 mg/l	>99 %
COT	1 mg/l	7 mg/l	-
DBO_5	1 mg/l	6 mg/l	-
NO_3^-	2 mg/l	50 mg/l	-
NH_4^+	0,5 mg/l	0,5 mg/l	0 %
NO_2^-	0,2 mg/l	0,3 mg/l	-
P_{tot}	1 mg/l	0,2 mg/l	>83 %
As	20 µg/l	0,83 µg/l	>96 %
Benzo(a)pyrène	<0,005 µg/l	0,001 µg/l	-
Cr	95 µg/l	3,4 µg/l	>96 %
Hg	<0,005 µg/l	0,07 µg/l	-
Ni	83 µg/l	4 µg/l	>95 %
Se	2 µg/l	10 µg/l	-
Uranium	1,7 µg/l	30,0 µg/l	-

** Dans certains cas, la concentration cible est supérieure à celle de l'eau de verse brute. En effet, les valeurs cibles retenues permettent d'assurer le respect du bon état chimique et écologique des cours d'eau, mais les eaux à traiter peuvent présenter initialement des concentrations plus faibles que ces cibles. Dans ce cas, seul un suivi de ces paramètres sera réalisé pour s'assurer du respect de ces valeurs cibles, mais il n'y aura pas de traitement spécifique nécessaire sur ces paramètres.*

Il est à noter qu'en complément des paramètres physico-chimiques énoncés par la directive cadre sur l'eau (DCE) (29), des éléments complémentaires dont l'uranium sont analysés pour cette filière de traitement. Les concentrations en uranium des rejets liés aux ruissellement des eaux des verses sont nettement inférieures au seuil défini par les niveaux de radioactivité naturelle des eaux superficielles du secteur pour l'uranium (facteur 100) (cf. Chapitre 5.2.3.4 du volume III de la présente étude d'impact).

Les concentrations en entrée de filière sont issues d'essais pilotes effectués en laboratoire à partir de prélèvements d'argilite du centre de Meuse/Haute-Marne.

5.4.2.2.5 Modalité de suivi

- **Réseau de suivi des eaux superficielles**

  Un suivi des eaux superficielles est mis en place avec des stations de jaugeage des cours d'eau et des stations de suivi de la qualité des eaux superficielles. Le suivi sera conforme aux prescriptions des différentes autorisations environnementales préalables aux travaux en termes de localisation des points de suivi, de fréquences et de paramètres analysés.

  Ainsi, pour le centre de stockage Cigéo le suivi est centré sur la qualité de chaque cours d'eau dont les bassins versants sont recoupés avec :

  - ✓ la mise en place d'un réseau de suivi quantitatif (et qualitatif) des cours d'eau concernés par les travaux ;
  - ✓ l'information rapide des services de l'État compétents en cas de constat d'incident ayant un impact sur l'environnement ayant provoqué une pollution des eaux superficielles.

  Cette mesure de suivi perdure pendant le fonctionnement et jusqu'à la fermeture du centre de stockage Cigéo et son démantèlement.

- **Suivi hydromorphologique des cours d'eau**

  Un suivi hydromorphologique des cours d'eau concerné par des rejets ou la mise en place d'un ouvrage de franchissement hydraulique (temporaire ou définitif) du centre de stockage est mis en place.

  La définition du protocole de suivi (type de méthode utilisée, fréquence de suivi, cours d'eau concerné) sera menée avec les services de l'État lors de l'instruction des dossiers de demande d'autorisation environnementale préalablement au lancement des travaux.

  Cette mesure de suivi perdure pendant le fonctionnement et jusqu'à la fermeture du centre de stockage Cigéo et son démantèlement.

- **Entretien et maintenance des dispositifs de gestion des eaux**

  Les dispositifs de collecte et de traitement des eaux de ruissellement des verses susceptibles d'être polluées (réseaux, filière spécifique de traitement, bassins) font l'objet d'un entretien préventif et d'un contrôle régulier de leur état et de leur bon fonctionnement. L'ensemble des opérations d'entretien et de contrôle effectuées est consigné sur un registre éventuellement informatisé et tenu à la disposition de l'administration. En complément, un suivi des incidents ayant entraîné l'arrêt des dispositifs de traitement (analyse des causes et mesures prises pour y remédier) est mis en place. Ce suivi est consigné sur un registre, éventuellement informatisé et tenu à la disposition de l'administration.

- **Surveillance du bon fonctionnement des obturateurs permettant l'isolement des réseaux d'évacuation des eaux pluviales et autres effluents**

Les obturateurs permettant l'isolement des réseaux d'évacuation des eaux pluviales et des autres effluents de l'établissement par rapport à l'extérieur font l'objet d'un entretien préventif et d'un contrôle régulier de leur état et de leur bon fonctionnement. L'ensemble des opérations d'entretien et de contrôle effectuées est consigné sur un registre éventuellement informatisé et tenu à la disposition de l'administration. Ce suivi permet de garantir le bon fonctionnement des obturateurs et leur pérennité.

- **Suivi de la compatibilité des émissions liquides avec les exigences relatives à la règlementation IOTA**

  Une vérification initiale puis un suivi régulier de la compatibilité des rejets avec la qualité ou les objectifs de qualité des cours d'eau récepteurs sont mis en œuvre.

Dans le cadre du système de management environnemental intégré (SMI), un inventaire des flux d'effluents aqueux générés ainsi qu'un plan de surveillance environnemental sont mis en place et mis à jour régulièrement.

5.4.2.3 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)

Mesure de réduction : 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)

Facteur(s) environnemental(aux)	MOA(s)	Opération(s)	Phase(s)
Eaux superficielles	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZP, ZD, ZIOS, LIS, ITE)	APR, CI, F
	RTE	Alimentation électrique	
	SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau	APR, CI
	SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000	
	CD52	Déviation de la route départementale D60/960	

5.4.2.3.1 Origines des eaux usées et industrielles

Les eaux usées, comprennent les eaux vannes (WC), les eaux grises (douches, lavabos, cuisine…) et les eaux industrielles de surface.

Leurs caractéristiques et leurs dimensionnements sont fonction du nombre de personnes présentes sur le chantier mais aussi des prescriptions du règlement sanitaire du département concerné ou des prescriptions définies dans le document d'urbanisme en vigueur sur le site.

Les principales pollutions liées à ces effluents sont l'apport de matière organique, azotée et phosphorée. Le risque d'une contamination bactériologique est également présent et doit être traité.

5.4.2.3.2 Gestion des eaux usées et industrielles

- Principe de l'assainissement non collectif (ANC)

  Pour la phase d'aménagements préalables, le raccordement au réseau public des eaux usées n'est pas possible au droit du centre de stockage Cigéo, et il en est de même pour les autres phases et opérations du projet global Cigéo.

  Les eaux usées générées par les installations de chantier font donc l'objet d'un traitement par des ouvrages d'assainissement non collectif (ANC) temporaires. Il peut s'agir de dispositifs de traitement in-situ avec une infiltration dans le sol ou bien des fosses toutes eaux pour assurer leur stockage avant pompage pour être traitées par une société spécialisée.

  Le dispositif avant mise en service fait l'objet d'un accord technique et d'une vérification sur site par le service public d'assainissement non collectif (SPANC). Ce dernier est un service public de l'État qui contrôle la bonne exécution des dispositifs d'assainissement collectif et qui s'assure qu'ils sont conformes au cours de leur exploitation. Les contrôles font l'objet d'un certificat de conformité.

  Pour les zones de chantier éloignées des bases vie, des sanitaires chimiques de chantier sont mis en place. Le rejet d'eaux usées non traitées est interdit. Cette mesure de réduction est valable pour toutes les opérations du projet global Cigéo.

» LES OBJECTIFS DE L'ASSAINISSEMENT NON COLLECTIF

Les trois principaux objectifs de l'assainissement non collectif sont de :

- prévenir tout risque sanitaire ;
- limiter l'impact du rejet sur l'environnement ;
- protéger les ressources en eau.

L'assainissement non collectif est soumis à une réglementation précise. Il est notamment géré par le SPANC qui est chargé de son contrôle.

En phases de construction initiale et de fonctionnement, seuls quelques points isolés comme les postes de garde ne sont pas connectés aux stations d'épuration mises en place sur les installations de surface :

- en construction initiale :
  - ✓ pour la zone descenderie, il s'agit des sanitaires des postes de garde de l'entrée ferroviaire et de la route départementale D60/960, ainsi que le bâtiment du terminal fret ferroviaire ;
  - ✓ pour la zone puits, il s'agit des sanitaires présents au niveau des deux postes de garde ;
  - ✓ en phase fonctionnement, il s'agit des postes de garde ferroviaire et du bâtiment du terminal fret ferroviaire en zone descenderie.

Pour ces cas particuliers, les dispositions décrites ci-avant s'appliquent.

La plateforme logistique de Gondrecourt-le-Château comprend actuellement un dispositif d'assainissement des eaux usées (fosse de 6 m³ régulièrement vidangée qui est conservée en l'état, mais pourra être adaptée au cours du temps en fonction des besoins).

Dans l'attente du positionnement définitif des autres opérations du projet global Cigéo et si la solution de raccordement avec le réseau public d'eaux usées n'est pas envisageable, il est prévu que les eaux usées générées fassent l'objet d'un traitement par des ouvrages d'assainissement non collectif (ANC) dont l'objectif est de respecter les normes de qualité environnementale des masses d'eau superficielles. Leurs caractéristiques et leurs dimensionnements sont fonction du nombre de personnes présentes dans les bâtiments techniques mais aussi des prescriptions du règlement sanitaire du département concerné ou des prescriptions définies dans le document d'urbanisme en vigueur sur le site.

- Principe de l'assainissement collectif – stations d'épuration

» MISE EN SERVICE DES STATIONS D'EPURATION DES LE DEBUT DE LA PHASE DE CONSTRUCTION INITIALE

Les stations d'épuration sont construites pour être fonctionnelles dès le début de la phase de construction initiale. Le traitement des eaux usées est ainsi possible *via* les stations d'épuration pour la phase de construction initiale et la phase de fonctionnement.

Au démarrage de la phase d'aménagements préalables, des systèmes autonomes provisoires (cuve et évacuation pour traitement, ou chimique) seront mis en place pour la collecte et le traitement des eaux usées. Les systèmes autonomes provisoires seront ensuite retirés.

Les eaux usées sont collectées pour rejoindre les stations d'épuration respectives de la zone descenderie ou de la zone puits au sein desquelles elles sont traitées (cf. Figure 5-29 et figure 5-30).

Figure 5-29 Localisation de la station de traitement des eaux usées de la zone descenderie

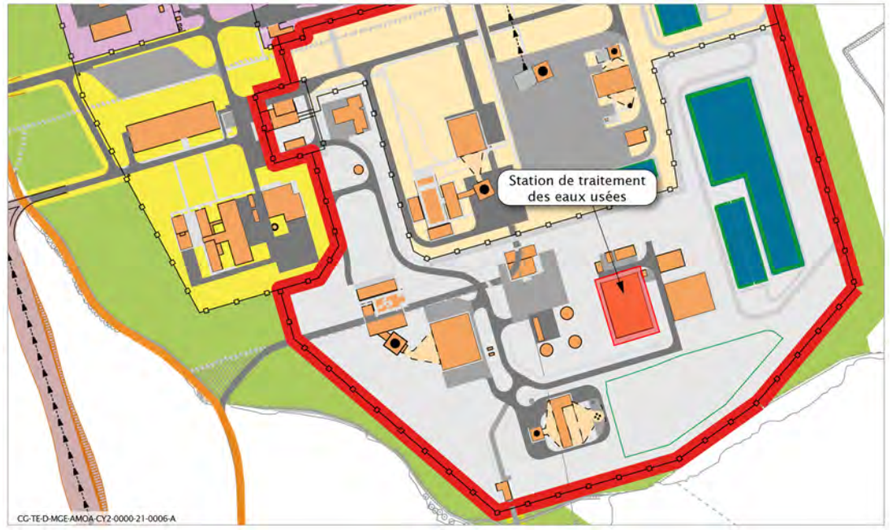


Figure 5-30 Localisation de la station de traitement des eaux usées de la zone puits

Les stations d'épuration des zones descenderie et puits sont dimensionnées en prévision de la charge hydraulique de pointe à traiter au cours de chacune des phases de construction initiale et de fonctionnement du centre de stockage Cigéo.

Pour chaque zone, il est prévu une station d'épuration pour le traitement des eaux usées de surface globale au sol d'environ 1 600 m² pour la zone descenderie et 800 m² pour la zone puits. Les stations d'épuration mises en place correspondent à une chaîne de traitement pour environ 1 700 équivalents/habitants pour la zone descenderie et environ 675 équivalent-habitant pour la zone puits. Au stade actuel des études de conception, la filière de traitement des eaux usées et des eaux industrielles de surface envisagée :

- peut s'adapter aux variations de charge ;
- a des performances épuratoires compatibles avec une réutilisation de l'eau traitée en tant qu'eau industrielle ;
- permet un rejet adapté aux spécificités locales des milieux récepteurs.

Les performances recherchées des stations d'épuration seraient identiques pour la zone descenderie et la zone puits Seuls les dimensionnements sont différents.

Les traitements mis en œuvre permettent la réutilisation des eaux ou leur rejet régulé dans le milieu extérieur après contrôle (respect des critères du bon état chimique et du bon état écologique de l'eau rejetée). Par conséquent après traitement, ces eaux sont majoritairement stockées pour réutilisation interne au centre de stockage Cigéo. Le recyclage des eaux permet de limiter les rejets vers le milieu naturel et de réduire le risque de pollution associé. Cette partie est présentée au chapitre 5.4.3.2 du présent volume.

En cas de surplus d'eaux épurées stockées dans les réservoirs, le trop-plein est rejeté au milieu naturel, vers la Bureau en zone descenderie et vers l'Ormançon en zone puits.

5.4.2.3.3 Traitement des eaux usées et industrielles

La filière se compose de trois niveaux de traitement pour permettre une épuration optimale (cf. Figure 5-31) :

- un traitement primaire : prétraitements des eaux brutes permettant la récupération mécanique des éléments les plus accessibles, avec :
  - ✓ un dégrilleur automatique, complété par un dégrilleur manuel en cas de colmatage au niveau de l'arrivée dans le poste de refoulement, mis en place sur la canalisation d'arrivée des effluents afin de protéger les pompes du poste de refoulement et la filière en aval ;
  - ✓ un poste de refoulement enterré accessible depuis un regard de visite, permettant l'alimentation de la filière de traitement ;
  - ✓ un tamis rotatif ;
  - ✓ un ajout de chlorure ferrique sur l'effluent afin de permettre le traitement du phosphore ;
- un traitement secondaire :
  - ✓ traitement biologique par disques biologiques capotés en version semi-enterrée (pas d'installation en bâtiment), couplés avec un lit de clarification – et un séchage des boues plantés de roseaux (LCSPR) sur une grande partie de la surface allouée à la station d'épuration ;
  - ✓ une bâche de stockage des eaux en sortie de la filière secondaire permet l'alimentation de la filière tertiaire en souterrain dans le bâtiment, avec accès par trappe de visite ;
- un traitement tertiaire en bâtiment : filtration *via* un système de charbon actif (filtre CAG : charbon actif en grains), ultrafiltration membranaire et chloration. En aval de l'ultrafiltration, une membrane de nanofiltration (osmose inverse basse pression) complète le traitement tertiaire afin de garantir l'enlèvement des nitrates en toute saison.

Les eaux présentant un risque de pollution par des huiles ou des graisses (atelier mécanique et/ou de maintenance) seront prétraitées localement par un déshuileur.

Il est à noter qu'indépendamment des stations d'épuration décrites, les centrales à béton nécessaires à la construction des ouvrages seront munies de système de recyclage de leurs eaux de laitance (neutralisation du pH et décantation des matières en suspension).

Le procédé technique de traitement des effluents liquides conventionnels est adapté à la fois à la qualité des eaux collectées et à la compatibilité des rejets du centre de stockage Cigéo avec les critères de bon état écologique et chimique des eaux superficielles et des eaux souterraines par transfert. Les normes de qualité à respecter pour la réutilisation des eaux, moins contraignantes, seront donc également respectées.

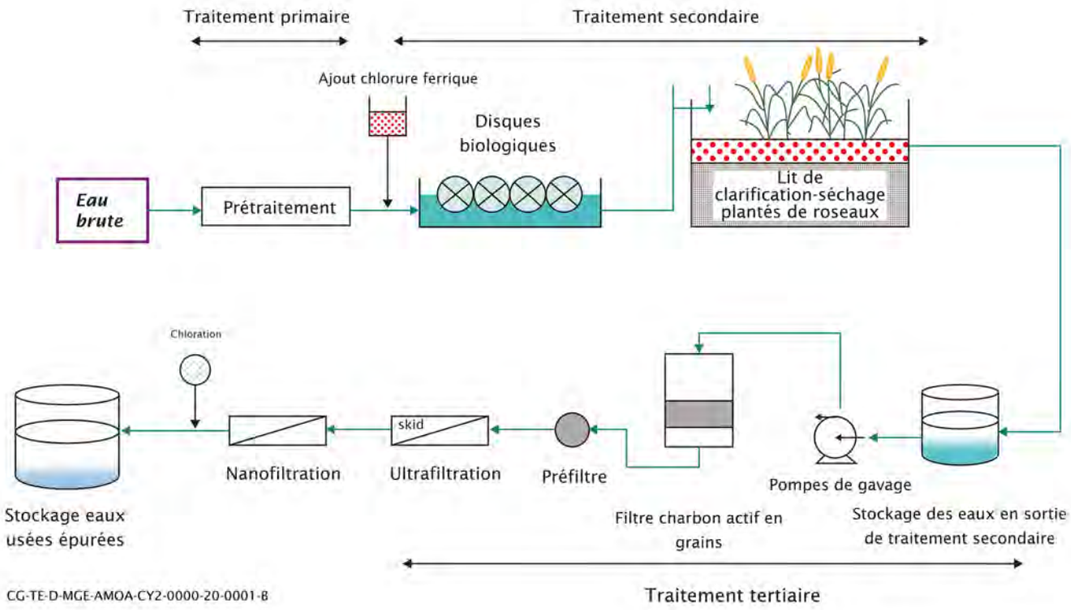


Figure 5-31 *Schéma illustratif de la filière de traitement qualitatif des eaux usées et industrielles*

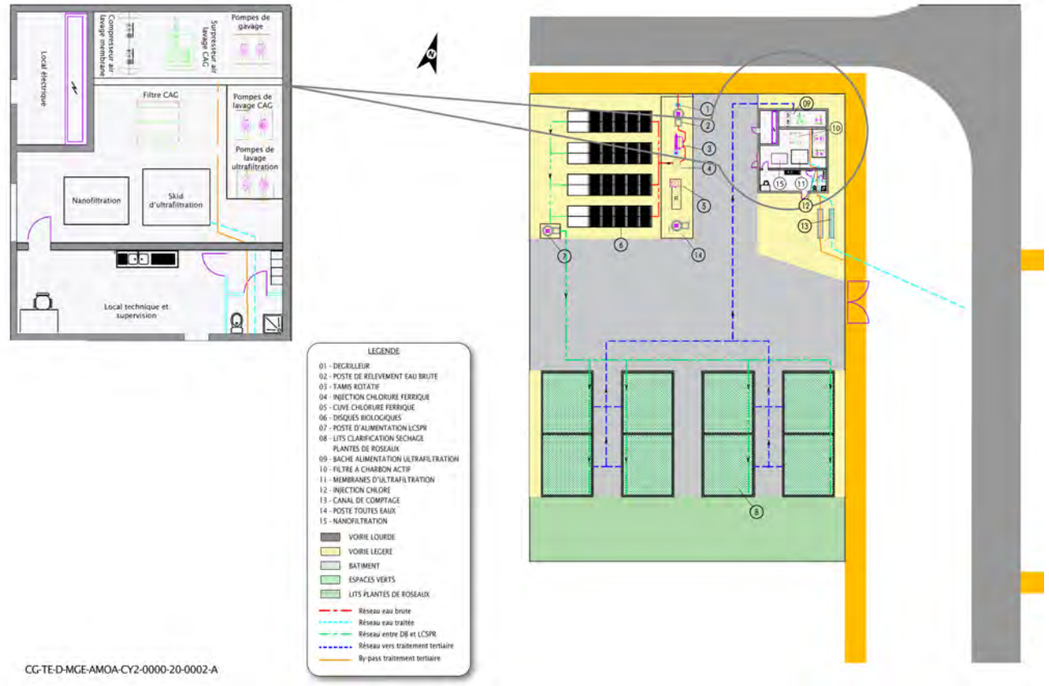


Figure 5-32 *Station de traitement des eaux usées – vue en plan type (zone descenderie et zone puits)*

Pour la gestion des boues des stations d'épuration, la mise en œuvre de lits de clarification – séchage est actuellement à l'étude. Ces « lits » plantés de roseaux, permettent de réaliser de manière concomitante la clarification des eaux et le stockage, le séchage et la minéralisation des boues.

CONTENU DES BOUES DES STATIONS D'ÉPURATION :

- particules minérales (argiles, carbonates, silicates, phosphates, etc.) ;
- débris organiques grossiers ;
- biomasse morte (résidus de cellules bactériennes, résidus d'algues, etc.) ;
- polymères organiques issus de l'activité de la biomasse ;
- germes pathogènes fécaux ;
- constituants minéraux et organiques solubles (Éléments Traces Métalliques (ETM)) ;
- composés traces organiques (CTO) ;
- micro-organismes pathogènes ;
- composés pharmaceutiques ;
- eau résiduelle.

Les macrodéchets (refus de prétraitements) seront quant à eux compactés et envoyés en installation de stockage en tant que déchets domestiques.

Les boues sont par la suite, soit valorisées en amendement agricole selon le plan d'épandage préalablement défini si leur qualité le permet, soit déposées dans un centre de compostage selon la réglementation en vigueur et l'obtention des autorisations nécessaires. Le suivi de ces dernières sera rigoureux et régulier de manière à choisir l'exutoire le plus adapté. La production annuelle de boues serait de l'ordre de :

- pour la zone Descenderie :
  - ✓ 260 tonnes par an en phase de construction initiale ;
  - ✓ 70 tonnes par an en phase fonctionnement ;
- pour la zone Puits :
  - ✓ 85 tonnes par an en phase de construction initiale ;
  - ✓ 54 tonnes par an en phase fonctionnement.

La méthode de calcul est présentée au chapitre 5.2.2 du volume VII de la présente étude d'impact.

Ces tonnages sont calculés sur une base de 20 % de siccité (taux de concentration en matière sèche), valeur conventionnelle pour un traitement sur filtre planté de roseaux. Ces volumes de boues correspondent à environ une benne évacuée par mois en exploitation et trois bennes par mois en construction initiale (pour des bennes de 12 m^3), Ces déchets pourront trouver un exutoire en valorisation agricole en fonction de leur qualité agronomique et d'un plan d'épandage précis, ou encore en centre de compostage dans la région. À noter que les filtres plantés de roseaux sont curées une première fois au bout de quatre à cinq ans puis tous les deux à trois ans. Ces quantités annuelles présentées ci-dessus seront donc regroupées sur une seule période.

5.4.2.3.4 Rendement épuratoire de la filière de traitement

Les concentrations des eaux usées et des eaux industrielles de surface en entrée et en sortie de filière de traitement, pour la zone descenderie et la zone puits sont présentées dans le tableau 5-18tableau des concentrations des eaux usées et industrielles de surface en entrée et en sortie de filière de traitement pour la zone descenderie et la zone puits (22).

La qualité des eaux en sortie de traitement est détaillée au chapitre 5.5.2 du présent volume. Le détail des concentrations en entrée de filière est donné au chapitre 5.2.2.4 du volume VII de la présente étude d'impact.

Tableau 5-18 Tableau des concentrations des eaux usées et industrielles de surface en entrée et en sortie de filière de traitement pour la zone descenderie et la zone puits (22)

Paramètres étudiés	Eaux usées et industrielles		Rendement épuratoire minimum attendu
	Concentration en entrée de filière	Concentration cible maximale en sortie de filière	
DBO_5	400 mg/l	6 mg/l	99 %
DCO	1 000 mg/l	30 mg/l	97 %
MES	600 mg/l	35 mg/l	94 %
NTK	150 mg/l	2 mg/l	99 %
NO_3^-	133 mg/l	50 mg/l	62 %
NO_2^-	NC*	0,3 mg/l	-
Ptot	15 mg/l	0,2 mg/l	99 %
PO_4^{3-}	37 mg/l	0,5 mg/l	99 %
Chrome	0,05 mg/l	0,0034 mg/l	93 %
HCT	<0,1 mg/l	1 mg/l	-
Coliformes totaux	10^9 UFC/100 ml	500 UFC/100 ml	7 log
Coliformes fécaux	10^8 UFC/100 ml	Les coliformes totaux serviront de témoin de contamination et de mesure d'efficacité des traitements. Les traitements en place ne sont pas sélectifs et seront efficaces sur toute la flore bactérienne.	
Kystes et oocysres de protozoaires	10^4 kystes/100 ml		
Virus	10^5 virus/100 ml		

** Polluant susceptible d'être créé dans la filière de traitement biologique. Il n'est pas présent dans les effluents bruts*

Les objectifs de l'ensemble des phases de traitement des eaux usées visent ainsi à obtenir une compatibilité des rejets du centre de stockage Cigéo avec les critères de bon état chimique et écologique des eaux superficielles. Les objectifs d'état des masses d'eau définis dans les schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux sont présentés au chapitre 5.3.6.1 du volume III de la présente étude d'impact.

Les incidences résiduelles sur la qualité des eaux et les flux de pollution engendrés par les eaux usées et industrielles traitées sont présentés au chapitre 5.5.2 du présent volume.

5.4.2.3.5 Modalité de suivi

- **Contrôle de la performance des dispositifs de traitement des eaux usées**

  L'assainissement non collectif est soumis à une réglementation précise. Il est notamment géré par le SPANC qui est chargé de son contrôle. Les opérations de maintenance et de suivi imposés par la réglementation en vigueur sont mis en œuvre.

  Cette mesure de suivi perdure pendant le fonctionnement et jusqu'à la fermeture du centre de stockage Cigéo et son démantèlement.

- **Suivi hydromorphologique des cours eaux**

  Un suivi hydromorphologique des cours d'eau concerné par des rejets ou la mise en place d'un ouvrage de franchissement hydraulique (temporaire ou définitif) du centre de stockage est mis en place.

  La définition du protocole de suivi (type de méthode utilisée, fréquence de suivi, cours d'eau concerné) sera menée avec les services de l'État lors de l'instruction des dossiers de demande d'autorisation environnementale préalablement au lancement des travaux.

  Cette mesure de suivi perdure pendant le fonctionnement et jusqu'à la fermeture du centre de stockage Cigéo et son démantèlement.

- **Entretien et maintenance des dispositifs de gestion des eaux**

  Les dispositifs de collecte et de traitement des eaux usées d'origine sanitaire et des eaux industrielles de surface (réseaux et stations d'épuration) font l'objet d'un entretien préventif et d'un contrôle régulier de leur état et de leur bon fonctionnement. Une mesure périodique des principaux paramètres permettant de s'assurer de la bonne marche des dispositifs de traitement, et si besoin en continu avec asservissement à une alarme, est mise en place. L'ensemble des opérations d'entretien et de contrôle effectuées est consigné sur un registre éventuellement informatisé et tenus à la disposition de l'administration. En complément, un suivi des incidents ayant entraîné l'arrêt des dispositifs de traitement (analyse des causes et mesures prises pour y remédier) est mis en place. Ce suivi est consigné sur un registre, éventuellement informatisé et tenu à la disposition de l'administration.

- **Surveillance du bon fonctionnement des obturateurs permettant l'isolement des réseaux d'évacuation des eaux pluviales et autres effluents**

  Les obturateurs permettant l'isolement des réseaux d'évacuation des eaux pluviales et des autres effluents de l'établissement par rapport à l'extérieur font l'objet d'un entretien préventif et d'un contrôle régulier de leur état et de leur bon fonctionnement. L'ensemble des opérations d'entretien et de contrôle effectuées est consigné sur un registre éventuellement informatisé et tenu à la disposition de l'administration. Ce suivi permet de garantir le bon fonctionnement des obturateurs et leur pérennité.

- **Suivi de la compatibilité des émissions liquides avec les exigences relatives à la règlementation IOTA**

  Une vérification initiale puis un suivi régulier de la compatibilité des rejets avec la qualité ou les objectifs de qualité des cours d'eau récepteurs sont mis en œuvre.

  Dans le cadre du système de management environnemental intégré (SMI), un inventaire des flux d'effluents aqueux générés ainsi qu'un plan de surveillance environnemental sont mis en place et mis à jour régulièrement.

5.4.2.4 Mise en place d'un dispositif de traitement des eaux de fond par zone

Mesure de réduction : mise en place d'un dispositif de traitement des eaux de fond par zone			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Eaux superficielles	Andra	Centre de stockage Cigéo – INB (ZD, ZP, ZIOS)	CI, F

5.4.2.4.1 Origines des eaux de fond

Les eaux de fond regroupent les eaux d'exhaure, les eaux industrielles (eaux de lavage, eaux liées au fonctionnement du tunnelier), eaux de tests de prises incendie.

Les sources de pollution principales apportées par ces eaux sont les MES et certains métaux comme l'arsenic, le nickel et le zinc, contenus dans le socle géologique.

5.4.2.4.2 Gestion des eaux de fond

La localisation des ouvrages liés à la filière de traitement des eaux de fond est présentée sur la figure 5-33 pour la zone descenderie et sur la figure 5-34 pour la zone puits.

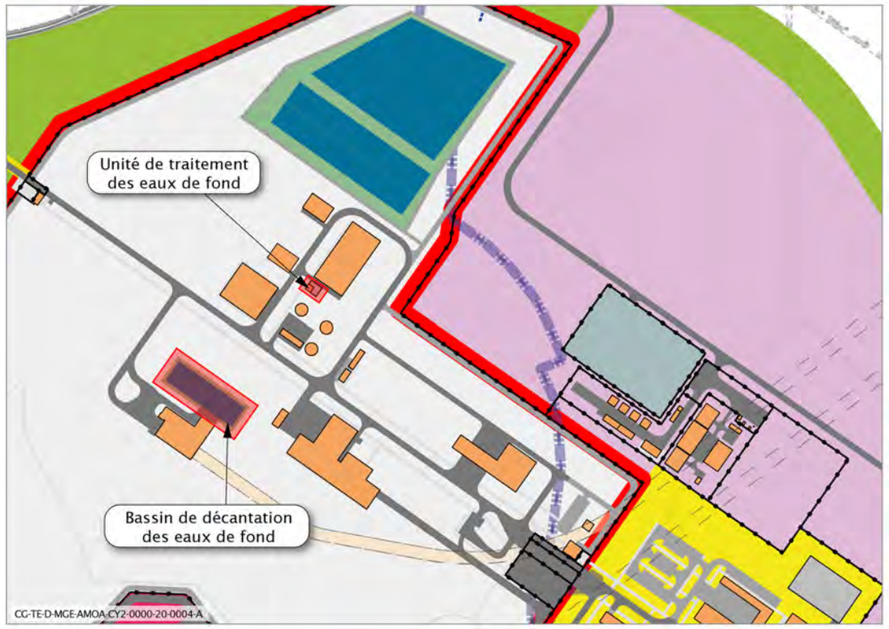


Figure 5-33 Localisation des ouvrages de la filière de traitement des eaux de fond en zone descenderie

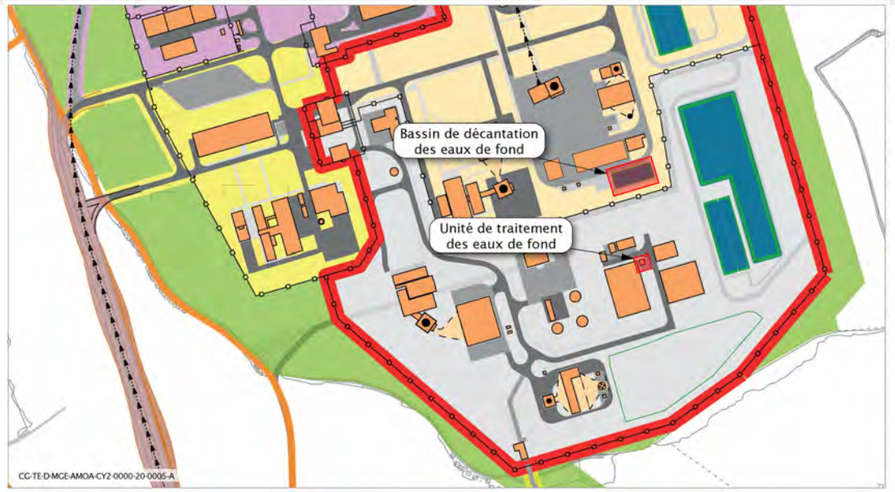


Figure 5-34 Localisation de la station de traitement des eaux de fond de la zone puits

L'ensemble de ces eaux produites et collectées au fond fait l'objet d'une gestion (collecte, traitement) mutualisée par zone avant réutilisation ou rejet au milieu naturel. Le recyclage des eaux permet de limiter les rejets vers le milieu naturel et de réduire le risque de pollution associé. Cette partie est présentée au chapitre 5.4.3.2 du présent volume.

Les eaux générées en zone souterraine sont remontées quotidiennement en surface à l'aide de réseaux de relevage et gérées de manière distincte.

Une fois collectées et épurées, les eaux de fond sont stockées et réutilisées dans le cadre du process industriel du centre de stockage Cigéo (production de béton, fonctionnement des tunneliers, lavage des engins, arrosage des espaces verts...). Les eaux de fond épurées sont réutilisées dans un second temps, si les eaux usées épurées ne sont pas suffisantes pour subvenir aux besoins (cf. Chapitre 5.4.3.2 du présent volume). La réutilisation des eaux traitées nécessite la mise en place de pompes et de réservoirs de stockage des eaux dites « recyclées ».

Du fait de leur réutilisation, le rejet des eaux de fond vers le milieu naturel sera limité notamment en zone puits. En cas de trop-plein du réservoir de stockage des eaux de fond épurées, dans le cas où la production d'eaux usées et d'eau de fond épurées est supérieure aux besoins (si les eaux recyclées ne sont pas utilisées dans un délai de trois jours), les eaux de fond sont rejetées au milieu naturel. Plus précisément, les eaux de fond épurées sont rejetées à la Bureau en zone descenderie et à l'Ormançon en zone puits.

La localisation des réservoirs de distribution des eaux recyclées est présentée sur la figure 5-35 en zone descenderie et sur la figure 5-36 en zone puits.

La quantité d'eaux de fond maximale générée est actuellement estimée à 361 m^3/jour en phase de construction initiale (zone puits et zone descenderie) et à 251 m^3/jour en phase de fonctionnement (zone puits et zone descenderie).

Les dispositifs de traitement des eaux de fond sont dimensionnés en prévision de la charge hydraulique de pointe à traiter sur chacune des deux zones d'intervention potentielle au cours des phases de construction initiale et de fonctionnement du centre de stockage Cigéo.

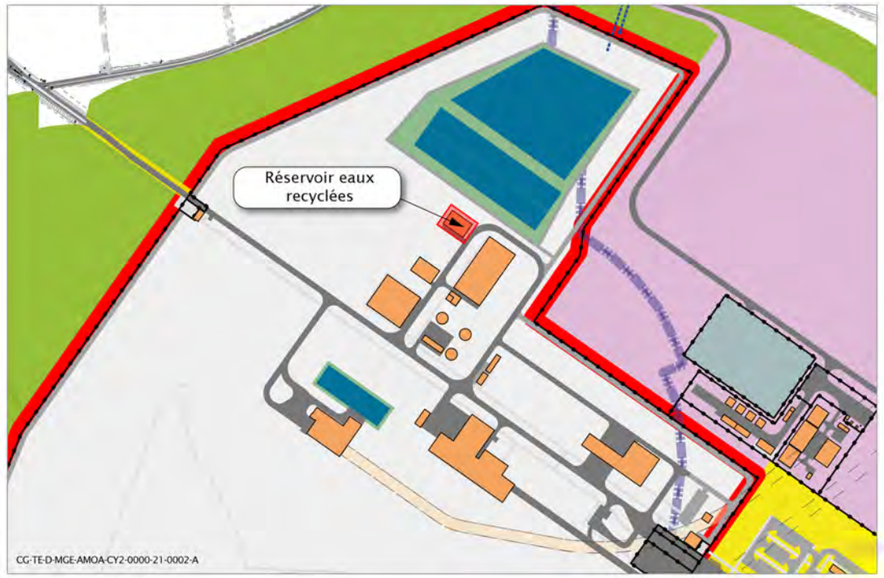


Figure 5-35 *Localisation des réservoirs de distribution des eaux recyclées en zone descenderie*

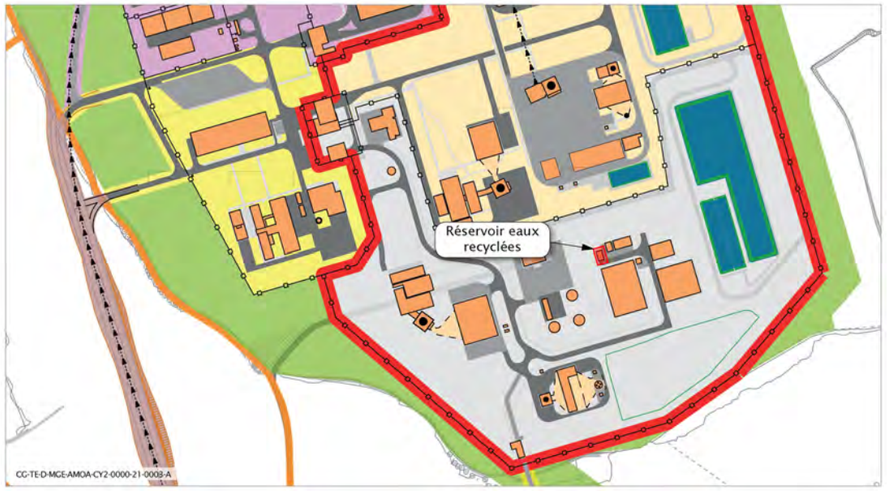


Figure 5-36 *Localisation des réservoirs de distribution des eaux recyclées en zone puits*

Durant les différentes phases de vie du projet, la collecte des effluents conventionnels de fond et leur remontée en surface évoluera :

- durant la construction initiale avec la mise en place des ouvrages définitifs ;
- en phase de fonctionnement avec une gestion différenciée entre la zone « travaux » et la zone « exploitation ».

5.4.2.4.3 Traitement des eaux de fond

Les objectifs de traitement visent à obtenir une compatibilité des eaux rejetées avec les critères de bon état chimique et écologique des eaux superficielles.

Compte tenu des niveaux de rejet la filière de traitement proposée est la suivante :

- un traitement primaire : prétraitements des eaux brutes permettant la récupération mécanique des éléments les plus accessibles, avec :
  - ✓ une première décantation pour éliminer les particules en suspension facilement décantables ;
  - ✓ un poste de refoulement ;
- un traitement secondaire :
  - ✓ une coagulation/floculation à l'aide de sels d'aluminium ou de fer ;
  - ✓ une décantation lamellaire ;
  - ✓ une filtration à 10 µm pour finaliser le traitement ;
- un traitement tertiaire, avec une désinfection à la javel pour assurer une absence de micro-organismes ainsi qu'une rémanence dans les cuves de stockage.

La filière de traitement des eaux de fond prévue en premier traitement est schématisée dans la figure 5-37.

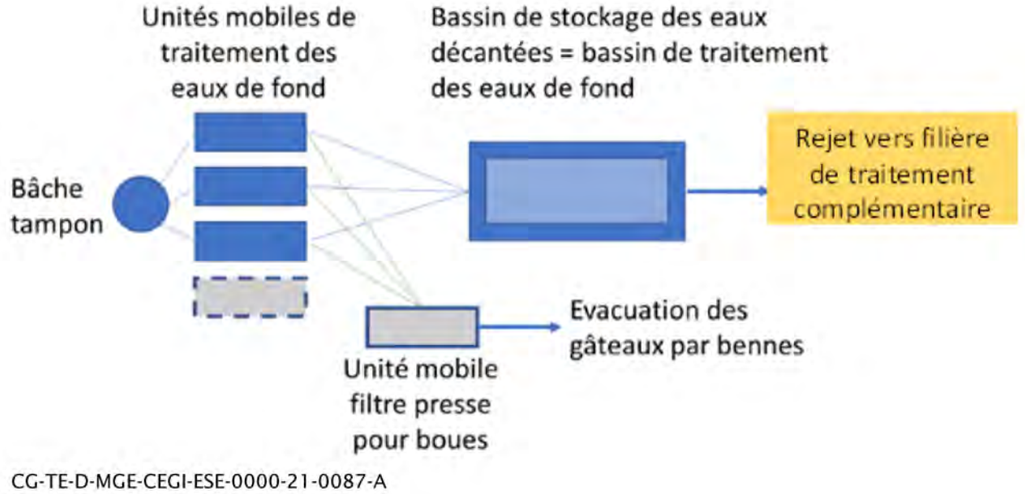


Figure 5-37 *Filière de traitement des eaux de fond prévue en premier traitement*

Les équipements nécessaires à cette dernière étape sont positionnés dans un bâtiment technique distinct.

Cette filière de traitement complémentaire est identique pour chaque zone, avec un dimensionnement différent.

La qualité des eaux de fond épurées, à l'issue des traitements, est conforme au seuil du bon état.

Une fois épurées, les eaux de fond transiteront par le stock d'eau recyclée et y seront stockées pour être réutilisées ou rejetées au milieu naturel.

La filière de gestion des effluents conventionnels de fond est schématisée dans la figure 5-38. Le prétraitement y est détaillé.

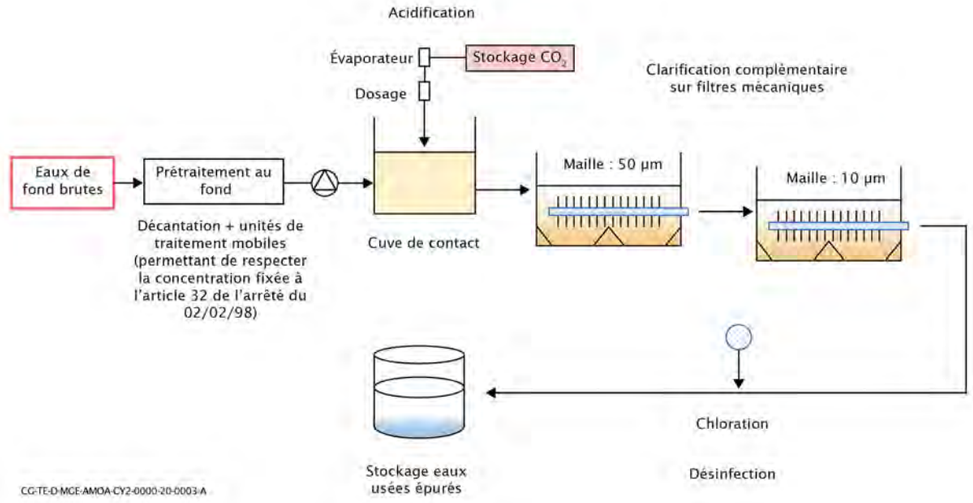


Figure 5-38 Schéma illustratif d'ensemble du dispositif de traitement des eaux de fond

Les volumes d'eau de fond ont été quantifiés sur les différentes phases de construction initiale et de fonctionnement et sont précisés dans le tableau 5-27 et le tableau 5-28. Les volumes à traiter pourront varier d'une phase à une autre ce qui engendre une adaptabilité des installations de traitement pour une dépollution optimale durant toutes ces différentes phases.

Les boues engendrées par cette filière de traitement seront principalement minérales et par conséquent envoyées en installation de stockage après épaississement ou déshydratation. La filière de traitement sera adaptée pour respecter les critères d'acceptabilité de l'installation et un suivi régulier de ces boues sera réalisée.

La production annuelle de boues serait de l'ordre de :

- pour la zone descenderie :
  - ✓ 40 tonnes par an en phase de construction initiale ;
  - ✓ 25 tonnes par an en phase d'exploitation ;
- pour la zone Puits :
  - ✓ 30 tonnes par an en phase de construction initiale ;
  - ✓ 25 tonnes par an en phase d'exploitation.

La méthode de calcul est présentée au chapitre 5.2.2 du présent volume.

Ces tonnages sont calculés sur une base de 20 % de siccité (taux de concentration en matière sèche). Ces volumes de boues correspondent à moins d'une benne évacuée tous les deux mois, ce qui est très faible. Ces déchets pourront trouver un exutoire en valorisation agricole en fonction de leur qualité agronomique et d'un plan d'épandage précis, ou encore en centre de compostage dans la région. La filière finale qui recevra ces boues est en cours d'étude.

5.4.2.4.4 Rendement épuratoire de la filière de traitement

Les concentrations des eaux de fond en entrée et en sortie de filière de traitement, pour la zone descenderie et la zone puits sont présentées dans le tableau 5-19.

Tableau 5-19 Tableau des concentrations (mg/l) des eaux de fond en entrée et en sortie de filière de traitement

Paramètres étudiés	Eaux de fond		Rendement épuratoire minimal attendu *
	Concentration en entrée de filière	Concentration cible en sortie de filière	
DBO_5	5 mg/l	6 mg/l	-
DCO	41 mg/l	30 mg/l	27 %
NTK	0,8 mg/l	2,0 mg/l	-
P_{tot}	0,6 mg/l	0,20 mg/l	67 %
PO^{4}_{3-}	0,83 mg/l	0,50 mg/l	40 %
MES	140 mg/l	35 mg/l	75 %
As	11 µg/l	0,83 µg/l	92 %
HCT	<0,1 mg/l	1 mg/l	-
Al	470 µg/l	100 µg/l	79 %
NH_4	<0,5 mg/l	0,5 mg/l	-
Cd	<0,05 µg/l	0,25 µg/l	-
Cr	1,6 µg/l	3,4 µg/l	-
Cu	2,6 µg/l	1,0 µg/l	62 %
Fe	3 mg/l	0,1 mg/l	96 %
Hg	<0,2 µg/l	0,07 µg/l	-
Ni	12 µg/l	4 µg/l	67 %
Pb	<1 µg/l	1 µg/l	-
Zn	24 µg/l	8 µg/l	68 %
Se	48 µg/l	10 µg/l	79 %
Benzo(a)pyrène	<0,005 µg/l	0,001 µg/l *	-

** Dans certains cas, la concentration cible est supérieure à celle de l'eau de fond brute. En effet, les valeurs cibles retenues permettent d'assurer le respect du bon état chimique et écologique des cours d'eau, mais les eaux à traiter peuvent présenter initialement des concentrations plus faibles que ces cibles. Dans ce cas, seul un suivi de*

ces paramètres sera réalisé pour s'assurer du respect de ces valeurs cibles, mais il n'y aura pas de traitement spécifique nécessaire sur ces paramètres.

L'ensemble des critères des valeurs de bon état écologique des cours d'eau seront respectés et par conséquent les normes de réutilisation de l'eau.

Les incidences résiduelles sur la qualité des eaux et les flux de pollution engendrés par les eaux de fond traitées sont présentés au chapitre 5.5.2 du présent volume.

5.4.2.4.5 Modalité de suivi

- **Réseau de suivi des eaux superficielles**

  Un suivi des eaux superficielles est mis en place avec des stations de jaugeage des cours d'eau et des stations de suivi de la qualité des eaux superficielles. Le suivi sera conforme aux prescriptions des différentes autorisations environnementales préalables aux travaux en termes de localisation des points de suivi, de fréquences et de paramètres analysés.

  Ainsi, pour le centre de stockage Cigéo le suivi est centré sur la qualité de chaque cours d'eau dont les bassins versants sont recoupés avec :

  - ✓ la mise en place d'un réseau de suivi quantitatif (et qualitatif) des cours d'eau concernés par les travaux ;
  - ✓ l'information rapide des services de l'État compétents en cas de constat d'incident ayant un impact sur l'environnement ayant provoqué une pollution des eaux superficielles.

  Cette mesure de suivi perdure pendant le fonctionnement et jusqu'à la fermeture du centre de stockage Cigéo et son démantèlement.

- **Suivi hydromorphologique des cours d'eau**

  Un suivi hydromorphologique des cours d'eau concerné par des rejets ou la mise en place d'un ouvrage de franchissement hydraulique (temporaire ou définitif) du centre de stockage est mis en place.

  La définition du protocole de suivi (type de méthode utilisée, fréquence de suivi, cours d'eau concerné) sera menée avec les services de l'État lors de l'instruction des dossiers de demande d'autorisation environnementale préalablement au lancement des travaux.

  Cette mesure de suivi perdure pendant le fonctionnement et jusqu'à la fermeture du centre de stockage Cigéo et son démantèlement.

- **Surveillance du bon fonctionnement des dispositifs de collecte et de traitement des eaux de fond**

  Les dispositifs de collecte et de traitement des eaux de fond (réseaux et dispositifs de traitement) font l'objet d'un entretien préventif et d'un contrôle régulier de leur état et de leur bon fonctionnement. Une mesure périodique des principaux paramètres permettant de s'assurer de la bonne marche des dispositifs de traitement, et si besoin en continu avec asservissement à une alarme, est mis en place. L'ensemble des opérations d'entretien et de contrôle effectuées est consigné sur un registre éventuellement informatisé et tenu à la disposition de l'administration. En complément, un suivi des incidents ayant entraîné l'arrêt des dispositifs de traitement (analyse des causes et mesures prises pour y remédier) est mis en place. Ce suivi est consigné sur un registre, éventuellement informatisé et tenu à la disposition de l'administration.

- **Surveillance du bon fonctionnement des obturateurs permettant l'isolement des réseaux d'évacuation des eaux pluviales et autres effluents**

  Les obturateurs permettant l'isolement des réseaux d'évacuation des eaux pluviales et des autres effluents de l'établissement par rapport à l'extérieur font l'objet d'un entretien préventif et d'un contrôle régulier de leur état et de leur bon fonctionnement. L'ensemble des opérations d'entretien et de contrôle effectuées est consigné sur un registre éventuellement informatisé et tenu à la disposition de l'administration. Ce suivi permet de garantir le bon fonctionnement des obturateurs et leur pérennité.

- **Suivi de la compatibilité des émissions liquides avec les exigences relatives à la règlementation IOTA**

  Une vérification initiale puis un suivi régulier de la compatibilité des rejets avec la qualité ou les objectifs de qualité des cours d'eau récepteurs sont mis en œuvre.

Dans le cadre du système de management environnemental intégré (SMI), un inventaire des flux d'effluents aqueux générés ainsi qu'un plan de surveillance environnemental sont mis en place et mis à jour régulièrement.

» RETOUR D'EXPERIENCE SUR LES INCIDENCES QUALITATIVES SUR LA NAPPE DES CALCAIRES DU BARROIS AVEC LA CONSTRUCTION DU LABORATOIRE SOUTERRAIN DE LA MEUSE ET DE LA HAUTE-MARNE ET DE BÂTIMENTS ANNEXES

Via le réseau de piézomètres de suivi du Laboratoire souterrain, les suivis de la qualité des eaux souterraines menés par l'Andra n'ont pas montré, lors des travaux de construction du Laboratoire souterrain ou plus récemment lors des travaux de construction des différentes installations du secteur (écothèque, espace technologique, bâtiment des archives d'EDF ou hôtel du Bindeuil) d'incidence qualitative significative des travaux sur la nappe des calcaires du Barrois.

5.4.2.5 Gestion des effluents non conventionnels

Mesure de réduction : gestion des effluents non conventionnels			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Eaux superficielles	Andra	Centre de stockage Cigéo – INB (ZP, ZD, ZIOS)	CI, F

5.4.2.5.1 Identification des effluents non conventionnels

Le process nucléaire pour le stockage des colis de déchets radioactifs (opérations de manutention et de transferts principalement) ne génère pas d'effluents radioactifs liquides.

Pendant le fonctionnement de l'INB, certains effluents collectés dans les zones à production possibles de déchets nucléaires (par exemple, lors d'opérations de décontamination suite à des contrôles radiologiques) ou dans le système de collecte des eaux d'exhaure des alvéoles HA (eaux ayant été au contact des colis de déchets) peuvent contenir des substances radioactives. Ces effluents liquides, dits « non conventionnels » ne sont pas rejetés localement et font l'objet d'une gestion distincte à savoir leur collecte et leur envoi vers une filière externe dédiée au traitement des déchets liquides radioactifs.

Il est tout d'abord à rappeler, que pour les zones concernées, les volumes d'eau de condensation ou de ruissellement seront faibles.

En effet, pour les installations de surface, les « zones à production possible de déchets nucléaires » correspondent uniquement aux zones dans lesquelles les colis de déchets sont manipulés ou dans lesquelles des opérations sont susceptibles de générer une contamination radioactive des équipements. Au regard des installations de surface de l'INB, ces zones sont limitées.

Concernant les alvéoles HA, il est attendu des quantités d'eaux de ruissellement très faibles provenant des eaux porales.

L'activité associée à ces effluents liquides non conventionnels sera également très faible.

Les quantités d'effluents liquides non conventionnels annuels estimées de manière enveloppe pendant l'exploitation dite phase 1 (jusqu'à l'horizon 2080) sont les suivantes :

- pour le bâtiment nucléaire de surface EP1 :
  - ✓ condensation au niveau des unités intérieures de récupération d'énergie : 30 m³ ;
  - ✓ saut de zone[9] : 0,5 m³ ;
  - ✓ déchets liquides (issus de la cellule de contrôle hors flux de dégazage) : 0,01 m³ ;
  - ✓ effluents issus du local de fermeture des colis de stockage MA-VL (cas du clavage) : 2,5 m³ ;

[9] En zone contrôlée, un saut de zone est un local de transit des personnels aménagé entre une zone potentiellement contaminée et une zone propre. Ce local permet de vérifier l'absence de contamination des personnels sortant avant de regagner les vestiaires propres. Un saut de zone est généralement équipé, entre autres, d'un lave-main et d'une douche en cas de contrôle positif des poignets et/ou des mains d'une personne.

- pour l'installation souterraine :
  - ✓ eaux d'exhaure des alvéoles du quartier pilote HA : 55 m³.

    Le volume total représente un volume annuel de l'ordre de 90 m³/an. Cette quantité d'effluents est compatible avec un transport et une gestion externalisée dans une station de traitement d'effluents liquides radioactifs externalisée.

    L'activité maximale de ces effluents liquides non conventionnels est de l'ordre de 10 Bq/L en alpha global et 100 Bq/L en bêta global.

5.4.2.5.2 Collecte des effluents non conventionnels

Afin de préserver la qualité des milieux aquatiques concernés par les rejets issus du centre de stockage Cigéo, le principe retenu est l'absence de rejet d'effluent non conventionnel dans le milieu naturel local.

Les effluents non conventionnels sont gérés de façon spécifique, totalement séparée des effluents conventionnels.

Les effluents liquides « non conventionnels » sont tout d'abord isolés et conditionnés.

Pour cela, les installations nucléaires de surface sont équipées d'un réseau de collecte des effluents liquides non conventionnels. La collecte des effluents issus de zones à production possible de déchets nucléaires (ZppdN) aboutit à des cuves spécifiques dédiées.

Pour l'installation souterraine, les eaux sont collectées par gravité en tête d'alvéole du quartier pilote HA et récupérées dans des cuves de contrôle. Ces eaux sont ensuite dépotées par un camion-citerne, remontées par la descenderie service puis acheminées jusqu'au local dédié du bâtiment nucléaire de surface EP1.

À l'issue du remplissage des cuves de collecte présentes dans le bâtiment nucléaire de surface, les effluents font l'objet d'une caractérisation radiologique afin de permettre leur transport. Ces effluents sont ensuite transférés vers une filière externe. Ils sont acheminés conformément à la réglementation transport pour leur traitement et prise en charge vers une installation adaptée.

La production de ces effluents n'intervenant qu'après la mise en service du centre de stockage Cigéo, l'installation agréée avec laquelle l'Andra signera une convention pour le transfert de ces effluents non conventionnels n'a encore pu être identifiée[10].

5.4.2.5.3 Modalité de suivi

Les quantités et la radioactivité des effluents non conventionnels feront l'objet d'un suivi. Pour l'installation agrée vers laquelle ils seront expédiés, la radioactivité ajoutée par ces effluents ne représentera qu'une faible part des rejets autorisés. L'ajout des effluents du centre de stockage Cigéo, même s'il est non significatif par rapport au rejet total de l'installation agréée, fera l'objet d'une évaluation d'impact détaillée et d'une instruction par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) avant son éventuelle autorisation.

Dans le cadre du système de management environnemental intégré (SMI), un inventaire des flux d'effluents aqueux générés ainsi qu'un plan de surveillance environnemental sont mis en place et mis à jour régulièrement.

[10] Tout transfert d'effluents liquides ou d'eau prélevée dans l'environnement à une autre installation, nucléaire de base ou non, dépendant d'un autre exploitant, fait préalablement l'objet d'une convention passée entre l'exploitant de l'installation nucléaire de base et l'exploitant de l'autre installation. Cette convention fixe les caractéristiques et les quantités des effluents ou des eaux transférés (13).

5.4.2.6 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

Mesure de réduction : 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

Facteur(s) environnemental(aux)	MOA(s)	Opération(s)	Phase(s)
Eaux superficielles	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZP, ZD, LIS, ITE)	APR, CI, F
	RTE	Alimentation électrique	
	SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000	
	CD52	Déviation de la route départementale D60/960	

Les espaces verts et les accotements des voiries du centre de stockage Cigéo sont entretenus sans l'emploi de produits phytosanitaires notamment au droit du périmètre de protection du captage de Rupt-aux-Nonains.

Sur l'opération d'alimentation électrique, l'utilisation de produits phytosanitaires est interdite pour la gestion de la végétation entourant le poste de transformation 400 kV/90 kV (périmètre de protection éloignée du captage de Rupt-aux-Nonains). Le contrôle de la végétation au droit du couloir de servitude de la ligne 400 kV est établi en conformité avec les zones que la ligne traverse (périmètre de protection d'un captage d'alimentation en eau potable, zone Natura 2000…).

L'entretien de la plateforme ferroviaire de la ligne 027000 et de ses accotements est réalisé avec des produits agréés et selon les enjeux des zones traversées (périmètre de protection d'un captage d'alimentation en eau potable, zone Natura 2000…).

Pour l'entretien des accotements de la route départementale dans le cadre de l'opération de déviation de la route départementale D60/960, l'utilisation de produits phytosanitaires est interdite (périmètre de protection éloignée du captage de Rupt-aux-Nonains).

5.4.2.7 Utilisation de sels en solution sous forme de saumure pour limiter l'apport de sel dans les eaux superficielles en saison hivernale

Mesure de réduction : utilisation de sels en solution sous forme de saumure pour limiter l'apport de sel dans les eaux superficielles en saison hivernale			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Eaux superficielles	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZP, ZD, LIS)	CI, F
	CD52	Déviation de la route départementale D60/960	

Dès l'exploitation de la liaison intersites et des voiries des installations de surface du centre de stockage Cigéo, les mesures de réduction sont le respect des précautions d'usage à respecter, en particulier :

- priorité aux salages préventifs déclenchés en fonction des prévisions météorologiques locales ;
- utilisation de sels en solution sous forme de saumure pour limiter l'apport de sel dans le milieu naturel.

Le tableau 5-20 estime la quantité de sel apporté au milieu.

Tableau 5-20 Pollution hivernale : Sources d'incidence qualitative sur les eaux de surface au terme de la phase de construction initiale pour une action préventive en sel

Installation du centre de stockage Cigéo	Commentaires/hypothèses
Zone descenderie	Hypothèse d'un apport journalier de 8 g de sel/m² pour une superficie de voirie/parking d'environ 4,4 ha, la quantité de sel apportée par jour est de 352 kg.
Zone puits	Hypothèse d'un apport journalier de 8 g de sel/m² pour une superficie de voirie de 1,6 ha, la quantité de sel apportée par jour est de 128 kg.
Liaison intersites	Hypothèse d'un apport journalier de 8 g de sel/m² pour une surface de 10.5 ha (plateforme de la voie PL+ Convoyeur +VL), la quantité de sel apportée par jour est de 840 kg.

Pour l'opération de déviation de la route départementale D60/960, une hypothèse d'apport journalier de 15 g de sel/m². La quantité de sel apportée au milieu dépend de la variante considérée.

5.4.2.8 Remise en état des zones d'intervention

Au terme de la phase d'aménagements préalables, certaines zones d'intervention sont non utilisées pour les phases ultérieures du centre de stockage Cigéo. En fin de travaux, elles font l'objet d'une remise en état de qualité (cf. Chapitre 3.3.2.5 du présent volume).

5.4.2.9 Mise en place de dispositifs de stockage adaptés pour les produits dangereux

Mesure de réduction : mise en place de dispositifs de stockage adaptés pour les produits dangereux			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Eaux superficielles	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZD, ZP, LIS, ITE)	APR, CI, F
	SNCF	Mise à niveau de la ligne 027000	APR
	CD 52	Déviation de la RD60/960	APR
	RTE	Alimentation électrique	APR
	Syndicats de gestion des eaux d'Échenay et du Haut-Ornain	Adduction d'eau	APR

La mise en place de dispositifs de stockage des substances dangereuses (carburants, huiles de décoffrage…) selon les règles de l'art permet d'éviter la propagation d'éventuelles fuites de produits dangereux. Les dispositifs de stockage de ces substances dangereuses sont précisés au chapitre 3.5.2.1 du présent volume.

Par ailleurs, des précautions sont prises pour les produits dangereux spécifiques aux postes électriques.

Un poste électrique comprend des huiles diélectriques, huile assurant le refroidissement du transformateur (évacuation de la chaleur produite), la suppression des arcs électriques et isolant les parties protectrices du poste du courant électrique.

Conformément à la réglementation en vigueur, les huiles diélectriques présentes au niveau des postes ne comprennent plus de substances toxiques, notamment les polychlorobiphényles (PCB) connus en France sous leur dénomination commerciale de pyralène, Arochlor ou Askarel et dont l'utilisation est interdite car provoquant lors de leur combustion la formation de molécules de dioxines ou de furanes (décret du 18 janvier 2001 (30) - transposition de la directive européenne 96/59/CE du 16 septembre 1996 concernant l'élimination des PCB et des PCT (31)).

Modalité de suivi

- **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**

  Les dispositifs de protection des eaux prévus au niveau des zones de dépotage puis de stockage de matières dangereuses reçues en vrac (carburants pour les engins/véhicules et GPL pour les chaufferies) et des zones de distribution des carburants font l'objet d'un entretien préventif et d'un contrôle régulier de leur état : vérifications de l'étanchéité des zones de dépotage et des rétentions associées, de l'adéquation matériaux des rétentions et produits dépotés/stockés, de l'adéquation volume des rétentions et volumes dépotés/stockés, des points bas et du volume libre disponible dans les rétentions, du bon fonctionnent des détecteurs de fuite, le cas échéant, de la présence de produits fixant ou absorbant aux abords de la zone de dépotage/distribution, du bon fonctionnement des obturateurs, le cas échéant. L'ensemble des opérations d'entretien et de contrôle effectuées est consigné sur un registre éventuellement informatisé et tenu à la disposition de l'administration.

- **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**

  L'étanchéité des sols des locaux de travail dans lesquels sont manipulés des matières dangereuses est maintenue. La présence de capacités de rétention sous les stockages de matières dangereuses conditionnées est vérifiée et un entretien préventif et un contrôle régulier de leur état sont mis en place en vue de maintenir leur étanchéité (adéquation volume stocké/capacité rétention, volume libre disponible, dégradation…).

L'ensemble des opérations d'entretien et de contrôle effectuées est consigné sur un registre éventuellement informatisé et tenu à la disposition de l'administration.

- **Vérification régulière des conditions d'entreposage des déchets**

Les conditions d'entreposage des déchets ainsi que de l'étanchéité des conditionnements et des cuvettes de rétention mises en œuvre sous les stockages de déchets liquides sont vérifiées régulièrement (conditions d'entreposage et dispositifs de rétention initialement proposés afin de limiter les envols, les ruissellements, les infiltrations dans le sol et les odeurs).

- **Registre des stocks (entrées/sorties)**

Un registre des stocks (entrées/sorties) est mis en place et maintenu à jour pour les liquides inflammables et plus généralement les matières dangereuses détenues : nature, quantité en fonction du lieu de stockage.

- **Registre de suivi des accidents et des pollutions accidentelles**

De manière générale, un registre rassemblant l'ensemble des déclarations d'accidents ou d'incidents faites à l'administration est mis en place et maintenu à jour (y compris pollutions accidentelles).

5.4.2.10 Organisation globale du chantier

L'organisation du chantier est définie selon le déroulement précis des travaux et les enjeux présents. Ainsi, les entreprises réalisant les travaux ont connaissance de l'état initial de l'environnement et organisent le chantier en conséquence. Les principes d'organisation du chantier sont présentés au chapitre 3.5.2.2 du présent volume.

5.4.3 Mesures de réduction des incidences sur les usages des eaux

5.4.3.1 Conception et travaux limitant les incidences sur les usages des eaux souterraines

Mesure de réduction : conception et travaux limitant les incidences sur les usages des eaux souterraines			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Eaux souterraines	Andra	Centre de stockage Cigéo (ZP, ZD, ZIOS, LIS, ITE)	APR, CI, F
	SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000	
	RTE	Alimentation électrique	

5.4.3.1.1 Usages connus de la nappe des calcaires du Barrois

La nappe des calcaires du Barrois regroupe plusieurs captages d'alimentation en eau potable et à usage agricole (cf. Chapitre 5.3.4 du volume III de la présente étude d'impact).

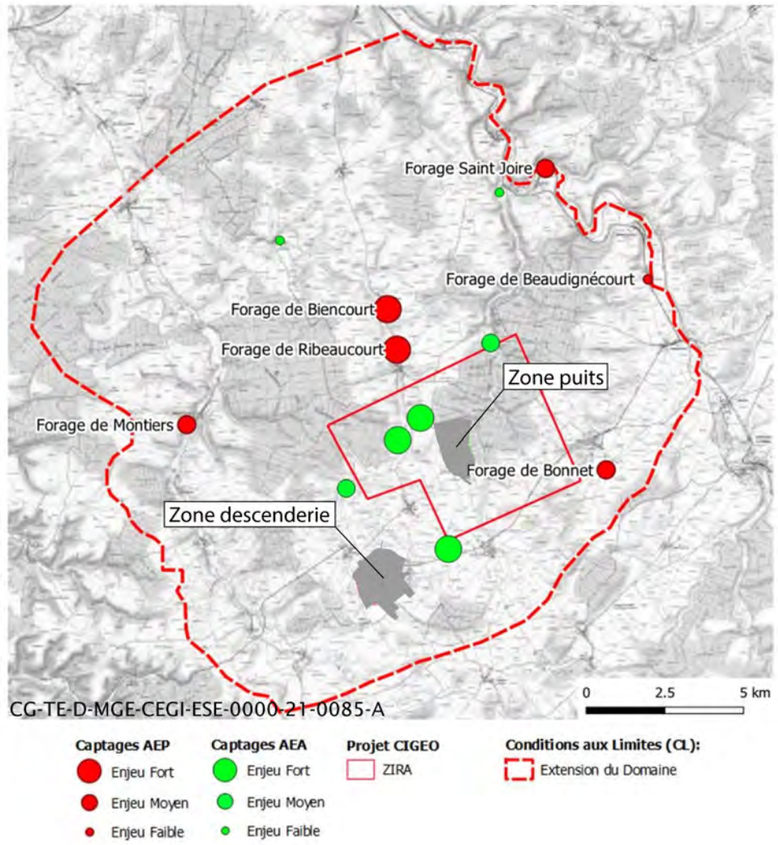


Figure 5-39 *Localisation des principaux enjeux de captages d'eau souterraine pris en compte dans la modélisation hydrogéologique de la nappe du Barrois*

Le fonctionnement de la nappe du Barrois est complexe et difficile à modéliser avec précision, les incidences résiduelles présentées ci-après comportent des incertitudes au stade actuel des études. Les modélisations entreprises doivent être complétées et affinées sur la base de données complémentaires de caractérisation détaillée du fonctionnement hydraulique du système aquifère des calcaires du Barrois.

- **Pour les captages en eau potable**

  Le centre de stockage Cigéo se conforme aux prescriptions des arrêtés préfectoraux d'autorisation des captages d'alimentation en eau potable à la fois en termes de conception et de modalité de travaux (cf. Annexe 1 du présent volume). Ces mesures permettent de réduire des incidences potentielles quantitatives, qualitatives mais aussi d'assurer la pérennité de l'usage de la ressource en eau souterraine.

- **Au droit de la zone descenderie**

  Un captage à usage agricole est localisé dans le cône de rabattement de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine lors des basses eaux. Il s'agit du captage 02654X0008 : AEA Éolienne à Morval sud (commune de Bure). Localisé à 3 km de la zone descenderie, il servirait principalement pour alimenter le bétail en eau.

  Il s'agit d'un captage prélevant de manière indifférenciée dans les alluvions de la nappe d'accompagnement de l'Orge et dans la nappe des calcaires du Barrois. Les caractéristiques du captage (profondeur, niveau sollicité et type d'ouvrage, etc.) et les quantités annuelles prélevées ne sont pas connues.

  Un captage à usage agricole est localisé dans le cône de rabattement de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine. Il s'agit du captage 02658X0044 localisé sur la commune d'Échenay, à 1,5 km de la zone descenderie.

  Le captage à usage agricole 02654X0033, localisé sur la commune de Bure, atteint une profondeur de 29,8 mètres.

- **Au droit de la zone puits**

  Au niveau de la zone puits, la mise en place d'un tubage métallique sur le puits VVE permet de diminuer l'incidence sur les captages les plus proches, en aval hydraulique du centre de stockage.

- **Au niveau des sources de débordement de la nappe des calcaires du Barrois**

  Les sources de Saudron (lesquelles alimentent le lavoir), la source de Bure, ainsi que les sources du Cité et du Bindeuil sont concernées par les effets du cône de rabattement de la nappe des calcaires du Barrois suite à la réalisation de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine. Ces sources présentent des débits faibles et une variation saisonnière importante.

5.4.3.1.2 Usages connus de la nappe du Kimméridgien-Oxfordien

La nappe du Kimméridgien-Oxfordien est exploitée par plusieurs captages d'alimentation en eau potable. Aucun captage à usage agricole ne prélève d'eau dans la nappe du Kimméridgien-Oxfordien. Aucun autre usage n'est actuellement répertorié (cf. Chapitre 5.3.4 du volume III de la présente étude d'impact).

Le modèle numérique développé dans le cadre de la présente étude d'impact (cf. Chapitre 5.2.1.1 du volume VII de l'étude d'impact) permet à présent de disposer de premiers résultats quant aux incidences du projet sur la nappe du Kimméridgien-Oxfordien et les captages qui l'exploitent.

- **Pour les captages en eau potable**

  Le centre de stockage Cigéo se conforme aux prescriptions des arrêtés préfectoraux d'autorisation des captages d'alimentation en eau potable qu'elles interceptent à la fois en termes de conception et de modalité de travaux (cf. Annexe 1 du présent volume). Ces mesures permettent de réduire des incidences potentielles quantitatives, qualitatives mais aussi d'assurer la pérennité de l'usage de la ressource en eau souterraine.

- **Pour les captages en eau non potable**

  Aucun captage à usage agricole ne prélève d'eau dans la nappe du Kimméridgien-Oxfordien.

[11] Captage de la ferme de la Cité, cette dernière est maintenant raccordée au réseau d'adduction d'eau potable.

5.4.3.1.3 Usages non déterminés des captages localisés dans le cône de rabattement de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine

Des captages sont également recensés dans le cône de rabattement de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine mais leurs caractéristiques et usages sont inconnus.

Les premières estimations du cône de rabattement induit par l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine conduiraient à une baisse du niveau piézométrique de la nappe des calcaires du Barrois de l'ordre du mètre, voire de plusieurs mètres dans des hypothèses majorantes. Actuellement, les points d'eau implantés dans le cône de rabattement induit par l'ouvrage de protection et dont les usages doivent être vérifiés sont listés dans le tableau 5-21.

Tableau 5-21 *Captages (hors AEP) recensés en bases de données administratives susceptibles d'être affectés par le cône de rabattement de la nappe des calcaires du Barrois induit par l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine*

Code BSS		Commune	Nature
BSS000UNMC	02658X0046	Saudron	Eau individuelle
BSS000UNLX	02658X0041	Saudron	Inconnue
BSS000UNKM	02658X0007	Saudron	Inconnue
BSS000UNKL	02658X0006	Gillaumé	Inconnue
BSS000UNKK	02658X0005	Gillaumé	Inconnue
BSS000UNKJ	02658X0004	Saudron	Inconnue
BSS000UNKH	02658X0003	Saudron	Inconnue
BSS000UNNE	02658X1006	Bure	Eau individuelle11

5.4.3.1.4 Usages géothermiques

De plus, dans l'aire d'étude immédiate, le bâtiment d'archives EDF et la boulangerie industrielle sur la commune de Bure, utilisent un système de sondes géothermiques verticales (SGV) pour leurs besoins en chauffage et/ou climatisation. D'après les modélisations réalisées, les opérations effectuées sur la zone descenderie n'engendrent pas de rabattement de la nappe des Calcaires du Barrois. Ainsi, ces opérations ne sont pas de nature à altérer la performance de ces sondes géothermiques.

5.4.3.1.5 Réseau de surveillance du Laboratoire souterrain de Meuse et de Haute-Marne

Les piézomètres associés à la surveillance de l'environnement du Laboratoire souterrain de Meuse et de Haute-Marne implantés dans la nappe de l'Oxfordien permettront de suivre les impacts cumulés du Laboratoire et du centre de stockage Cigéo sur la nappe de l'Oxfordien.

En accord avec les services de l'État, le réseau de surveillance peut être :

- complété par d'autres piézomètres (création) ;
- modifié avec certains piézomètres de surveillance rebouchés ou déplacés lorsque situés à l'intérieur de l'enceinte délimitée par l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine et dans la zone influencée par cette dernière.

» COMBLEMENT DES PIÉZOMÈTRES

Le comblement de tout piézomètre est réalisé dans les règles de l'art visant à restaurer l'état initial (isolement des niveaux aquifères, préservation de la qualité des eaux souterraines, etc.). D'autre part, de tels travaux font l'objet d'un rapport de comblement lequel est transmis en préfecture et aux services de l'État dans un délai de deux mois à compter de l'achèvement de ces travaux.

L'incidence résiduelle sur les usages des eaux souterraines est présentée au chapitre 5.5.3 du présent volume.

Modalité de suivi

Les modalités de suivi de ces mesures sont la mise en place d'un réseau de suivi des nappes d'eau souterraine adapté aux enjeux de la nappe et aux incidences potentielles de l'opération du projet global Cigéo considérées. Ainsi, pour le centre de stockage Cigéo le suivi est centré sur la nappe des calcaires du Barrois et sur la nappe du Kimméridgien-Oxfordien.

La définition précise du protocole de suivi (point de suivi, fréquence de suivi, paramètres analysés) est menée avec les services de l'État lors de l'instruction des dossiers de demandes d'autorisation environnementale préalablement au lancement des travaux.

Concernant le centre de stockage Cigéo, le suivi environnemental comprend *a minima* les forages/puits localisés dans le cône de rabattement issu de la modélisation hydrogéologique au niveau de la nappe des calcaires des Barrois. Il en sera de même pour les forages/puits qui pourraient être identifiés lors du recensement d'usage lancé en 2020 dans cette zone.

Ce suivi perdure pendant le fonctionnement et jusqu'à la fermeture du centre de stockage Cigéo et son démantèlement.

5.4.3.1.6 Opérations relatives aux autres maîtres d'ouvrages

Dans le cas très spécifique des infrastructures déjà existantes (ligne 400 kV, ligne ferroviaire 027000), la mise en œuvre de mesures de conception et de travaux répondant aux prescriptions des périmètres de protection des captages d'alimentation en eau potable est prévue pour aboutir à une incidence résiduelle non-notable sur les captages d'alimentation en eau potable.

Modalité de suivi

La définition précise d'un protocole de suivi (point de suivi, fréquence de suivi, paramètres analysés) des eaux souterraines, pour les opérations relatives aux autres maîtres d'ouvrage, sera menée avec les services de l'État lors de l'instruction des dossiers de demandes d'autorisation environnementale préalablement au lancement des travaux.

Les principes de suivi quantitatif et qualitatif des nappes d'eau souterraine sont actuellement prévus.

5.4.3.2 Réutilisation prioritaire des eaux traitées pour les besoins en eau non potable du centre de stockage Cigéo

Mesure de réduction : réutilisation prioritaire des eaux traitées pour les besoins en eau non potable du centre de stockage Cigéo			
Facteur(s) environnemental(aux)	**MOA(s)**	**Opération(s)**	**Phase(s)**
Eaux souterraines **Eaux superficielles**	Andra	Centre de stockage Cigéo – INB (ZD, ZP, ZIOS)	CI, F

Le centre de stockage Cigéo a des besoins différents en eau selon les phases du projet global Cigéo. L'alimentation en eau peut se faire *via* des prélèvements d'eau dans la nappe d'eau souterraine. Ces prélèvements ont un impact quantitatif sur les eaux souterraines. Il est recherché en priorité des solutions alternatives à l'utilisation d'eau provenant directement de la nappe afin de préserver la ressource en eaux souterraines.

La conception du centre de stockage Cigéo vise à préserver les ressources locales utilisées pour l'alimentation en eau potable en privilégiant le recyclage des eaux consommées et produites par les activités du centre de stockage Cigéo, puis leur utilisation maximale pour ses propres activités ne nécessitant pas une eau potable au sens de la consommation humaine.

Comme précisé aux chapitres précédents, deux systèmes distincts de gestion des effluents conventionnels sont prévus sur chaque installation de surface (zone puits, zone descenderie) :

- une station d'épuration (cf. Chapitre 5.4.2.3 du présent volume) pour traiter :
  - ✓ les eaux usées ;
  - ✓ les effluents industriels des installations de surface.
- un dispositif de traitement pour les effluents conventionnels issues de l'installation souterraine (eaux de fond) (cf. Chapitre 5.4.2.4 du présent volume).

L'objectif commun des deux filières de traitement est d'obtenir un rejet compatible avec les critères de bon état écologique et chimique des eaux superficielles et souterraines, qui de ce fait permet la réutilisation des eaux pour différents usages n'impliquant pas une consommation humaine. L'utilisation pour ces usages (production de béton, fonctionnement des tunneliers, lavage des engins, arrosage des espaces verts...) se fait sous réserve, au besoin, d'une autorisation de l'Agence régionale de santé (ARS).

Après traitement, les eaux usées épurées et les eaux de fond (eaux d'exhaure conventionnelles + eaux industrielles, générées en zone souterraine) épurées sont gérées de trois manières possibles :

- le recyclage et la réutilisation des eaux de fond épurées et des eaux usées épurées ;
- le stockage dans les réservoirs d'eau recyclée lorsque ces derniers ne sont pas remplis ;
- le rejet des eaux usées épurées et eaux de fond épurées vers le milieu en cas de trop-plein de ces réservoirs.

Le recyclage et la réutilisation des eaux usées, des eaux industrielles et des eaux de fond est la solution envisagée de manière prioritaire, Les eaux usées épurées constituent la première source d'eau réutilisée : les eaux de fond constituent une source d'eau recyclée secondaire. Elles seront réutilisées dans le cas où les eaux usées épurées ne sont pas suffisantes pour subvenir aux besoins en eau recyclée.

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.

Les eaux usées épurées et les eaux de fond épurées sont stockées séparément car le temps de séjour maximal est différent selon les eaux épurées pour prévenir le développement algal et bactériologique.

La réutilisation des eaux usées traitées nécessite la mise en place de réservoirs de stockage des eaux dites « recyclées » pendant trois jours. Les eaux usées recyclées peuvent être utilisées pendant ce laps de temps pour un usage n'impliquant pas une consommation humaine. Passé le délai de trois jours, les eaux sont rejetées en

assurant leur compatibilité avec les critères de bon état chimique et écologique des eaux superficielles et en respectant le principe de non-aggravation des risques d'inondation en aval hydraulique. Le nombre de réservoirs et le volume de stockage varient en fonction de la phase de déploiement du centre de stockage Cigéo.

Un approvisionnement en eaux recyclées doit être assuré pendant sept jours en cas d'interruption dans la production d'eaux recyclés (lors d'un arrêt ou d'une maintenance des filières de traitement des eaux). Cette autonomie est assurée par le stock d'eaux de fond épurées qui reste rempli en permanence, contrairement au stock d'eaux usées épurées, dont le temps de séjour ne peut dépasser trois jours.

Ce stockage temporaire permet entre autres de répondre à des besoins pendant des périodes de stress hydrique dans la région en limitant les prélèvements d'eau potable et donc des prélèvements supplémentaires dans le milieu naturel.

En cas de surplus d'eaux épurées stockées dans les réservoirs, le trop-plein est également rejeté au milieu naturel, vers la Bureau en zone descenderie et vers l'Ormançon en zone puits.

Dans le cadre du projet global Cigéo, les milieux récepteurs que forment la Bureau et l'Ormançon sont des cours d'eau non pérennes, présentant de longues périodes d'assecs. Le système de stockage permet également une rétention des effluents en cas de contamination accidentelle des eaux épurées par des matières en suspension, des hydrocarbures ou d'autres substances organiques et chimiques (dysfonctionnement des stations d'épuration, etc.). Pour assurer cette fonction, le volume des stocks est au moins égal à trois fois la production journalière respectivement d'eaux usées et d'eaux de fond épurées.

Cette mesure *via* un raccordement sur le réseau d'adduction local limite la consommation et l'usage d'eau potable à partir de la phase de construction initiale. En tenant compte de l'utilisation prioritaire des eaux recyclées pour les usages industriels, les pics de consommation d'eau potable sont estimés à environ 500 $m^3.j^{-1}$ pour la phase d'aménagements préalables, 500 $m^3.j^{-1}$ pour la phase de construction initiale et 200 $m^3.j^{-1}$ pour la phase de fonctionnement du centre. Il est à noter que la zone descenderie et la zone puits possèdent chacune un réservoir de stockage d'eau potable de l'ordre de 150 m^3. Cette capacité de stockage d'eau potable pourra éventuellement être revue à la hausse, dans la suite des études, afin de compléter le dispositif permettant de pallier une éventuelle défaillance de l'alimentation d'eau du centre de stockage Cigéo.

Ce principe de recyclage des eaux produites au sein du centre de stockage Cigéo s'applique dès la mise en exploitation des stations d'épuration (mise en service en début de construction initiale) et permet d'économiser au maximum 700 $m^3.j^{-1}$ d'eau potable, en pointe, en phase de construction initiale et de l'ordre de 275 $m^3.j^{-1}$ en phase de fonctionnement.

En plus de l'économie d'eau réalisée, ce recyclage permet de limiter les rejets vers le milieu naturel et de réduire le risque de pollution potentielle associée. L'utilisation d'eau recyclée sera privilégiée au prélèvement d'eau potable pour limiter au maximum l'impact environnemental du site (sur les flux de pollution supplémentaire rejetés dans le milieu et sur le prélèvement d'eau dans le milieu). En fonction des phases de fonctionnement, la demande en eau sera plus ou moins assurée par l'eau recyclée en fonction des quantités produites.

LES DISPOSITIFS D'APPROVISIONNEMENT EN EAUX RECYCLÉES

Afin de garantir le dispositif d'approvisionnement en eaux recyclées pour les installations du centre de stockage Cigéo, il est prévu :

- différents réservoirs de stockage des eaux recyclées de volumes adaptés aux besoins des installations de surface en fonction des phases ;
- en cas de défaillance dans l'approvisionnement en eaux recyclées (dysfonctionnement des filières de traitement, etc.), une autonomie du système apportée par la possibilité de prélever dans le réservoir de stockage des eaux pluviales[12] ou de recourir à un approvisionnement direct par le réseau d'adduction d'eau potable du centre de stockage Cigéo.

Certaines sous-périodes du projet, en phase de construction initiale et en phase de fonctionnement, sont déjà identifiées comme nécessitant un apport supplémentaire en eaux pluviales de l'ordre de 50 m^3/j à 200 m^3/j selon les sous-périodes et les usages envisagés.

Tableau 5-22 *Nombre et le volume (m^3) des réservoirs de stockage des eaux pluviales, des effluents traités au sein des stations d'épuration et des dispositifs de traitement*

Type d'eau	Phases de construction initiale et de fonctionnement	
	Zone puits	Zone descenderie
Effluents traités au niveau d'une station d'épuration (=eaux usées d'origine sanitaire et eaux industrielles des installations de surface)	1 station d'épuration 1 réservoir de 200 m^3	1 station d'épuration 1 réservoir de 700 m^3
Effluents traités au niveau du dispositif de traitement des eaux de fond (= eaux d'exhaure et eaux industrielles provenant de l'installation souterraine appelées aussi eaux de fond)	1 dispositif de traitement 2 réservoirs de 3 100 m^3 en cumul en phase de construction initiale, puis 1 réservoir de 1 600 m^3 en phase de fonctionnement	1 dispositif de traitement 1 réservoir de 3 000 m^3 uniquement en phase de construction initiale
Eaux pluviales	Réservoir en amont en amont des quantitatifs : 2 500 m^3	Réservoirs en amont des bassins quantitatifs : 1 000 m^3

Notons qu'en dernier recours, en cas d'indisponibilité d'un dispositif d'approvisionnement en eaux recyclées, les installations du centre de stockage Cigéo concernées pourront être alimentées *via* un approvisionnement direct depuis le réseau d'adduction d'eau potable.

L'utilisation des réserves d'eaux pour les besoins en eau non potable se fait dans l'ordre suivant :

- **1** - utilisation en priorité des effluents traités au niveau des stations d'épuration (temps de stockage des eaux usées traitées de trois jours maximum) ;
- **2** - utilisation des eaux de fond épurées au niveau des dispositifs de traitement (temps de stockage des eaux de fond épurées de sept jours maximum) ;
- **3** - en cas de défaillance momentanée des systèmes de traitement ou de besoins supérieurs, utilisation des eaux pluviales des réservoirs de stockage ;
- **4** - en dernier recours, appoints limités au maximum d'eau potable.

[12] En amont des bassins quantitatifs de la zone descenderie et de la zone puits (entre les bassins qualitatifs et les bassins quantitatifs), sont implantés des réservoirs d'eau pluviale qui font office de réserves de dernier recours, au cas où les effluents traités ne sont pas suffisants aux besoins d'eau recyclée. Le maintien du réservoir de la zone descenderie sera réinterrogé pendant la phase de fonctionnement en fonction du besoin.

Modalité de suivi

- **Suivi des consommations d'eau**

  En ce qui concerne l'utilisation rationnelle et la surveillance des consommations d'eau, les fréquences de suivi des consommations sont définies. Une surveillance continue des consommations d'eau potable, des volumes d'eau recyclée et des volumes d'eau d'exhaure est réalisée.

- **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**

  L'utilisation des eaux recyclées pour des usages d'eau non potable du centre de stockage Cigéo fait l'objet d'une demande auprès de l'Agence régionale de santé (ARS). Un suivi très spécifique des eaux de recyclage est mis en place pour vérifier la performance des dispositifs d'approvisionnement (rejet compatible avec les critères de bon état écologique et chimique des eaux superficielles).

  Les ouvrages constituant les dispositifs de recyclage des eaux (réseaux et cuves) font l'objet d'un entretien préventif et d'un contrôle régulier de leur état et de leur bon fonctionnement. L'ensemble des opérations d'entretien et de contrôle effectuées est consigné sur un registre éventuellement informatisé et tenu à la disposition de l'administration. En complément, un suivi des incidents ayant entraîné l'arrêt des dispositifs de recyclage de eaux (y compris analyse des causes et mesures prises pour y remédier) est mis en place. Ce suivi est consigné sur un registre, éventuellement informatisé et tenu à la disposition de l'administration.

  Ce suivi permet de garantir le bon fonctionnement des ouvrages constituant les dispositifs de recyclage des eaux et leur pérennité.

- **Réseau de suivi des eaux superficielles**

  Un suivi des eaux superficielles est mis en place avec des stations de jaugeage des cours d'eau et des stations de suivi de la qualité des eaux superficielles. Le suivi sera conforme aux prescriptions des différentes autorisations environnementales préalables aux travaux en termes de localisation des points de suivi, de fréquences et de paramètres analysés.

  Ainsi, pour le centre de stockage Cigéo le suivi est centré sur la qualité de chaque cours d'eau dont les bassins versants sont recoupés avec :

  - ✓ la mise en place d'un réseau de suivi quantitatif (et qualitatif) des cours d'eau concernés par les travaux ;
  - ✓ l'information rapide des services de l'État compétents en cas de constat d'incident ayant un impact sur l'environnement ayant provoqué une pollution des eaux superficielles.

  Cette mesure de suivi perdure pendant le fonctionnement et jusqu'à la fermeture du centre de stockage Cigéo et son démantèlement.

- **Suivi de la compatibilité des prélèvements d'eaux avec les exigences relatives à la règlementation IOTA**

  Une vérification initiale puis un suivi régulier de la compatibilité des prélèvements avec les exigences du SDAGE, l'évolution des seuils de la nomenclature IOTA et la ressource disponible sont mis en œuvre.

5.4.3.3 Mesures de réduction des incidences sur le sol et les eaux superficielles pour préserver les usages

La mise en place des dispositifs de régulation et traitements qualitatifs des eaux pluviales et des effluents permet de réduire l'incidence sur les usages récréatifs et agricoles des cours d'eau, notamment l'abreuvement du bétail. Plusieurs mesures d'évitement et de réduction détaillées dans la partie sol (cf. Chapitre 3 du présent volume) et au chapitre 5.4.2 du présent volume permettent de réduire l'incidence liée à l'imperméabilisation des sols et l'altération de la qualité des eaux, sauf en cas d'incident ayant un impact sur l'environnement. Il s'agit notamment des mesures suivantes :

- optimisation de la zone d'intervention potentielle du centre de stockage et réduction des emprises de travaux le long de la ligne électrique 400 kV ;
- création d'espaces verts au sein des zones artificialisées ;
- mise en place de dispositifs de gestion des rejets des eaux pluviales pour ne pas altérer la qualité des eaux superficielles et des souterraines par transfert (fonctionnement des dispositifs de gestion des eaux pluviales à la parcelle et performance des dispositifs d'assainissement) ;
- le décapage progressif pour éviter une mise à nu de la totalité des zones d'intervention potentielles.

5.5 Incidences résiduelles

L'incidence sur les eaux souterraines et superficielles après la fermeture définitive du centre de stockage Cigéo est traitée dans le chapitre 18 du présent volume de l'étude d'impact.

Pour une meilleure lisibilité des incidences résiduelles, la présentation suivante par grand type d'incidence est retenue avec :

- le chapitre 5.5.1 du présent volume, présentant les incidences quantitatives résiduelles sur les eaux ;
- le chapitre 5.5.2 du présent volume, précisant les incidences résiduelles sur la qualité des eaux ;
- le chapitre 5.5.3 du présent volume, présentant les incidences résiduelles sur les usages des eaux ;
- le chapitre 5.5.4 du présent volume, présentant les incidences résiduelles du projet global Cigéo.

Seules les incidences évaluées notables au chapitre 5.2 du présent volume sont présentées ci-après.

5.5.1 Incidences quantitatives résiduelles

5.5.1.1 Démarche d'évaluation des incidences quantitatives sur les eaux souterraines

Les incidences du centre de stockage Cigéo sur les eaux souterraines sont évaluées à partir de deux modèles numériques :

- **Le modèle des Calcaires du Barrois**

  Ce modèle de secteur développé selon une démarche et avec les outils de l'ingénierie (logiciel Feflow) a été anticipé pour proposer une approche enveloppe des impacts hydrogéologiques et hydrologiques du projet global Cigéo sur l'aquifère des Calcaires du Barrois. Il est amené à être remplacé à terme par le modèle intégré région-secteur présenté ci-avant.

  Il convient de préciser que la série intercalaire très peu perméable des marnes du Kimméridgien permet un découplage hydraulique entre l'aquifère superficiel des Calcaires du Barrois et l'aquifère plus profond de l'Oxfordien qui autorise de traiter séparément les deux systèmes.

  Ces deux modèles décrits au chapitre 5.2.1.1 du volume VII de la présente étude d'impact servent de support technique pour la quantification des impacts directs induits sur les eaux souterraines et les incidences indirectes sur les eaux de surfaces, les milieux aquatiques et les usages en lien avec l'eau. Les simulations ont été réalisées dans l'objectif d'évaluer le comportement futur des systèmes hydrogéologiques pour différents scénarios climatiques ou d'aménagement souterrain du projet global Cigéo et de les comparer aux simulations de référence (i.e. D'état initial) à travers :

  - ✓ les différences de charges piézométriques qui permettent d'évaluer les variations induites (ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine, descenderie et puits) ;
  - ✓ les différences de bilan en eau le long du réseau hydrographique pour quantifier les incidences sur les échanges nappes-rivières ;
  - ✓ l'état et la durée de retour à l'équilibre après fermeture du centre de stockage Cigéo.

- Le modèle intégré région-secteur développé avec le code de calcul GW

  Initié en 2012, ce modèle multicouche permet de représenter les écoulements souterrains à l'échelle régionale (Bassin parisien) et à l'échelle du secteur (aire d'étude éloignée du projet global Cigéo) en intégrant les deux systèmes aquifères des Calcaires du Barrois et de l'Oxfordien calcaire. Il s'agit d'un modèle complexe et de grande extension qui est amené à évoluer jusqu'à l'horizon 2023 en fonction des avancées scientifiques et de l'amélioration des connaissances de terrain. Il sert de base aux études de la présente étude d'impact pour les calculs d'impact du projet global Cigéo sur l'aquifère de l'Oxfordien et vient en remplacement du modèle initial utilisé dans la cadre du dossier de déclaration d'utilité publique en apportant une description plus fine sur les ouvrages sensibles de l'installation nucléaire de base dont les ouvrages souterrains et la question de sûreté après fermeture.

  Ce modèle intégré nécessite encore des développements pour représenter finement le fonctionnement hydrogéologique des Calcaires du Barrois et permettre son utilisation pour simuler les impacts du projet global Cigéo avec précision. La difficulté tient essentiellement à la nature karstique de l'aquifère et à la complexité

de ces interactions avec les eaux de surface. Des travaux d'amélioration, permettant de mieux représenter la nature karstique du système, sont en cours de réalisation et devraient fournir de premiers résultats sur l'incidence hydraulique des ouvrages de surfaces courant 2023. Le travail de modélisation intègre de nouvelles données de caractérisation hydrogéologique et la réalisation de simulations numériques des écoulements de surface et de subsurface du bassin de la Saulx et du bassin de l'Ornain. Ce modèle haute résolution permettra de réaliser des modélisations hydrogéologiques à proximité des installations de surface et à une échelle plus large.

5.5.1.2 Pour le centre de stockage Cigéo

5.5.1.2.1 Incidences résiduelles sur le rabattement des nappes d'eau souterraine au niveau des déblais créés par le projet global Cigéo - y compris dans le cas particulier de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine

Le choix de l'emplacement des descenderies ainsi que la conception des liaisons surface-fond participent à la réduction du phénomène de rabattement de nappe.

La figure 5-40evaluation de la p montre l'évolution de la perturbation hydraulique dans l'Oxfordien calcaire calée sur le calendrier de creusement des ouvrages de liaison étendu aux 100 ans d'exploitation prévisionnelle du stockage (phase de fonctionnement). La figure 5-41evaluations enveloppes compare l'évolution de la perturbation hydraulique en régime transitoire avec son étendue maximale correspondant à un régime permanent. Le régime transitoire correspond à une perturbation évoluant dans le temps sur une période de 100 ans, tandis que le régime permanent correspond à un état stable. On note qu'il y a peu différence entre l'enveloppe de la perturbation hydraulique en régime transitoire après 100 ans d'exploitation et l'enveloppe de la perturbation en régime permanent. Le régime hydraulique d'équilibre suite à la construction de l'infrastructure du futur stockage est donc presque atteint après 100 ans.

Selon ces résultats il ressort que pour l'Oxfordien calcaire l'incidence résiduelle quantitative liée à la mise en place des liaisons surface-fond est modérée à l'échelle de la zone d'intérêt pour la recherche approfondie (ZIRA) et faible à celle de la zone de transposition (ZT). Pour autant, aucun des captages exploitant la nappe de l'Oxfordien n'est affecté par cette incidence.

Les incidences du centre de stockage Cigéo sur le rabattement des nappes d'eau souterraines au niveau des déblais créés par le projet global Cigéo sont modérées sans modification des usages.

La conception adaptée de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine permet de diminuer l'incidence liée au rabattement de nappe (cône de rabattement) et à l'effet barrage de la nappe des calcaires du Barrois. Cette incidence résiduelle est encore réduite par la mise en place d'une gestion des eaux pluviales dans leur bassin versant d'origine, limitant la modification des échanges nappe-rivière (cf. Chapitre suivant du présent volume). L'incidence sur le rabattement des nappes d'eau souterraines est faible au niveau des déblais créés par le projet global Cigéo et au droit de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine. Au regard des différentes mesures de conception, d'évitement et de réduction mises en œuvre pour le centre de stockage Cigéo, l'incidence résiduelle est modérée pour l'aspect quantitatif au droit de la zone présentant une baisse de la piézométrie de la nappe des calcaires du Barrois due à la réalisation de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine sur la zone descenderie au plus tôt.

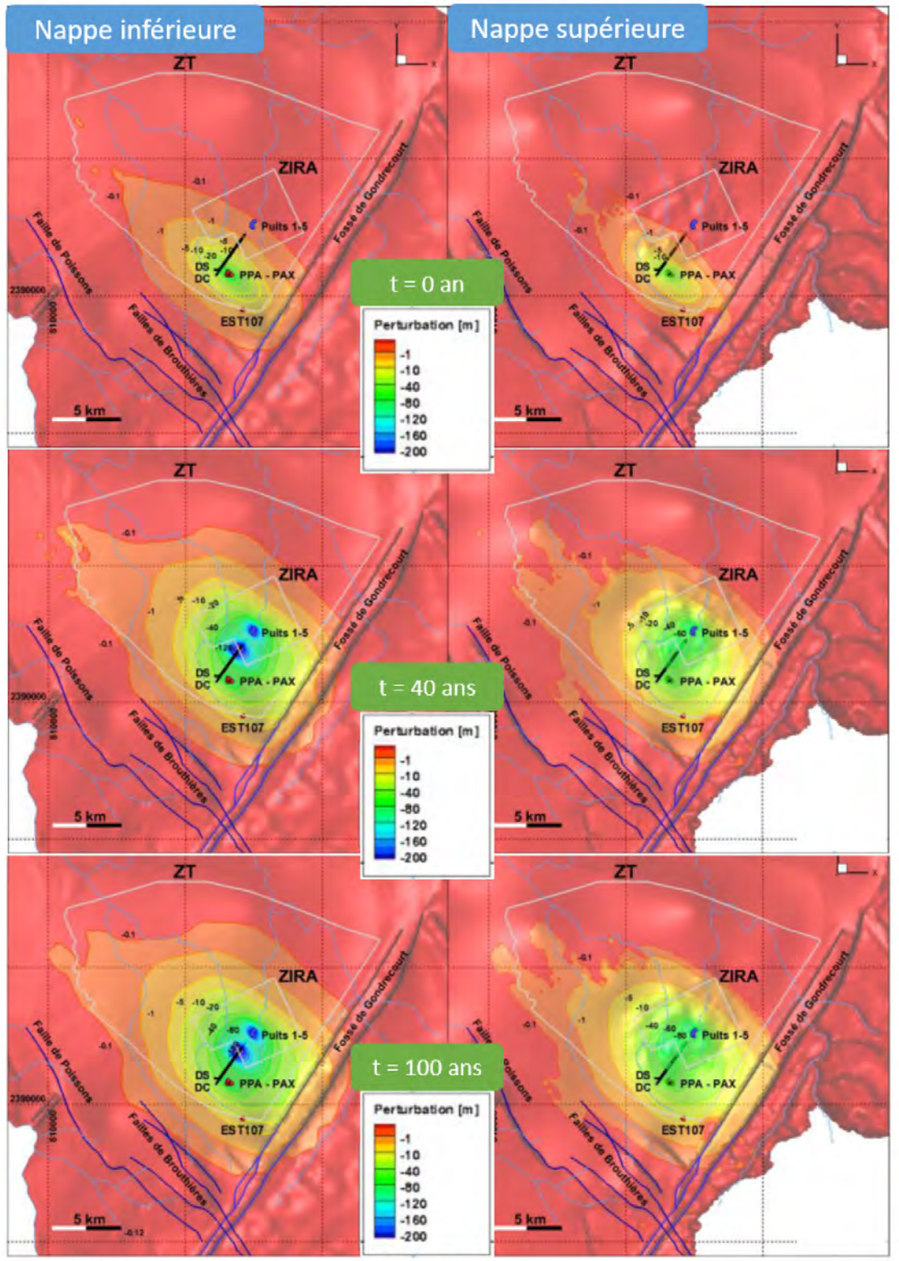


Figure 5-40 *Evaluation de la perturbation hydraulique maximale (m) liée au creusement des liaisons surface-fond dans l'aquifère de l'Oxfordien calcaire inférieur (gauche) et supérieur (droite) au début de la phase de construction initiale (t = 0) et après 40 ans et 100 ans en régime transitoire*

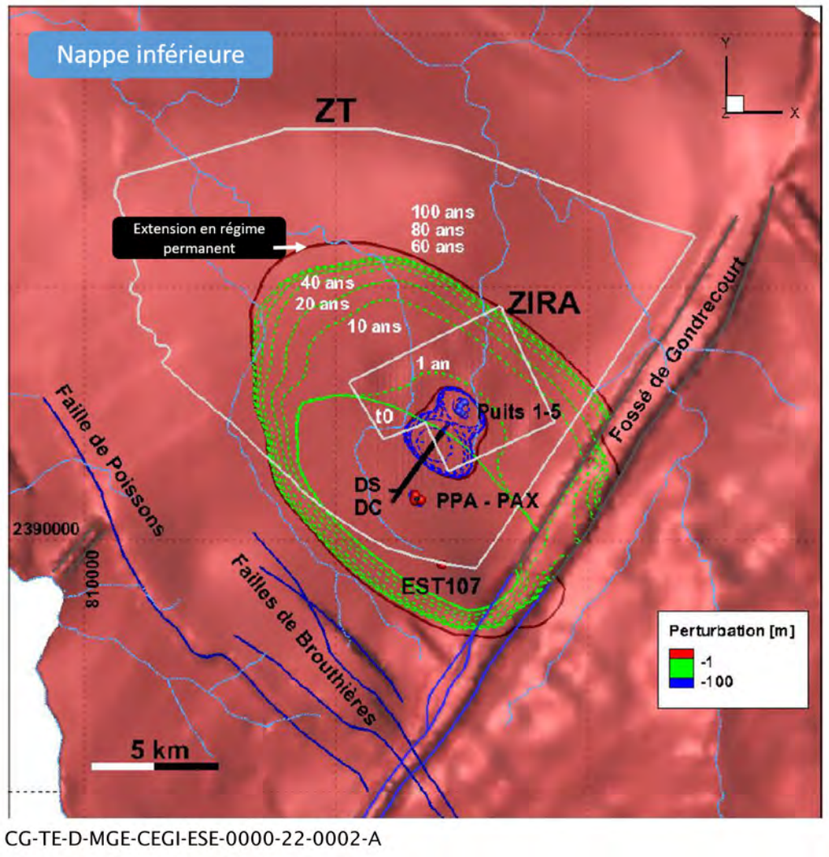


Figure 5-41 *Evaluations enveloppes de la perturbation hydraulique m) en régime transitoire et en régime permanent dans la nappe supérieure de l'Oxfordien calcaire*

Les incidences du centre de stockage Cigéo sur le rabattement des nappes d'eau souterraines au droit de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine sont modérées.

5.5.1.2.2 Incidences résiduelles sur le drainage de la nappe d'eau affleurante au droit des tranchées

La suspension des travaux en période de plus hautes eaux de la nappe d'eau souterraine et la mise en place de mesures de mise en sécurité du chantier (évacuation des engins, du matériel et des produits polluants) permettent d'éviter le drainage de la nappe affleurante au droit des tranchées.

Les incidences résiduelles du centre de stockage Cigéo sur le drainage de la nappe d'eau affleurante au droit des tranchées sont faibles.

5.5.1.2.3 Incidences résiduelles sur le drainage des eaux souterraines au droit de liaisons surface-fond du centre de stockage Cigéo ou de tout forage nécessaire à l'opération de caractérisation et de surveillance

Les liaisons surface–fond, telles qu'elles sont conçues à ce stade, sont étanches au niveau de la formation des Calcaires du Barrois et drainantes au niveau de l'Oxfordien (sauf pour le puits d'extraction d'air vicié, VVE, qui est étanche), leur influence hydraulique potentielle ne s'exprimera qu'au niveau des Calcaires de l'Oxfordien, en générant un rabattement hydraulique, comme observé autour des deux puits du Laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne.

Toutefois, du fait de la faible perméabilité de l'Oxfordien carbonaté au droit du centre de stockage Cigéo et dans ses environs, cette perturbation hydraulique sera limitée à la proximité immédiate des descenderies et des puits, quelques dizaines à centaines de mètres au plus (cf. Chapitre 5.5.1.2 a) du présent volume).

La mise en place des différents dispositifs (bouchon d'étanchéité, système de gestion des eaux collectées dans les liaisons surface-fond) permet d'assurer une incidence résiduelle faible liée à la construction des liaisons surface-fond sur le drainage des eaux souterraines et sur la modification des écoulements des eaux souterraines lors de leur creusement en phase de construction initiale. Aucune mesure de compensation n'est mise en œuvre.

Les incidences résiduelles du centre de stockage Cigéo sur le drainage des eaux souterraines au droit de liaisons surface-fond du centre de stockage Cigéo ou de tout forage nécessaire à l'opération de caractérisation et de surveillance sont faibles.

5.5.1.2.4 Incidences résiduelles sur la modification des écoulements (effet barrage) des liaisons surface-fond (descenderies, puits) ou de l'ouvrage de protection contre les remontées de nappe d'eau souterraine en zone descenderie

Comme présenté au chapitre 5.5.1.2.1 du présent volume, la conception adaptée de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine permet de diminuer l'incidence liée à l'effet barrage de la nappe des calcaires du Barrois. L'incidence résiduelle sur les écoulements dans la nappe du Barrois et notamment sur ses usages a été appréhendée par une modélisation hydrogéologique spécifique présentée au chapitre 5.4.3 du présent volume. L'incidence résiduelle sur les écoulements de la nappe est faible. Aucune mesure de compensation n'est mise en œuvre.

Les incidences résiduelles du centre de stockage Cigéo sur la modification des écoulements (effet barrage) des liaisons surface-fond (descenderies, puits) ou de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine en zone descenderie sont faibles.

5.5.1.2.5 Incidences résiduelles sur la diminution de l'infiltration et de la recharge des nappes d'eau souterraine

L'infiltration de l'eau au niveau des zones de surface du centre de stockage Cigéo reste possible : en effet, le centre de stockage Cigéo ne présente qu'une imperméabilisation d'environ 17 % des installations de surface (surface imperméabilisée en fin de construction initiale par rapport à la surface de la zone d'intervention potentielle).

Au regard de l'incidence résiduelle faible sur l'imperméabilisation des sols et des modalités de travaux lors des terrassements, l'incidence résiduelle sur l'infiltration et la recharge des nappes d'eau souterraine est faible. Aucune mesure de compensation n'est mise en œuvre.

Les incidences résiduelles du centre de stockage Cigéo sur la diminution de l'infiltration et de la recharge des nappes d'eau souterraine sont faibles.

5.5.1.2.6 Incidences résiduelles sur l'inondation de la zone d'intervention potentielle par remontée de nappe

Comme présenté au chapitre 5.5.1.2.1 du présent volume, la conception adaptée de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine et des liaisons surface-fond limite l'incidence liée au rabattement de nappe (cône de rabattement). L'incidence résiduelle sur l'inondation de la zone d'intervention potentielle est faible. Aucune mesure de compensation n'est mise en œuvre.

Les incidences résiduelles du centre de stockage Cigéo sur l'inondation de la zone d'intervention potentielle par remontées de nappe sont faibles.

5.5.1.2.7 Incidences résiduelles sur les prélèvements dans les nappes d'eau souterraine pour la consommation en eau potable et non potable

La réutilisation prioritaire des usées pour les besoins en eau non potable du centre de stockage Cigéo permet de limiter les prélèvements dans les nappes d'eau souterraines. Ainsi, la définition de l'opération d'adduction d'eau du projet global Cigéo (mesure d'évitement pour le centre de stockage Cigéo) assure des débits prélevés adaptés à la capacité de recharge des captages sollicités pour le besoin. Aucune mesure de compensation n'est mise en œuvre.

Les incidences résiduelles du centre de stockage Cigéo sur les prélèvements dans les nappes d'eau souterraine pour la consommation en eau potable et non potable sont faibles.

5.5.1.2.8 Incidences résiduelles de l'effet barrière sur les écoulements liés aux différentes opérations du projet global Cigéo

La mise en place de dispositifs de type buse hydraulique assure la transparence hydraulique des aménagements et permet d'éviter l'effet barrière sur les écoulements. L'incidence résiduelle de l'effet barrière sur les écoulements est faible et permanente. Aucune mesure de compensation n'est mise en œuvre.

Les incidences résiduelles sur l'effet barrière sur les écoulements liés aux différentes opérations du projet global Cigéo sont faibles.

5.5.1.2.9 Incidences résiduelles sur la perturbation du fonctionnement hydraulique des cours d'eau par la présence de l'ouvrage de protection contre les remontées de nappe d'eau souterraine en zone descenderie

La nappe des calcaires du Barrois conditionne l'hydrologie de surface et participe au fonctionnement des cours d'eau, notamment de l'Orge et de la Bureau. Ainsi, une modification de l'hydrodynamisme de la nappe peut impacter les échanges nappe-rivière.

L'analyse des flux souterrains transférés vers les rivières permet de qualifier et quantifier l'incidence du projet sur les eaux de surface du secteur d'étude.

D'après les résultats de la modélisation et l'analyse des évolutions flux nappe/rivière au niveau de l'Orge, la contribution des écoulements souterrains au débit de l'Orge va diminuer localement. Cependant, ce déficit varie fortement au cours d'une année avec un rapport de cinq à plus de dix (année sèche et année humide) entre les hautes eaux et les basses-eaux.

Les déficits les plus importants sont généralement identifiés durant les hautes eaux. Cependant, la part de ce déficit par rapport au flux transféré entre la nappe et l'Orge est plus importante durant les basses eaux (déficit relatif).

Ainsi, les résultats tendent à montrer que l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine est susceptible de générer :

- une légère réduction des apports de la nappe durant les hautes eaux ;
- une forte réduction des apports de la nappe à l'Orge, durant les basses eaux, qui pourrait induire des étiages plus sévères du fait de la diminution du débit de base.

Afin de réduire ces incidences, la conception de la zone descenderie prévoit :

- une ré-infiltration de l'intégralité des eaux collectées par les drains périphériques de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine ;
- une gestion des eaux pluviales à l'intérieur de leur bassin versant d'origine.

Comme évoqué précédemment, l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe phréatique fait l'objet d'une démarche itérative de conception dans le cadre des actualisations ultérieures de l'étude d'impact, afin d'identifier des pistes d'optimisation permettant de réduire ses incidences sur l'environnement, notamment pour renforcer la transparence hydraulique.

Pour le centre de stockage Cigéo, l'incidence résiduelle sur le débit de l'Orge entre Gillaumé et Saudron avec la mise en place de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine de la zone descenderie est considérée comme très faible. Aucune mesure de compensation n'est mise en œuvre.

Les incidences résiduelles du centre de stockage Cigéo sur la perturbation du régime hydraulique des cours d'eau par la présence de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine en zone descenderie sont très faibles.

5.5.1.2.10 Incidences résiduelles sur la modification du profil en long des cours d'eau lié au franchissement de cours d'eau

Les routes et chemin existants à proximité des cours d'eau seront utilisés préférentiellement afin d'éviter des franchissements de cours d'eau non nécessaires. Il sera privilégié la réhabilitation d'ouvrages hydrauliques existants. Le dimensionnement des ouvrages de franchissement hydrauliques sera défini par rapport aux caractéristiques hydrauliques des cours d'eau pour ne pas entraîner de modification du profil en long des cours d'eau.

L'incidence résiduelle sur la modification du profil en long des cours d'eau est faible. Aucune mesure de compensation n'est mise en œuvre.

Les incidences résiduelles du centre de stockage Cigéo sur la modification du profil en long des cours d'eau sont faibles.

5.5.1.2.11 Incidences résiduelles sur les prélèvements dans les cours d'eau pour la consommation en eau potable et non potable

Aucun prélèvement dans les eaux superficielles ou la nappe d'accompagnement des cours d'eau proche des opérations du centre de stockage Cigéo n'est entrepris. L'incidence résiduelle est très faible. Aucune mesure de compensation n'est mise en œuvre.

Les incidences résiduelles du centre de stockage Cigéo sur les prélèvements dans les cours d'eau pour la consommation en eau potable et non potable sont très faibles.

5.5.1.2.12 Incidences résiduelles sur la perturbation du fonctionnement hydraulique des cours d'eau par les rejets d'eau dans le milieu

Concernant l'impact quantitatif du rejet des eaux conventionnelles, les débits de rejets des eaux ne seront pas de nature à impacter de manière significative l'hydrologie des cours d'eau récepteurs. Les rejets vers les cours d'eau sont conditionnés par les débits de fuite des bassins (cf. Chapitre 5.4.1.6 du présent volume). Pour rappel, le débit de fuite maximal est de 3 L/s/ha pour une pluie décennale et de 6 L/s/ha en centennale. Les rejets seront effectués vers trois cours d'eau : la Bureau, l'Orge et l'Ormançon.

Au niveau des points de rejets, les milieux récepteurs que forment la Bureau et l'Ormançon sont des cours d'eau non pérennes, présentant de longues périodes d'assecs, pendant lesquelles les rejets représentent l'intégralité du débit transitant dans ces cours d'eau. L'Orge ne présente pas de tronçon en assec au niveau des points de rejets.

Les rejets dans ces cours d'eau diminueront les périodes d'assecs.

Compte tenu de la mise en place d'une gestion quantitative des eaux (rejet vers le milieu naturel régulé par des bassins quantitatifs), l'incidence résiduelle du centre de stockage Cigéo sur la perturbation du fonctionnement hydraulique des cours d'eau par les rejets d'eau dans le milieu est très faible. Aucune mesure de compensation n'est mise en œuvre.

Les incidences résiduelles du centre de stockage Cigéo sur le fonctionnement hydraulique des cours d'eau par les rejets d'eau dans le milieu sont très faibles.

5.5.1.2.13 Incidences résiduelles liées à l'imperméabilisation de certaines surfaces et modification des écoulements

Des mesures seront mises en œuvre pour limiter l'imperméabilisation des surfaces :

- optimisation des dispositifs d'assainissement et de ouvrages hydrauliques en privilégiant la réhabilitation des ouvrages existants ;
- limitation du nombre de bases vie ;
- limitation des zones d'intervention au strict nécessaire ;
- remise en état des zones d'intervention temporaire.

Le centre de stockage Cigéo ne présente qu'une imperméabilisation d'environ 17 % des installations de surface (surface imperméabilisée en fin de construction initiale par rapport à la surface de la zone d'intervention potentielle).

Compte tenu des mesures visant à diminuer l'incidence sur le volume d'eau collecté, l'incidence résiduelle est faible et permanente. Aucune mesure de compensation n'est mise en œuvre.

Les incidences résiduelles du centre de stockage Cigéo sur l'imperméabilisation des surfaces sont faibles.

5.5.1.2.14 Incidences résiduelles sur la capacité de stockage de l'eau dans les zones inondables et le risque inondation en aval

Le débit régulé des eaux pluviales rejetées par le centre de stockage Cigéo est inférieur au débit spécifique naturel du bassin versant correspondant, c'est-à-dire au débit spécifique sans le centre de stockage (sans imperméabilisation de la zone). Ce principe permet de ne pas aggraver le risque d'inondation à l'aval du point de rejet.

Afin d'évaluer l'incidence résiduelle (après mise en œuvre des mesures de gestion des rejets liquides décrites ci-avant) du centre de stockage Cigéo sur le risque d'inondation des biens et de personnes liées à un débordement direct des cours d'eaux, une modélisation hydraulique a été réalisée (cf. Chapitre 5.2.2.2 du volume VII de la présente étude d'impact).

Le risque d'inondation, après mise en œuvre des mesures de réduction, est évalué au droit de :

- l'Orge en amont de la commune de Saudron ;
- l'Ormançon en amont de la ferme Saint-Thiébaut ou en amont du chemin situé à proximité du lieu-dit Maison Blanche ;
- la Bureau en amont de la route départementale D175a.

L'incidence du centre de stockage Cigéo a été évaluée pour :

- la phase de construction initiale avec une période de retour pluviométrique de 10 ans ;
- la phase de fonctionnement avec une période de retour de 100 ans.

Pour ces deux phases, la simulation comprend la construction des ouvrages de gestion des eaux du centre de stockage Cigéo. L'état actuel est simulé avec les pluies de temps de retour 10 ans et 100 ans afin de bénéficier d'une base de référence des changements possibles de débits et d'extension des zones inondées.

L'analyse s'appuie notamment sur les résultats au droit de points de calcul. Dans la suite du chapitre, les points de calcul du modèle sont identifiés par une lettre. Un point de calcul regroupe un ou plusieurs ouvrages sur les cours d'eau (ponts et ponceaux existants). Ces ouvrages sont identifiés par un chiffre sur les figures suivantes.

a) Incidences résiduelles sur les bassins versants de l'Orge et de la Bureau

Parmi les trois cours d'eau concernés par la modélisation hydraulique, l'Orge est le seul qui traverse une zone urbaine, la commune de Saudron.

Pour l'Orge, l'étendue de la zone inondée et la hauteur d'eau correspondante sont très similaires entre l'état initial et la phase de construction initiale avec une période de retour pluviométrique de 10 ans.

La zone inondée par débordement de l'Orge se limite au lit majeur existant de l'Orge aussi bien pour la phase de construction initiale que pour la phase de fonctionnement. Aucune structure n'est impactée au-delà des ouvrages d'art de l'intersection avec la route départementale D960.

Les différences de profondeurs d'inondation entre les scénarios de simulation en conditions actuelles et en phase de construction initiale ou de fonctionnement sont étudiées :

- pour une période de retour de 10 ans, l'étendue de la zone inondée et la profondeur de l'inondation sont très similaires. La profondeur maximale d'inondation est 3 cm inférieure pour la phase de construction initiale par rapport à la situation en conditions actuelles (cf. Figure 5-43). Cette profondeur maximale n'est observée que dans le lit mineur de l'Orge ;
- pour une période de retour de 100 ans, l'étendue de la zone inondée et la profondeur de l'inondation sont très similaires : pour la phase de fonctionnement et par rapport aux conditions actuelles, on observe une réduction de la profondeur d'inondation de 5 cm au droit de Saudron et une augmentation de 1 cm de la profondeur d'inondation au niveau du point de rejet du bassin de rétention ZD sud (cf. Figure 5-44).

Par ailleurs, comme présenté dans le tableau 5-23, les débits de pointe en amont des ouvrages d'art au droit de l'Orge et de la Bureau sont très similaires entre les conditions actuelles et les scénarios simulés, aussi bien pour la crue décennale (phase de construction initiale) que pour la crue centennale (phase de fonctionnement). Les faibles écarts constatés peuvent être en partie attribués à la précision du modèle. Sur l'Orge, pour la période de retour 10 ans (cf. Figure 5-43), les résultats de la simulation indiquent que les bassins de rétention atténuent l'incidence des zones nouvellement construites. De même pour la période de retour 100 ans (cf. Figure 5-44), les débits pour la phase de fonctionnement sont légèrement inférieurs aux débits générés aux conditions actuelles d'utilisation du sol (cf. Chapitre 5.4.6.8 du volume III de la présente étude d'impact). Les profondeurs d'inondations maximales atteintes sont de 1,25 mètre pour une période de retour de 10 ans (cf. Figure 5-45) et de 1,50 mètre pour une période de retour de 100 ans (cf. Figure 5-46). Elles étaient respectivement de 1,28 mètre et de 1,54 mètre en condition actuelle (cf. Chapitre 5.4.6.8 du volume III de la présente étude d'impact). Seul le point C de la Bureau, situé en aval immédiat du point de rejet du bassin de rétention de la zone descenderie nord (cf. Figure 5-42), présente des débits centennaux légèrement supérieurs aux conditions actuelles.

Ces informations sont également représentées sur les figures

L'incidence résiduelle sur le risque d'inondation au niveau du bassin versant de l'Orge est très faible.

Tableau 5-23 *Débits de pointe résultant des scénarios de simulation hydrologique pour l'Orge et la Bureau*

Hydrogrammes	Conditions actuelles		Phase de construction initiale	Phase de fonctionnement
	10a (m^3/s)	100a (m^3/s)	10a (m^3/s)	100a (m^3/s)
Orge A	1,24	2,11	1,23	2,04
Orge B	1,67	2,71	1,56	2,51
Bureau A	0,64	1,14	0,64	1,14
Bureau B	0,74	1,32	0,74	1,32
Bureau C	1,91	3,28	1,97	3,57

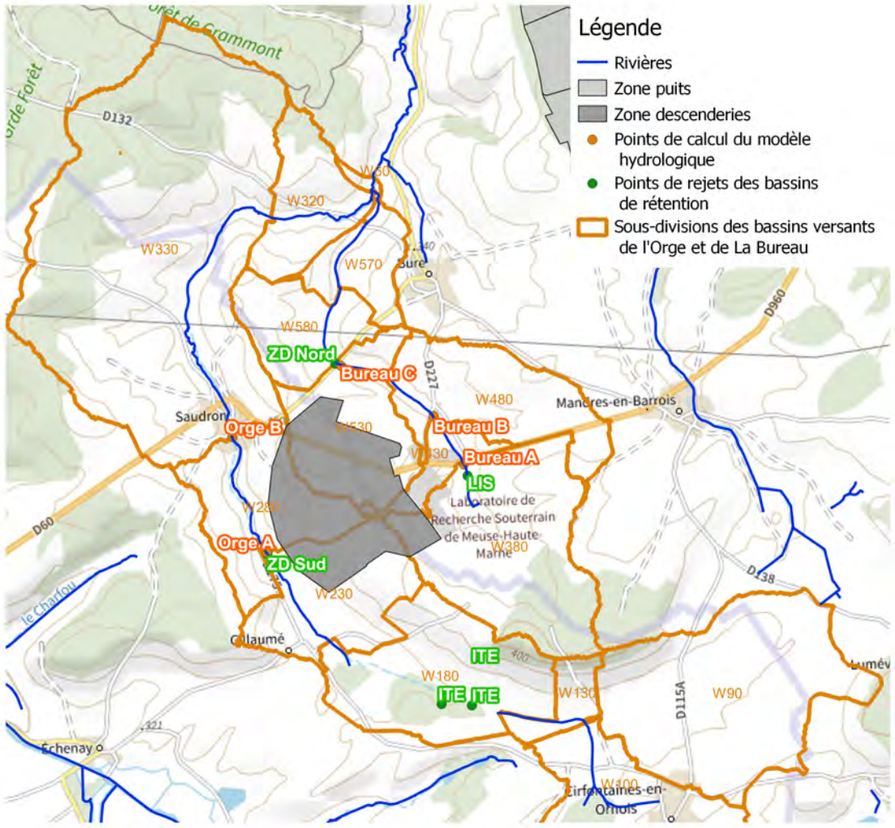


Figure 5-42 *Localisation des bassins et points de calculs de la simulation hydrologique pour l'Orge et la Bureau*

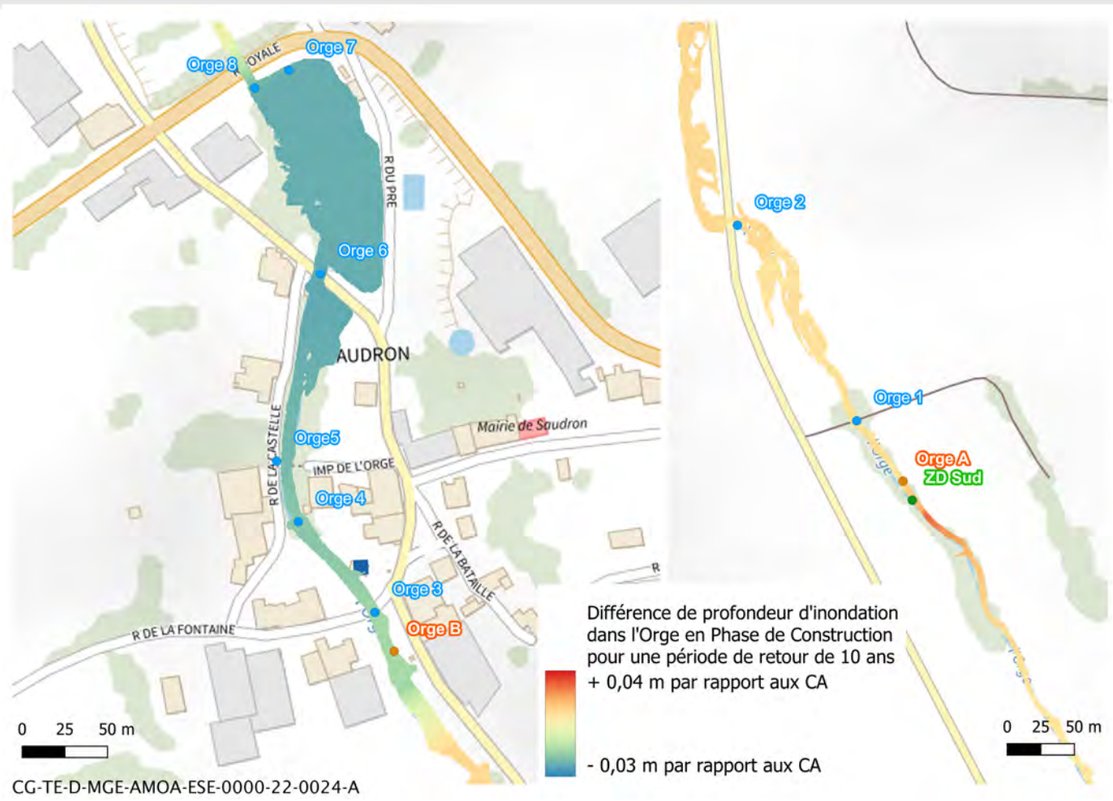


Figure 5-43 *Différence de profondeur d'inondation dans l'Orge en phase de construction initiale par rapport aux conditions actuelles (CA) pour une période de retour 10 ans*

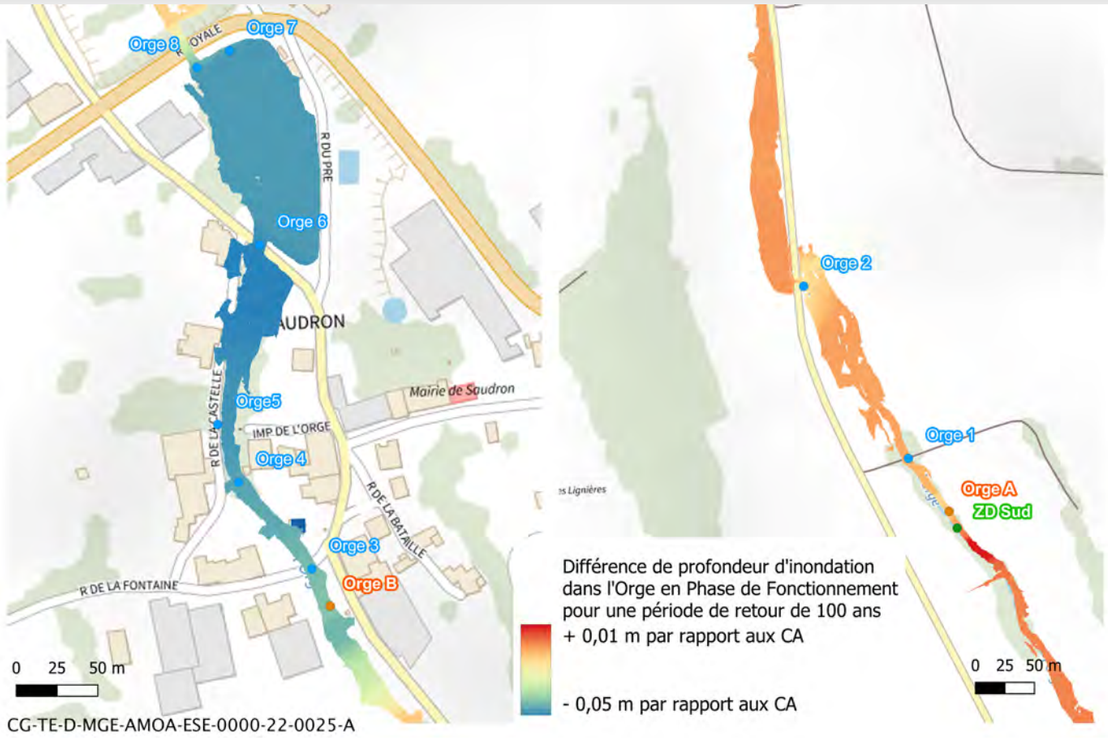


Figure 5-44 *Différence de profondeur d'inondation dans l'Orge en phase de fonctionnement par rapport aux conditions actuelles (CA) pour une période de retour 100 ans*

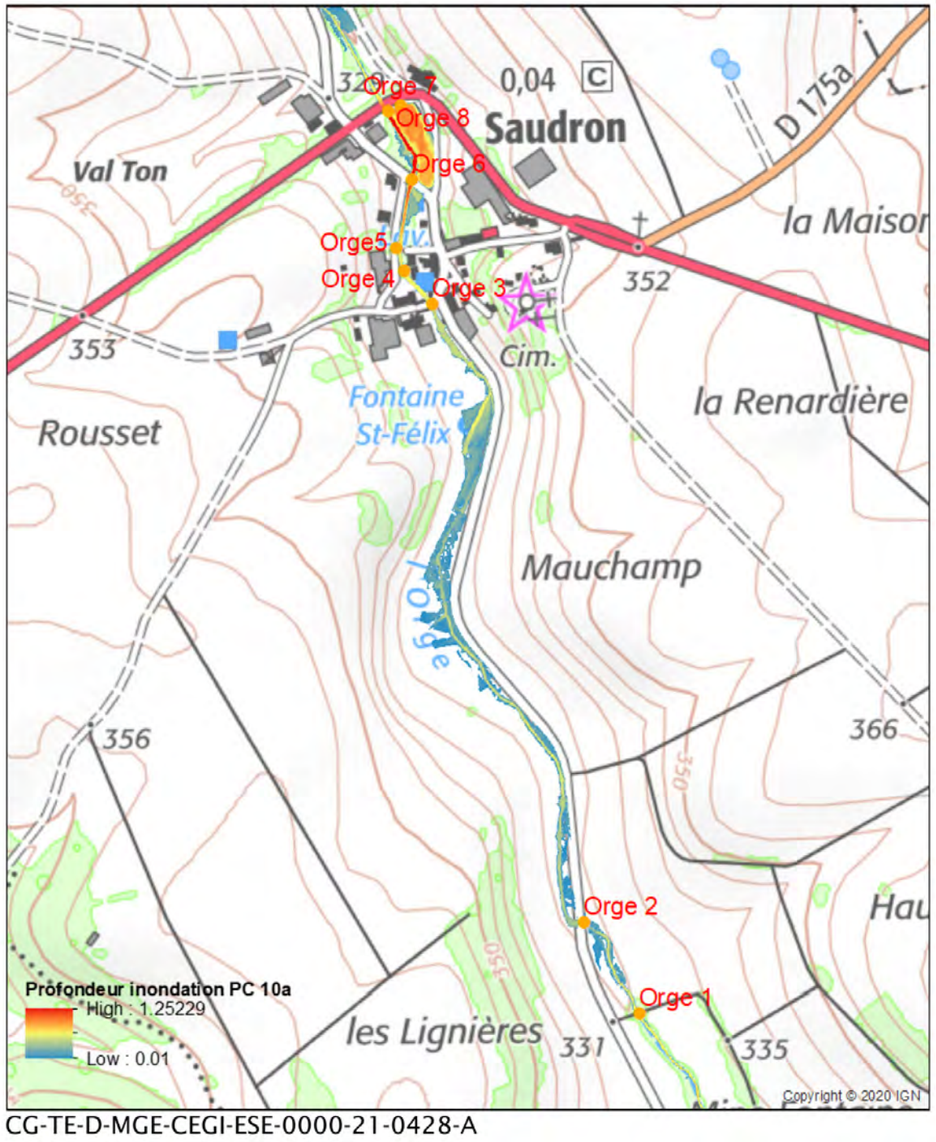


Figure 5-45 *L'Orge : étendue et profondeur d'inondation (m), phase de construction initiale avec une période de retour de 10 ans*

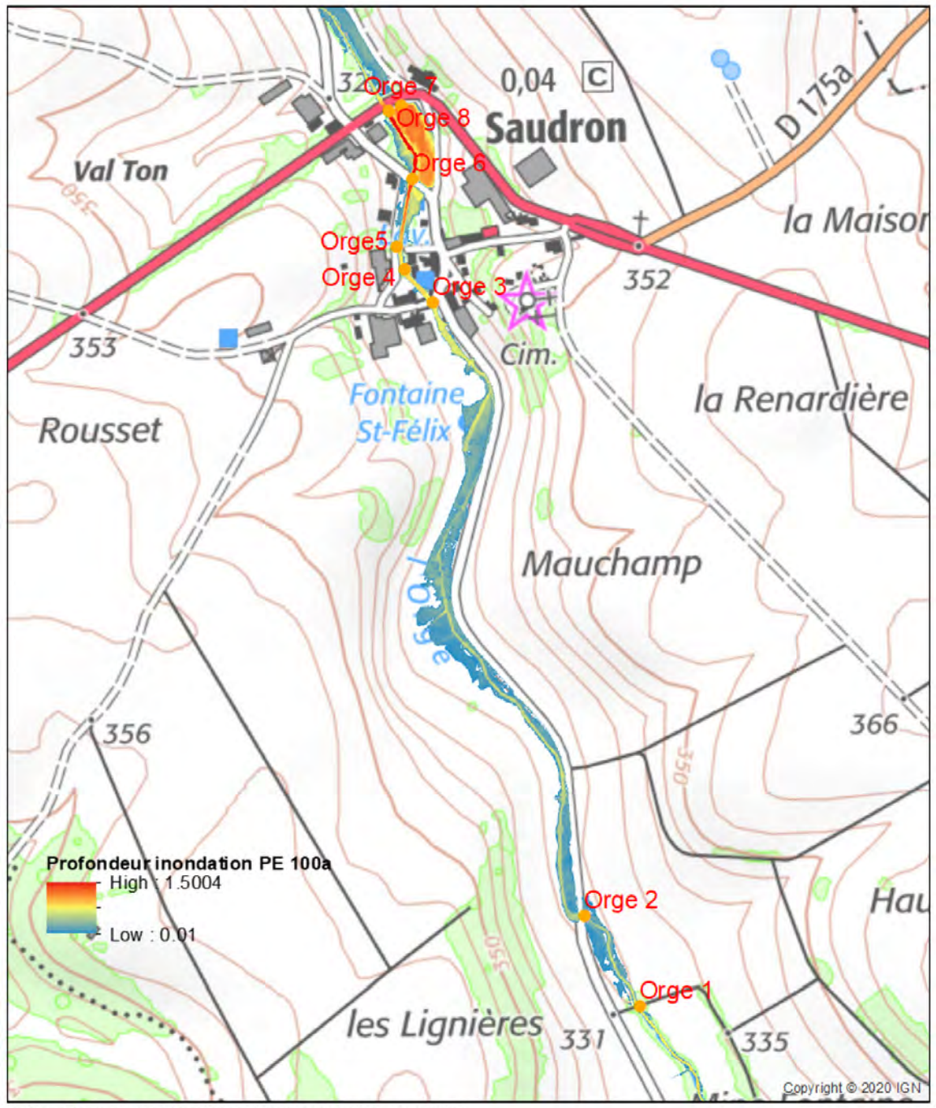


Figure 5-46 *L'Orge : étendue et profondeur d'inondation (m), phase de fonctionnement avec une période de retour de 100 ans*

Pour la Bureau, l'étendue de la zone inondée et la hauteur d'eau correspondante sont très similaires entre l'état initial et la phase de construction initiale avec une période de retour pluviométrique de 10 ans. La même observation est faite entre l'état initial et la phase de fonctionnement avec une période de retour de 100 ans.

La zone inondée par le débordement de la Bureau se limite au lit majeur existant de la Bureau pour l'ensemble des cas étudiés. La profondeur d'inondation est inférieure à 0,2 mètre dans le lit majeur. Aucune structure n'est impactée par l'inondation au droit de la Bureau.

Les ouvrages d'arts « Bureau 3 » et « Bureau 4 » fonctionnent comme des ouvrages de rétention. La profondeur d'inondation est maximale en amont de ces ouvrages, inférieure à 1,2 mètre (cf. Figure 5-49) pour le scénario avec un temps de retour de 10 ans et inférieure à 1,35 mètre pour le scénario avec un temps de retour de 100 ans (cf. Figure 5-50).

Les différences de profondeurs d'inondation entre les scénarios de simulation en conditions actuelles et en phase de construction initiale ou de fonctionnement sont étudiées :

- pour une période de retour de 10 ans, la figure présentant la différence entre la profondeur maximale d'inondation en conditions actuelles et en phase de construction initiale n'est pas présentée puisque cette différence est inférieure à 1 cm. En effet, la principale différence réside dans l'étendue horizontale de l'inondation qui est plus importante dans certaines zones du lit majeur de la Bureau dans le cas des conditions actuelles pour la phase de construction initiale (ces zones apparaissent en noir sur la figure 5-47) ;
- pour une période de retour de 100 ans, seule la figure présentant la différence des profondeurs d'inondation est présentée puisque l'étendue horizontale de l'inondation est très similaire entre les conditions actuelles et la phase de fonctionnement. Les différences de profondeur d'inondation se produisent principalement en aval des ouvrages d'arts Bureau 2 et Bureau 3. La différence maximale de profondeur d'inondation entre ces deux scénarios est inférieure à 13 cm (cf. Figure 5-48).

Sur la base de la différence de profondeur et d'étendue d'inondation entre les références et les scénarios après construction pour la Bureau, on peut conclure que la construction du centre de stockage Cigéo et des bassins de rétention n'aggrave pas le risque d'inondation en aval des points de rejet.

L'incidence résiduelle sur le risque d'inondation au niveau du bassin versant de la Bureau est très faible.

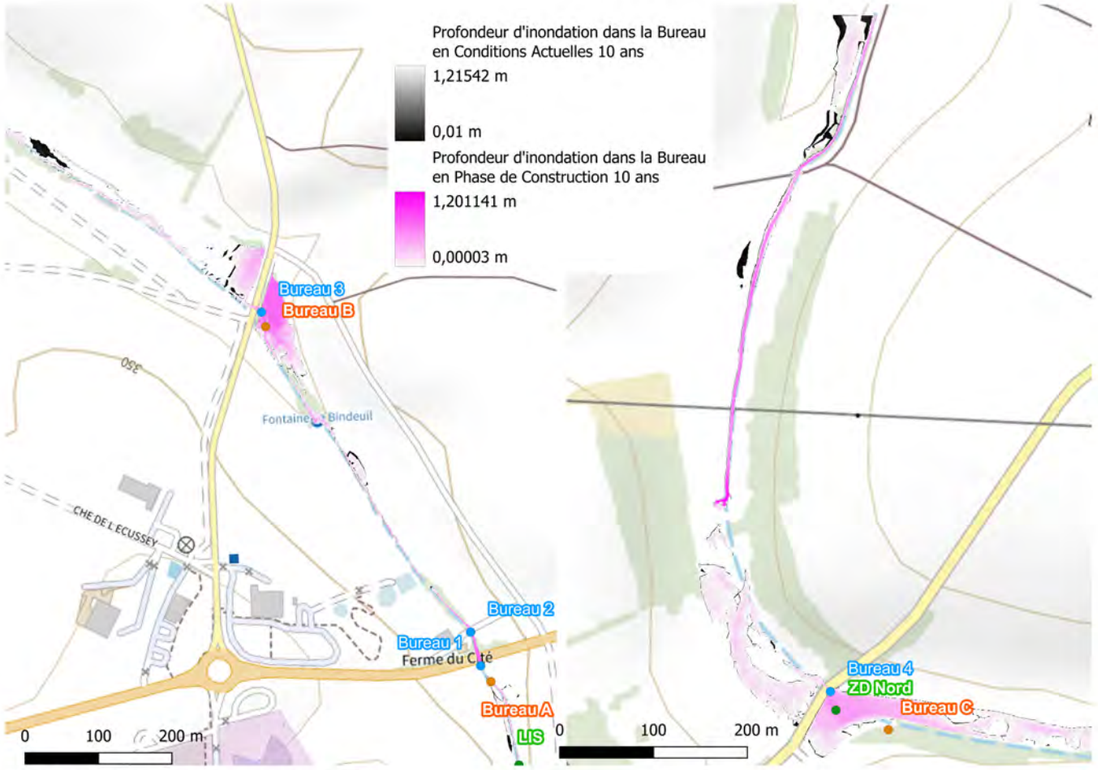


Figure 5-47 *Profondeurs d'inondation dans la Bureau en conditions actuelles et en phase de construction initiale pour une période de retour 10 ans*

Figure 5-48 *Différence de profondeur d'inondation dans la Bureau en phase de fonctionnement par rapport aux conditions actuelles (CA) pour une période de retour 100 ans*

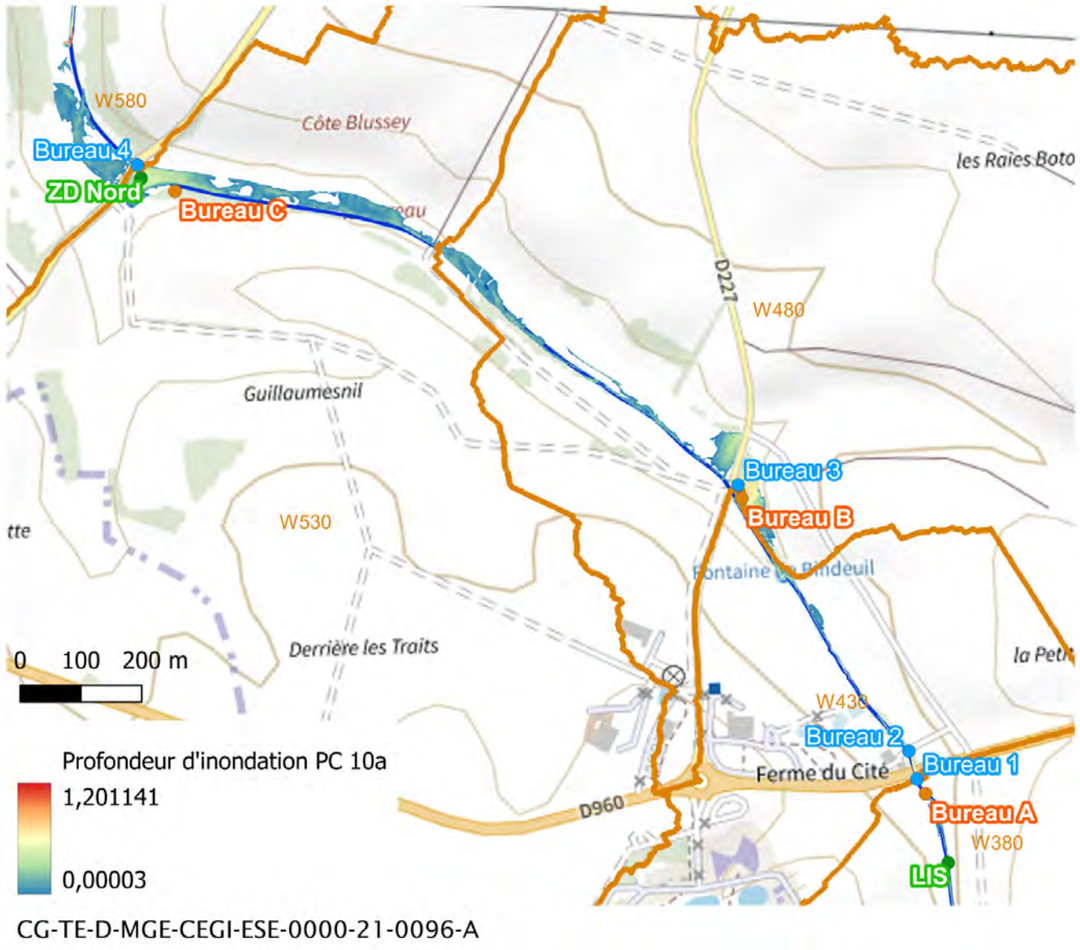


Figure 5-49 *La Bureau : étendue et profondeur d'inondation (m), phase de construction initiale avec une période de retour de 10 ans*

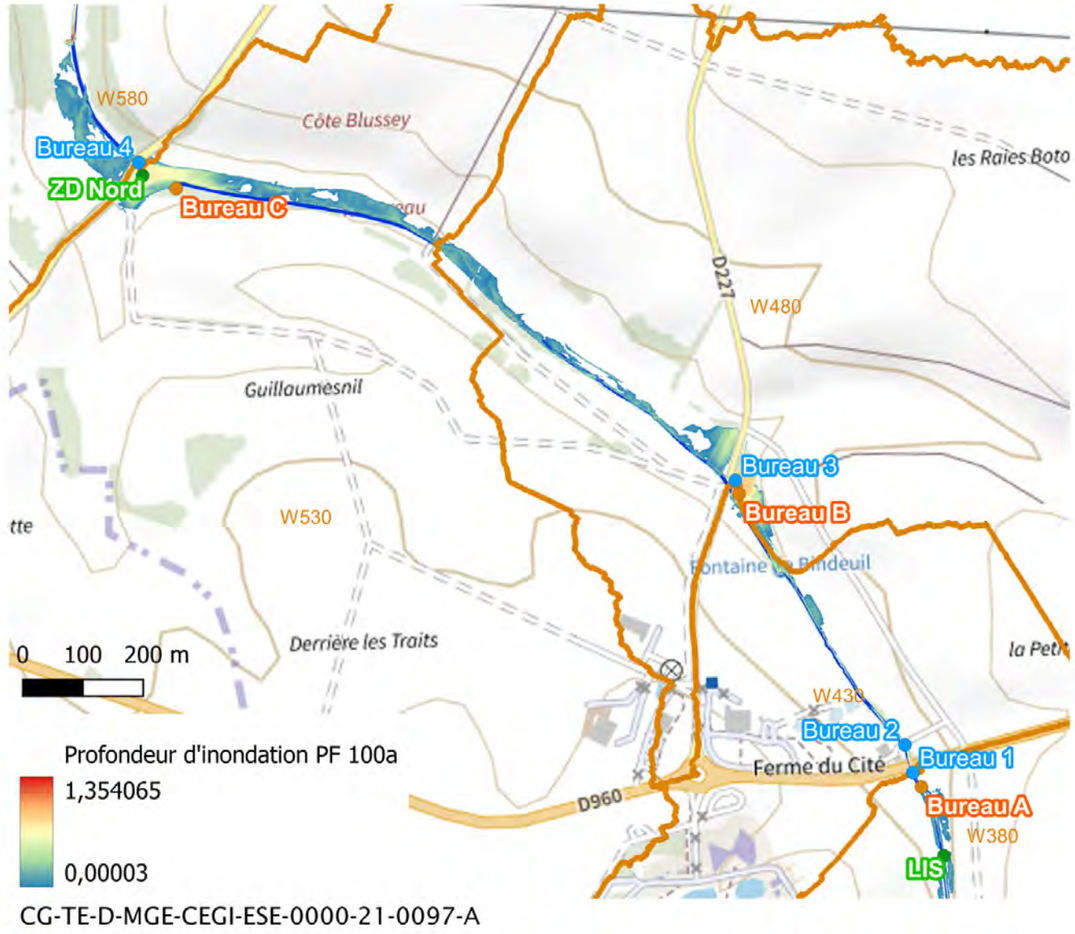


Figure 5-50 *La Bureau : étendue et profondeur d'inondation (m), phase de fonctionnement avec une période de retour de 100 ans*

b) Incidences résiduelles sur le bassin versant de l'Ormançon

Parmi les trois cours d'eau concernés par la modélisation hydraulique, l'Ormançon est celui qui reçoit le plus grand volume d'eau des bassins de rétention.

La zone inondée par débordement de l'Ormançon se limite au lit majeur existant de l'Ormançon pour l'ensemble des cas étudiés, la profondeur maximale d'inondation est de 1,03 mètre pour une période de retour de 10 ans en phase de construction (cf. Figure 5-53) et de 1,35 mètre pour une période de retour de 100 ans en phase de fonctionnement (cf. Figure 5-54). Aucune structure n'est impactée au-delà des ouvrages d'art bordant le cours d'eau.

Les différences de profondeurs d'inondation entre les scénarios de simulation en conditions actuelles et en phase de construction initiale ou de fonctionnement sont étudiées :

- pour une période de retour de 10 ans, la profondeur de l'inondation est identique entre les conditions actuelles et la phase de construction initiale. La seule différence réside dans l'étendue horizontale d'inondation qui est plus faible en phase de construction initiale qu'en conditions actuelles, notamment en aval du point de rejet des verses (ces zones de plus faibles profondeurs d'inondation en phase de construction apparaissent en noir sur la figure 5-51) ;
- pour une période de retour de 100 ans, Il y a seulement une différence sur la profondeur d'inondation qui est 5 cm plus importante en phase de fonctionnement qu'en conditions actuelles, en particulier en aval du point de rejet des verses (cf. Figure 5-52). L'étendue de la zone inondée est très similaire entre les deux scénarios

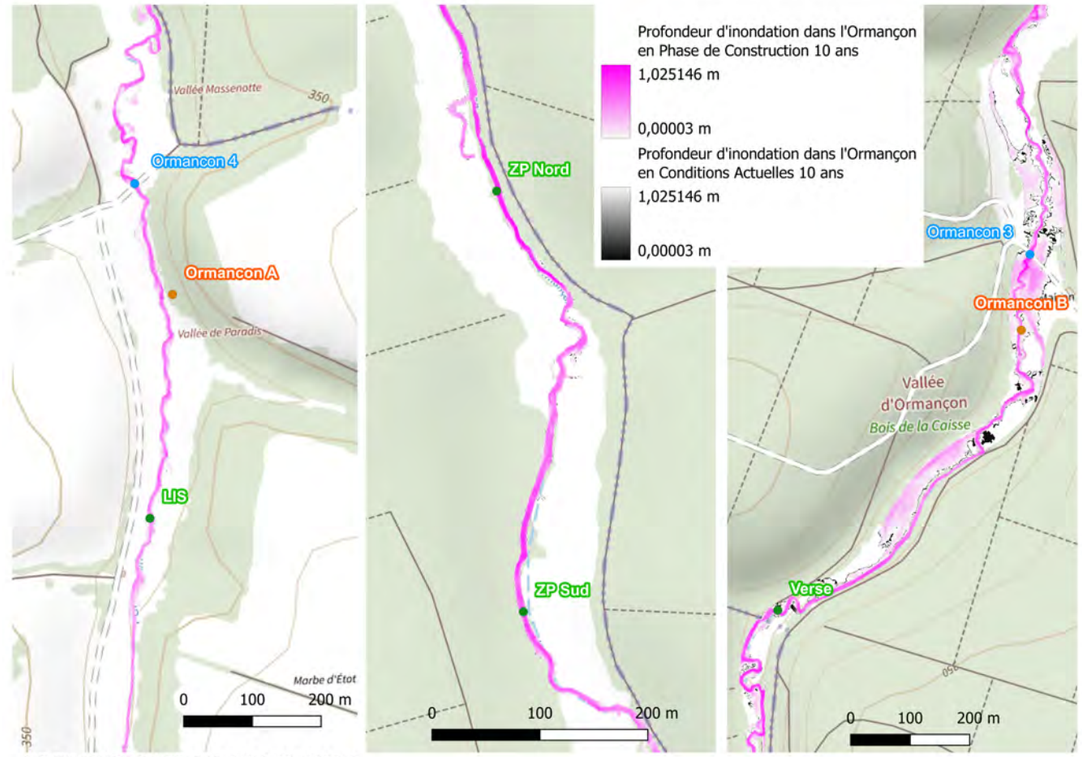
L'Ormançon reçoit le plus grand volume d'eau des bassins de rétention. Cependant, aucune différence significative n'est observée dans la profondeur et l'étendue horizontale de l'inondation entre les conditions actuelles d'utilisation du sol et les scénarios de simulation avec une période de retour 10 ans et 100 ans.

Par ailleurs, les débits de pointe en amont des ouvrages d'art au droit de l'Ormançon sont très similaires entre les conditions actuelles et les scénarios simulés (phases de construction initiale et de fonctionnement), comme l'indique le tableau 5-24.

Tableau 5-24 Débits de pointe résultant des scénarios de simulation hydrologique pour l'Ormançon

Hydrogrammes	Conditions actuelles		Phase de construction	Phase de fonctionnement
	10a (m^3/s)	100a (m^3/s)	10a (m^3/s)	100a (m^3/s)
Ormançon 4	3,41	5,66	3,41	5,66
Ormançon 3	6,08	10,08	6,17	10,2
Ormançon 2	6,83	11,3	6,91	11,33
Ormançon 1	7,48	12,36	7,56	12,36

L'incidence résiduelle sur le risque d'inondation au niveau du bassin versant de l'Ormançon est très faible.



CG-TE-D-MGE-AMOA-ESE-0000-22-0028-A

Figure 5-51 Profondeurs d'inondation dans l'Ormançon en conditions actuelles et en phase de construction initiale pour une période de retour 10 ans

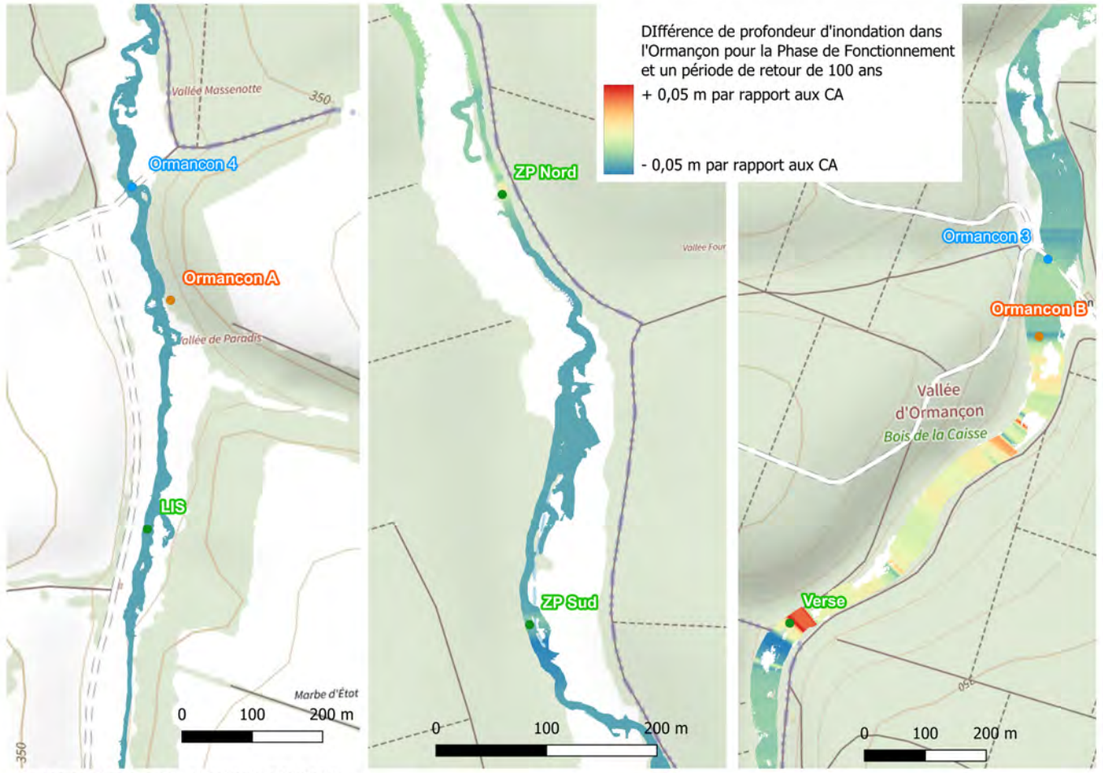


Figure 5-52 *Différence de profondeur d'inondation dans l'Ormançon en phase de fonctionnement par rapport aux conditions actuelles (CA) pour une période de retour 100 ans*

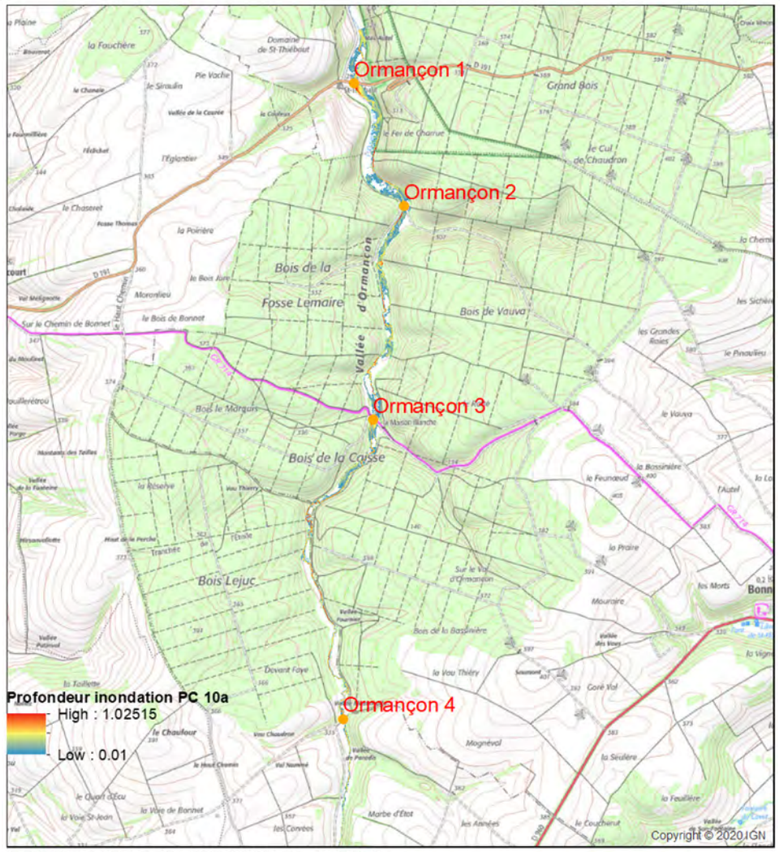
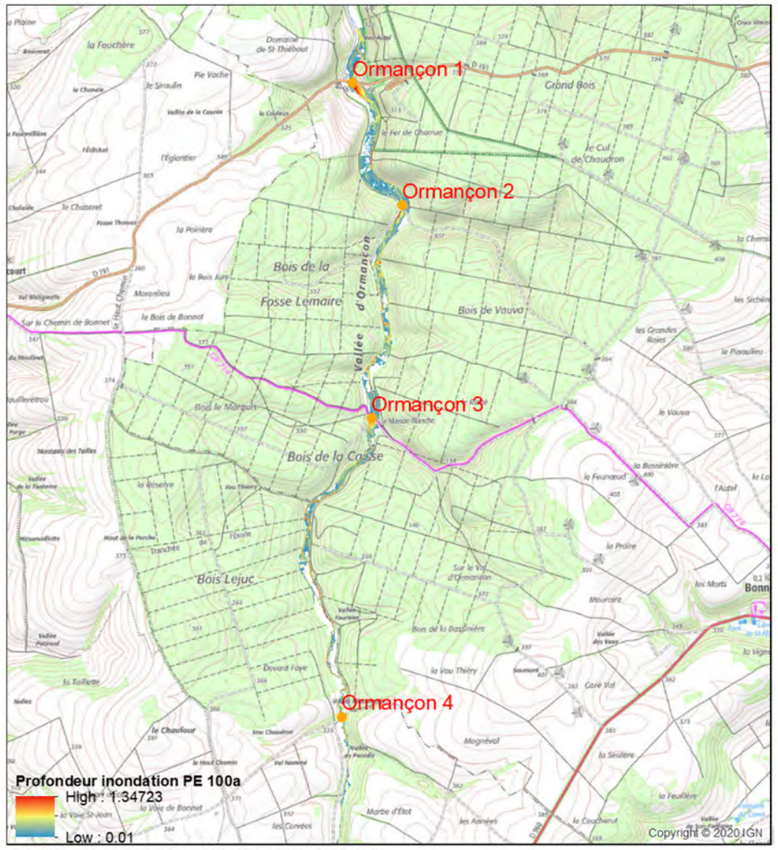


Figure 5-53 *L'Ormançon : étendue et profondeur d'inondation (m), phase de construction initiale avec une période de retour de 10 ans*



CG-TE-D-MGE-CEGI-ESE-0000-21-0434-A

Figure 5-54 L'Ormançon : étendue et profondeur d'inondation (m), phase de fonctionnement avec une période de retour de 100 ans

Après mise en œuvre des mesures de réduction, la modélisation hydraulique conclut à une non-aggravation du risque d'inondation en phase de construction initiale et en phase de fonctionnement du centre de stockage Cigéo pour les trois cours d'eau concernés.

Dès la phase d'aménagements préalables, le dispositif de gestion des eaux est évolutif et adapté à la nature des eaux et à leur volume estimé au droit des zones descenderie et zone puits. L'aménagement des installations en surface permettra au besoin de modifier ce dispositif pour garantir la non-aggravation du risque inondation en aval (aspect quantitatif).

L'incidence résiduelle sur l'aggravation du risque inondation en aval est faible. Aucune mesure de compensation n'est mise en œuvre.

Les incidences résiduelles du centre de stockage Cigéo sur la capacité de stockage de l'eau dans les zones inondables et sur le risque inondation en aval sont faibles.

5.5.1.3 Pour les opérations des autres maîtres d'ouvrage et pour l'opération de caractérisation et de surveillance environnementale réalisée en dehors du centre de stockage Cigéo

Pour les opérations des autres maîtres d'ouvrage et pour l'opération de caractérisation et de surveillance environnementale réalisée en dehors du centre de stockage Cigéo, en l'absence de terrassement de grande ampleur, de creusement dans le sous-sol ou de zone à enjeu fort au niveau des eaux superficielles, de la mise en œuvre d'une conception et de mesures d'évitement et de réduction notamment dans les périmètres de protection des captages d'alimentation en eau potable, l'incidence résiduelle est faible sur l'aspect quantitatif des eaux souterraines et superficielles.

La possibilité de pompages sur les cours d'eau pérennes de l'aire d'étude porte uniquement sur les opérations des autres maitres d'ouvrage, notamment l'alimentation électrique. Dans tous les cas, ces besoins temporaires uniquement pour la phase chantier seront argumentés et encadrés par une demande de prélèvement au titre de la loi sur l'eau dans le cadre de l'autorisation environnementale de l'opération concernée (32).

Aucune mesure de compensation n'est mise en œuvre.

Pour les opérations des autres maîtres d'ouvrage, l'incidence quantitative résiduelle sur les eaux est faible.

5.5.2 Incidences résiduelles sur la qualité des eaux

5.5.2.1 Pour le centre de stockage Cigéo

5.5.2.1.1 Incidences résiduelles sur la qualité des eaux superficielles

Dès la phase d'aménagements préalables, le dispositif de gestion des eaux est évolutif et adapté à la nature des eaux et à leur volume estimé au droit des zones descenderie et zone puits. Ce principe permet une performance maximale des dispositifs de traitement pour atteindre une qualité d'eaux recyclées adaptée au besoin en eau non potable du centre de stockage Cigéo ainsi qu'une compatibilité des rejets du centre de stockage Cigéo avec le bon état écologique et chimique des eaux superficielles.

L'objectif recherché pour la gestion des effluents liquides est la compatibilité des rejets avec le milieu récepteur. Les filières de traitement proposées respecteront les valeurs limites des paramètres mesurés dans le cadre d'une demande d'autorisation de rejet. Les choix de conception retenus en termes de gestion des effluents liquides sont récapitulés dans le chapitre 5.4.2 du présent volume.

La majorité des dispositifs de gestion et de traitement des eaux sont mis en place à compter de la phase d'aménagements préalables (système de drainage de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine, stations d'épuration, réseaux d'eau pluviale, bassins qualitatifs et quantitatifs, etc.). Les dispositifs de gestion des eaux de fond seront mis en place lors de la construction initiale et évolueront en fonction du développement progressif de l'installation.

Le principe actuellement retenu de la gestion des eaux sur la zone descenderie est schématisé en figure 5-55 en phase de construction initiale, et en figure 5-56 pour la phase de fonctionnement.

Pour la zone puits, la gestion des eaux en phase de construction initiale est présentée en figure 5-57 et en figure 5-58 pour la phase de fonctionnement.

Le dispositif de gestion des eaux pour la liaison intersites et l'installation terminale embranchée reste inchangé entre les différentes phases du projet global Cigéo.

Tableau 5-25 Choix de conception et principes de gestion des effluents liquides

Type d'eau	Solution technique retenue (toutes phases de vie)		
	Collecte	Traitement	Rejet
Eaux pluviales	Collecte par un réseau d'eau pluviales dimensionné pour des pluies de période de retour centennale.	Les eaux sont dirigées vers les bassins qualitatifs qui permettent un abattement des polluants puis vers les bassins quantitatifs pour réguler le débit de rejet (pour des périodes de retour de 2 ans, 10 ans et 100 ans). L'ensemble des bassins est en conception étanche Contrôles radiologiques préalables pour les bassins spécifiques (bassins de confinement) du TFN	Rejets locaux régulés dans l'Orge, La Bureau et l'Ormançon en fonction des zones collectées
Eaux de ruissellement des verses	Collecte vers un bassin déployé avec l'extension des verses	Les eaux sont dirigées vers les bassins qualitatifs qui permettent un abattement des polluants puis vers les bassins quantitatifs pour réguler le débit de rejet (pour des périodes de 2 ans, 10 ans et 100 ans). L'ensemble des bassins est en conception étanche. Pour respecter la réglementation, notamment pour les MES, le fer, l'aluminium et les sulfates, un traitement tertiaire avec la mise en place d'une nanofiltration est indispensable en plus du traitement par décantation.	Rejet local régulé (Ormançon)
Eaux usées (eaux grises et eaux vannes) comprenant également les Eaux industrielles de surface	Collecte et envoi vers la STEP pour chaque zone	Traitement par la STEP suivant les spécifications d'obtention d'eaux rejetés compatible avec les critères de bon état chimique et de bon état écologique des cours d'eau	Recyclage des eaux – source prioritaire - et rejet du surplus d'eaux recyclées
Eaux de fond (eaux d'exhaure/eaux industrielles souterraines)	Collecte par des réseaux de fond et relevage vers des bassins dédiés en surface	Prétraitements : séparation des matières en suspension et des traces d'hydrocarbures (coagulation et floculation), suivie d'une décantation Traitement : neutralisation, filtration mécanique, désinfection	Recyclage des eaux – source secondaire et rejets locaux régulés des surplus dans la Bureau et l'Ormançon
Eaux drainées de la nappe du Barrois	Drainage des eaux à l'amont hydraulique de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine de la ZD	Les eaux sont déviées sans être extraites en surface.	Ré-infiltration dans le milieu – au nord, au sud-est et au sud de l'ouvrage de protection
Eaux du dispositif de recyclage des eaux du centre de stockage Cigéo	Réseau de canalisations	-	Après trois jours de non consommation, rejets locaux régulés des eaux non utilisées dans La Bureau et l'Ormançon
Eaux contaminées et eaux potentiellement contaminées provenant des zones de production de déchets radioactifs	Collecte à la source et conditionnement approprié au plus près de la source	Pas de traitement local, considérés comme des déchets liquides induits (cf. Chapitre 5.4.2.1 du présent volume)	Pas de rejet au milieu naturel (filières externes de traitement)

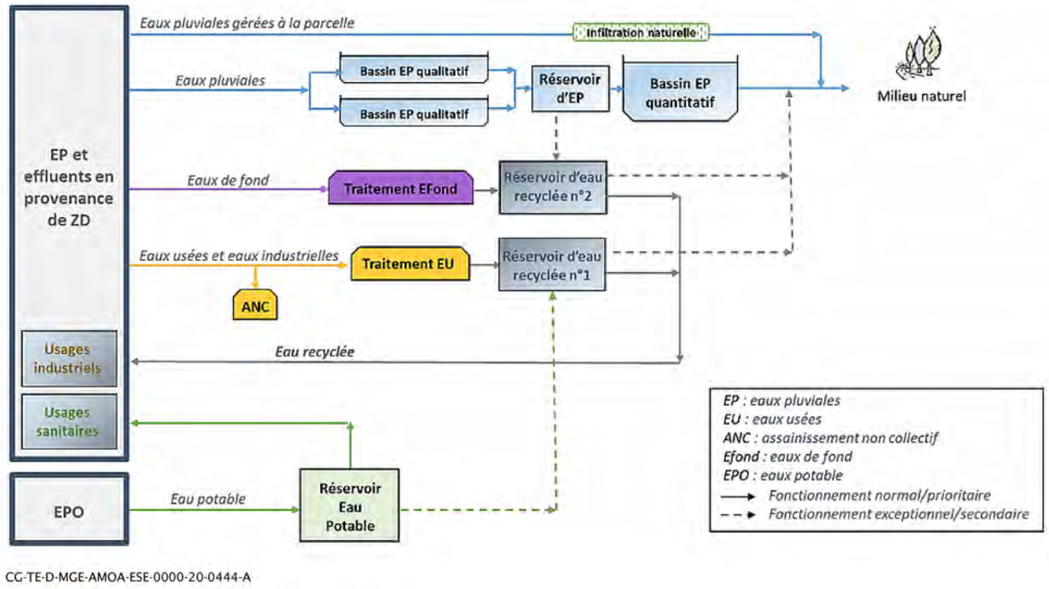


Figure 5-55 *Schéma illustratif de principe de la gestion des eaux au droit de la zone descenderie en fin d'aménagements préalables et en phase de construction initiale*

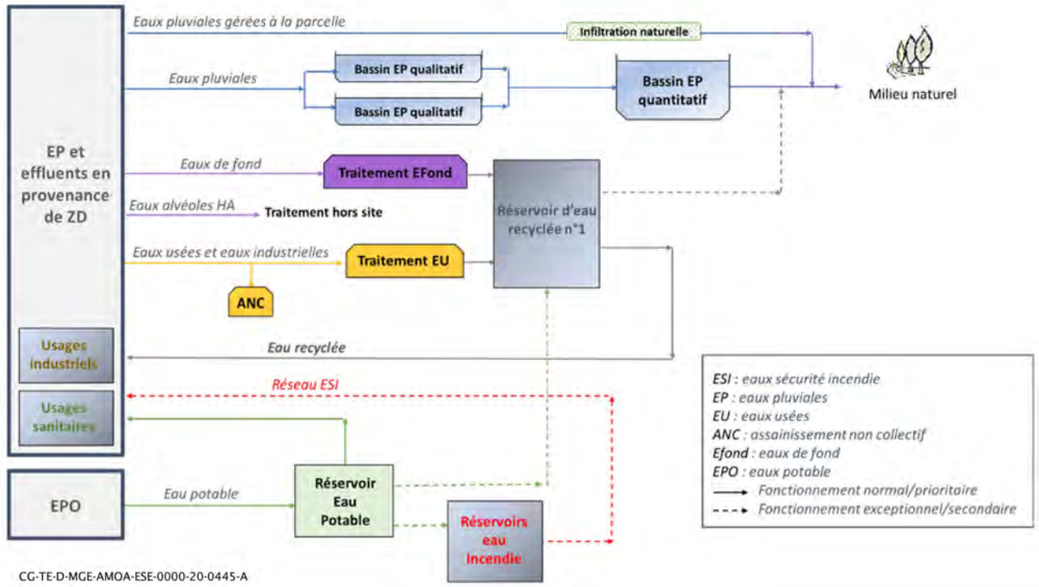


Figure 5-56 *Schéma illustratif de principe de la gestion des eaux au droit de la zone descenderie en phase de fonctionnement (les effluents non conventionnels correspondent aux eaux alvéoles HA sur ce schéma)*

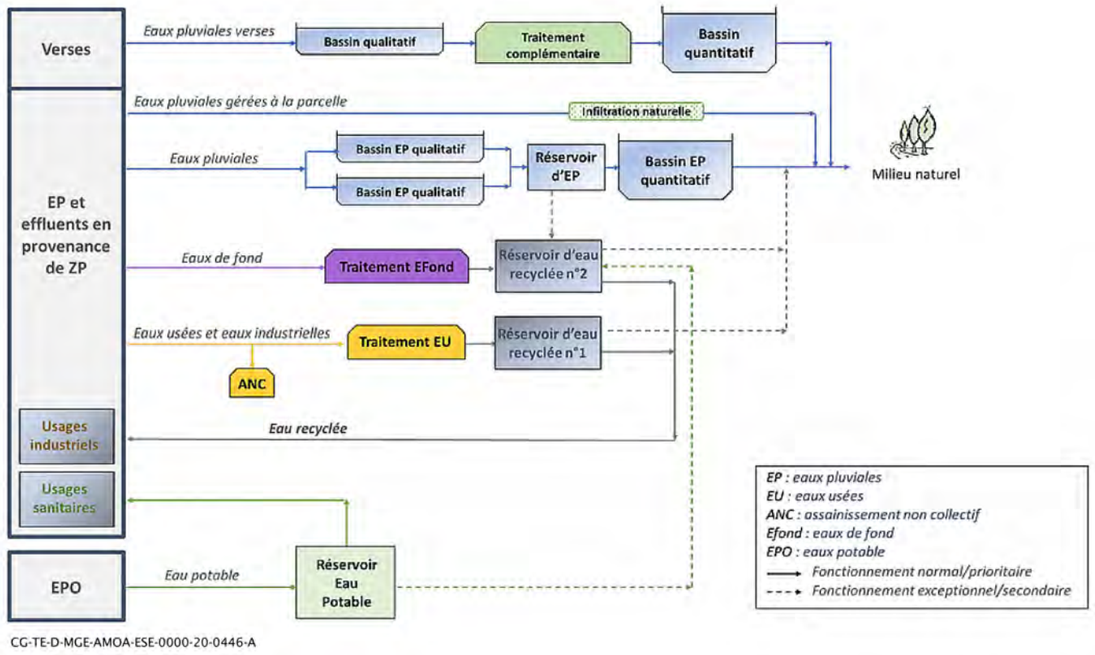


Figure 5-57 *Schéma illustratif de principe de la gestion des eaux au droit de la zone puits en fin d'aménagements préalables et en phase de construction initiale*

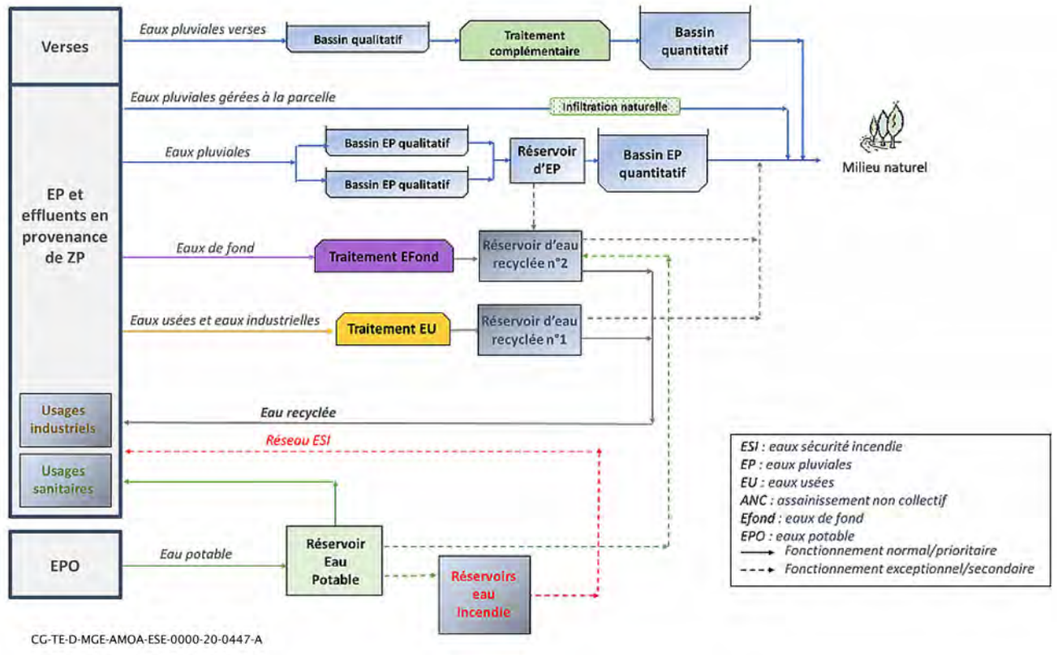


Figure 5-58 *Schéma illustratif de principe de la gestion des eaux au droit de la zone puits en phase de fonctionnement*

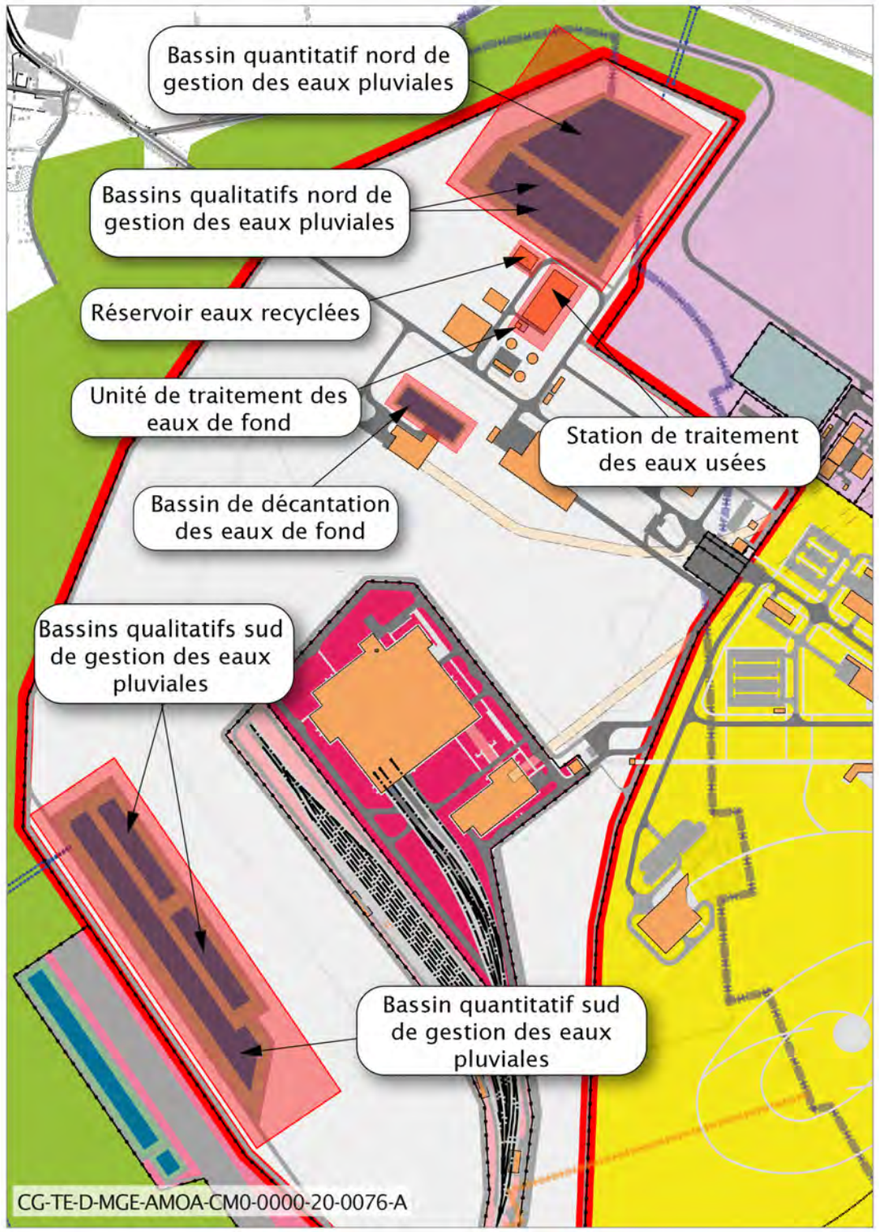


Figure 5-59 *Localisation des ouvrages de gestion des eaux et de traitement des effluents liquides conventionnels en zone descenderie*

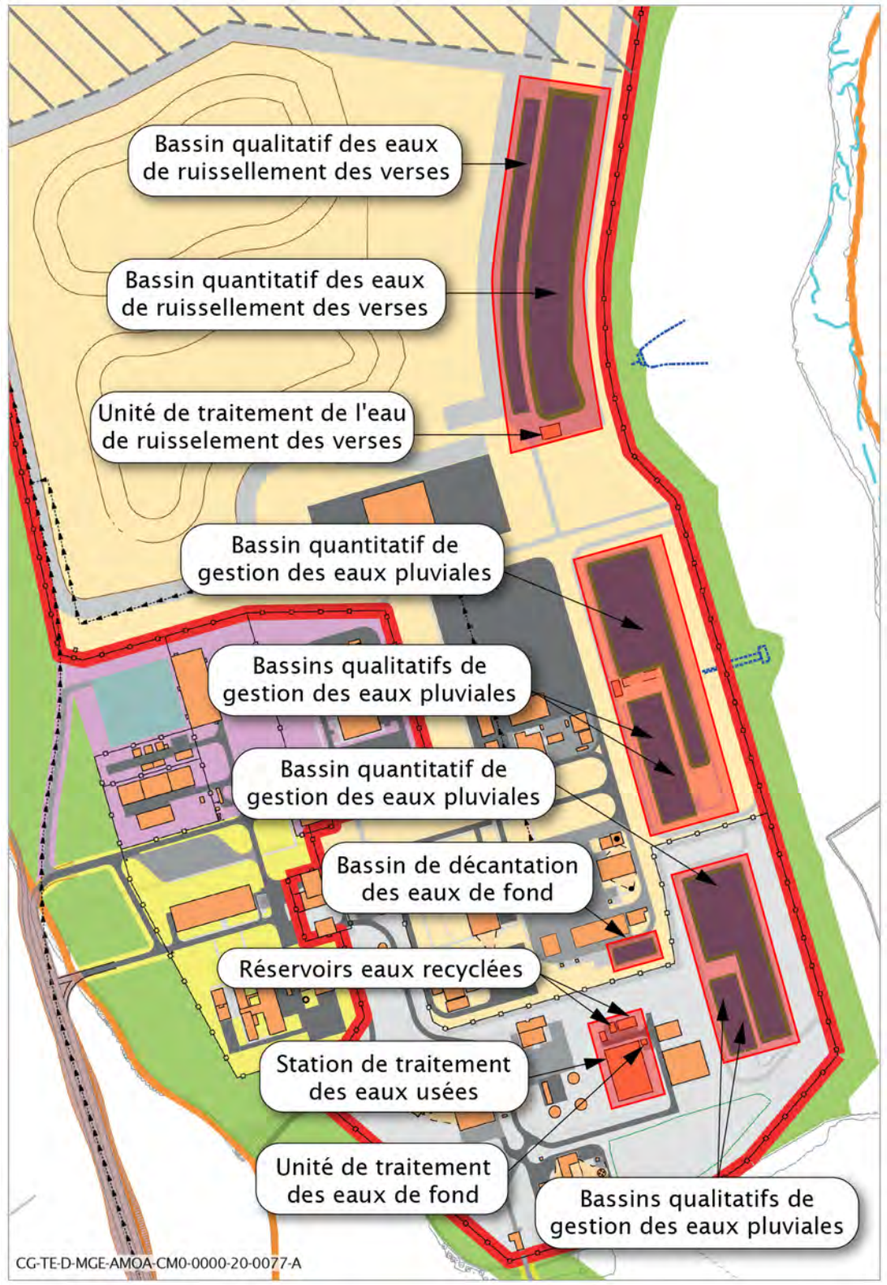


Figure 5-60 *Localisation des infrastructures de gestion des effluents liquides conventionnels en zone puits*

a) Définition des normes de rejet

Les eaux conventionnelles (eaux industrielles, eaux de fond et eaux de verses) feront l'objet d'un traitement spécifique pour chaque effluent en fonction d'essais pilotes réalisés en laboratoire sur des échantillons représentatifs.

Comme expliqué au chapitre 5.2.2.4 du volume VII de l'étude d'impact, les eaux pluviales ne sont pas considérées dans les calculs de flux de pollution étant donné qu'elles n'ont pas d'incidence supplémentaire par rapport à la situation actuelle.

Pour les rejets dans les eaux superficielles, la qualité des eaux rejetées doit être compatible avec les objectifs de qualité attribués au cours d'eau récepteur, soit le bon état écologique et chimique. En effet, l'hypothèse de base est de considérer que les cours d'eau qui recevront les eaux traitées se retrouverons en période d'assec, donc sans aucun volume d'eau naturelle pour diluer ces effluents. Par conséquent, les eaux conventionnelles traitées représenteront, au moins une fois dans l'année, 100 % de l'eau des ruisseaux, donc sans dilution de l'eau de surface. Les bases de calculs sont réalisées sur la période la plus défavorable. Ainsi, l'eau rejetée devra permettre à elle seule de respecter les normes de qualité du bon état chimique et écologique, donc d'avoir une qualité suffisante pour ne pas déclasser le milieu naturel.

Les rejets respectent donc les valeurs limites des classes d'état (pour la classe bon état) pour les paramètres physico-chimiques généraux pour les cours d'eau fixées par l'arrêté ministériel du 25 janvier 2010 (23) (modifié par l'arrêté du 28 juin 2016 (24) et par l'arrêté du 27 juillet 2018 (25)).

Les normes de rejet ont été sélectionnées selon la DCE (29). Cependant, certains paramètres ne sont pas mentionnés dans cette directive. Ainsi, d'autres référentiels ont été utilisés pour compléter ces normes comme l'article D. 211-10 du code de l'environnement qui énonce les objectifs définis en fonction des différents usages de l'eau pour :

- la qualité des eaux conchylicoles et des eaux douces ayant besoin d'être protégées ou améliorées pour être aptes à la vie des poissons (eaux salmonicoles et eaux cyprinicoles) ;
- la qualité requise des eaux superficielles destinées à la production d'eau alimentaire ;
- la qualité des eaux de baignade.

Le tableau 5-26 reprend les normes appliquées aux futurs rejets. Les explications sur les données choisies sont décrites dans au chapitre 5.2.2.4 du volume VII de l'étude d'impact.

Tableau 5-26 Normes de rejet applicables au site

Paramètre	Valeur	Document de référence
pH	]6-9[	Arrêté du 27/07/2018 => NQE paramètre général
Turbidité	35 NFU	Valeur de bon état chimique de la SEQ Eau Version 2
Température de l'eau	25,5 °C	Arrêté du 27/07/2018 => paramètre général pour les cyprinicoles
Conductivité à 25 °C	120-3 000	Valeur de bon état chimique de la SEQ Eau Version 2
Coliformes totaux	500 UFC/100 ml	Valeur guide pour le bon état des eaux de baignade
Escherichia coli	100 UFC/100 ml	Valeur guide pour le bon état des eaux de baignade
DBO_5	6 mg/l	Arrêté du 27/07/2018 => NQE paramètre général
DCO	30 mg/l	Arrêté du 27/07/2018 => NQE paramètre général
COD	7 mg/l	Arrêté du 27/07/2018 => NQE paramètre général
MES	35 mg/l	Valeur de bon état chimique de la SEQ Eau 2003 Version 2 50 mg/l à 50 mg/l
NTK	2 mg/l	Valeur de bon état chimique de la SEQ Eau Version 2
NH_4	0,5 mg/l	Arrêté du 27/07/2018 => NQE paramètre général
NO_3^-	50 mg/l	Arrêté du 27/07/2018 => NQE paramètre général
NO_2^-	0,3 mg/l	Arrêté du 27/07/2018 => NQE paramètre général
Pt	0,2 mg/l	Arrêté du 27/07/2018 => NQE paramètre général
PO_4^{3-}	0,5 mg/l	Arrêté du 27/07/2018 => NQE paramètre général
HCT	1 mg/l	Arrêté Ministériel du 11/07/2007 => Qualité de l'eau brute pour la production d'eau potable
Al	0,1 mg/l	Valeur de bon état chimique de la SEQ Eau Version 2
Fe	0,1 mg/l	Arrêté Ministériel du 11/07/2007 => Qualité de l'eau brute pour la production d'eau potable
Cu	1,0 µg/l	Arrêté du 27/01/2018 => NQE
Pb	1,2 µg/l	Arrêté du 27/01/2018 => NQE-MA
Zn	7,8 µg/l	Arrêté du 27/01/2018 => NQE
HAP	0,2 µg/l	Arrêté Ministériel du 11/07/2007 => Qualité de l'eau brute pour la production d'eau potable
Cd	0,25 µg/l	Arrêté du 27/01/2018 => NQE-MA *
As	0,83 µg/l	Arrêté du 27/01/2018 => NQE
Benzo(a)pyrène	0,00017 µg/l	Arrêté du 27/01/2018 => NQE-MA **
Cr	3,4 µg/l	Valeur NQE (Arrêté 27/07/2018)
Hg	0,07 µg/l	Arrêté du 27/01/2018 => NQE-CMA
Ni	4 µg/l	Arrêté du 27/01/2018 => NQE-MA
Se	10 µg/l	Arrêté Ministériel du 11/07/2007 => Qualité de l'eau brute pour la production d'eau potable
Uranium	30 µg/l	*World Health Organization* (2017) => Valeur guide sur l'eau potable
Activité Alpha globale	0,1 Bq/l	Arrêté Ministériel du 11/07/2007 => Valeur de référence de qualité de l'eau potable
Activité Béta globale résiduelle	1,0 Bq/l	Arrêté Ministériel du 11/07/2007 => Valeur de référence de qualité de l'eau potable

** Cadmium : Le milieu récepteur possède une dureté moyenne de 25-30°f, soit une classe V*

*** A noter que dans l'état actuel des technologies d'analyse, cette valeur est inférieure aux limites de quantification (0,001 µg/l selon la norme NF EN ISO 17993 de 2004 (33)). Il n'est donc par possible de viser mieux que la limite de quantification actuellement.*

Pour l'état écologique, un suivi de station sur l'Ormançon et l'Orge ces dix dernières années a été réalisé pour observer l'état actuel de la masse d'eau. Concernant La Bureau, sa qualité a été estimée identique à celle de l'Orge, cours d'eau dans lequel il se déverse. Ces données sont présentées au chapitre 5 du volume III de l'étude d'impact.

Grâce à ces analyses, on constate que globalement le milieu naturel est en bon état écologique et chimique sur les moyennes des mesures (quelques dépassements sur les maximums). Le respect des mêmes normes en sortie de traitement des eaux conventionnelles permettra d'assurer le maintien des milieux en bon état, même en période d'assec.

b) Volumes à traiter par exutoire

Les volumes ont été différenciés pour la phase de construction initiale et la phase de fonctionnement ainsi que pour chaque milieu récepteur. Les eaux pluviales et les eaux de ruissellement des verses ne sont pas comptabilisées ici puisque toutes les dispositions ont été mises en place pour reproduire la situation actuelle. C'est-à-dire qu'au niveau de la qualité de l'eau, elle se rapprochera de celle du milieu récepteur (bon état écologique et chimique). Au niveau des volumes transférés, les bassins quantitatifs dimensionnés sur des pluies centennales éviteront les risques d'inondation.

La seule différence à l'état projeté, sera l'ajout des flux issus des eaux de process, donc les eaux de fond et les eaux usées et industrielles. Chaque cours d'eau a été étudié séparément et pour différents volumes qui dépendront des quantités d'eau réutilisée chaque jour (également dépendant des phases de construction initiale et de fonctionnement). Le recyclage des eaux est détaillé au chapitre 5.4.3.2 du présent volume.

- **L'Orge**

Il n'y a aucun rejet d'eau autre que les eaux pluviales dans l'Orge.

- **L'Ormançon**

Tableau 5-27 Répartition des volumes d'eau (m³) rejetés dans l'Ormançon

Type d'eau	Phase	Rejets dans l'Ormançon (Zone Puits)		
		Volume maximum journalier rejeté (aucune réutilisation de l'eau)	Volume moyen journalier rejeté (volume moyen lors des différentes phases)	Volume minimal journalier rejeté (avec 100 % de recyclage)
Eaux usées et industrielles	Construction initiale	80 m³	53 m³	0 m³
	Fonctionnement	63 m³	34 m³	0 m³
Eau de fond	Construction initiale	185 m³	120 m³	0 m³
	Fonctionnement	159 m³	95 m³	0 m³

L'Ormançon est concerné par le rejet d'eaux usées et industrielles ainsi que des eaux de fond (cf. Tableau 5-27). Les volumes maximums rejetés, sans réutilisation des eaux, concernent la phase de construction initiale où l'on projeté de rejeter 80 m³/jour d'eaux usée et 185 m³/jour d'eaux de fond.

Sur l'Ormançon s'ajoute également les eaux pluviales des verses. Cependant, les volumes sont directement liés à la pluviométrie qui varie toute l'année. Étant donné que les traitements appliqués sur ces eaux permettront d'obtenir des concentrations correspondantes aux normes de qualité environnement de bon état du milieu naturel, le volume d'eau s'apparentera à de l'eau de pluie classique. Cette pluviométrie n'est pas considérée comme un volume supplémentaire pour le milieu naturel car cette eau est naturellement présente à la différence des autres effluents.

- **La Bureau**

Tableau 5-28 Répartition des volumes d'eau (m³) rejetés dans la Bureau

Type d'eau	Phase	Rejets dans la Bureau (zone descenderie)		
		Volume maximum journalier rejeté (aucune réutilisation de l'eau)	Volume moyen journalier rejeté (volume moyen lors des différentes phases)	Volume minimal journalier rejeté (avec 100 % de recyclage) *
Eaux usées et industrielles	Construction initiale	230 m³	164 m³	0 m³
	Fonctionnement	65 m³	44 m³	0 m³
Eau de fond	Construction initiale	293 m³	164 m³	27 m³
	Fonctionnement	92 m³	92 m³	92 m³

** Le volume minimal rejeté correspond aux périodes où le recyclage de l'eau sera maximum dans les ateliers du site. Ainsi, 0 m³/j signifie que tous les rejets seront recyclés.*

Dans la Bureau, seront rejetées des eaux usées et industrielles ainsi que des eaux de fond dont les volumes varient selon la phase du projet concernée (cf. Tableau 5-28) avec un maximum estimé, sans réutilisation des eaux ; en phase de construction initiale à 230 m³/jour pour les eaux usées et 293 m³/jour pour les eaux de fond.

c) Flux de polluants des eaux issues de l'activité du site par exutoire

Les flux de pollution par cours d'eau sont présentés dans le tableau suivant. À noter que le calcul de ces flux est donné à titre indicatif puisque la norme de rejet appliqué est celle du bon état écologique du cours d'eau, sous-entendu que les flux qui y transitent sont acceptables pour le cours d'eau (ce qui sera le cas en période d'assec).

Les eaux de verse, qui dépendent essentiellement de la pluviométrie journalière et qui est par conséquent difficilement quantifiable, présentent également des flux de polluants qui devront être limités. Les flux maximums rejetés dans l'Ormançon sont présentés par paramètres dans le tableau suivant.

- **L'Ormançon**

Tableau 5-29 *Répartition des flux de pollution (kg/j) rejetés dans l'Ormançon – Somme des eaux de verse, eaux de fond et eaux usées*

Paramètres	En construction initiale			En exploitation		
	Maximum (sur le débit de fuite max du bassin quantitatif et sur une période sans réutilisation des eaux)*	Moyenne (sur une pluviométrie annuelle divisée par 365 jours et pour une période moyenne de réutilisation des eaux)	Minimum (sans précipitation)	Maximum (sur le débit de fuite max du bassin quantitatif et sur une période sans réutilisation des eaux)*	Moyenne (sur une pluviométrie annuelle divisée par 365 jours et pour une période moyenne de réutilisation des eaux)	Minimum (sans précipitation et avec un maximum de réutilisation des eaux)
DBO5 DCO	51,1 kg/j 255,5 kg/j	9,2 kg/j 45,9 kg/j	0 kg/j 0 kg/j	87,0 kg/j 434,9 kg/j	14,9 kg/j 74,3 kg/j	0 kg/j 0 kg/j
COD	59,6 kg/j	10,7 kg/j	0 kg/j	101,5 kg/j	17,3 kg/j	0 kg/j
MES	298,1 kg/j	53,5 kg/j	0 kg/j	507,4 kg/j	86,6 kg/j	0 kg/j
NTK	17,0 kg/j	3,1 kg/j	0 kg/j	29,0 kg/j	5,0 kg/j	0 kg/j
NH4	4,3 kg/j	0,8 kg/j	0 kg/j	7,2 kg/j	1,2 kg/j	0 kg/j
NO3-	425,9 kg/j	76,5 kg/j	0 kg/j	724,9 kg/j	123,8 kg/j	0 kg/j
NO2-	2,6 kg/j	0,5 kg/j	0 kg/j	4,3 kg/j	0,7 kg/j	0 kg/j
Pt	1,7 kg/j	0,3 kg/j	0 kg/j	2,9 kg/j	0,5 kg/j	0 kg/j
PO43-	4,3 kg/j	0,8 kg/j	0 kg/j	7,2 kg/j	1,2 kg/j	0 kg/j
HCT	8,5 kg/j	1,5 kg/j	0 kg/j	14,5 kg/j	2,5 kg/j	0 kg/j
Al	0,9 kg/j	0,2 kg/j	0 kg/j	1,4 kg/j	0,2 kg/j	0 kg/j
Sulfates**	2063,0 kg/j	339,2 kg/j	0 kg/j	3569,0 kg/j	586,8 kg/j	0 kg/j
Fe	0,852 kg/j	0,153 kg/j	0 kg/j	1,450 kg/j	0,248 kg/j	0 kg/j
Cu	0,009 kg/j	0,002 kg/j	0 kg/j	0,014 kg/j	0,002 kg/j	0 kg/j
Pb	0,010 kg/j	0,002 kg/j	0 kg/j	0,017 kg/j	0,003 kg/j	0 kg/j
Zn	0,066 kg/j	0,012 kg/j	0 kg/j	0,113 kg/j	0,019 kg/j	0 kg/j
HAP	0,002 kg/j	0,000 kg/j	0 kg/j	0,003 kg/j	0,000 kg/j	0 kg/j
Cd	0,002 kg/j	0,000 kg/j	0 kg/j	0,004 kg/j	0,001 kg/j	0 kg/j
As	0,007 kg/j	0,001 kg/j	0 kg/j	0,012 kg/j	0,002 kg/j	0 kg/j
Benzo(a)pyrène ***	0,000009 kg/j	0,000002 kg/j	0 kg/j	0,000014 kg/j	0,000002 kg/j	0 kg/j
Cr	0,029 kg/j	0,005 kg/j	0 kg/j	0,049 kg/j	0,008 kg/j	0 kg/j
Hg	0,0006 kg/j	0,0001 kg/j	0 kg/j	0,0010 kg/j	0,0002 kg/j	0 kg/j
Ni	0,034 kg/j	0,006 kg/j	0 kg/j	0,058 kg/j	0,010 kg/j	0 kg/j
Se	0,085 kg/j	0,015 kg/j	0 kg/j	0,145 kg/j	0,025 kg/j	0 kg/j
Uranium	0,26 kg/j	0,05 kg/j	0 kg/j	0,43 kg/j	0,07 kg/j	0 kg/j

** Le flux maximum est défini sur un débit de fuite à hauteur maximale dans le bassin quantitatif. Dans les faits, ce débit ne sera atteint qu'en période très exceptionnelle (supérieure à une pluie centennale). Ces données sont développées dans le chapitre 5.2.2.4.d du volume VII de l'étude d'impact.*

*** Il a été identifié que les sulfates sont présents dans les eaux de verse dans des quantités importantes. Même si ce paramètre ne possède pas de norme d'un point de vue environnementale, le projet global Cigéo a pris les dispositions nécessaires pour traiter ce paramètre pour ne pas perturber l'activité aquatique du milieu. Il est même notable que certaines eaux minérales ont des concentrations similaires à l'effluent brut en sulfate, ce dernier a donc un impact limité sur la santé.*

**** Pour le Benzo(a)pyrène, une concentration à 0,001 µg/l a été utilisée, valeur égale à la limite de quantification (mais supérieure à la NQE de $1{,}7.10^{-4}$ µg/l).*

- **La Bureau**

Tableau 5-30 Répartition des flux de pollution (kg/j) rejetés dans la Bureau

Paramètres	En construction initiale			En exploitation		
	Maximum (EU + Efond sans recyclage d'eau)	Moyen (EU + Efond)	Minimum (EU + Efond avec un maximum de recyclage d'eau)	Maximum (EU + Efond sans recyclage d'eau)	Moyen (EU + Efond)	Minimum (EU + Efond avec un maximum de recyclage d'eau)
DBO5	3,1 kg/j	2,0 kg/j	0,2 kg/j	0,9 kg/j	0,8 kg/j	0,6 kg/j
DCO	15,7 kg/j	9,8 kg/j	0,8 kg/j	4,7 kg/j	4,1 kg/j	2,8 kg/j
COD	3,7 kg/j	2,3 kg/j	0,2 kg/j	1,1 kg/j	1,0 kg/j	0,6 kg/j
MES	18,3 kg/j	11,5 kg/j	0,9 kg/j	5,5 kg/j	4,8 kg/j	3,2 kg/j
NTK	1,0 kg/j	0,7 kg/j	0,1 kg/j	0,3 kg/j	0,3 kg/j	0,2 kg/j
NH4	0,26 kg/j	0,16 kg/j	0,01 kg/j	0,08 kg/j	0,07 kg/j	0,05 kg/j
NO3-	26,2 kg/j	16,4 kg/j	1,4 kg/j	7,9 kg/j	6,8 kg/j	4,6 kg/j
NO2-	0,16 kg/j	0,10 kg/j	0,01 kg/j	0,05 kg/j	0,04 kg/j	0,03 kg/j
Pt	0,10 kg/j	0,07 kg/j	0,01 kg/j	0,03 kg/j	0,03 kg/j	0,02 kg/j
PO43-	0,26 kg/j	0,16 kg/j	0,01 kg/j	0,08 kg/j	0,07 kg/j	0,05 kg/j
HCT	0,5 kg/j	0,3 kg/j	0,0 kg/j	0,2 kg/j	0,1 kg/j	0,1 kg/j
Al	0,05 kg/j	0,03 kg/j	0,00 kg/j	0,02 kg/j	0,01 kg/j	0,01 kg/j
Fe	0,05 kg/j	0,03 kg/j	0,00 kg/j	0,02 kg/j	0,01 kg/j	0,01 kg/j
Cu	0,00052 kg/j	0,00033 kg/j	0,00003 kg/j	0,00016 kg/j	0,00014 kg/j	0,00009 kg/j
Pb	0,00063 kg/j	0,00039 kg/j	0,00003 kg/j	0,00019 kg/j	0,00016 kg/j	0,00011 kg/j
Zn	0,00408 kg/j	0,00256 kg/j	0,00021 kg/j	0,00122 kg/j	0,00106 kg/j	0,00072 kg/j
HAP	0,00010 kg/j	0,00007 kg/j	0,00001 kg/j	0,00003 kg/j	0,00003 kg/j	0,00002 kg/j
Cd	0,00013 kg/j	0,00008 kg/j	0,00001 kg/j	0,00004 kg/j	0,00003 kg/j	0,00002 kg/j
As	0,00043 kg/j	0,00027 kg/j	0,00002 kg/j	0,00013 kg/j	0,00011 kg/j	0,00008 kg/j
Benzo(a)pyrène *	0,0000005 kg/j	0,0000003 kg/j	0,00000003 kg/j	0,0000002 kg/j	0,0000001 kg/j	0,0000001 kg/j
Cr	0,00178 kg/j	0,00112 kg/j	0,00009 kg/j	0,00053 kg/j	0,00046 kg/j	0,00031 kg/j
Hg	0,00004 kg/j	0,00002 kg/j	0,00000 kg/j	0,00001 kg/j	0,00001 kg/j	0,00001 kg/j
Ni	0,00209 kg/j	0,00131 kg/j	0,00011 kg/j	0,00063 kg/j	0,00054 kg/j	0,00037 kg/j
Se	0,00523 kg/j	0,00328 kg/j	0,00027 kg/j	0,00157 kg/j	0,00136 kg/j	0,00092 kg/j
Uranium	0,01569 kg/j	0,00984 kg/j	0,00081 kg/j	0,00471 kg/j	0,00409 kg/j	0,00276 kg/j

** Pour le Benzo(a)pyrène, une concentration à 0,001 µg/l a été utilisée, valeur égale à la limite de quantification (mais supérieure à la NQE de 1,7.10-4 µg/l)*

d) Conclusion sur les incidences résiduelles

- **Eaux pluviales**

Du fait des dispositifs de gestion prévus, l'incidence résiduelle sur la qualité des eaux associée aux eaux pluviales issus du projet global Cigéo est faible.

L'incidence résiduelle est faible sur la qualité des eaux superficielles associée aux produits phytosanitaires et aux sels en solution.

- **Eaux conventionnelles**

Du fait des traitements performants mis en place et de la réutilisation prioritaire des eaux de fond et des eaux usées et industrielles de surface épurées, l'incidence résiduelle sur la qualité des eaux superficielles associée au rejet d'eaux conventionnelles est faible.

Les eaux respectent le bon état chimique des eaux. Seul leur volume pourrait impacter le milieu, en particulier dans le cas d'inondation, mais c'est l'intérêt des bassins quantitatif en amont du rejet.

Le débit et la qualité sont suivis et contrôlés en sortie de la station de traitement pour vérifier l'absence de contamination.

Compte-tenu des modes de gestion mis en œuvre, l'incidence résiduelle sur la qualité des eaux superficielles est très faible.

Aucune mesure de compensation n'est mise en œuvre.

Les incidences résiduelles du centre de stockage Cigéo sur la qualité des eaux superficielles sont faibles.

5.5.2.1.2 Incidences résiduelles sur la qualité des eaux souterraines lors des travaux

Les modalités de travaux lors des terrassements permettront de réduire les incidences sur la qualité des eaux souterraines (dispositif de collecte et de traitement avant rejet).

D'autres mesures de réduction participeront à limiter ces incidences : aucun rejet d'eau dans le milieu naturel local, gestion des eaux de fond, dispositions constructives des liaisons surface-fond.

L'incidence résiduelle sur la qualité des eaux souterraines est faible. Aucune mesure de compensation n'est mise en œuvre.

Les incidences résiduelles du centre de stockage Cigéo sur la qualité des eaux souterraines lors des travaux sont faibles.

5.5.2.1.3 Incidences résiduelles sur la qualité des eaux à la suite d'un incident ayant un impact sur l'environnement

La mise en place de mesures d'évitement et de réduction permettra de réduire l'altération de la qualité des eaux superficielles et des souterraines par transfert :

- réalisation en période d'assec des travaux au droit des cours d'eau temporaires et si nécessaire, mise en place de batardeaux en amont et en aval de la zone de chantier ;
- organisation du chantier limitant le risque de pollution accidentelle en phase travaux ;
- aucun rejet d'eau non traitée dans le milieu naturel local ;
- rejets compatibles avec les critères de bon état chimique et écologique par la mise en place de dispositifs de gestion des rejets d'eaux pluviales et effluents conventionnels, d'une station d'épuration et d'un dispositif de traitement des eaux de fond.

L'incidence résiduelle sur la qualité des eaux suite à un accident ayant un impact sur l'environnement est faible. Aucune mesure de compensation n'est mise en œuvre.

Les incidences résiduelles du centre de stockage Cigéo sur la qualité des eaux suite à un accident ayant un impact sur l'environnement sont faibles.

5.5.2.1.4 Incidences résiduelles sur la qualité des eaux liées à la pollution accidentelle avec un rejet contenant des éléments radioactifs (rejets non conventionnels)

En phase de fonctionnement, les rejets d'effluents radioactifs dans l'environnement sont maîtrisés en situation accidentelle. Les dispositions mises en place permettent d'assurer une rétention de ces effluents au sein des ouvrages et de récupérer ces effluents afin de prévenir toute pollution accidentelle des eaux superficielles. Ainsi, en situation accidentelle, il n'y a pas de scénario de rejet d'effluents dans l'environnement pouvant entrainer une pollution des eaux superficielles. L'incidence résiduelle est très faible. Aucune mesure de compensation n'est mise en œuvre.

Les incidences résiduelles du centre de stockage Cigéo sur la qualité des eaux liées à la pollution avec un rejet contenant des éléments radioactifs sont très faibles.

5.5.2.2 Pour les opérations des autres maîtres d'ouvrage et pour l'opération de caractérisation et de surveillance environnementale réalisée en dehors du centre de stockage Cigéo

Les normes de rejets définies au chapitre 5.5.2.1 du présent volume s'appliquent également aux opérations des autres maîtres d'ouvrage.

Pour les opérations des autres maîtres d'ouvrage et pour l'opération de caractérisation et de surveillance environnementale réalisée en dehors du centre de stockage Cigéo, en l'absence de terrassement de grande ampleur, de creusement dans le sous-sol ou de zone à enjeu fort au niveau des eaux superficielles, de la mise en œuvre d'une conception et de mesures d'évitement et de réduction notamment dans les périmètres de protection des captages d'alimentation en eau potable, l'incidence résiduelle est faible sur la qualité des eaux souterraines et superficielles.

Pour les opérations des autres maîtres d'ouvrage, l'incidence qualitative résiduelle sur les eaux est faible.

5.5.2.3 Synthèse de l'incidence résiduelle sur l'état chimique et écologique des cours d'eau pour le projet global Cigéo

Le tableau ci-dessous présent, pour le projet global Cigéo et pour chacun des cours d'eau, la description des ouvrages concernés, l'identification de l'état chimique et écologique actuel des eaux superficielles et l'incidence résiduelle sur ces différents cours d'eau au regard des mesures présentées précédemment et des paramètres entraînant la dégradation des cours d'eau. Il est à noter que la mise en œuvre d'une gestion des eaux superficielles dans des dispositifs adaptés et l'absence de rejet d'eau non traitée dans le milieu local permettent d'éviter tout incidence qualitative sur les eaux souterraines depuis les eaux de surface. L'état retenu pour les cours d'eau est celui déterminé dans les états des lieux des agences de l'eau (cf. Chapitre 5.4.4 du volume III de la présente étude d'impact). Certains cours d'eau, non définis comme des masses d'eau, ne sont pas suivis par les agences de l'eau. Pour ces cours d'eau, si elles existent, ce sont des données Andra qui ont été utilisées pour déterminer l'état chimique et écologique.

Tableau 5-31 Incidences résiduelles sur les cours d'eau pour le projet global - État chimique et écologique des eaux superficielles

Bassin versant/Sous-secteur géographique	Cours d'eau	Description des ouvrages concernés	Identification des cours d'eau dégradé (SDAGE 2022-2027)	Incidence résiduelle sur la qualité des eaux superficielles
Saulx de sa source au confluent de l'Ornain (exclu)	**La Saulx**	Sécurisation de la ligne 400 kV Adduction d'eau (Captages de Thonnance-lès-Joinville et d'Échenay)	État écologique Moyen (AESN)	Faible
L'Ornain de sa source au confluent de la Saulx (exclu)	**Orge**	1 ouvrage de diffusion permettant le rejet sud de la zone descenderie Sécurisation de la ligne 400 kV Faisceau des liaisons électriques enterrées Adduction d'eau (Captages de Thonnance-lès-Joinville et d'Échenay) Éventuel franchissement de la déviation de la route départementale D60/960 selon l'option retenue Éventuel ouvrage de rejet du poste de transformation électrique selon l'option retenue	État écologique Médiocre (AESN)	Faible
	La Bureau	1 canalisation pour le rejet nord de la zone descenderie 1 canalisation pour le rejet sud de la liaison intersites Franchissement hydraulique de la liaison intersites L'ouvrage existant au droit de la route départementale fera l'objet d'un diagnostic hydraulique et technique pour vérifier la possibilité de le conserver ou la nécessiter de le remplacer pour assurer la transparence hydraulique de la liaison intersites pour une crue centennale. Franchissement des liaisons électriques enterrées provenant du poste de transformation 400/90 kV Sécurisation de la ligne 400 kV Adduction d'eau (Captages de Thonnance-lès-Joinville et d'Échenay) Éventuel ouvrage de rejet du poste de transformation électrique selon l'option retenue Éventuel franchissement de la déviation de la route départementale D60/960 selon l'option retenue.		Faible
L'Ornain de sa source au confluent de la Saulx (exclu)	**L'Ormançon**	Trois ouvrages de diffusion permettant les rejets de la zone puits Un ouvrage de diffusion pour le rejet nord de la liaison intersites Sécurisation de la ligne 400 kV Faisceau des liaisons électriques enterrées Adduction d'eau (captage de Gondrecourt-le-Château) Ligne ferroviaire 027000 Éventuel ouvrage de rejet du poste de transformation électrique selon l'option retenue	État écologique Médiocre à Bon (Andra)	Faible
	Ruisseau de l'Étang	Travaux de réhabilitation de l'ouvrage de l'installation terminale embranchée actuel de franchissement hydraulique		Faible
L'Ornain de sa source au confluent de la Saulx (exclu)	**Ruisseau de Naillemont**	Travaux de réhabilitation de l'ouvrage de l'installation terminale embranchée actuel de franchissement hydraulique		Faible
	Ru de l'Ognon	Sécurisation de la ligne 400 kV Installation terminale embranchée	État écologique Mauvais (AESN) État chimique Bon (AESN)	Faible
	L'Ornain	Ouvrages de franchissement hydraulique existant le long de la ligne ferroviaire 027000 - pk 0 + 970, 13 + 555, 14 + 076, 18 + 230,18 + 694, 19 + 373, 23 + 937, 27 + 934, 29 + 496, 32 + 560, 33 + 086 Installation terminale embranchée Sécurisation de la ligne 400 kV Adduction d'eau (Captage de Gondrecourt-le-Château)	État écologique Bon (AESN) État chimique Bon (AESN)	Faible
	Ru des Grandes Fontaines	Ouvrages de franchissement hydraulique existant le long de la ligne ferroviaire 027000 - pk 9 + 07		Faible
	Canal de la Marne au Rhin	Ouvrages de franchissement hydraulique existant le long de la ligne ferroviaire 027000 - pk 9 + 45	État écologique Moyen (AESN) État chimique Bon (AESN)	Faible

Bassin versant/Sous-secteur géographique	Cours d'eau	Description des ouvrages concernés	Identification des cours d'eau dégradé (SDAGE 2022-2027)	Incidence résiduelle sur la qualité des eaux superficielles
	Un affluent sans nom de l'Ornain	Ouvrages de franchissement hydraulique existant le long de la ligne ferroviaire 027000 - pk 26 + 089		Faible
	Ruisseau de Richecourt	Ouvrages de franchissement hydraulique existant le long de la ligne ferroviaire 027000 - pk 30 + 902	État écologique Moyen (AESN)	Faible
	Ruisseau des Peux	Ouvrages de franchissement hydraulique existant le long de la ligne ferroviaire 027000 - pk 31 + 750		Faible
Marne du confluent du Rognon (exclu) au confluent de la Blaise (exclu)	**La Marne**	Sécurisation de la ligne 400 kV Adduction d'eau (Captage de Thonnance-lès-Joinville)	État écologique Bon (AESN) État chimique Bon (AESN)	Faible
	Le Mont	Adduction d'eau (Captage de Thonnance-lès-Joinville)	État écologique Bon (AESN) État chimique Bon (AESN)	Faible
	Le Rongeant	Adduction d'eau (Captage de Thonnance-lès-Joinville)	État écologique Bon (AESN)	Faible
Le Meldançon de sa source au confluent de l'Aube (exclu)	**Le Meldançon**	Sécurisation de la ligne 400 kV	État écologique Bon (AESN) État chimique Bon (AESN)	Faible
La Voire de sa source au confluent de l'Aube	**La Voire**	Sécurisation de la ligne 400 kV	État écologique Moyen (AESN) État chimique Bon (AESN)	Faible
La Blaise de sa source au confluent de la Marne	**La Blaise**	Sécurisation de la ligne 400 kV	État écologique Bon (AESN) État chimique Bon (AESN)	Faible
Meuse du confluent du Vair au confluent de l'Aroffe	**La Meuse**	Sécurisation de la ligne 400 kV	État écologique Bon (AERM) État chimique Bon (AERM)	Faible
L'Aroffe	**L'Aroffe**	Sécurisation de la ligne 400 kV	État écologique Moyen (AERM) État chimique Indéterminé (AERM)	Faible
Le Brénon et le Madon du confluent du Brénon au confluent de la Moselle	**Le Brénon**	Sécurisation de la ligne 400 kV	État écologique Médiocre (AERM) État chimique Mauvais (AERM)	Faible

**AESN : Agence de l'eau Seine-Normandie ; AERM : Agence de l'eau Rhin-Meuse*

5.5.3 Incidences résiduelles sur les usages des eaux

5.5.3.1 Pour le centre de stockage Cigéo

Au regard des différentes mesures de conception, d'évitement et de réduction mises en œuvre pour le centre de stockage Cigéo au droit de la zone présentant une baisse de la piézométrie de la nappe des calcaires du Barrois due à la réalisation de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine sur la zone descenderie, l'incidence résiduelle sur tous les usages de la ressource est modérée au droit de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine.

5.5.3.1.1 Incidences résiduelles sur les captages d'alimentation en eau potable

Il n'existe aucune incidence résiduelle sur l'usage d'alimentation en eau potable suite à :

- la réalisation d'une étude de faisabilité quantitative pour l'alimentation en eau potable du centre de stockage Cigéo avec des captages existants ayant permis de concevoir l'opération d'adduction d'eau du projet global Cigéo ;
- la compatibilité du centre de stockage avec les prescriptions des périmètres de protection des captages d'alimentation en eau potable concernés.

L'étude sur la conception et les modalités de travaux au regard des prescriptions des périmètres de protection des captages d'alimentation en eau potable concernés par le projet global Cigéo, réalisée au niveau des trois nappes d'eau concernées par l'aire d'étude éloignée du projet global Cigéo, est présentée en Annexe 1 du présent volume.

La disponibilité de la ressource en eau potable pour alimenter le centre de stockage Cigéo n'est pas remise en cause : la somme des débits autorisés des trois captages autorisés d'Échenay, Gondrecourt-le-Château et Thonnance-lès-Joinville (>2 000 m³) excède largement les besoins cumulés des syndicats et du centre de stockage Cigéo (cf. Chapitre 5.2.1.2 du volume VII de la présente étude d'impact).

L'annexe 1 du présent volume précise, dans l'état actuel, les mesures de conception et de travaux qui sont prévues en accord avec l'hydrogéologue agréé pour aboutir à une incidence résiduelle très faible sur les captages d'alimentation en eau potable. Cette mesure concerne particulièrement pour :

- la nappe des Calcaires du Barrois, le captage de Rupt-aux-Nonains puisque la zone descenderie et une partie de la liaison intersites se localisent dans son périmètre de protection éloignée ;
- la nappe du Kimméridgien-Oxfordien, les captages d'Échenay et d'Horville.

Les modélisations hydrogéologiques de la nappe du Kimméridgien-Oxfordien réalisées ne mettent pas en évidence d'incidence résiduelle notable sur le forage de Bonnet (code BSS 0266X0021) et le forage de Baudignécourt (code BSS 02661X0027).

Les incidences résiduelles du centre de stockage Cigéo sur les captages d'alimentation en eau potable sont très faibles.

5.5.3.1.2 Incidences résiduelles sur les forages/puits à usage agricole et industriel

Les mesures de réduction des incidences quantitatives et qualitatives sur le sol et les eaux superficielles permettent de réduire les incidences sur les usages. L'incidence résiduelle sur les usages industriels et agricoles des eaux superficielles est très faible (en dehors de la zone présentant une baisse de la piézométrie de la nappe des calcaires du Barrois due à la réalisation de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine sur la zone descenderie). Aucune mesure de compensation n'est mise en œuvre.

La modélisation hydrogéologique permettant d'évaluer les incidences résiduelles ci-après est présentée au chapitre 5.2.1.1 du volume VII de la présente étude d'impact.

Synthèse des incidences résiduelles sur les usages connus de la nappe des calcaires du Barrois

Au droit de la zone descenderie, la baisse piézométrique d'un mètre modélisée pour une période de basses eaux d'une année sèche peut engendrer une incidence résiduelle modérée si l'usage ne peut pas être conservé et faible dans le cas contraire.

Au droit de la zone puits, avant la mise en place d'un tubage métallique sur le puits VVE, les phénomènes de drainage de la nappe sont encore importants (résultats issus de simulation majorante). Seuls les captages à usage agricole n° 02654X0001 sur la commune de Ribeaucourt et 02654X0033 sur la commune de Bure pourraient être impactés par le rabattement généré par les puits pendant leur creusement et de façon temporaire (quelques mois), l'incidence résiduelle est non notable et temporaire uniquement si l'usage peut perdurer.

La baisse piézométrique de 7 cm modélisée pour la réalisation du creusement du puits le plus proche peut engendrer une incidence résiduelle modérée si l'usage ne peut pas être conservé et faible dans le cas contraire.

Au niveau des sources de débordement de la nappe des calcaires du Barrois, les usages indirects de ces sources, comme par exemple l'alimentation du lavoir de Saudron, peuvent être indirectement impactés. L'incidence résiduelle est modérée si l'usage ne peut pas être conservé et faible dans le cas contraire (en dehors de la zone présentant une baisse de la piézométrie de la nappe des calcaires du Barrois due à la réalisation de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine sur la zone descenderie). Aucune mesure de compensation n'est mise en œuvre.

Synthèse des incidences résiduelles sur les usages connus de la nappe du Kimméridgien-Oxfordien

Aucun captage AEA ne prélève d'eau dans la nappe du Kimméridgien-Oxfordien, l'incidence résiduelle est très faible. Aucune mesure de compensation n'est mise en œuvre.

Synthèse des incidences résiduelles sur les usages en géothermie

Les opérations effectuées sur la zone descenderie ne sont pas de nature à perturber le système de sondes géothermiques verticales en place sur la commune de Bure. L'incidence résiduelle est très faible. Aucune mesure de compensation n'est mise en œuvre.

Synthèse des incidences résiduelles sur les piézomètres du réseau de surveillance du Laboratoire souterrain de Meuse et de Haute-Marne

Pour cet usage, l'incidence résiduelle est faible. Aucune mesure de compensation n'est mise en œuvre.

Les incidences résiduelles du centre de stockage Cigéo sur les usages des eaux pour des activités industrielles et agricoles sont modérées dans le cône de rabattement de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine.

5.5.3.1.3 Incidences résiduelles sur les usages des eaux pour les loisirs

Les mesures de réduction des incidences quantitatives et qualitatives sur le sol et les eaux superficielles permettent de réduire les incidences sur les usages. L'incidence résiduelle sur les usages pour les loisirs est très faible. Aucune mesure de compensation n'est mise en œuvre.

Les incidences résiduelles du centre de stockage Cigéo sur les usages des eaux pour les loisirs sont très faibles.

5.5.3.2 Pour les opérations des autres maîtres d'ouvrage et pour l'opération de caractérisation et de surveillance environnementale réalisée en dehors du centre de stockage Cigéo

Pour les opérations des autres maîtres d'ouvrage et pour l'opération de caractérisation et de surveillance environnementale réalisée en dehors du centre de stockage Cigéo, en l'absence de terrassement de grande ampleur, de creusement dans le sous-sol ou de zone à enjeu fort au niveau des eaux superficielles, de la mise en œuvre d'une conception et de mesures d'évitement et de réduction notamment dans les périmètres de protection des captages d'alimentation en eau potable, l'incidence résiduelle est faible sur les usages des eaux souterraines et superficielles.

Au regard des travaux à entreprendre, le besoin d'une compensation d'usage ne semble pas nécessaire à ce stade d'avancement des études.

Pour les opérations des autres maîtres d'ouvrage, l'incidence résiduelle sur les usages des eaux est faible.

5.5.4 Synthèse des incidences résiduelles du projet global Cigéo

L'incidence quantitative résiduelle du projet global Cigéo sur les eaux souterraines et superficielles est **faible.** L'incidence est plus importante au droit du cône de rabattement de la nappe des calcaires du Barrois induit par l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine en zone descenderie.

Du fait des dispositifs de gestion prévus, l'incidence résiduelle sur la qualité des eaux superficielles associée aux eaux pluviales, aux effluents conventionnels, aux eaux de fond et aux eaux usées et industrielles de surface épurées issus du projet global Cigéo est **faible**. L'incidence résiduelle qualitative sur les eaux souterraines par transfert depuis les eaux superficielles est **faible.**

Par conséquence, **l'incidence résiduelle sur les usages de la ressource est aussi faible** (sauf en cas d'incident ayant un impact sur l'environnement avec une pollution des eaux superficielles), **excepté au droit de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine où elle est modérée.**

Le projet global Cigéo aura une **incidence résiduelle faible** en phase de construction initiale et en phase de fonctionnement sur la consommation d'eau potable et non potable prélevée dans les eaux superficielles et dans la nappe.

Au regard des différentes mesures de conception, d'évitement et de réduction, l'incidence résiduelle du projet global Cigéo sur les eaux souterraines et superficielles est faible.

5.6 Mesures de compensation

Le principe d'une compensation d'usage est retenu pour le centre de stockage Cigéo après l'application de la séquence Éviter-Réduire si les suivis mettent en évidence une incidence sur les eaux souterraines ou superficielles impliquant l'interdiction totale ou partielle d'un usage provoquée par les différentes activités du centre de stockage Cigéo.

Les caractéristiques de la compensation d'usage seront fonction de l'incidence et de son origine.

L'Andra entreprendra une compensation d'usage dont les caractéristiques seront fonction de l'incidence et de son origine.

Dans certains cas, des travaux seront entrepris (en accord avec le propriétaire de l'usage et, si nécessaire des services de l'État) pour retrouver une situation normale (raccordement au réseau d'adduction local, création d'un nouveau forage, dépollution de la nappe d'eau…) et dans d'autres cas, une indemnisation sera proposée.

Au regard des travaux à entreprendre pour les autres opérations du projet global Cigéo, le besoin d'une compensation d'usage n'est pas nécessaire.

5.7 Synthèse des incidences et mesures

Le tableau 5-32 synthétise les mesures d'évitement, de réduction et des modalités de suivi des mesures relatives aux incidences sur les eaux souterraines et superficielles.

Pour le centre de stockage Cigéo, toutes les mesures d'évitement, de réduction et les modalités de suivi des mesures environnementales prévues sont inscrites dans le cahier des clauses techniques et particulières des marchés de travaux intervenant en phase d'aménagements préalables et de construction initiale, et plus particulièrement dans la notice de respect de l'environnement.

Tableau 5-32 Synthèse des mesures d'évitement, de réduction et des modalités de suivi de ces mesures pour les incidences sur les eaux souterraines et superficielles

Incidences potentielles	Mesure	Type	Phase	Effet attendu	Modalité de suivi	MOA	Opération
Incidence quantitative : Rabattement des nappes d'eau souterraine au niveau des déblais créés par le projet global Cigéo - y compris dans le cas particulier de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine	**Niveau d'incidence potentielle « Rabattement des nappes d'eau souterraine au niveau des déblais créés par le projet global Cigéo - y compris dans le cas particulier de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine » : Notable**						
	Choix de l'emplacement des descenderies en dehors des zones de fracturation géologiques pour préserver les nappes d'eau souterraine	**E**	**APR, CI, F**	Éviter les zones de fracturation pour protéger les aquifères de cette zone	Respect du plan d'implantation des ouvrages	Andra	Centre de stockage Cigéo – Périmètre INB
	Conception des liaisons surface-fond : ouvrages espacés et de faibles diamètres au regard des formations géologiques traversées	**E**	**APR, CI, F**	Éviter la modification des écoulements – effet barrage des liaisons surface-fond	Respect du plan d'implantation des ouvrages	Andra	Centre de stockage Cigéo – Périmètre INB
	Conception adaptée de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine en zone descenderie	**R**	**APR, CI, F**	Éviter le risque d'inondation par une remontée exceptionnelle de la nappe au droit de la zone descenderie du centre de stockage Cigéo (effet indirect du risque inondation sur l'environnement) Réduire les prélèvements d'eau souterraine et assurer une restitution dans la nappe des eaux drainées en aval (sans système de réinjection) Réduire la modification des écoulements – effet barrage de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine Réduire les incidences sur les eaux superficielles	Suivi des modalités de travaux Suivi quantitatif et qualitatif de la nappe des calcaires du Barrois	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Niveau d'incidence « Rabattement des nappes d'eau souterraine au niveau des déblais créés par le projet global Cigéo » après mesures ER : Modéré						
Incidence quantitative : Drainage de la nappe d'eau affleurante au droit des tranchées	**Niveau d'incidence potentielle « Drainage de la nappe d'eau affleurante au droit des tranchées » : Notable**						
	Travaux suspendus en période de plus hautes eaux de la nappe d'eau souterraine avec des mesures de mise en sécurité du chantier	**E**	**APR, CI, F**	Éviter les phénomènes de drainage au droit des déblais et des tranchées	Suivi quantitatif et qualitatif des nappes d'eau souterraine	Andra	Centre de stockage Cigéo – Périmètre INB
						SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000
						CD 52	Déviation de la route départementale D60/960
						RTE	Alimentation électrique
						SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau
	Mise en place d'un système de gestion des eaux	**R**	**APR, CI, F**	Limiter l'incidence sur la ressource en eau souterraine	Suivi des modalités de travaux Suivi quantitatif et qualitatif des nappes d'eau souterraine	Andra	Centre de stockage Cigéo
						SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000

Incidences potentielles	Mesure	Type	Phase	Effet attendu	Modalité de suivi	MOA	Opération
	souterraines lors des travaux de terrassements				Suivi du débit des eaux d'exhaure	CD 52	Déviation de la route départementale D60/960
						RTE	Alimentation électrique
						SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau
	Niveau d'incidence « Drainage de la nappe d'eau affleurante au droit des tranchées » après mesures ER : Faible						
Incidence quantitative : Drainage des eaux souterraines au droit des liaisons surface-fond du centre de stockage Cigéo ou de tout forage nécessaire à l'opération de caractérisation et de surveillance environnementale	**Niveau d'incidence potentielle « Drainage des eaux souterraines au droit des liaisons surface-fond du centre de stockage Cigéo ou de tout forage nécessaire à l'opération de caractérisation et de surveillance environnementale » : Notable**						
	Dispositions constructives adaptées pour les liaisons surface-fond	**R**	**APR, CI, F**	Réduire les phénomènes de drainage au droit des liaisons surface-fond Maîtrise de la gestion des eaux d'exhaure Réduire le risque d'inondation de l'installation souterraine (effet indirect du risque inondation sur l'environnement)	Suivi des modalités de travaux Suivi quantitatif et qualitatif des nappes d'eau souterraine Suivi du débit des eaux d'exhaure	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Niveau d'incidence « Drainage des eaux souterraines au droit des liaisons surface-fond du centre de stockage Cigéo ou de tout forage nécessaire à l'opération de caractérisation et de surveillance environnementale » après mesures ER : Faible						
Incidence quantitative : Modification des écoulements – effets barrage au droit des liaisons surface-fond ou de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine de la zone descenderie	**Niveau d'incidence potentielle « Modification des écoulements » : Notable**						
	Conception adaptée de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine en zone descenderie	**R**	**APR, CI, F**	Éviter le risque d'inondation par une remontée exceptionnelle de la nappe au droit de la zone descenderie du centre de stockage Cigéo (effet indirect du risque inondation sur l'environnement) Réduire les prélèvements d'eau souterraine et assurer une restitution dans la nappe des eaux drainées en aval (sans système de réinjection) Réduire la modification des écoulements – effet barrage de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine Réduire les phénomènes de drainage au droit de ce puits de ventilation de la zone nucléaire en zone puits Réduire les incidences sur les eaux superficielles	Suivi des modalités de travaux Suivi quantitatif et qualitatif de la nappe des calcaires du Barrois	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Niveau d'incidence « Modification des écoulements » après mesures ER : Faible						
Incidence quantitative : Diminution de l'infiltration et de la recharge des nappes d'eau souterraine	**Niveau d'incidence potentielle « Diminution de l'infiltration et de la recharge des nappes d'eau souterraine » : Notable**						
	Limitation des surfaces imperméabilisées et du ruissellement	**R**	**APR, CI, F**	Réduire l'imperméabilisation des surfaces Réduire les incidences quantitatives et qualitatives sur les eaux souterraines	Suivi régulier des superficies imperméabilisées et végétalisées Suivi régulier de la superficie des verses	Andra	Centre de stockage Cigéo – Périmètre INB
						SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000
						CD 52	Déviation de la route départementale D60/960

Incidences potentielles	Mesure	Type	Phase	Effet attendu	Modalité de suivi	MOA	Opération
					Suivi de la répartition de l'occupation du sol et notamment des emprises imperméabilisées et végétalisées Suivi de l'intégration de toitures végétalisées au centre de stockage Cigéo	RTE	Alimentation électrique
						SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau
	Dispositions constructives adaptées pour les liaisons surface-fond	**R**	**APR, CI, F**	Réduire les incidences quantitatives et qualitatives sur les eaux souterraines	Suivi des modalités de travaux Suivi quantitatif et qualitatif des nappes d'eau souterraine Suivi du débit des eaux d'exhaure	Andra	Centre de stockage Cigéo – Périmètre INB
	Niveau d'incidence « Diminution de l'infiltration et de la recharge des nappes d'eau souterraine » après mesures ER : Faible						
Incidence quantitative : Inondation de la zone d'intervention potentielle par remontée de nappe	**Niveau d'incidence potentielle « Inondation de la zone d'intervention potentielle par remontée de nappe » : Notable**						
	Limitation des surfaces imperméabilisées et du ruissellement	**R**	**APR, CI, F**	Réduire l'imperméabilisation des surfaces Réduire les incidences quantitatives et qualitatives sur les eaux souterraines	Suivi régulier des superficies imperméabilisées et végétalisées Suivi régulier de la superficie des verses Suivi de la répartition de l'occupation du sol et notamment des emprises imperméabilisées et végétalisées Suivi de l'intégration de toitures végétalisées au centre de stockage Cigéo	Andra	Centre de stockage Cigéo – Périmètre INB
						SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000
						CD 52	Déviation de la route départementale D60/960
						RTE	Alimentation électrique
						SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau
	Dispositions constructives adaptées pour les liaisons surface-fond	**R**	**APR, CI, F**	Réduire les incidences quantitatives et qualitatives sur les eaux souterraines	Suivi des modalités de travaux Suivi quantitatif et qualitatif des nappes d'eau souterraine Suivi du débit des eaux d'exhaure	Andra	Centre de stockage Cigéo – Périmètre INB
	Niveau d'incidence « Inondation de la zone d'intervention potentielle par remontée de nappe » après mesures ER : Faible						
Incidences quantitatives : Prélèvements dans les nappes d'eau souterraine pour la consommation en eau potable et non potable	**Niveau d'incidence potentielle « Prélèvements dans les nappes d'eau souterraine pour la consommation en eau potable et non potable » : Notable**						
	Dispositions constructives adaptées liées au creusement et à la réception des forages/piézomètres	**R**	**APR, CI, F**	Éviter, réduire les phénomènes de drainage au droit des forages créés Éviter, réduire la pollution des eaux souterraines lors des travaux Éviter une pollution des eaux souterraines par un transfert de pollution *via* les eaux superficielles	Suivi des modalités de travaux Suivi quantitatif et qualitatif des nappes d'eau souterraine Contrôle cimentation	Andra	Centre de stockage Cigéo – INB

Incidences potentielles	Mesure	Type	Phase	Effet attendu	Modalité de suivi	MOA	Opération
	Réutilisation prioritaire des eaux traitées pour les besoins en eau non potable du centre de stockage Cigéo	**R**	**CI, F**	Réduire les besoins en eau du centre de stockage et donc la consommation de la ressource en eau disponible	Suivi des consommations d'eau 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 Réseau de suivi des eaux superficielles Suivi de la compatibilité des prélèvements d'eaux avec les exigences relatives à la règlementation IOTA	Andra	Centre de stockage Cigéo - INB
	Niveau d'incidence « Prélèvements dans les nappes d'eau souterraine pour la consommation en eau potable et non potable » après mesures ER : Faible						
Incidence quantitative : Effet barrière sur les écoulements liés aux différentes opérations du projet global Cigéo	**Niveau d'incidence potentielle « Effet de barrière sur les écoulements » : Notable**						
	Optimisation des dispositifs d'assainissement et des ouvrages hydrauliques en privilégiant la réhabilitation des ouvrages existants	**R**	**APR, CI, F**	Éviter une incidence supplémentaire sur les eaux superficielles	Suivi des modalités de travaux	Andra	Centre de stockage Cigéo
						SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000
						CD52	Déviation de la route départementale D60/960
	Utilisation des routes et chemins existants à proximité des cours d'eau	**E**	**APR**	Éviter une incidence supplémentaire sur les eaux superficielles	Balisage des chemins avant le début des travaux	Andra	Centre de stockage Cigéo
						RTE	Alimentation électrique
						SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau
						SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000
						CD52	Déviation de la route départementale D60/960
	Réalisation en période d'assec des travaux au droit des cours d'eau temporaires	**E**	**APR**	Éviter une perturbation du fonctionnement hydraulique des cours d'eau	Inscription dans le cahier des charges environnemental	Andra	Centre de stockage Cigéo
						RTE	Alimentation électrique
						SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau
						SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000
						CD52	Déviation de la route départementale D60/960
	Dispositifs assurant la transparence hydraulique des aménagements	**R**	**APR, CI, F**	Réduire l'effet barrière sur les écoulements	Suivi hydromorphologique des cours d'eau	Andra	Centre de stockage Cigéo
						RTE	Alimentation électrique

Incidences potentielles	Mesure	Type	Phase	Effet attendu	Modalité de suivi	MOA	Opération
						SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau
						SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000
						CD52	Déviation de la route départementale D60/960
	Utilisation de dispositifs visant à réduire le tassement des sols	**R**	**APR**	Réduire une incidence supplémentaire sur les eaux superficielles	Suivi quantitatif des eaux superficielles Contrôle de la performance des dispositifs de gestion des eaux superficielles, entretien et maintenance	RTE	Alimentation électrique
	Niveau d'incidence « Effet de barrière sur les écoulements » après mesures ER : Faible						
Incidence quantitative : Perturbation du fonctionnement hydraulique des cours d'eau par la présence l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine en zone descenderie	**Niveau d'incidence potentielle « Perturbation du fonctionnement hydraulique des cours d'eau par la présence de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine en zone descenderie » : Notable**						
	Conception adaptée de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine en zone descenderie	**R**	**APR, CI, F**	Limiter les incidences sur les eaux superficielles	Suivi des modalités de travaux Suivi quantitatif et qualitatif de la nappe des calcaires du Barrois	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Niveau d'incidence « Perturbation du fonctionnement hydraulique des cours d'eau par la présence de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine en zone descenderie » après mesures ER : Très faible						
Incidence quantitative : Modification du profil en long des cours d'eau lié au franchissement de cours d'eau	**Niveau d'incidence potentielle « Modification du profil en long des cours d'eau lié au franchissement de cours d'eau » : Notable**						
	Utilisation des routes et chemins existants à proximité des cours d'eau	**E**	**APR**	Éviter une incidence supplémentaire sur les eaux superficielles	Balisage des chemins avant le début des travaux	Andra	Centre de stockage Cigéo
						RTE	Alimentation électrique
						SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau
						SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000
						CD52	Déviation de la route départementale D60/960
	Réalisation en période d'assec des travaux au droit des cours d'eau temporaires	**E**	**APR**	Éviter une perturbation du fonctionnement hydraulique des cours d'eau	Inscription dans le cahier des charges environnemental	Andra	Centre de stockage Cigéo
						RTE	Alimentation électrique
						SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau
						SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000
						CD52	Déviation de la route départementale D60/960

Incidences potentielles	Mesure	Type	Phase	Effet attendu	Modalité de suivi	MOA	Opération
	Absence de travaux dans le lit mineur d'un cours d'eau	**E**	**APR**	Éviter une incidence supplémentaire sur les eaux superficielles	Inscription dans le cahier des charges environnemental	RTE	Alimentation électrique
						SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau
						SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000
						CD52	Déviation de la route départementale D60/960
	Ouvrage de franchissement hydraulique défini par rapport aux caractéristiques écologiques et hydrauliques des cours d'eau	**R**	**APR, CI, F**	Réduire la modification du profil en long des cours d'eau lié au franchissement de cours d'eau	Suivi hydromorphologique des cours d'eau	Andra	Centre de stockage Cigéo
						RTE	Alimentation électrique
						SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau
						SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000
						CD52	Déviation de la route départementale D60/960
	Niveau d'incidence « Modification du profil en long des cours d'eau lié au franchissement de cours d'eau » après mesures ER : Faible						
Incidence quantitative : Prélèvement dans les cours d'eau locaux pour les besoins en eau non potable	**Niveau d'incidence potentielle « Prélèvement dans les cours d'eau locaux pour les besoins en eau potable et non potable » : Notable**						
	Interdiction de réalisation des prélèvements dans les cours d'eau	**E**	**APR, CI, F**	Éviter une incidence supplémentaire sur les eaux superficielles	Inscription dans le cahier des charges environnemental	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Niveau d'incidence « Prélèvement dans les cours d'eau locaux pour les besoins en eau potable et non potable » après mesures ER : Très faible						
Incidence quantitative : Perturbation du fonctionnement hydraulique des cours d'eau par les rejets d'eau dans le milieu	**Niveau d'incidence potentielle « Perturbation du fonctionnement hydraulique des cours d'eau par les rejets d'eau dans le milieu » : Notable**						
	Optimisation des dispositifs d'assainissement et des ouvrages hydrauliques en privilégiant la réhabilitation des ouvrages existants	**R**	**APR, CI, F**	Éviter une incidence supplémentaire sur les eaux superficielles	Suivi des modalités de travaux	Andra	Centre de stockage Cigéo
						SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000
						CD52	Déviation de la route départementale D60/960
	Mise en place d'une gestion quantitative des eaux pour une non-aggravation du risque d'inondation en aval des points de rejet	**R**	**APR, CI, F**	Réduire la perturbation du fonctionnement hydraulique des cours d'eau par les rejets d'eau dans le milieu	Suivi des zones d'expansion des crues	Andra	Centre de stockage Cigéo
						RTE	Alimentation électrique
						SIAEP d'Echenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau
						SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000
						CD52	Déviation de la route départementale D60/960
	Niveau d'incidence « Perturbation du fonctionnement hydraulique des cours d'eau par les rejets d'eau dans le milieu » après mesures ER : Très faible						

Incidences potentielles	Mesure	Type	Phase	Effet attendu	Modalité de suivi	MOA	Opération
Incidence quantitative : Imperméabilisation de certaines surfaces et modification des écoulements	**Niveau d'incidence potentielle « Imperméabilisation de certaines surfaces » : Notable**						
	Limitation du nombre de bases vie	**E**	**APR**	Éviter une incidence sur les eaux superficielles	Inscription dans le cahier des charges environnemental	Andra	Centre de stockage Cigéo
						RTE SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain SNCF Réseau CD52	Alimentation électrique Adduction d'eau Mise à niveau de la ligne 027000 Déviation de la route départementale D60/960
	Limitation des surfaces imperméabilisées et du ruissellement	**R**	**APR, CI, F**	Réduire l'imperméabilisation des surfaces	Suivi régulier des superficies imperméabilisées et végétalisées Suivi régulier de la superficie des verses Suivi de la répartition de l'occupation du sol et notamment des emprises imperméabilisées et végétalisées Suivi de l'intégration de toitures végétalisées au centre de stockage Cigéo	Andra RTE SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain SNCF Réseau CD52	Centre de stockage Cigéo Alimentation électrique Adduction d'eau Mise à niveau de la ligne 027000 Déviation de la route départementale D60/960
	Remise en état des zones d'intervention	**R**	**APR, CI**	Réduire les incidences quantitatives et qualitatives sur les eaux superficielles	Suivi des modalités de travaux Réseau de suivi des eaux superficielles	Andra RTE SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain SNCF Réseau CD52	Centre de stockage Cigéo Alimentation électrique Adduction d'eau Mise à niveau de la ligne 027000 Déviation de la route départementale D60/960
	Niveau d'incidence « Imperméabilisation de certaines surfaces » après mesures ER : Faible						
Incidence quantitative : Diminution de la capacité de stockage de l'eau dans les zones inondables	**Niveau d'incidence potentielle « Diminution de la capacité de stockage de l'eau dans les zones inondables » : Notable**						
	Pas d'emprises des installations temporaires et définitives dans les zones inondables identifiées	**E**	**APR, CI, F**	Éviter la diminution de capacité de stockage de l'eau dans les zones inondables	Respect du plan d'implantation des ouvrages	Andra	Centre de stockage Cigéo
						RTE	Alimentation électrique
						SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau
						SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000
						CD52	Déviation de la route départementale D60/960

Incidences potentielles	Mesure	Type	Phase	Effet attendu	Modalité de suivi	MOA	Opération
	Respect des prescriptions techniques et protection du chantier en zone inondable	**R**	**APR**	Réduire l'altération de la qualité des eaux superficielles Éviter la diminution de capacité de stockage de l'eau dans les zones inondables	Suivi quantitatif des eaux superficielles Contrôle de la performance des dispositifs de gestion des eaux superficielle, entretien et maintenance	RTE	Alimentation électrique
	Niveau d'incidence « Diminution de la capacité de stockage de l'eau dans les zones inondables » : Faible						
Incidence qualitative : Altération de la qualité des eaux superficielles et/ou souterraines	**Niveau d'incidence potentielle « Altération de la qualité des eaux superficielles » : Notable**						
	Réalisation en période d'assec des travaux au droit des cours d'eau temporaires	**E**	**APR**	Éviter une perturbation du fonctionnement hydraulique des cours d'eau	Inscription dans le cahier des charges environnemental	Andra	Centre de stockage Cigéo
						RTE	Alimentation électrique
						SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau
						SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000
						CD52	Déviation de la route départementale D60/960
	Aucun rejet d'eau non traitée dans les cours d'eau	**E**	**APR, CI, F**	Éviter une altération de la qualité des eaux superficielles	Entretien régulier des bassins de rétention Suivi de la compatibilité des émissions liquides avec les exigences relatives à la règlementation IOTA	Andra	Centre de stockage Cigéo
						RTE	Alimentation électrique
						SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau
						SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000
						CD52	Déviation de la route départementale D60/960
	Absence de travaux dans le lit mineur d'un cours d'eau	**E**	**APR**	Éviter une incidence supplémentaire sur les eaux superficielles	Inscription dans le cahier des charges environnemental	RTE	Alimentation électrique
						SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau
						SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000
						CD52	Déviation de la route départementale D60/960
	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)	**R**	**APR, CI, F**	Éviter une altération de la qualité des eaux superficielles	Contrôle de la performance des dispositifs de traitement des eaux usées et industrielles Suivi de la compatibilité des émissions liquides avec les exigences relatives à la règlementation IOTA Surveillance du bon fonctionnement des obturateurs permettant	Andra	Centre de stockage Cigéo
						RTE	Alimentation électrique
						SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau
						SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000

Incidences potentielles	Mesure	Type	Phase	Effet attendu	Modalité de suivi	MOA	Opération
					l'isolement des réseaux d'évacuation des eaux pluviales et autres effluents Surveillance du bon fonctionnement des dispositifs de collecte et de traitement des eaux usées d'origine sanitaire et des eaux industrielles de surface	CD52	Déviation de la route départementale D60/960
	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	**R**	**APR, CI, F**	Réduire l'altération de la qualité des eaux superficielles	Suivi des modalités de travaux Contrôle de la performance des dispositifs quantitatifs/qualitatifs de gestion des eaux pluviales Entretien et maintenance des dispositifs de gestion des eaux Suivi de la compatibilité des émissions liquides avec les exigences relatives à la règlementation IOTA Surveillance du bon fonctionnement des obturateurs permettant l'isolement des réseaux d'évacuation des eaux pluviales et autres effluents Surveillance du bon fonctionnement des dispositifs de collecte et de traitement des eaux pluviales susceptibles d'être polluées	Andra	Centre de stockage Cigéo
						RTE	Alimentation électrique
						SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau
						SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000
						CD52	Déviation de la route départementale D60/960
	Dispositions constructives adaptées pour les liaisons surface-fond	**R**	**APR, CI, F**	Réduire l'incidence qualitative sur les eaux souterraines	Suivi des modalités de travaux Suivi qualitatif des nappes d'eau souterraine	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Mise en place d'un dispositif de traitement complémentaire des eaux de ruissellement des verses	**R**	**CI, F**	Réduire l'altération de la qualité des eaux superficielles	Suivi de la qualité des eaux de ruissellement des verses issues du traitement complémentaire Entretien et maintenance des dispositifs Suivi de la compatibilité des émissions liquides avec les exigences relatives à la règlementation IOTA Surveillance du bon fonctionnement des obturateurs permettant l'isolement des réseaux d'évacuation des eaux pluviales et autres effluents Surveillance du bon fonctionnement des dispositifs de collecte et de traitement des eaux de ruissellement des verses	Andra	Centre de stockage Cigéo

Incidences potentielles	Mesure	Type	Phase	Effet attendu	Modalité de suivi	MOA	Opération
	Mise en place d'un dispositif de traitement des eaux de fond par zone	**R**	**CI, F**	Réduire l'altération de la qualité des eaux superficielles	Suivi de la qualité des eaux recyclées issues des dispositifs de traitement des eaux de fond Entretien et maintenance des dispositifs Suivi de la compatibilité des émissions liquides avec les exigences relatives à la règlementation IOTA Surveillance du bon fonctionnement des obturateurs permettant l'isolement des réseaux d'évacuation des eaux pluviales et autres effluents Surveillance du bon fonctionnement des dispositifs de collecte et de traitement des eaux de fond	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Gestion des effluents non conventionnels	**R**	**CI, F**	Réduire l'altération de la qualité des eaux superficielles	Suivi des quantités et de la radioactivité des effluents liquides non conventionnels Inventaire des flux d'effluents aqueux générés Mise en place d'un plan de surveillance environnemental	Andra	Centre de stockage Cigéo
	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	**R**	**APR, CI, F**	Réduire l'altération de la qualité des eaux superficielles	Réseau de suivi des eaux superficielles	Andra	Centre de stockage Cigéo
						RTE	Alimentation électrique
						SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000
						CD52	Déviation de la route départementale D60/960
	Utilisation de sels en solution sous forme de saumure pour limiter l'apport de sel dans les eaux superficielles en saison hivernale	**R**	**CI, F**	Réduire l'altération de la qualité des eaux superficielles	Réseau de suivi des eaux superficielles	Andra	Centre de stockage Cigéo
						CD52	Déviation de la route départementale D60/960
	Organisation globale du chantier	**R**	**APR, CI, F**	Réduire une incidence supplémentaire sur les eaux superficielles	Registre de suivi des accidents et des pollutions accidentelles	Andra	Centre de stockage Cigéo
						SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000
						CD 52	Déviation de la route départementale D60/960
						RTE	Alimentation électrique
						SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau
		R	**APR, CI, F**	Réduire l'altération de la qualité des eaux superficielles	Surveillance du bon fonctionnement des dispositifs de protection des	Andra	Centre de stockage Cigéo
						SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000

Incidences potentielles	Mesure	Type	Phase	Effet attendu	Modalité de suivi	MOA	Opération
	Mise en place de dispositifs de stockage adaptés pour les produits dangereux				eaux prévus au niveau des zones de dépotage puis de stockage de matières dangereuses reçues en vrac et des zones de distribution des carburants 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 Vérification régulière des conditions d'entreposage des déchets Registre des stocks (entrées/sorties) Registre de suivi des accidents et des pollutions accidentelles	CD 52	Déviation de la route départementale D60/960
						RTE	Alimentation électrique
						SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau
	Réutilisation prioritaire des eaux traitées pour les besoins en eau non potable du centre de stockage Cigéo	**R**	**CI, F**	Limiter les rejets vers le milieu naturel et de réduire le risque de pollution associé	Suivi des consommations d'eau 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 Réseau de suivi des eaux superficielles Suivi de la compatibilité des prélèvements d'eaux avec les exigences relatives à la règlementation IOTA	Andra	Centre de stockage Cigéo - INB
	Niveau d'incidence « Altération de la qualité des eaux superficielles » après mesures ER : Faible						
Incidence qualitative : Modification de la qualité des eaux souterraines lors des travaux	**Niveau d'incidence potentielle « Modification de la qualité des eaux souterraines lors des travaux » : Notable**						
	Aucun rejet d'eau non traitée dans les cours d'eau	**E**	**APR, CI, F**	Éviter la pollution des eaux souterraines par un transfert de pollution *via* les eaux superficielles	Entretien régulier des bassins de rétention Suivi de la compatibilité des émissions liquides avec les exigences relatives à la règlementation IOTA	Andra	Centre de stockage Cigéo
						SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000
						CD 52	Déviation de la route départementale D60/960
						RTE	Alimentation électrique
						SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau
	Dispositions constructives adaptées pour les liaisons surface-fond	**R**	**APR, CI, F**	Réduire l'incidence qualitative sur les eaux souterraines	Suivi des modalités de travaux Suivi quantitatif et qualitatif des nappes d'eau souterraine Suivi du débit des eaux d'exhaure	Andra	Centre de stockage Cigéo

Incidences potentielles	Mesure	Type	Phase	Effet attendu	Modalité de suivi	MOA	Opération
	Mise en place d'un dispositif de traitement des eaux de fond par zone	**R**	**CI, F**	Réduire les incidences quantitatives et qualitatives sur les eaux souterraines	Suivi du débit des eaux d'exhaure Suivi de la gestion des eaux d'exhaure en surface Suivi quantitatif et qualitatif des nappes d'eau souterraine Suivi de la compatibilité des émissions liquides avec les exigences relatives à la règlementation IOTA Surveillance du bon fonctionnement des obturateurs permettant l'isolement des réseaux d'évacuation des eaux pluviales et autres effluents Surveillance du bon fonctionnement des dispositifs de collecte et de traitement des eaux de fond	Andra	Centre de stockage Cigéo - INB
	Niveau d'incidence « Modification de la qualité des eaux souterraines lors des travaux » après mesures ER : Faible						
Incidence qualitative : Modification de la qualité des eaux suite à un incident ayant un impact sur l'environnement	**Niveau d'incidence potentielle « Modification de la qualité des eaux suite à un incident ayant un impact sur l'environnement » : Notable**						
	Réalisation en période d'assec des travaux au droit des cours d'eau temporaires	**E**	**APR**	Éviter une perturbation du fonctionnement hydraulique des cours d'eau	Inscription dans le cahier des charges environnemental	Andra	Centre de stockage Cigéo
						RTE	Alimentation électrique
						SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau
						SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000
						CD52	Déviation de la route départementale D60/960
	Aucun rejet d'eau non traitée dans les cours d'eau	**E**	**APR, CI, F**	Éviter la pollution des eaux souterraines par un transfert de pollution *via* les eaux superficielles	Entretien régulier des bassins de rétention Suivi de la compatibilité des émissions liquides avec les exigences relatives à la règlementation IOTA	Andra	Centre de stockage Cigéo
						SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000
						CD 52	Déviation de la route départementale D60/960
						RTE	Alimentation électrique
						SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau
	Dispositions constructives adaptées pour les liaisons surface-fond	**R**	**APR, CI, F**	Réduire l'incidence qualitative sur les eaux souterraines	Suivi des modalités de travaux Suivi quantitatif et qualitatif des nappes d'eau souterraine Suivi du débit des eaux d'exhaure	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Mise en place d'un dispositif de gestion des rejets d'eaux pluviales pour	**R**	**APR, CI, F**	Réduire l'altération de la qualité des eaux superficielles	Suivi des modalités de travaux	Andra	Centre de stockage Cigéo
						RTE	Alimentation électrique

Incidences potentielles	Mesure	Type	Phase	Effet attendu	Modalité de suivi	MOA	Opération
	ne pas altérer la qualité des eaux superficielles et souterraines par transfert				Contrôle de la performance des dispositifs quantitatifs/qualitatifs de gestion des eaux pluviales Entretien et maintenance des dispositifs de gestion des eaux Suivi de la compatibilité des émissions liquides avec les exigences relatives à la règlementation IOTA Surveillance du bon fonctionnement des obturateurs permettant l'isolement des réseaux d'évacuation des eaux pluviales et autres effluents. Dispositifs de collecte et de traitement des eaux pluviales susceptibles d'être polluées	SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau
						SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000
						CD52	Déviation de la route départementale D60/960
	Mise en place d'un dispositif de traitement des eaux de fond par zone	**R**	**CI, F**	Réduire l'altération de la qualité des eaux superficielles	Suivi de la qualité des eaux recyclées issues des dispositifs de traitement des eaux de fond Entretien et maintenance des dispositifs Suivi de la compatibilité des émissions liquides avec les exigences relatives à la règlementation IOTA Surveillance du bon fonctionnement des obturateurs permettant l'isolement des réseaux d'évacuation des eaux pluviales et autres effluents Surveillance du bon fonctionnement des dispositifs de collecte et de traitement des eaux de fond	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Organisation globale du chantier	**R**	**APR, CI, F**	Réduire une incidence supplémentaire sur les eaux superficielles	Registre de suivi des accidents et des pollutions accidentelles	Andra	Centre de stockage Cigéo
						RTE	Alimentation électrique
						SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau
						SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000
						CD52	Déviation de la route départementale D60/960
	Mise en place de dispositifs de stockage adaptés pour les produits dangereux	**R**	**APR, CI, F**	Réduire l'altération de la qualité des eaux superficielles	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	Andra	Centre de stockage Cigéo
						RTE	Alimentation électrique
						SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau
						SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000

Incidences potentielles	Mesure	Type	Phase	Effet attendu	Modalité de suivi	MOA	Opération
					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 Vérification régulière des conditions d'entreposage des déchets Registre des stocks (entrées/sorties) Registre de suivi des accidents et des pollutions accidentelles	CD52	Déviation de la route départementale D60/960
	Niveau d'incidence « Modification de la qualité des eaux suite à un incident ayant un impact sur l'environnement » après mesures ER : Faible						
Incidence qualitative : Pollution avec un rejet contenant un élément radioactif (rejets non conventionnels)	**Niveau d'incidence potentielle « Pollution avec un rejet contenant un élément radioactif (rejet non conventionnel) » : Notable**						
	Gestion des effluents non conventionnels	**R**	**CI, F**	Éviter une altération de la qualité des eaux superficielles	Suivi des quantités et de la radioactivité des effluents liquides non conventionnels Inventaire des flux d'effluents aqueux générés Mise en place d'un plan de surveillance environnemental	Andra	Centre de stockage Cigéo – INB
	Niveau d'incidence « Pollution avec un rejet contenant un élément radioactif (rejet non conventionnel) » après mesures ER : Très faible						
Incidence sur les usages : Incidence sur les captages d'alimentation en eau potable	**Niveau d'incidence potentielle « Incidence quantitative/qualitative sur les captages d'alimentation en eau potable » : Notable**						
	Raccordement du centre de stockage au réseau local d'adduction	**E**	**APR, CI, F**	Éviter la consommation de la ressource en eau potable Évite l'aggravation du risque de pénurie de la ressource	Suivi de l'évolution des besoins en eau des collectivités, de l'état de la ressource et des besoins du centre de stockage Cigéo Suivi de la compatibilité des prélèvements d'eaux avec les exigences relatives à la règlementation IOTA Surveillance des consommations d'eau Suivi des ratios de consommation d'eau prélevée dans le réseau public par tonne de produit en béton fabriqué 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	Andra	Centre de stockage Cigéo – Périmètre INB
						SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau
	Conception et de travaux limitant les incidences sur	**R**	**APR, CI, F**	Réduire les incidences quantitatives et qualitatives sur les usages d'eau souterraine et en particulier les captages AEP	Avis de l'hydrogéologue sur la conception de l'opération au sein des périmètres de protection	Andra	Centre de stockage Cigéo
						SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000

Incidences potentielles	Mesure	Type	Phase	Effet attendu	Modalité de suivi	MOA	Opération
	les usages des eaux souterraines			Éviter qu'une pollution ne rende impropre la consommation en eau potable des populations	Suivi des modalités de travaux Suivi quantitatif et qualitatif des nappes d'eau souterraine	RTE	Alimentation électrique
	Réutilisation prioritaire des eaux traitées pour limiter au strict nécessaire ses besoins en eau	**R**	**CI, F**	Réduire les besoins en eau du centre de stockage et donc la consommation de la ressource en eau disponible	Suivi des consommations d'eau 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 Réseau de suivi des eaux superficielles Suivi de la compatibilité des prélèvements d'eaux avec les exigences relatives à la règlementation IOTA	Andra	Centre de stockage Cigéo - INB
	Niveau d'incidence « Incidence quantitative/qualitative sur les captages d'alimentation en eau potable » après mesures ER : Très faible						
Incidence sur les usages : Incidence sur les forages/puits à usage agricole et industriel	**Niveau d'incidence potentielle « Incidence quantitative/qualitative sur les forages/puits à usage agricole et industriel » : Notable**						
	Conception et de travaux limitant les incidences sur les usages des eaux souterraines	**R**	**APR, CI, F**	Réduire les incidences quantitatives et qualitatives sur les usages d'eau souterraine et en particulier les captages AEP Éviter qu'une pollution ne rende impropre la consommation en eau potable des populations	Avis de l'hydrogéologue sur la conception de l'opération au sein des périmètres de protection Suivi des modalités de travaux Suivi quantitatif et qualitatif des nappes d'eau souterraine	Andra SNCF Réseau RTE	Centre de stockage Cigéo Mise à niveau de la ligne 027000 Alimentation électrique
	Limitation des surfaces imperméabilisées et du ruissellement	**R**	**APR, CI, F**	Réduire l'imperméabilisation des surfaces Réduire les incidences quantitatives et qualitatives sur les eaux superficielles	Suivi régulier des superficies imperméabilisées et végétalisées Suivi régulier de la superficie des verses Suivi de la répartition de l'occupation du sol et notamment des emprises imperméabilisées et végétalisées Suivi de l'intégration de toitures végétalisées au centre de stockage Cigéo	Andra RTE SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain SNCF Réseau CD52	Centre de stockage Cigéo Alimentation électrique Adduction d'eau Mise à niveau de la ligne 027000 Déviation de la route départementale D60/960
	Niveau d'incidence « Incidence quantitative/qualitative sur les forages/puits à usage agricole et industriel » après mesures ER : Modérée						
	Compensation d'usage	**C**	**APR, CI, F**	Compenser la perte avérée d'usage par la construction des liaisons surface-fond, des forages de caractérisation et de surveillance environnementale et par le fonctionnement du centre de stockage	Suivi du débit des eaux d'exhaure Suivi de la gestion des eaux d'exhaure en surface Suivi quantitatif et qualitatif des nappes d'eau souterraine	Andra	Centre de stockage Cigéo
	Travaux entrepris pour retrouver une situation normale ou proposition d'indemnisation						

Incidences potentielles	Mesure	Type	Phase	Effet attendu	Modalité de suivi	MOA	Opération
Incidence sur les usages : Incidence sur l'usage des eaux pour les loisirs	**Niveau d'incidence potentielle « Incidence sur l'usage des eaux superficielles pour les loisirs » : Notable**						
	Limitation des surfaces imperméabilisées et du ruissellement	R	APR, CI, F	Réduire l'imperméabilisation des surfaces Réduire les incidences quantitatives et qualitatives sur les eaux superficielles	Suivi régulier des superficies imperméabilisées et végétalisées Suivi régulier de la superficie des verses Suivi de la répartition de l'occupation du sol et notamment des emprises imperméabilisées et végétalisées Suivi de l'intégration de toitures végétalisées au centre de stockage Cigéo	Andra	Centre de stockage Cigéo
						RTE	Alimentation électrique
						SIAEP d'Échenay/SIVU du Haut-Ornain	Adduction d'eau
						SNCF Réseau	Mise à niveau de la ligne 027000
						CD52	Déviation de la route départementale D60/960
	Niveau d'incidence « Incidence sur l'usage des eaux superficielles pour les loisirs » après mesures ER : Très faible						

***APR** : phase d'aménagements préalables, **CI** : construction initiale, **F** : fonctionnement, **E** : évitement, **R** : réduction, **C** : compensation*

***S.O** : sans objet*

** Mesure de réduction pour les eaux superficielles mise en œuvre comme mesure d'évitement pour les eaux souterraines*

Il existe trois types d'incidences potentielles sur les eaux : l'incidence quantitative, l'incidence qualitative et l'incidence sur les usages.

Une interrelation forte existe entre les eaux superficielles et les eaux souterraines au droit des zones de pertes et de résurgences dans les cours d'eau mais aussi par un possible transfert de pollution de la surface vers la nappe d'eau souterraine par infiltration.

- **Démarche ERC pour limiter les incidences quantitatives**

Les incidences potentielles quantitatives sur les eaux souterraines et superficielles peuvent être induites par :

- ✓ les travaux en lien avec le sous-sol et la nappe d'eau souterraine : réalisation de déblais drainant la nappe d'eau souterraine recoupée, création de tranchées plus ou moins profondes, réalisation de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine en zone descenderie du centre de stockage Cigéo ;
- ✓ les besoins en eau (potable et non potable) du projet global Cigéo qui potentiellement peuvent épuiser la ressource ;
- ✓ la réalisation des liaisons surface-fond et des forages nécessaire à l'opération de caractérisation et de surveillance environnementale du centre de stockage Cigéo (drainage des nappes d'eau souterraine recoupées et modification des écoulements – effets barrage) ;
- ✓ l'imperméabilisation en surface diminuant l'infiltration et la recharge naturelle des nappes d'eau souterraine et provoquant une augmentation des eaux rejetées et aggravant le risque d'inondation à l'aval ;
- ✓ le risque d'inondation de la zone d'intervention par remontée de nappe ;
- ✓ les travaux au droit des cours d'eau (franchissement provisoire ou définitif) et la création de remblais pouvant provoquer un effet barrière sur les écoulements ;
- ✓ la perturbation du fonctionnement hydraulique des cours d'eau par les rejets d'eau dans le milieu mais aussi par la présence de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine en zone descenderie pour les cours d'eau en lien avec les eaux souterraines ;
- ✓ des travaux en zones inondables induisant une diminution de la capacité de stockage de l'eau et aggravant le risque de dommage aux personnes et aux biens.

Différentes mesures d'évitement des incidences quantitatives sont définies pour les nappes d'eau souterraine de l'aire d'étude du projet global Cigéo avec, notamment, le choix d'implantation des descenderies en dehors des zones de fracturation.

Des mesures d'évitement sont prises concernant la conception des liaisons surface-fond : ces dernières sont espacées les unes des autres et leur diamètre est faible au regard des deux formations géologiques traversées. Ces mesures de conception permettent de limiter la modification des écoulements et l'effet barrage des liaisons surface-fond (descenderies et puits) au sein de la nappe des Calcaires du Barrois et/ou de la nappe du Kimméridgien-Oxfordien. De plus, les travaux de faible ampleur (types tranchés pour canalisations ou voiries et réseaux divers) sont suspendus en période de plus hautes eaux avec des mesures de mise en sécurité du chantier pour éviter un drainage important de la nappe concernée.

Plusieurs mesures d'évitement des différentes incidences potentielles quantitatives sur les eaux superficielles sont définies avec la réalisation en période d'assec des travaux au droit des cours d'eau temporaires, et l'interdiction de prélèvement dans les eaux superficielles. De plus, le centre de stockage Cigéo ne se localise dans aucune des zones inondables identifiées à proximité des installations.

En complément, des mesures de réduction sont également mises en œuvre. Elles concernent notamment la protection du bâtiment nucléaire contre la remontée de nappe : une conception adaptée de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine en zone descenderie permet de répondre aux incidences d'obstacle aux écoulements de la nappe des Calcaires du Barrois et limiter les incidences sur les eaux superficielles. Elle traverse toute la formation des Calcaires du Barrois et permet de protéger une zone d'environ 33 ha des remontées d'eau souterraine. Cet ouvrage produit un effet barrage dans la nappe avec une incidence piézométrique en amont (augmentation) et en aval (baisse), on parle de rabattement.

Des dispositions constructives adaptées pour les liaisons surface-fond sont prises pour réduire les incidences quantitatives sur les eaux souterraines (effet de drainage) et les effets des éventuels rabattements de nappe en dehors des emprises du centre de stockage Cigéo. Il s'agit de méthode constructive, de la mise en place de bouchon d'étanchéité pour éviter de mettre en communication différents aquifères, de la mise en œuvre de différents types de revêtement au niveau des liaisons surface-fond et de la mise en place d'un système de gestion des eaux collectées dans les liaisons surface-fond. La mise en place des différents dispositifs permet d'assurer une incidence résiduelle liée à la construction des liaisons surface-fond non-notable sur le drainage des eaux souterraines et sur la modification des écoulements des eaux souterraines lors de leur creusement en phase de construction initiale.

La création des forages nécessaires à l'opération de caractérisation, de surveillance et de suivi environnemental est adaptée à la profondeur de la nappe. Les ouvrages sont conçus, construits et exploités dans les règles de l'art, en veillant à la non mise en relation hydraulique des différentes masses d'eau.

Le niveau d'incidence résiduelle sur les eaux souterraines est basé sur des résultats théoriques issus de modélisations. L'approfondissement de la conception de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine mais aussi des liaisons surface-fond va faire l'objet d'une démarche itérative afin d'identifier des pistes d'optimisation permettant de réduire ses incidences sur l'environnement. Des investigations supplémentaires incluses dans l'opération de caractérisation environnementale vont permettre d'affiner la modélisation des nappes d'eau souterraine et de mieux appréhender les incidences modélisées. Par ailleurs, des investigations complémentaires de recensement des usages de points d'eau ont été menées en 2020 à proximité du centre de stockage Cigéo afin de mieux connaître les usages réels et d'adapter au besoin la conception des installations du centre de stockage Cigéo.

Concernant les eaux superficielles, différentes mesures de réduction sont prises comme l'optimisation des dispositifs et des ouvrages hydrauliques en privilégiant la réhabilitation des ouvrages existants (cas de l'installation terminale embranchée avec la reprise sur 10 km d'une plateforme existante), la limitation des zones d'intervention potentielles au strict nécessaire pour éviter une imperméabilisation des surfaces, la mise en place d'une gestion quantitative des eaux pour une non aggravation du risque d'inondation en aval des points de rejet. Le dispositif de gestion des eaux est dimensionné pour assurer la collecte et le traitement jusqu'à une pluie d'occurrence décennale) en phase d'aménagements préalables, puis est remplacé avant la fin de cette phase par le dispositif d'assainissement définitif du centre de stockage Cigéo, dimensionné lui pour une pluie de retour centennale (pluie de référence). Les bassins quantitatifs de la liaison intersites et de l'installation terminale embranchée sont, quant à eux, dimensionnés pour une pluie décennale, conformément aux règles de l'art des ouvrages linéaires. Des emprises conservatoires sont néanmoins réservées pour le cas où les études, les échanges avec le territoire, ou les autorisations de travaux exigeraient à l'avenir un redimensionnement des ouvrages.

En phase d'exploitation avec le déploiement de toutes les verses, le centre de stockage Cigéo comprend deux points de rejets au niveau de la zone descenderie (Bureau et Orge), trois points de rejets au niveau de la zone puits (Ormançon), deux points de rejets pour la liaison intersites (Bureau et Ormançon) et deux points de rejets pour l'installation terminale embranchée.

Le dimensionnement des ouvrages de franchissement hydrauliques est déterminé en fonction des caractéristiques écologiques et hydrauliques des cours d'eau. Tous les ouvrages de franchissement hydraulique créés pour le centre de stockage Cigéo permettent le passage d'une crue centennale. Des dispositifs sont mis en œuvre au droit des remblais pour éviter l'accumulation d'eaux pluviales en fond de vallon amont et donc potentiellement une inondation des terrains en amont.

Pour les autres opérations du projet global Cigéo, les mêmes principes de réduction sont appliqués en vue de réduire les incidences quantitatives sur les eaux.

Au niveau du centre de stockage Cigéo, l'incidence quantitative résiduelle est globalement faible et modérée au niveau de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine)

- **Démarche ERC pour limiter les incidences qualitatives**

Les incidences potentielles qualitatives sur les eaux superficielles sont entrainées par :

- ✓ le rejet des eaux pluviales et des eaux produites par les activités des différentes opérations du projet global Cigéo ;
- ✓ le risque de pollution accidentelle des eaux.

Les incidences potentielles qualitatives sur les eaux souterraines sont entrainées par l'ensemble des travaux en lien avec le sous-sol et le risque de transfert de polluants des eaux superficielles vers les eaux

souterraines notamment si aucune mesure n'était prise et en cas d'un incident ayant un impact sur l'environnement.

Des mesures permettent d'éviter les incidences qualitatives sur les eaux superficielles, telles que : l'utilisation des routes et des chemins existants à proximité des cours d'eau (pour éviter la création de franchissement provisoire de cours d'eau) et l'interdiction de rejet d'eau non traitée dans les cours d'eau.

Le principe retenu est de ne pas rejeter d'effluents non conventionnels dans le milieu naturel local. Les effluents non conventionnels sont gérés de façon spécifique, totalement séparée des effluents conventionnels. Ils sont collectés et contrôlés radiologiquement et le cas avant un transfert vers une installation agréée pour leur élimination.

L'absence de rejet d'eau non traitée dans le milieu local permettent d'éviter tout impact qualitatif sur les eaux souterraines depuis les eaux de surface.

Le nombre de bases vie est limité et elles sont positionnées en dehors des zones sensibles.

Les dispositions constructives des liaisons surfaces-fond ainsi que les dispositions liées au creusement et à la réception des forages et piézomètres participent à la réduction des incidences sur la qualité des eaux souterraines, par la non mise en relation des différentes masses d'eau (mise en place d'un bouchon d'étanchéité), la gestion des eaux de fond ou encore l'éloignement des sources de pollution des têtes de forage.

Pour ne pas altérer la qualité des eaux superficielles, il est mis en place différents dispositifs de gestion des eaux pluviales, des effluents conventionnels et des effluents non-conventionnels. Ces dispositifs sont adaptés à la nature des eaux considérées et à la phase du projet global Cigéo.

Pour les zones puits et descenderie du centre de stockage Cigéo, les eaux pluviales sont collectées avant d'être traitées par décantation, puis stockées pour être progressivement rejetées dans le milieu naturel. Des procédés complémentaires de traitement sont mis en place pour les eaux de ruissellement des verses.

Les eaux usées et industrielles générées au niveau des installations de surface et souterraines sont collectées et traitées par une station d'épuration pour la zone descenderie et la zone puits. L'eau recyclée produite est utilisée pour les besoins en eau non potable du centre de stockage (eau pour la production du béton, eau pour l'irrigation …). Le surplus d'eau recyclée est rejeté dans l'environnement de manière régulé.

Les eaux de fond font l'objet d'un pré-traitement (traitement des hydrocarbures, coagulation et floculation) avant d'être remontées à la surface pour un traitement complémentaire (décantation, neutralisation, filtration et désinfection) et ensuite être stockées avec les eaux recyclées, puis progressivement rejetées si non utilisées.

Tous les principes de traitement des eaux générées par le centre de stockage Cigéo visent à obtenir une qualité d'eaux rejetées compatible avec le bon état chimique et écologique des eaux superficielles.

Les effluents non-conventionnels sont collectés, puis contrôlés radiologiquement et transférés vers une filière externe pour leur traitement. Ils ne sont donc pas rejetés dans le milieu naturel local.

Les eaux usées brutes font l'objet d'un traitement par des ouvrages d'assainissement non collectif dont l'objectif est de respecter les normes de qualité environnementale des masses d'eau superficielles.

Au stade actuel des études, le système de collecte et de traitement des eaux comprend deux filières spécifiques avec :

- ✓ une station d'épuration sur chaque installation de surface du centre de stockage Cigéo traitant les eaux usées et les eaux industrielles de surface ;
- ✓ un dispositif de traitement des eaux de fond provenant des ouvrages souterrains de stockage.

Les dispositifs de traitement des eaux sont conçus pour produire des eaux recyclées de qualité adaptée au besoin en eau non potable du centre de stockage et limitant ainsi le prélèvement sur la ressource en eau potable.

Pendant la phase de fonctionnement du centre de stockage Cigéo, les barrières de confinement, représentées par les ouvrages de stockage, empêchent toute migration d'éléments radioactifs vers les nappes d'eau souterraine. Il s'agit principalement de dispositions de rétention assurées par le génie civil de l'installation souterraine (cas de présence d'effluents incendie potentiellement radioactifs en cellule de manutention par exemple) et de dispositifs spécifiques tels que des bacs de rétention (cas de la cuve contenant les eaux d'exhaures HA potentiellement contaminés par exemple). Par ailleurs des dispositifs de récupération et de traitements sont prévus afin de reprendre ces effluents. Après la phase de surveillance du stockage, l'essentiel des éléments radioactifs restent piégés dans le stockage et la couche du Callovo-Oxfordien en champ proche du stockage et seuls quelques éléments radioactifs solubles, non retenus par l'argile et à vie longue migreront dans la couche du Callovo-Oxfordien par diffusion de manière très lente et limitée. Cela prendra à minima plusieurs centaines de milliers d'années et l'incidence associée restera faible.

La réutilisation des eaux traitées nécessite la mise en place de réservoirs de stockage des eaux dites « recyclées » pendant trois jours. Les eaux recyclées peuvent être utilisées pendant ce laps de temps pour un usage n'impliquant pas une consommation humaine. Passé le délai de trois jours, les eaux, après contrôle, sont rejetées vers le milieu naturel (vers la Bureau et l'Ormançon). Ces rejets sont compatibles avec les critères de bon état écologique et chimique des eaux superficielles ainsi qu'avec le principe de non-aggravation des risques d'inondation en aval hydraulique.

Les espaces verts et les accotements des voiries du centre de stockage Cigéo sont entretenus sans l'emploi de produits phytosanitaires comme le stipule les prescriptions applicables dans le périmètre de protection éloignée du captage de Rupt-aux-Nonains.

Pour limiter l'apport de sel dans les eaux superficielles en saison hivernale, l'utilisation de sels en solution sous forme de saumure est privilégiée pour le déneigement des voiries internes au centre de stockage Cigéo.

La mise en place des dispositifs de régulation et traitements qualitatifs des eaux pluviales et des effluents permet de réduire l'incidence sur les usages récréatifs et agricoles des cours d'eau, notamment l'abreuvement du bétail.

Pour les autres opérations du projet global Cigéo, les mêmes principes de réduction sont appliqués en vue de réduire les incidences qualitatives sur les eaux. Lors de l'exploitation des opérations des autres maîtres d'ouvrage (phases de construction initiale et de fonctionnement du projet global Cigéo), le dispositif de gestion des eaux superficielles est opérationnel. Au besoin, un assainissement non collectif est prévu au niveau des bâtiments techniques, si aucun raccordement avec le réseau local n'est possible. Les mesures de maintenance des infrastructures créés et notamment la gestion de la végétation sont conforme à la réglementation et aux prescriptions environnementales des zones traversées.

Les modalités de suivi de ces mesures comprennent, en plus des opérations d'entretien et de maintenance, le contrôle de la performance des dispositifs quantitatifs/qualitatifs de la gestion des eaux ainsi que le contrôle de la performance des dispositifs de traitement des eaux usées. Un réseau de suivi des eaux superficielles est établi ainsi d'un réseau de suivi des zones d'expansion des crues, un suivi hydromorphologique des cours d'eau et le suivi de la qualité des eaux recyclées. La définition précise des protocoles de suivi est menée avec les services de l'État lors de l'instruction des dossiers de demande d'autorisations environnementales préalable au démarrage des travaux de cette phase. L'entretien et la maintenance de l'ensemble des dispositifs de gestion des eaux (collecte, traitement, stockage) est assurée

L'incidence qualitative résiduelle est faible pour le centre de stockage Cigéo.

- **Démarche ERC pour limiter les incidences sur les usages**

  Toutes ces incidences quantitatives et qualitatives sur les eaux génèrent des incidences potentielles sur l'ensemble des usages de la ressource en eau en provoquant potentiellement une diminution et/ou une dégradation de la ressource.

  Pour limiter la consommation de la ressource en eau et ne pas aggraver un risque de pénurie pour les populations desservies, il n'est prévu aucune création de forage dédié à l'alimentation en eau potable ou pour un autre usage du centre de stockage Cigéo. Par conséquent, le besoin en eau du centre de stockage est satisfait par un raccordement au réseau local d'adduction d'eau, les résultats de l'étude de faisabilité quantitative ayant permis de vérifier que les débits prélevés sont adaptés à la capacité de recharge des captages sollicités pour le besoin.

  Les bases vie nécessaires aux travaux des autres maîtres d'ouvrage en phase d'aménagements préalables sont raccordées au réseau local d'adduction. Le besoin en eau est très faible par rapport aux besoins du centre de stockage Cigéo.

  Des modélisations hydrogéologiques de la nappe des Calcaires du Barrois (trois scénarios de modélisation) et des nappes recoupées par le creusement des puits ont été entreprises pour valider les mesures de conception retenues actuellement au regard des incidences potentielles sur les usages.

  Concernant les incidences sur les usages traités, ces dernières sont actuellement modélisées comme :

- non notable sur les captages d'eau potable dans les calcaires du Barrois ;
- non notable sur les captages d'eau potable ou autres usages dans la nappe du Kimméridgien-Oxfordien ;
- notable sur les captages (agricoles ou autres usages) localisés dans le cône de rabattement de la nappe des calcaires du Barrois induit par l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine de la zone descenderie.

Concernant l'alimentation en eau potable, la conception du centre de stockage Cigéo vise à préserver les ressources locales, en privilégiant le recyclage des eaux produites par les activités du centre de stockage Cigéo, puis leur utilisation maximale pour ses propres activités qui ne nécessitent pas une eau potable au sens de la consommation humaine. Ainsi, sur chaque installation de surface (zone puits, zone descenderie) est implantée une station d'épuration traitant les eaux usées et industrielles de surface et un dispositif de traitement des eaux de fond. Le recyclage de ces eaux permet de réduire l'utilisation d'eau potable pour la production de béton, le fonctionnement des tunneliers, le lavage des engins ou encore l'arrosage des espaces verts.

Le centre de stockage Cigéo est inclus en partie dans un périmètre de protection d'un captage d'alimentation en eau potable (Rupt-aux-Nonains), le respect des prescriptions associées est assuré pendant toutes les phases du projet global Cigéo.

Il est retenu le principe d'une mesure conservatoire avec une compensation d'usage en cas de pollution accidentelle. Cette dernière est adaptée au dysfonctionnement constaté (travaux spécifiques, indemnisation…) et est mise en place avec le gestionnaire/propriétaire concerné et les services de l'État.

Pour les autres opérations du projet global Cigéo, les mêmes principes de réduction sont appliqués en vue de réduire les incidences sur les usages des eaux.

En plus des opérations d'entretien et de maintenance, les modalités de suivi de ces mesures comprennent le contrôle de la performance des dispositifs quantitatifs/qualitatifs de la gestion des eaux pluviales et un réseau de suivi des eaux souterraines. La définition précise du protocole de suivi est menée avec les services de l'État lors de l'instruction des dossiers de demande d'autorisations environnementales préalable au démarrage des travaux de cette phase

L'incidence résiduelle sur les usages est globalement faible et modérée dans l'emprise du cône de rabattement de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine réalisée sur la zone descenderie du centre de stockage Cigéo.

- **Conclusion**

Au regard des différentes mesures de conception, d'évitement et de réduction mises en œuvre pour le centre de stockage Cigéo, l'incidence résiduelle est modérée pour l'aspect quantitatif au droit de la zone présentant une baisse de la piézométrie de la nappe des Calcaires du Barrois avec la réalisation de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine sur la zone descenderie dès la phase d'aménagements préalables. Par conséquent, l'incidence résiduelle sur tous les usages de la ressource est modérée dans cette zone. Il est donc retenu une mesure de compensation d'usage à titre conservatoire. Cette dernière est adaptée au dysfonctionnement constaté (travaux spécifique, indemnisation, …) et est mise en place avec le gestionnaire/propriétaire concerné et les services de l'État.

Ainsi, il n'est pas attendu d'incidence sur les eaux superficielles à la fois au niveau quantitatif, qualitatif et de l'usage. Il n'est pas envisagé d'incidence indirecte de la qualité des eaux superficielle sur les eaux souterraines suite aux mesures d'évitement/réduction prises.

Indiquons qu'il n'existe aucune incidence résiduelle sur l'usage d'alimentation en eau potable suite :

- à la réalisation d'une étude de faisabilité quantitative pour l'alimentation en eau potable du centre de stockage Cigéo avec des captages existants ayant permis de concevoir l'opération d'adduction d'eau du projet global Cigéo ;
- à la compatibilité du centre de stockage avec les prescriptions des périmètres de protection des captages d'alimentation en eau potable concernés.

Après mise en place de la séquence Éviter-Réduire et d'une mesure de compensation à titre conservatoire pour la préservation des usages, le niveau d'incidence global sur les eaux du centre de stockage Cigéo est faible.

Pour les autres opérations du projet global Cigéo, au vu de l'avancement des études de conception des opérations des autres maîtres d'ouvrage, les principes de mesures de réduction retenus sont les suivants :

- la mise en œuvre de mesure de conception et de travaux répondant aux prescriptions des périmètres de protection des captages d'alimentation en eau potable pour aboutir à une incidence résiduelle non-notable sur les captages d'alimentation en eau potable ;
- la mise en œuvre des mesures d'évitement et de réduction des incidences sur le sous-sol et les eaux superficielles : un effet indirect bénéfique sur les nappes d'eau souterraine ;
- la définition des modalités de travaux pour réduire les incidences sur les eaux souterraines.

Pour les opérations des autres maîtres d'ouvrage, en l'absence de terrassement de grande ampleur ou de creusement dans le sous-sol, de la mise en œuvre d'une conception et de mesures d'évitement et de réduction notamment dans les périmètres de protection des captages d'alimentation en eau potable, l'incidence résiduelle est faible sur les eaux souterraines et superficielles. Au regard des travaux à entreprendre pour les autres opérations du projet global Cigéo, le besoin d'une compensation d'usage ne semble pas nécessaire à ce stade d'avancement des études.

Selon les principes de mesures d'évitement et de réduction (qui seront affinés lors de la définition technique des opérations des autres maîtres d'ouvrage), le niveau d'incidence global sur les eaux des opérations des autres maîtres d'ouvrage est faible.

5.8 Incidences liées aux émissions chimiques et effluents non conventionnels sur la santé humaine

Le projet global Cigéo est à l'origine d'émissions chimiques liquides (eaux usées, eaux de ruissellement, eaux industrielles, eaux usées…) pendant ses phases d'aménagements préalables, de construction initiale puis de fonctionnement.

Le projet global Cigéo accueillera des colis de déchets de haute activité et de moyenne activité à vie longue (HA et MA-VL) pendant toute sa phase de fonctionnement. Les sources d'émissions radioactives liquides du projet global identifiées sont liées à la récupération possible d'effluents liquides non conventionnels issus des zones à production possible de déchets nucléaires du centre de stockage Cigéo.

L'étude des incidences (effets potentiels) de ces émissions chimiques liquides et effluents non conventionnels sur la santé des populations environnantes se trouve ici synthétisée, cette analyse étant détaillée au volume VI de la présente étude d'impact.

- **Les émissions chimiques liquides**

  Les sources d'émissions chimiques liquides du projet global Cigéo sont les eaux générées et/ou gérées sur les différents lieux d'implantation et pendant toutes les phases de vie du projet (eaux pluviales, eaux de ruissellement sur les verses, eaux usées et eaux de fond).

  Les mesures d'évitement et de réduction mises en place assurent l'absence d'une dégradation potentielle de la qualité actuelle des eaux nécessaire à son usage dans l'aire d'étude éloignée du projet global Cigéo. L'ensemble de ces mesures ainsi que leurs effets attendus et modalités de suivi sont exposés dans le présent chapitre 5 du présent volume. Ainsi, les émissions liquides (eaux rejetées) ne sont pas considérées comme une source d'émissions dangereuses pour la santé des populations, quelle que soit la phase de vie considérée.

  Les incidences résiduelles des émissions chimiques des effluents du projet global Cigéo sur la santé humaine sont très faibles.

- **Les effluents liquides non conventionnels issus des zones à production possible déchets nucléaires ou des eaux d'exhaures des alvéoles HA**

  Le process nucléaire pour le stockage des colis de déchets radioactifs du projet global Cigéo (opérations de manutention et de transferts principalement) ne génère pas d'effluents radioactifs liquides. Pendant le fonctionnement de l'INB, certains effluents collectés dans les zones à production possibles de déchets nucléaires (par exemple, liés aux condensats des unités intérieures de récupération d'énergie du bâtiment nucléaire de surface EP1) ou dans le système de collecte des eaux d'exhaure des alvéoles HA (eaux ayant été au contact des colis de déchets) peuvent contenir des substances radioactives. Ces effluents liquides, dits « non conventionnels » ne sont pas rejetés localement et font l'objet d'une gestion distincte à savoir leur collecte et leur envoi vers une filière externe dédiée au traitement des déchets liquides radioactifs.

  Des mesures sont mises en place. Les effluents liquides « non conventionnels » sont isolés et conditionnés. À l'issue du remplissage des cuves de collecte présentes dans le bâtiment nucléaire de surface, les effluents font l'objet d'une caractérisation radiologique afin de permettre leur transport. Ces effluents sont ensuite transférés vers une filière externe. Ils sont acheminés conformément à la réglementation transport pour leur traitement et prise en charge vers une installation adaptée. L'ensemble de ces mesures ainsi que leurs effets attendus et modalités de suivi sont exposés au chapitre 10 du volume IV de la présente étude d'impact.

  Le volume annuel maximum d'effluents liquides non conventionnels, produits au cours des premières décennies de fonctionnement de l'INB jusqu'à l'horizon 2080, est estimé de façon très conservative de l'ordre de 90 m^3/an.

  L'activité maximale de ces effluents liquides non conventionnels, calculée de façon enveloppe, est de l'ordre de 10 Bq/L en alpha global et 100 Bq/L en bêta global.

  Ces quantités et niveaux de radioactivité ont été évalués sur des hypothèses très conservatives, très au-dessus des effluents réellement attendus.

  Le centre de stockage Cigéo ne rejette donc pas, dans l'environnement local, d'effluents liquides non conventionnels.

  Les incidences résiduelles des effluents non conventionnels du projet global Cigéo sur la santé humaine sont très faibles.

5.9 Compatibilité du projet global Cigéo avec les outils de planification

Les outils de planification concernant la thématique eau et en interface avec le projet global Cigéo ont été présentés au chapitre 5.2 du volume III de la présente étude d'impact.

Pour rappel, il s'agit du Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) Seine-Normandie (22), du SDAGE Rhin-Meuse (34–37), du Schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET) Grand Est (14), du Plan de gestion des risques d'inondation (PGRI) du bassin Seine Normandie (38) et du PGRI du bassin Rhin-Meuse (39).

Il n'existe aucun schéma d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) défini au niveau du projet global Cigéo et il en est de même pour les territoires à risque important d'inondation (TRI).

Les chapitres suivants présentent l'analyse de la compatibilité du projet global Cigéo avec chaque outil de planification concerné. L'analyse de la compatibilité porte sur les orientations et objectifs applicables au projet global Cigéo.

5.9.1 Compatibilité du projet global Cigéo avec les SDAGEs concernés

5.9.1.1 Référentiel du SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands 2022-2027

Le SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands 2022-2027 a été adopté par le comité de bassin du 23 mars 2022 (22).

Les orientations fondamentales (OF) du SDAGE pour une gestion équilibrée de la ressource en eau s'articulent autour de cinq enjeux identifiés à l'échelle du bassin :

- enjeu 1 - pour un territoire sain : réduire les pollutions et préserver la santé :
  - ✓ OF2 : Réduire les pollutions diffuses en particulier sur les aires d'alimentation de captages d'eau potable ;
  - ✓ OF3 : pour un territoire sain : réduire les pressions ponctuelles ;
  - ✓ OF5 : protéger et restaurer la mer et le littoral ;
- enjeu 2 – pour un territoire vivant : faire vivre les rivières, les milieux humides et la biodiversité en lien avec l'eau :
  - ✓ OF1 : pour un territoire vivant et résilient : des rivières fonctionnelles, des milieux humides préservés et une biodiversité en lien avec l'eau restaurée ;
  - ✓ OF5 : protéger et restaurer la mer et le littoral ;
- enjeu 3 – pour un territoire préparé : anticiper le changement climatique et gérer les inondations et les sécheresses :
  - ✓ OF4 : pour un territoire préparé : assurer la résilience des territoires et une gestion équilibrée de la ressource en eau face aux changements climatiques ;
- enjeu 4 – pour un littoral protégé : concilier les activités économiques et la préservation des milieux littoraux et côtiers :
  - ✓ OF5 : protéger et restaurer la mer et le littoral ;
- enjeu 5 – pour un territoire solidaire : renforcer la gouvernance et les solidarités du bassin :
  - ✓ les cinq OF.

Ces enjeux et orientations fondamentales sont déclinés en 28 orientations et 124 dispositions.

L'analyse de l'articulation des installations du projet global Cigéo avec les orientations du SDAGE Seine-Normandie 2022-2027 est présentée dans le tableau 5-33.

Un certain nombre de dispositions s'adressant aux services de l'état ainsi qu'aux collectivités territoriales et leurs groupements, le projet global Cigéo se conformera, le moment venu, aux plans applicables qui en découlent.

Tableau 5-33 Analyse de la compatibilité du projet global Cigéo avec le SDAGE Seine-Normandie 2022-2027

Orientations	Disposition	Incidences du projet	Principales mesures envisagées (construction initiale et d'exploitation)	Compatibilité par rapport au SDAGE 2022-2027
Orientation fondamentale 1 - Pour un territoire vivant et résilient : des rivières fonctionnelles, des milieux humides préservés et une biodiversité en lien avec l'eau restaurée				
Orientation 1.1. **Identifier et préserver les milieux humides et aquatiques continentaux et littoraux et les zones d'expansion des crues, pour assurer la pérennité de leur fonctionnement**	**Disposition 1.1.5**. Gérer et entretenir les milieux humides de manière durable et concertée afin de préserver leurs fonctionnalités, la diversité des habitats et des espèces associées [Disposition en partie commune SDAGE – PGRI]	Incidence sur une zone humide	Afin de limiter les incidences du projet sur leurs fonctionnalités, le centre de stockage Cigéo n'est pas implanté sur une zone humide. Le passage au préalable d'un écologue pour les sites nécessitant une levée de doute au niveau des zones potentiellement humides pour les travaux entrepris sur la ligne 400 kV est prévu. Si la zone est définie comme à protéger suite au passage de l'écologue, des mesures d'évitement et de réduction seront mises en œuvre comme par exemple des plaques de roulement ou tout autre dispositif similaire sont mis en place pour protéger le sol des travaux entrepris. Mise en œuvre de mesure de compensation en respect des prescriptions des SDAGEs concernés si l'évitement de la zone humide n'a pas été possible.	Compatible
Orientation 1.2. **Préserver le lit majeur des rivières et étendre les milieux associés nécessaires au bon fonctionnement hydromorphologique et à l'atteinte du bon état**	**Disposition 1.2.3**. Promouvoir et mettre en œuvre le principe de non dégradation et de restauration des connexions naturelles entre le lit mineur et le lit majeur	Incidences potentielles des aménagements du projet	La réhabilitation de la ligne ferroviaire n° 027000 concerne une zone proche des périmètres à risque indiqués dans le plan de prévention des risques inondation sans y être inclus. La voie ferrée actuelle ne se situe pas dans le lit majeur de la rivière de l'Ornain hormis les zones où elle traverse déjà le cours d'eau. Le risque d'inondation et les dommages prévisibles lors des travaux sont pris en compte (abonnement Vigicrue ou dispositif similaire).	Compatible
	Disposition 1.2.5. Limiter les prélèvements dans les nappes et rivières contribuant au fonctionnement des milieux humides	Incidence sur une zone humide	Aucun prélèvement dans les eaux superficielles ou la nappe d'accompagnement des cours d'eau proche des opérations du projet global Cigéo n'est entrepris.	Compatible
		Incidence sur l'hydraulique des cours d'eau concernés	Les prélèvements dans les eaux superficielles des cours d'eau concernés par le centre de stockage Cigéo sont interdits.	Compatible
	Disposition 1.2.6. Éviter l'introduction et la propagation des espèces exotiques envahissantes ou susceptibles d'engendrer des déséquilibres écologiques	Aménagement des espaces verts Prolifération des espèces exotiques envahissantes pendant les travaux et la remise en état des pistes et plateformes provisoires lors des travaux de sécurisation de la ligne 400 kV	Il est sélectionné des espèces végétales non invasives pour l'aménagement des espaces verts. La mesure de limitation de la prolifération des espaces végétales invasives, est présentée dans le chapitre 6.3.3.6 du volume IV de l'étude d'impact (MR6). Les véhicules devront avoir été nettoyés avant leur emploi au sein des sites Natura 2000 et de la Réserve naturelle nationale. Il en sera de même pour les différents sites d'intervention et accès où la présence de ce type d'espèce serait avérée.	Compatible
Orientation 1.3. **Éviter avant de réduire, puis de compenser (séquence ERC) l'atteinte aux zones humides et aux milieux aquatiques afin de stopper leur disparition et leur dégradation**	**Disposition 1.3.1.** Mettre en œuvre la séquence ERC en vue de préserver la biodiversité liée aux milieux humides (continentaux et littoraux) des altérations dans les projets d'aménagement	Perturbation des prairies humides, des habitats, de la faune et de la flore au niveau des prairies humides (poussières, bruits, vibrations, lumière)	L'évitement des zones sensibles, telles que les zones humides, est privilégié. Une distance est respectée entre l'Ormançon et les installations de surface de zone puits, ainsi qu'entre la zone descenderie et l'Orge. Après le passage sur le terrain d'un écologue, le choix du tracé de moindre impact de la piste d'accès provisoire (au besoin des tracés alternatifs plus long sont étudiés pour éviter le franchissement d'un cours d'eau) est arrêté pour les travaux concernés par la ligne 400 kV (opération d'alimentation électrique). Au besoin, il est mis en place un passage provisoire adapté aux caractéristiques hydrauliques et écologiques des cours d'eau traversés pour les travaux concernés par la ligne 400 kV.	Compatible

Orientations	Disposition	Incidences du projet	Principales mesures envisagées (construction initiale et d'exploitation)	Compatibilité par rapport au SDAGE 2022-2027
Orientation 1.4. **Restaurer les fonctionnalités de milieux humides en tête de bassin versant et dans le lit majeur, et restaurer les rivières dans leur profil d'équilibre en fond de vallée et en connexion avec le lit majeur**	**Disposition 1.4.3.** Restaurer les zones d'expansion des crues et les milieux humides concourant à la régulation des crues [Disposition SDAGE- PGRI]	Expansion de crue dans la vallée de l'Ornain	La réhabilitation de la ligne ferroviaire n° 027000 concerne une zone proche des périmètres à risque indiqués dans le plan de prévention des risques inondation sans y être inclus. La voie ferrée actuelle ne se situe pas dans le lit majeur de la rivière de l'Ornain hormis les zones où elle traverse déjà le cours d'eau.	Compatible
		Expansion de crue dans les zones inondables traversés par la ligne 400 kV	Il n'existe pas de terrassement de grande ampleur diminuant la capacité de stockage en zone inondable pour les travaux de sécurisation de la ligne 400 kV. Aucun stockage de matériel et engins/matériel n'est réalisé dans les zones inondables. Le risque d'inondation et des dommages prévisibles lors des travaux sont pris en compte (abonnement Vigicrue ou dispositif similaire).	
Orientation 1.5. **Restaurer la continuité écologique en privilégiant les actions permettant à la fois de restaurer le libre écoulement de l'eau, le transit sédimentaire et les habitats aquatiques**	**Disposition 1.5.3.** Privilégier les solutions ambitieuses de restauration de la continuité écologique en associant l'ensemble des acteurs concernés	Dégradation de la fonctionnalité des continuités écologiques. Les principaux corridors aquatiques et humides sont : l'Ornain, le ruisseau de Naillemont, le ruisseau de l'Étang, et l'Ormançon	La zone puits est éloignée de la vallée de l'Ormançon pour éviter une incidence des sous-trames aquatiques et humides de l'Ormançon. Adaptation des ouvrages (ouvrages hydrauliques, ouvrages d'art) pour permettre le passage de la faune et maintenir la transparence hydraulique (notamment au niveau du ruisseau de l'Étang et du Naillemont pour l'ITE) Pour les travaux réalisés sur des ouvrages d'art enjambant un cours d'eau (notamment au niveau de l'Ornain pour les travaux de la ligne ferroviaire 02700), des batardeaux pourront être ponctuellement installés, cependant ils ne seront utilisés que si aucune autre solution n'est techniquement possible. Les travaux auront lieu hors période de reproduction des poissons et seront très ponctuels.	Compatible
Orientation 1.6. **Restaurer les populations des poissons migrateurs amphihalins du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers Normands**	**Disposition 1.6.1.** Assurer la montaison et la dévalaison au droit des ouvrages fonctionnels	Dégradation de la fonctionnalité des continuités écologiques. Les principaux corridors aquatiques et humides sont : l'Ornain, le ruisseau de Naillemont, le ruisseau de l'Étang, et l'Ormançon	La zone puits est éloignée de la vallée de l'Ormançon pour éviter une incidence des sous-trames aquatiques et humides de l'Ormançon Adaptation des ouvrages (ouvrages hydrauliques, ouvrages d'art) pour permettre le passage de la faune et maintenir la transparence hydraulique (notamment au niveau du ruisseau de l'Étang et du Naillemont pour l'ITE) Pour les travaux réalisés sur des ouvrages d'art enjambant un cours d'eau (notamment au niveau de l'Ornain pour les travaux de la ligne ferroviaire 02700), des batardeaux pourront être ponctuellement installés, cependant ils ne seront utilisés que si aucune autre solution n'est techniquement possible. Les travaux auront lieu hors période de reproduction des poissons et seront très ponctuels.	Compatible

Orientations	Disposition	Incidences du projet	Principales mesures envisagées (construction initiale et d'exploitation)	Compatibilité par rapport au SDAGE 2022-2027
Orientation fondamentale 2 - Réduire les pollutions diffuses en particulier sur les aires d'alimentation de captages d'eau potable				
Orientation 2.1. **Préserver la qualité de l'eau des captages d'eau potable et restaurer celle des plus dégradés**	**Disposition 2.1.7.** Lutter contre le ruissellement à l'amont des prises d'eau et des captages en zone karstique	Érosion des sols	Pour tout le projet global Cigéo, les rejets sont régulés et adaptés aux caractéristiques des cours d'eau concernés. Au niveau du centre de stockage, les pentes terrassées et le fil d'eau des fossés sont réduits pour ne pas augmenter les phénomènes de ruissellement. La végétalisation des espaces verts est entreprise au plus tôt pour réduire les vitesses de ruissellement et les volumes d'eaux pluviales.	Compatible
Orientation 2.3. **Adopter une politique ambitieuse de réduction des pollutions diffuses sur l'ensemble du territoire du bassin**	**Disposition 2.3.2.** Optimiser la couverture des sols en automne pour contribuer à atteindre les objectifs du SDAGE	Érosion des sols	La végétalisation des espaces verts est entreprise au plus tôt pour réduire les vitesses de ruissellement et les volumes d'eaux pluviales.	Compatible
	Disposition 2.3.4. Généraliser et pérenniser la suppression du recours aux produits phytosanitaires et biocides dans les jardins, espaces verts et infrastructures	Entretien des espaces verts, des bernes de voirie, des talus et voie ferrée et de la végétation sous la ligne 400 kV au niveau du couloir de servitude	Entretien des espaces verts, des bernes de voirie, des talus et voie ferrée et de la végétation sous la ligne 400 kV au niveau du couloir de servitude Pour toutes les opérations du projet global Cigéo, le recours aux meilleures techniques disponibles de désherbage alternatif est entrepris avec l'application de la politique « zéro phyto », si cette dernière est applicable à l'opération.	Compatible
	Disposition 2.3.6. Mieux connaître les pollutions diffuses par les contaminants chimiques	Acquisition, contrôle, exploitation et archivage de données sur les milieux locaux à très long terme par l'observatoire Pérenne de l'Environnement mis en place par l'Andra	Un dispositif de gestion et de communication des données est mis en place.	Compatible
Orientation 2.4. **Aménager les bassins versants et les parcelles pour limiter le transfert des pollutions diffuses**	**Disposition 2.4.2.** Développer et maintenir les éléments fixes du paysage qui freinent les ruissellements	Érosion des sols, augmentation des ruissellements et diffusion des pollutions	Au niveau du centre de stockage, les pentes terrassées et le fil d'eau des fossés sont réduits pour ne pas augmenter les phénomènes de ruissellement. La végétalisation des espaces verts est entreprise au plus tôt pour réduire les vitesses de ruissellement et les volumes d'eaux pluviales.	Compatible
	Disposition 2.4.3. Maintenir et développer les prairies temporaires ou permanentes	Érosion des sols et diffusion des pollutions	L'Andra prévoit la mise en œuvre de plusieurs sites de compensation écologique des milieux prairiaux.	Compatible

Orientations	Disposition	Incidences du projet	Principales mesures envisagées (construction initiale et d'exploitation)	Compatibilité par rapport au SDAGE 2022-2027
Orientation fondamentale 3 - Pour un territoire sain : réduire les pressions ponctuelles				
Orientation 3.1. Réduire les pollutions à la source	**Disposition 3.1.1.** Privilégier la réduction à la source des micropolluants et effluents dangereux	Rejet de substances polluante	Comme toute installation industrielle, un inventaire prévisionnel des substances produites est entrepris en phase de fonctionnement et des moyens de traitement adaptés sont définis pour un rejet répondant aux objectifs de bon état chimique et écologique des cours d'eau. Il en est de même en phase de travaux (aménagements préalables, construction initiale). Tout effluent liquide fait l'objet d'une gestion adaptée (collecte, traitement et rejet). Des mesures sont prises afin d'éviter toute infiltration accidentelle de polluants dans les sols, les eaux superficielles et les nappes d'eaux souterraines (règles de stockage, manutention, rétention, prise en compte des risques internes et externes, dispositifs de surveillance). Une distance est respectée entre l'Ormançon et les installations de surface zone puits, ainsi qu'entre l'Orge et la zone descenderie. Il est mis en place de mesures de protection de la Bureau lors de la construction du convoyeur. En phase travaux, l'installation de chantier générale pour la construction de l'installation terminale embranchée est implantée au niveau de la plateforme multimodale hors zone sensible pour le milieu aquatique et naturel.	Compatible
		Risque d'émission de micropolluants/de produits phytosanitaires, dans les eaux superficielles et souterraines	Toute substance dangereuse utilisée ou présente au sein des installations à toutes les phases du projet global Cigéo est identifiée. Des mesures organisationnelles et techniques sont mises en œuvre pour les ouvrages identifiés afin d'en supprimer ou d'en limiter autant que possible le risque de pollution associé. La collecte et le traitement de l'ensemble des déchets dans des filières adaptées sont mis en place. Une gestion des risques de pollution est entreprise. Les espaces verts et les accotements des voiries du centre de stockage Cigéo sont entretenus sans l'emploi de produits phytosanitaires comme le stipule les prescriptions applicables dans le périmètre de protection éloignée du captage de Rupt-aux-Nonains. Pour limiter l'apport de sel dans les eaux superficielles en saison hivernale, l'utilisation de sels en solution sous forme de saumure est privilégiée pour le déneigement des voiries internes au centre de stockage Cigéo. La mise en place des dispositifs de régulation et traitements qualitatifs des eaux pluviales et des effluents permet de réduire l'incidence sur les usages récréatifs et agricoles des cours d'eau, notamment l'abreuvement du bétail. Plusieurs mesures d'évitement et de réduction pour le sous-sol et les eaux superficielles permettent de réduire l'incidence lié à l'imperméabilisation des sols et l'altération de la qualité des eaux	Compatible
		Acquisition, contrôle, exploitation et archivage de données sur les milieux locaux à très long terme par l'observatoire Pérenne de l'Environnement mis en place par l'Andra	Un dispositif de gestion et de communication des données est mis en place.	Compatible

Orientations	Disposition	Incidences du projet	Principales mesures envisagées (construction initiale et d'exploitation)	Compatibilité par rapport au SDAGE 2022-2027
Orientation 3.2. **Améliorer la collecte des eaux usées et la gestion du temps de pluie pour supprimer les rejets d'eaux usées non traitées dans le milieu**	**Disposition 3.2.6.** Viser la gestion des eaux pluviales à la source dans les aménagements ou les travaux d'entretien du bâti	L'imperméabilisation des sols entraîne une diminution de la quantité d'eau pluviale infiltrée et donc une augmentation du débit spécifique.	Sur le centre de stockage Cigéo, l'eau pluviale sur les surfaces imperméabilisées est collectée et transférée vers des bassins qualitatifs pour traitement, puis vers des bassins quantitatifs qui régulent le débit de rejet. Le débit régulé des eaux pluviales rejetées par le centre de stockage Cigéo est inférieur au débit spécifique naturel du bassin versant correspondant, c'est-à-dire au débit spécifique sans le centre de stockage (sans imperméabilisation de la zone). Ce principe permet de ne pas aggraver le risque d'inondation à l'aval du point de rejet. La surface utilisée pour les zones d'intervention potentielle est optimisée. Elle se limite au strict nécessaire, en particulier lors des différentes activités de la phase d'aménagements préalables. Plusieurs mesures d'évitement et de réduction détaillées dans la partie sous-sol et dans la partie sur les eaux superficielles permettent de réduire l'incidence liée à l'imperméabilisation des sols : • décapage progressif pour éviter une mise à nu de la totalité des zones d'intervention potentielle ; • aménagements des installations de surface favorisant les espaces verts/Gestion alternative des eaux de pluie à la parcelle : Dès la fin des aménagements préalables, une stratégie de végétalisation de l'ensemble des zones d'intervention potentielle des installations de surface du centre de stockage Cigéo ne faisant plus l'objet de travaux en phase de construction initiale est entreprise. Les espaces verts non raccordés aux dispositifs de stockage et de rejet régulé des eaux pluviales sont conçus pour limiter ou retarder les ruissellements (gestion alternative des eaux pluviales à la parcelle) par infiltration directe des eaux dans le sol ; • végétalisation des verses : Au droit des verses en zone puits, le sol est reconstitué par la mise en œuvre de couches successives dont la nature et l'épaisseur dépendent des aménagements paysagers prévus. La végétation en surface va ralentir l'écoulement et favoriser le dépôt des particules sur lesquelles les polluants sont fixés. Elle permet également de lutter contre l'érosion des verses et d'éviter que les eaux de ruissellement soient chargées en matières en suspension. La végétalisation est progressive, les verses encore non végétalisées bénéficient d'un réseau de collecte des eaux de ruissellement avant traitement spécifique : • conception de certains bâtiments au sein du centre de stockage avec des toitures végétalisées : La conception architecturale des ouvrages du centre de stockage Cigéo se base sur la démarche développement durable retenue pour le centre de stockage Cigéo et prévoit notamment la mise en place de toitures végétalisées sur certains bâtiments. Ces dernières participent au parti paysager et l'intégration de ces ouvrages, en améliorent les performances thermiques et jouent un rôle très intéressant en matière de régulation des eaux de pluie. Elles retiennent une partie des eaux de pluie (rôle de stockage) et favorise le phénomène d'évapotranspiration et réduisent de fait les rejets liquides.	Compatible

Orientations	Disposition	Incidences du projet	Principales mesures envisagées (construction initiale et d'exploitation)	Compatibilité par rapport au SDAGE 2022-2027
Orientation 3.3. **Adapter les rejets des systèmes d'assainissement à l'objectif de bon état des milieux**	**Disposition 3.3.2.** Adapter les rejets des installations des collectivités et des activités industrielles et agricoles dans le milieu aux objectifs du SDAGE, en tenant compte des effets du changement climatique	Rejet d'effluents aqueux conventionnels et aucun rejet d'effluents aqueux non conventionnel	Le projet global Cigéo a été conçu pour respecter le bon État des masses d'eau. Un traitement adapté à la nature des eaux est réalisé avant tout rejet dans le milieu nature ou une gestion alternative à la parcelle est mise en œuvre. La gestion de tous les effluents conventionnels produits est assurée sur le centre de stockage Cigéo. Concernant les rejets non conventionnels produits uniquement à partir de la phase de fonctionnement du centre de stockage Cigéo, une collecte séparée des autres types d'eaux est prévue avec un traitement en dehors du site dans des filières spécifiques. Aucun rejet d'eau non conventionnelle dans le milieu local n'est prévu. Cf. Disposition 3.1.1 concernant les mesures sur les micropolluants 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). Le projet n'aura pas plus d'incidence à long terme avec le changement climatique dans la mesure où les installations de traitement, de régulation et de rejet sont dimensionnées en prenant comme hypothèse que les cours d'eau récepteurs sont en assec.	Compatible
Orientation 3.4. **Réussir la transition énergétique et écologique des systèmes d'assainissement**	**Disposition 3.4.1**. Valoriser les boues des systèmes d'assainissement	Production de boue par les STEP	Les deux stations d'épuration sont d'environ 1 700 Eq/Hab en zone descenderie et d'environ 700 Eq/Hab en zone puits. Le centre de stockage Cigéo étudie la valorisation des boues.	Compatible
Orientation fondamentale 4 – Pour un territoire préparé : assurer la résilience des territoires et une gestion équilibrée de la ressource en eau face au changement climatique				
Orientation 4.3. **Adapter les pratiques pour réduire les demandes en eau**	**Disposition 4.3.2.** Réduire la consommation d'eau potable	1,5	Aucune création de forage pour un usage d'alimentation en eau potable n'est prévue pour le centre de stockage Cigéo dans la nappe des calcaires du Barrois et la nappe du Kimméridgien-Oxfordien. Suite à la réalisation d'une étude de faisabilité quantitative, un raccordement sur le réseau existant d'adduction d'eau est envisagé avec l'opération d'adduction d'eau du projet global Cigéo. Cette mesure d'évitement permet de ne pas aggraver un risque de pénurie de la ressource. L'incidence réelle est non notable et perdure pendant toutes les phases du projet global Cigéo. Dans un souci d'économie de la ressource, des filières de traitement des eaux sont prévues sur le centre de stockage afin de recycler une partie des eaux produites. Ces eaux recyclées alimentent les postes les plus consommateurs en eau, notamment la fabrication du béton et l'arrosage des espaces verts, et fonctionnement du tunnelier. Une réutilisation prioritaire des eaux recyclées pour les besoins en eau potable perdure pendant toute la phase de fonctionnement du centre de stockage.	Compatible

Orientations	Disposition	Incidences du projet	Principales mesures envisagées (construction initiale et d'exploitation)	Compatibilité par rapport au SDAGE 2022-2027
	Disposition 4.3.3. Réduire la consommation d'eau des entreprises	Consommation d'eau importante Pompage des eaux d'exhaure pendant le creusement des liaisons surface-fond (nappes des Calcaires du Barrois, des Calcaires Kimméridgien, des Calcaires Oxfordien) et en phase de fonctionnement (Kimméridgien et Oxfordien) Étanchéité des bâtiments semi-enterrés en phase de fonctionnement et en cours de construction	Cf. Disposition 4.3.2 L'Andra a entrepris une concertation locale pour la gestion des ressources communes disponibles. Une optimisation des consommations d'eau est entreprise avec un recyclage des eaux usées, des eaux industrielles des installations de surface et des eaux de fond. Les prélèvements pour l'alimentation en eau potable sont effectués dans des secteurs éloignés du centre de stockage Cigéo, mais sans perturber les masses d'eau locales qui ne seraient pas suffisantes pour couvrir les besoins en eau potable des populations locales. L'opération d'adduction d'eau est établie dans ce sens avec une connexion au besoin entre différents réseaux pour sécuriser les approvisionnements en eau potable. Les descenderies et des puits au niveau des Calcaires du Barrois sont conçus de manière à être étanche. Le puits de ventilation (VVE) est conçu étanche sur toute sa hauteur alors que les autres puits hors Calcaires du Barrois sont non parfaitement étanches. Tous les ouvrages sont réalisés et exploités de façon à préserver la ressource en eau. Le risque d'inondation et des dommages prévisibles dans la conception des installations est pris en compte. Les zones imperméabilisées sont limitées au niveau des installations de surface et une végétalisation de toute zone non utilisée est entreprise au sein du centre de stockage Cigéo. L'ensemble des eaux de ruissellement et effluents conventionnel est collecté et géré au sein des installations de surface du centre de stockage Cigéo. Un traitement est réalisé avant rejet dans le milieu naturel local. Le risque d'inondation et des dommages prévisibles lors des travaux de sécurisation de la ligne 400 kV sont pris en compte (abonnement vigicrue ou dispositif similaire). Les zones imperméabilisées sont quasi inexistantes au terme des travaux de sécurisation de la ligne 400 kV et une remise en état des zones de travaux est entreprise à la fin du chantier.	Compatible

» SYNTHÈSE DE LA COMPATIBILITÉ DU PROJET GLOBAL CIGÉO PAR RAPPORT AU PROJET DE NOUVEAU SDAGE SEINE-NORMANDIE – À TITRE D'INFORMATION

Les activités et installations du projet global sont compatibles avec les orientations et les dispositions du projet actuel de SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau normands 2022-2027 (22).

5.9.1.2 Référentiel du SDAGE Rhin-Meuse 2022-2027 - applicable pour le projet de sécurisation de la ligne 400 kV

Le SDAGE Rhin-Meuse sur la période 2022-2027 a été adopté par le Comité de bassin Rhin-Meuse et arrêté par la préfète coordinatrice de bassin le 18 mars 2022 (34–37, 40).

Les orientations fondamentales du SDAGE Rhin-Meuse 2022-2027 pour une gestion équilibrée de la ressource en eau répondent aux six grands thèmes identifiés à l'issue de l'état des lieux :

- thème 1. Eau et santé ;
- thème 2. Eau et pollution ;
- thème 3. Eau, nature et biodiversité ;
- thème 4. Eau et rareté ;
- thème 5. Eau et aménagement du territoire ;
- thème 6. Eau et gouvernance.

Le SDAGE a été bâti autour des trois fondamentaux suivants :

- s'adapter au changement climatique ;
- penser la fonctionnalité des milieux naturels à l'échelle des territoires ;
- intégrer les évolutions de la décentralisation sur les politiques de l'eau.

L'analyse de la compatibilité de l'opération ligne 400 kV avec les orientations du SDAGE Rhin-Meuse 2022-2027 est présentée dans le tableau 5-34.

5.9.2 Compatibilité du projet global Cigéo avec le SRADDET Grand Est

Le Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires (SRADDET) est un document de planification qui, à l'échelle régionale, précise la stratégie, les objectifs et les règles fixées par la Région dans plusieurs domaines de l'aménagement du territoire. Il intègre et se substitue aux anciens plans et schémas existants, dont les SRCE.

Le SRADDET de la région Grand Est a été **adopté le 22 novembre 2019 et approuvé le 24 janvier 2020 (41)**. Ainsi, la Région et les territoires qui composent le Grand Est se dotent d'un outil stratégique pour concrétiser une ambition collective et relever les trois défis qui émergent du diagnostic territorial du SRADDET :

- faire région, à toute échelle, renforcer les coopérations ;
- dépasser les frontières pour un rayonnement du Grand Est ;
- réussir les transitions de nos territoires.

Pour la région Grand Est, le SRADDET définit une stratégie d'avenir avec la définition de **30 objectifs** déclinés en règles générales à appliquer (cf. Chapitre 1.2.1.10 du volume III de la présente étude d'impact). Les objectifs relatifs au volet « eau » sont présentés en suivant :

- objectif 6 : protéger et valoriser le patrimoine naturel, la fonctionnalité des milieux et les paysages ;
- objectif 7 : préserver et reconquérir la trame verte et bleue ;
- objectif 10 : améliorer la gestion qualitative et quantitative de la ressource en eau.

Les principales règles définies afin d'atteindre ces trois objectifs sont les suivantes :

- **règle n° 10** : réduire les pollutions diffuses afin de préserver la qualité des eaux servant notamment à la production d'eau potable, définir localement des dispositions concourant à la réduction des pollutions diffuses et ponctuelles de l'eau en cohérence avec les SDAGE ;
- **règle n° 11** : réduire les prélèvements d'eau. C'est-à-dire encourager les collectivités à fixer un objectif de réduction des prélèvements d'eau (réutilisation d'eaux pluviales et d'eaux usées traitées, entretien des espaces publics, équipement hydro-économes, etc.) et d'amélioration des rendements des réseaux (état des lieux, entretien, renouvellement le cas échéant, etc.) ;
- **règle n° 19** : préserver les zones d'expansion des crues en les inscrivant au cœur des projets d'aménagement ;
- **règle n° 25** : limiter l'imperméabilisation des sols en définissant les conditions permettant de limiter l'imperméabilisation des surfaces (sur la base de la séquence éviter-réduire-compenser) et de favoriser l'infiltration des eaux pluviales *in situ*, en cohérence avec les conditions d'infiltration locales.

L'analyse de la compatibilité des installations du projet global Cigéo avec les règles du SRADDET Grand Est est présentée dans le tableau 5-33.

Tableau 5-34 Analyse de la compatibilité du projet global Cigéo (ligne électrique 400 kV) avec le SDAGE Rhin-Meuse 2022-2027

Orientations	Incidences du projet	Principales mesures envisagées	Compatibilité avec le SDAGE Rhin-Meuse
Thème 2 « Eau et pollution »			
Orientation T2 - O1 **Réduire les pollutions responsables de la non-atteinte du bon état des eaux**	Pollution du milieu lors des travaux de sécurisation de la ligne électrique 400 kV	Mise en œuvre de modalités de travaux pour une gestion des risques de pollution accidentelle (stockage adapté des produits dangereux, présence de kit anti-pollution, entretien préventif des engins et matériel pour éviter les pannes sur site… Aucun rejet des eaux de laitance des travaux de renforcement des fondations de pylônes dans le milieu naturel local sans traitement préalable Formation du personnel de chantier sur le chantier sur les dangers des produits, leur toxicité et les bonnes pratiques à adapter pour limiter le risque d'accident	Compatible
Orientation T2 - O3 **Veiller à une bonne gestion des systèmes d'assainissement, publics et privés, et des boues d'épuration**	Imperméabilisation du sol au niveau du poste de transformation	Les eaux de pluie tombant dans l'emprise du poste de transformation sont gérées préférentiellement par de l'infiltration ou un écoulement libre. Les eaux de ruissellement, s'écoulant sur une surface imperméabilisée présentant un risque de pollution, sont préalablement collectées par un fossé étanche et traitées *via* un séparateur/récupérateur d'huile, avant rejet.	Compatible
Thème 3 « Eau, nature et biodiversité »			
Orientation T3 - O2 **Organiser la gestion des bassins versants et y mettre en place des actions respectueuses de milieux naturels, et en particulier de leurs fonctionnalités**	Pollution du milieu lors des travaux de sécurisation de la ligne électrique 400 kV	Pas de base de vie sur le site du chantier/pas de production ni de rejets d'eaux usées Interdiction des travaux dans le lit mineur des cours d'eau Choix du tracé de moindre impact de la piste d'accès provisoire (au besoin des tracés alternatifs plus long sont étudiés pour éviter le franchissement d'un cours d'eau) Passage au préalable d'un écologue sur site pour définir le tracé de moindre impact de la piste d'accès provisoire Mise en place de passage provisoire adapté aux caractéristiques hydrauliques et écologiques des cours d'eau traversés	Compatible
Orientation T3 - O3 **Restaurer ou sauvegarder les fonctionnalités naturelles des bassins versant, des sols et des milieux aquatiques, et notamment la fonction d'autoépuration**		Interdiction des travaux dans le lit mineur des cours d'eau Mise en place de passage provisoire adapté aux caractéristiques hydrauliques et écologiques des cours d'eau traversés Interdiction de prélever dans les cours d'eau pour les besoins du chantier (approvisionnement du chantier par citerne d'eau)	
Orientation T3 - O7 **Préserver les milieux naturels et notamment les zones humides**		Adaptation du calendrier d'intervention en fonction des espèces (avifaune essentiellement) Parfaire la connaissance des sites au droit des zones potentiellement humides/Passage au préalable d'un écologue sur site pour les sites nécessitant une levée de doute au niveau des zones potentiellement humides Privilégier les mois d'été pour la création des pistes d'accès Rebouchage des orniérages à la période favorable Mise en place de plaque sur le terrain pour protéger le sol si la zone est définie comme à protéger suite au passage de l'écologue sur site Remise en état des zones de travaux avec un enlèvement des matériaux extérieurs, un régalage des terres et un ensemencement au besoin Mise en œuvre de modalités de travaux pour une gestion des risques de pollution accidentelle (stockage adapté des produits dangereux, présence de kit anti-pollution…)	
Orientation T3 – O8 **Préserver et reconquérir la Trame verte et bleue (TVB) pour garantir le bon fonctionnement écologique des bassins versants**	Perturbation des cours d'eau et corridors associés lors des travaux situés à proximité	Interdiction des travaux dans le lit mineur des cours d'eau Choix du tracé de moindre impact de la piste d'accès provisoire (au besoin des tracés alternatifs plus long sont étudiés pour éviter le franchissement d'un cours d'eau) Passage au préalable d'un écologue sur site pour définir le tracé de moindre impact de la piste d'accès provisoire Mise en place de passage provisoire adapté aux caractéristiques hydrauliques et écologiques des cours d'eau traversés Adaptation du calendrier d'intervention en fonction des espèces (avifaune essentiellement)	Compatible

Orientations	Incidences du projet	Principales mesures envisagées	Compatibilité avec le SDAGE Rhin-Meuse
Thème 4 « Eau et rareté »			
Orientation T4 – O1 **Prévenir les situations de surexploitation et de déséquilibre quantitatif de la ressource en eau**	Réduction de la quantité d'eau présente dans le milieu	Interdiction de prélever dans les cours d'eau pour les besoins du chantier (approvisionnement du chantier par citerne d'eau)	Compatible

SYNTHÈSE DE LA COMPATIBILITÉ DU PROJET GLOBAL CIGÉO PAR RAPPORT AU SDAGE RHIN-MEUSE

L'opération de sécurisation de la ligne électrique 400 kV au-delà de Gondrecourt-le-Château est compatible avec le SDAGE du bassin Rhin-Meuse 2022-2027 (34-37).

Tableau 5-35 Analyse de la comptabilité du projet global Cigéo avec le SRADDET Grand Est

Règles	Incidences du projet	Principales mesures envisagées	Compatibilité avec le SRADDET Grand Est
Règle n° 10 : **Réduire les pollutions diffuses afin de préserver la qualité des eaux servant notamment à la production d'eau potable, définir localement des dispositions concourant à la réduction des pollutions diffuses et ponctuelles de l'eau en cohérence avec les SDAGE.**	Rejet d'effluents aqueux conventionnels et aucun rejet d'effluents aqueux non conventionnel	La réduction des pollutions diffuses visant à préserver la qualité des eaux a été déclinée en plusieurs actions au cœur du projet global Cigéo : • la mise en place de la politique « zéro produit phytosanitaire » en vigueur ; • la collecte et le traitement des eaux avant rejet, avec notamment les rejets des eaux usées conventionnelles, après traitement dans les stations d'épuration, et des eaux pluviales, après passage dans des dispositifs de traitement en zones puits et descenderie, qui sont compatibles avec le bon état chimique et écologique des eaux ; • l'entretien saisonnier des infrastructures linéaires entrepris selon les règles de l'art ; • les modalités de suivi de la qualité des cours d'eau, objets de rejets dans le milieu local.	Compatible
Règle n° 11 : **Réduire les prélèvements d'eau. C'est-à-dire encourager les collectivités à fixer un objectif de réduction des prélèvements d'eau (réutilisation d'eaux pluviales et d'eaux usées traitées, entretien des espaces publics, équipement hydro-économes etc.) et d'amélioration des rendements des réseaux (état des lieux, entretien, renouvellement le cas échéant, etc.).**	Consommation de la ressource en eau	Le projet global Cigéo propose de nombreuses mesures afin de réduire les prélèvements d'eau et d'améliorer le rendement des réseaux : • aucun prélèvement d'eau superficielles dans les cours d'eau concernées par le centre de stockage Cigéo pour les besoins en phase d'aménagements préalables, en phase de construction initial et en phase de fonctionnement dans les eaux superficielles ; • aucune création de forage dans les eaux souterraines pour les besoins en phase d'aménagements préalables, en phase de construction initial et en phase de fonctionnement dans les eaux superficielles : ✓ élaboration de l'opération d'adduction d'eau du projet global Cigéo pour assurer un bon approvisionnement mais également sécuriser l'alimentation des populations (étude de faisabilité quantitative pour le raccordement du centre de stockage Cigéo au réseau local d'adduction d'eau potable et création d'un réseau neuf d'approvisionnement des trois forages vers le centre de stockage Cigéo) ; ✓ réutilisation des eaux collectées dans les bassins ouverts en phase d'aménagements préalables ; ✓ traitement des eaux usées au sein des assainissement non collectif (ANC) en phase d'aménagements préalables ; ✓ recyclage des eaux de fonds, des eaux usées des eaux superficielles des installations de surface avec la mise en place de station d'épuration et de dispositif de traitement en phase de construction initiale et en phase de fonctionnement ; ✓ utilisation des eaux recyclées pour des usages non potables (arrosage espaces verts, fabrication de béton, fonctionnement du tunnelier) en phase de construction initiale et en phase de fonctionnement ; ✓ conception des bâtiments du centre de stockage Cigéo en prenant en compte des équipements hydro-économes (y compris les installations de chantier avec des bungalows écoresponsables).	Compatible
Règle n° 19 : **Préserver les zones d'expansion des crues en les inscrivant au cœur des projets d'aménagement.**	Incidence sur les zones inondables	La conception de toutes les opérations du projet global Cigéo prend en compte la zone d'expansion des crues et leur préservation. Des modalités de travaux spécifiques sont mises en œuvre pour les infrastructures déjà existantes et nécessitant des travaux, notamment pour les pylônes de la ligne électrique 400 kV et la plateforme ferroviaire de la ligne ferroviaire 027000.	Compatible

Règles	Incidences du projet	Principales mesures envisagées	Compatibilité avec le SRADDET Grand Est
Règle n° 25 : **Limiter l'imperméabilisation des sols en définissant les conditions permettant de limiter l'imperméabilisation des surfaces (sur la base de la séquence éviter-réduire-compenser) et de favoriser l'infiltration des eaux pluviales *in situ*, en cohérence avec les conditions d'infiltration locales.**	Imperméabilisation de grandes surfaces avec incidence aval potentielle sur des zones urbanisées (exemple : Saudron)	Le projet global Cigéo répond à la problématique de l'imperméabilisation des sols en mettant en place les mesures suivantes : ✓ gestion alternative des eaux à la parcelles au droit des zones puits et descenderie (infiltration directe des eaux pluviales *in situ*) ; ✓ mise en place d'un réseau de collecte séparatif des eaux pluviales et traitement avant rejet dans le milieu local sur les espaces présentant un risque de pollution des eaux ; ✓ création d'un parking en silo au niveau de la zone puits pour limiter la superficie du stationnement ; ✓ la surface d'imperméabilisation du sol reste assez limitée au regard de l'existant : - la zone puits présente une imperméabilisation d'environ 15 % ; - le centre de stockage présente une imperméabilisation d'environ 17 % ; - la zone descenderie présente une imperméabilisation d'environ 18 %.	Compatible

SYNTHÈSE DE LA COMPATIBILITÉ DU PROJET GLOBAL CIGÉO PAR RAPPORT AU SRADDET GRAND EST

Les activités et installations du projet global Cigéo sont compatibles avec le SRADDET Grand Est (14).

5.9.3 Compatibilité du projet global Cigéo avec les PGRI concernés

PLAN DE GESTION DES RISQUES INONDATION (PGRI)

Le plan de gestion du risque inondation est un document stratégique qui définit à l'échelle de chaque grand bassin (district hydrographique) les priorités en matière de gestion des risques d'inondation.

5.9.3.1 PGRI du bassin Seine-Normandie

L'aire d'étude éloignée du projet global Cigéo et les 2/3 de l'aire d'étude immédiate au droit de la ligne électrique 400 kV sont incluses dans le Plan de gestion des risque d'inondation du bassin Seine-Normandie (38) qui a été approuvé par arrêté le 3 mars 2022 pour la période de 2022-2027 (42).

Le PGRI du bassin Seine-Normandie a pour objectif d'apporter une plus-value par rapport aux dispositifs existants sur la base des acquis de l'expérience et constitue un socle d'actions qui seront amendées au fil des cycles de gestion successifs (2016-2021, 2022–2027…).

Le plan de gestion du risque inondation du bassin Seine-Normandie se décline selon 4 objectifs généraux. Les trois premiers objectifs sont issus de la stratégie nationale de gestion du risque d'inondation. Le quatrième est un objectif transversal qui concourt à l'atteinte des trois premiers. Le PGRI définit pour chacun de ses objectifs les dispositions ou actions jugées prioritaires à mettre en œuvre et proportionnées aux enjeux pour atteindre les objectifs.

L'analyse de la compatibilité des installations du projet global Cigéo avec le PGRI du bassin Seine-Normandie est présentée dans le tableau 5-36.

5.9.3.2 PGRI du bassin Rhin-Meuse

L'extrémité est de l'aire d'étude immédiate au droit de la ligne électrique 400 kV est incluse dans le Plan de gestion des risque d'inondation du bassin Rhin-Meuse (39) approuvé par arrêté du préfet coordonnateur de bassin le 21 mars 2022 (43). Il fixe des objectifs de gestion des risques inondation à l'échelle du district et des objectifs spécifiques pour les territoires à risque important d'inondation (TRI).

Les objectifs de gestion des inondations du district de la Meuse visent à intégrer et à mettre en cohérence les différentes thématiques de la gestion des risques inondations.

L'analyse de la compatibilité des installations du projet global Cigéo (extrémité ouest de la ligne électrique 400 kV au-delà de Gondrecourt-le-Château) avec le PGRI du bassin Rhin-Meuse est présentée dans le tableau 5-37.

5.9.4 Conformité du projet global Cigéo avec les PPRI concernés

Le projet global Cigéo doit être conforme aux prescriptions des PPRI concernés par les différentes opérations.

La démonstration de cette conformité est attendue dans les dossiers de demande d'autorisation d'urbanisme à venir et dans le cadre de la procédure d'autorisation d'urbanisme, et elle y sera intégrée.

5.9.5 Synthèse de la compatibilité du projet global Cigéo avec les outils de planification

- **Compatibilité du projet global Cigéo et de l'opération de sécurisation de la ligne 400 kV avec les SDAGEs en vigueur**

  Les activités et installations du projet global Cigéo sont compatibles avec le schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands 2022-2027 (22).

  La ligne électrique 400 kV est concernée par les SDAGE Seine-Normandie et Rhin-Meuse. L'opération de sécurisation de la ligne 400 kV est compatible avec le SDAGE Seine-Normandie 2022-2027 sur sa partie ouest, ainsi qu'avec le SDAGE du bassin Rhin-Meuse 2022-2027 (36), au-delà de Gondrecourt-le-Château sur sa partie est.

- **Compatibilité du projet global Cigéo et de l'opération de sécurisation de la ligne 400 kV avec le SRADDET Grand Est en vigueur**

  Adopté en novembre 2019 et approuvé en janvier 2020, le schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET) Grand Est (14) englobe l'aire d'étude éloignée du projet global Cigéo ainsi que l'opération de sécurisation de la ligne électrique 400 kV. Ces derniers sont compatibles avec les règles concernant la préservation de la ressource en eau du SRADDET Grand Est.

- **Compatibilité du projet global Cigéo et de l'opération de sécurisation de la ligne 400 kV avec les PGRIs en vigueur**

  L'aire d'étude éloignée du projet global Cigéo et les deux-tiers de l'aire d'étude au droit de la ligne électrique 400 kV sont inclus dans le plan de gestion des risques d'inondation (PGRI) du bassin Seine-Normandie approuvé en mars 2022 (38). L'extrémité est de l'aire d'étude au droit de la ligne électrique 400 kV est incluse dans le PGRI du bassin Rhin-Meuse approuvé en mars 2022 (39).

  Les activités et installations du projet global Cigéo et les travaux de sécurisation de la ligne électrique 400 kV sont compatibles avec le PGRI du bassin Seine-Normandie. Les travaux de sécurisation de la ligne électrique 400 kV (partie est à partir de Gondrecourt-le-Château) sont compatibles avec le PGRI du bassin Rhin-Meuse.

- **Conformité du projet global Cigéo avec les PPRI en vigueur**

  Le projet global Cigéo doit être conforme aux prescriptions des plans de prévention des risques d'inondation (PPRI) concernés par les différentes opérations.

  La démonstration de cette conformité est attendue dans les dossiers de demande d'autorisation d'urbanisme à venir et dans le cadre de la procédure d'autorisation d'urbanisme, et elle y sera intégrée.

- **Synthèse**

  Le projet global Cigéo est compatible avec l'ensemble des plans, programme en lien avec la préservation de la ressource en eau.

Tableau 5-36 Analyse de la compatibilité du projet global Cigéo avec le PGRI du bassin Seine-Normandie

Objectifs	Incidences du projet	Principales mesures envisagées	Compatibilité avec le PGRI Seine-Normandie
Objectif n° 1 : **Réduire la vulnérabilité des territoires**	Imperméabilisation des sols Risque d'inondation en aval	La conception du projet global Cigéo intègre les problématiques inondations. Par ailleurs, étant compatible avec les autres documents de planifications relatifs au risque inondation, la conception de ce projet global Cigéo ne modifie pas la vulnérabilité des territoires concernés.	Compatible
Objectif n° 2 : **Agir sur l'aléa pour augmenter la sécurité des personnes et réduire le coût des dommages**		La conception du projet global Cigéo prend en compte les aléas inondations.	Compatible
Objectif n° 3 : **Raccourcir fortement le délai de retour à la normale des territoires sinistrés/améliorer la prévision des phénomènes hydro-météorologiques et se préparer à gérer la crise**		Les ouvrages existants ou à venir ne sont pas à même de dégrader la situation actuelle. Le temps de résilience suite à une inondation demeure inchangé.	Compatible
Objectif n° 4 : **Mobiliser tous les acteurs pour consolider les gouvernances adaptées et la culture du risque**		Étant en amont du bassin versant, tous les membres du projet global Cigéo informeront de manière appropriée (vecteurs et fréquences) les responsables du PRGI des phénomènes susceptibles d'impacter l'aval. Des remontées régulières d'informations sont organisées afin de vérifier que le projet global Cigéo ne vient pas modifier ou exporter vers l'aval des risques d'inondation.	Compatible

» SYNTHÈSE DE LA COMPATIBILITÉ DU PROJET GLOBAL CIGÉO PAR RAPPORT AU PGRI DU BASSIN SEINE-NORMANDIE

Les activités et installations du projet global Cigéo sont compatibles avec le PGRI du bassin Seine-Normandie (44).

Tableau 5-37 Analyse de la compatibilité du projet global Cigéo avec le PGRI du bassin Rhin-Meuse

Objectifs	Incidences du projet	Principales mesures envisagées	Compatibilité avec le PGRI Rhin-Meuse
1. Favoriser la coopération entre les acteurs 2. Améliorer la connaissance et développer la culture du risque 3. Aménager durablement les territoires 4. Prévenir le risque par une gestion équilibrée et durable de la ressource en eau 5. Se préparer à la crise et favoriser le retour à une situation normale	Obstacle à l'écoulement des eaux des travaux de sécurisation de la ligne électrique 400 kV	Les travaux de sécurisation de la ligne électrique 400 kV ont une incidence très faible sur la gestion du risque inondation. En effet, les travaux portent sur des pylônes existants de la ligne électrique, aucun nouvel obstacle à l'écoulement des eaux ne sera installé et des mesures spécifiques sont mises en œuvre en phase travaux. Au droit de certains pylônes, les méthodes de travaux sont adaptées aux prescriptions techniques des PPRI et des arrêtés de protection des captages en eau potables concerné (avis hydrogéologue/ARS). Un abonnement à Vigicrue (ou un dispositif similaire) est pris pour pouvoir anticiper une crue d'un cours d'eau et replier le matériel présent dans le lit majeur du cours d'eau. Le stockage des engins et du matériel dans la zone inondable est interdit.	Compatible

» SYNTHÈSE DE LA COMPATIBILITÉ DU PROJET GLOBAL CIGÉO PAR RAPPORT AU PGRI DU BASSIN RHIN-MEUSE

Les travaux de sécurisation de la ligne électrique 400 kV (extrémité est au-delà de Gondrecourt-le-Château) sont compatibles avec le PGRI du bassin Rhin-Meuse (39).

TABLEAU DE TRAÇABILITE DES PRINCIPALES EVOLUTIONS DE FOND DE L'ETUDE D'IMPACT

Chapitre EI DAC		Prec-Car	Ev-Initial	Ev-Reg	Prec-RepSI	Précisions sur les évolutions apportées au contenu du volume IV de l'EI-DAC
	Général			X		Actualisation réglementaire avec le décret n° 2021-837 du 29 juin 2021 (45) 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				Modification du terme « incidences réelles » employé dans l'EI-DUP en « incidences après mesures d'évitement » dans l'EI-DAC
	Préambule	X				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 »
1.1.2	**Appréciation du niveau d'incidence**	X				Précisions apportées sur les éléments d'appréciation du niveau d'incidence
1.3.1	**Définition des mesures selon la séquence éviter/réduire/compenser les incidences**	X				Précisions apportées sur la présentation des mesures ERC
1.3.2	**Démarche d'analyse selon la séquence ERC**	X				Précisions apportées sur la démarche d'analyse des incidences potentielles et sur la présentation des synthèses des mesures mises en œuvre par thématiques
2.1.2	**Mesures d'évitement et de réduction**	X				Précisions apportées à la description des mesures et leurs modalités de suivi
2.1.4	**Synthèse des incidences et mesures sur les conditions météorologiques locales**	X				Actualisation du tableau et de l'encart de synthèse en cohérence avec le contenu du chapitre
2.2.1	**Incidences potentielles**	X				Précisions et justifications apportées sur les incidences potentielles sur les risques météorologiques Formalisation de la synthèse des incidences potentielles au sein d'un tableau
2.2.2	**Mesures d'évitement et de réduction**	X				Précisions apportées sur les mesures et leurs modalités de suivi
2.2.2.5	**Sécurisation de la ligne RTE**	X				Ajout d'une mesure de réduction « Sécurisation de la ligne RTE »
2.2.4	**Synthèse des incidences et mesures vis-à-vis des risques météorologiques et de la vulnérabilité au changement climatique**	X				Actualisation du tableau et de l'encart de synthèse en cohérence avec le contenu du chapitre
2.3.1	**Incidences potentielles**	X				Précisions et justifications apportées sur les incidences potentielles Formalisation de la synthèse des incidences potentielles au sein d'un tableau
2.3.3	**Incidences après mesures d'évitement**	X				Précisions apportées sur les calculs de bilan carbone
2.3.4	**Mesures de réduction**	X				Précisions apportées sur les mesures et leurs modalités de suivi ainsi que sur les caractéristiques des opérations
2.3.5	**Incidences résiduelles**	X				Précisions apportées sur les calculs de bilan carbone
2.2.4	**Synthèse des incidences et mesures relatives à l'énergie et aux émissions de GES**	X				Actualisation du tableau de synthèse en cohérence avec le contenu du chapitre
2.4.1.1	**Incidences potentielles**	X				Précisions et justifications apportées sur les incidences potentielles Formalisation de la synthèse des incidences potentielles au sein d'un tableau

Chapitre EI DAC		Prec-Car	Ev-Initial	Ev-Reg	Prec-RepSI	Précisions sur les évolutions apportées au contenu du volume IV de l'EI-DAC
2.4.1.2	Mesures d'évitement et de réduction	X				Précisions apportées sur les modalités de suivi des mesures Ajout de la mesure d'évitement « Réutilisation de déblais en remblais »
2.4.1.3	Incidences résiduelles	X				Précisions apportées concernant la méthodologie de modélisation ainsi que les concentrations d'émissions conventionnelles issues de la modélisation
2.4.1.4 2.4.2.4	Synthèse des incidences et mesures relatives aux émissions conventionnelles Synthèse des incidences et mesures relatives aux émissions de substances radioactives dans l'air	X				Actualisation du tableau et de l'encart de synthèse en cohérence avec le contenu du chapitre
2.4.2.1	Incidences potentielles	X				Précisions et justifications apportées sur les incidences potentielles Formalisation de la synthèse des incidences potentielles au sein d'un tableau
2.4.2.3	Incidences résiduelles	X				Actualisation de la modélisation des rejets radioactifs atmosphériques et des résultats qui en sont issus Précisions apportées sur la méthode de modélisation
3.1	Incidences potentielles	X				Précisions et justifications apportées sur les incidences potentielles sur les modifications du relief Formalisation de la synthèse des incidences potentielles au sein d'un tableau
3.3.1.2	Changement permanent d'occupation du sol	X				Précisions apportées sur les surfaces d'occupation du sol
3.3.3.2	Incidences résiduelles permanentes	X				Précisions apportées sur les incidences résiduelles permanentes sur l'occupation du sol
3.3.4	Mesures compensatoires	X				Précisions apportées sur les mesures de compensation écologiques, agricoles et sylvicoles
3.4.1	Incidences après mesures d'évitement	X				Précisions apportées sur les surfaces remaniées, les effets indirects liés aux émissions de gaz à effet de serre et à la destruction d'habitats et d'espèces
3.4.2.4	Valorisation des verses et déploiement progressif de la surface de stockage	X				Précisions apportées sur les verses « mortes » et l'évitement de la consommation d'espaces boisés par la valorisation des verses
3.5.1.2	Dépôt au sol des radionucléides émis dans l'air en phase de fonctionnement par l'INB Cigéo	X				Précisions apportées sur les dépôts des éléments radioactifs et l'activité massique du sol
3.5.1.3	Absence d'incidence des rayonnements produits par les colis de déchets radioactifs sur les terrains situés en surface	X				Création d'un nouveau chapitre dont le contenu est issu du chapitre 3.4.5.9.d du volume II de l'EI-DUP
3.5.2.2	Organisation globale du chantier	X				Développement de cette mesure générale et commune à plusieurs thématiques
3.5.2.3	Rappel des mesures de réduction relatives aux émissions atmosphériques	X				Mise en cohérence des mesures de réduction relatives aux émissions atmosphériques en lien avec l'évolution du chapitre 2 de l'EI-DAC
3.6	Synthèse des incidences et mesures sur les sols	X				Actualisation du tableau et de l'encart de synthèse en cohérence avec le contenu du chapitre
4.1	Incidences potentielles	x				Précisions et justifications apportées sur les incidences potentielles des perturbations des propriétés du Callovo-Oxfordien Formalisation de la synthèse des incidences potentielles au sein d'un tableau
4.2.1.1	Mesures de réduction du risque de pollution accidentelle physico-chimique	x				Création d'un nouveau chapitre relatif aux mesures de réduction du risque de pollution accidentelle physico-chimique
4.2.1.2	Mesures de réduction de la contamination radiologique et chimique par les colis et des perturbations des propriétés du Callovo-Oxfordien	x				Précisions apportées sur le stockage de colis de déchets et la préservation des propriétés des argilites Précisions et justifications apportées sur la préservation des propriétés du Callovo-Oxfordien
4.2.1.2.4	Définition d'un périmètre de droit exclusif et d'un périmètre de protection	x				Ajout d'une mesure de réduction « Définition d'un périmètre de droit exclusif et d'un périmètre de protection »
4.2.2.2	Contamination radiologique et chimique par les colis	x				Précisions apportées sur les sources d'émissions de radionucléides par les colis de déchets et sur l'absorption des rayonnements

Chapitre EI DAC		Prec-Car	Ev-Initial	Ev-Reg	Prec-RepSI	Précisions sur les évolutions apportées au contenu du volume IV de l'EI-DAC
4.2.2.3	Perturbations des propriétés du Callovo-Oxfordien	x			x	Ajout d'un chapitre sur l'incidence résiduelle relative aux perturbations des propriétés du Callovo-Oxfordien en cohérence avec le mémoire en réponse au procès-verbal de synthèse des observations de la commission d'enquête publique sur l'EI-DUP
4.2.2.4	Conclusion	x				Précisions et justifications apportées sur l'incidence résiduelle relative à la pollution physico-chimique et la contamination radiologique, sans modification du niveau d'incidence
4.3.3	Mesures de réduction	x				Précisions apportées sur la conception et la construction pour la prévention du risque de séismes, conformément aux règles spécifiques applicables aux installations nucléaires
4.3.4	Incidences résiduelles	x				Précisions apportées sur le risque sismique anthropique et l'incidence du pompage de gaz sur les infrastructures et installations du centre de stockage Cigéo
4.4.1	Mesures d'évitement	x				Précisions apportées sur le déploiement progressif de l'installation souterraine
4.4.3	Mesures de réduction	x				Ajout des mesures de réduction « Choix de l'orientation des alvéoles de stockage » et « Adaptation des fondations des bâtiments et des ouvrages au contexte géotechnique »
4.4.4	Incidences résiduelles	x				Précision des incidences résiduelles avec la vulnérabilité du projet global Cigéo aux risques de retrait-gonflement des argiles Précisions et justifications apportées sur l'incidence du projet global Cigéo vis-à-vis des risques de retrait-gonflement des argiles
4.5.1	Mesures d'évitement	x				Ajout d'une mesure d'évitement « implantation du centre de stockage Cigéo dans une zone ne présentant pas un caractère exceptionnel ou particulier en termes de ressources souterraines »
4.5.2	Incidences après mesures d'évitement	x				Précisions apportées sur les besoins en matériaux des opérations du projet global Cigéo
4.5.3.2	Mesures de réduction	x				Ajout d'une mesure de réduction « réemploi et traitement des matériaux »
4.5.5	Compatibilité du projet avec les schémas départementaux des carrières	x				Précisions apportées sur les objectifs et orientations des schémas départementaux de carrières et sur le recensement des ressources naturelles
4.6	Synthèse des incidences et mesures sur les sols	x				Actualisation du tableau et de l'encart de synthèse en cohérence avec le contenu du chapitre
5.1	Introduction à l'analyse des incidences sur les eaux	x				Ajout d'une introduction pour améliorer la compréhension du chapitre (eaux souterraines et superficielles concernées par le projet global Cigéo, types d'eaux générées et milieux récepteurs)
5.2	Incidences potentielles	x				Précisions apportées sur les phases concernées par chaque incidence potentielle Précisions apportées sur le rabattement des nappes d'eau souterraine au niveau des déblais créés par le projet global Cigéo et l'incidence potentielle sur la nappe du Dogger
5.2.1.1	Démarche d'évaluation des incidences quantitatives sur les eaux souterraines	x				Ajout d'un chapitre introductif pour expliquer la méthodologie d'analyse des incidences par la modélisation et introduire le nouveau modèle des calcaires du Barrois
5.2.4	Synthèse des incidences potentielles notables sur les eaux	x				Précisions et justifications apportées sur les incidences potentielles sur les eaux
5.3	Mesures d'évitement	x				Modification du titre et regroupement des chapitres relatifs aux eaux souterraines et aux eaux superficielles Ajout d'un tableau de synthèse des mesures d'évitement Regroupement des mesures d'évitement communes au centre de stockage Cigéo et aux opérations des autres MOA Regroupement des mesures d'évitement au chapitre 5.3 du présent volume Précisions apportées sur les modalités de suivi des mesures et sur l'application des mesures pour les opérations des autres maitres d'ouvrage
5.3.1.4	Interdiction de réalisation des prélèvements dans les cours d'eau	x				Précisions apportées sur la mesure d'évitement « Interdiction de réalisation des prélèvements dans les cours d'eau »
5.3.1.5	Pas d'emprise des installations temporaires et définitives dans les zones inondables identifiées	x				Précisions apportées sur la mise en œuvre de la mesure d'évitement « Pas d'emprise des installations temporaires et définitives dans les zones inondables identifiées » pour les opérations des autres maitres d'ouvrage et pour l'opération de caractérisation et de surveillance environnementale
5.3.2.1	Aucun rejet d'eau non traitée dans les cours d'eau	x				Précisions apportées sur l'absence d'effluent radioactif rejeté

Chapitre EI DAC		Prec-Car	Ev-Initial	Ev-Reg	Prec-RepSI	Précisions sur les évolutions apportées au contenu du volume IV de l'EI-DAC
5.3.2.2	Utilisation des routes et chemins existants à proximité des cours d'eau	x				Précisions apportées sur la mise en œuvre de la mesure d'évitement « Utilisation des routes et chemins existants à proximité des cours d'eau » pour l'opération d'alimentation électrique
5.3.3.1	Raccordement du centre de stockage Cigéo au réseau local d'adduction	x				Précisions de la mesure « Pas de création de nouveau forage dans les masses d'eau souterraine » de l'EI-DUP et sur les besoins en eau potable du centre de stockage et des collectivités
5.4	Mesures de réduction	x				Modification du titre et regroupement des chapitres relatifs aux eaux souterraines et aux eaux superficielles Ajout d'un tableau de synthèse des mesures de réduction Regroupement des mesures de réduction communes au centre de stockage Cigéo et aux opérations des autres maîtres d'ouvrage Précisions apportées sur les modalités de suivi des mesures et sur l'application des mesures pour les opérations des autres maîtres d'ouvrage
5.4.1.1	Conception adaptée de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine en zone descenderie	x				Précisions apportées sur la nappe des calcaires du Barrois
5.4.1.2	Dispositions constructives adaptées pour les liaisons surface-fond	x			x	Précisions apportées sur la mesure de réduction « Dispositions constructives adaptées pour les liaisons surface-fond » en cohérence avec le mémoire en réponse au procès-verbal de synthèse des observations de la commission d'enquête publique sur l'EI-DUP
5.4.1.3	Dispositions liées au creusement et à la réception des forages/piézomètres	x				Précisions apportées sur la mesure de réduction « Dispositions liées au creusement et à la réception des forages/piézomètres »
5.4.1.5	Limitation des surfaces imperméabilisées et du ruissellement	x			x	Précisions apportées sur la mesure de réduction « Limitation des surfaces imperméabilisées et du ruissellement » Précisions apportées sur l'infiltration au regard du pourcentage d'imperméabilisation des installations de surface du centre de stockage Cigéo, en cohérence avec le mémoire en réponse au procès-verbal de synthèse des observations de la commission d'enquête publique sur l'EI-DUP
5.4.1.6	Mise en place d'une gestion quantitative des eaux pour une non-aggravation du risque d'inondation en aval des points de rejet	x				Précisions apportées sur la mesure de réduction « Mise en place d'une gestion quantitative des eaux pour une non-aggravation du risque d'inondation en aval des points de rejet »
5.4.1.7	Optimisation des dispositifs d'assainissement et des ouvrages hydrauliques en privilégiant la réhabilitation des ouvrages existants	x				Précisions apportées sur la mesure de réduction « Optimisation des dispositifs d'assainissement et des ouvrages hydrauliques en privilégiant la réhabilitation des ouvrages existants »
5.4.1.8	Ouvrage de franchissement hydraulique défini par rapport aux caractéristiques écologiques et hydrauliques des cours d'eau	x				Précisions apportées concernant l'ouvrage de franchissement de la Bureau au niveau de la LIS
5.4.1.9	Dispositifs assurant la transparence hydraulique des aménagements	x				Précisions apportées sur la description des bassins versants interceptés et des ouvrages hydrauliques de rétablissement proposés
5.4.2	Mesures de réduction des incidences sur la qualité des eaux			x		Ajout d'un paragraphe sur la réglementation liée à la qualité des eaux
5.4.2.1	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	x				Précisions apportées à la mesure de réduction sur l'origine des eaux, leur gestion, leur traitement, le rendement épuratoire et la pollution accidentelle
5.4.2.2	Mise en place d'un dispositif de traitement complémentaire des eaux de ruissellement des verses	x				Précisions apportées aux mesures de réduction sur l'origine des eaux, leur gestion, leur traitement et le rendement épuratoire
5.4.2.3	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				
5.4.2.4	Mise en place d'un dispositif de traitement des eaux de fond par zone	x				
5.4.2.5	Gestion des effluents non conventionnels	x				Précisions apportées sur la mesure de réduction « Gestion des effluents non conventionnels »
5.4.2.7	Utilisation de sels en solution sous forme de saumure pour limiter l'apport de sel dans les eaux superficielles en saison hivernale	x				Précisions apportées sur la mesure de réduction « Utilisation de sels en solution sous forme de saumure pour limiter l'apport de sel dans les eaux superficielles en saison hivernale »

Chapitre EI DAC		Prec-Car	Ev-Initial	Ev-Reg	Prec-RepSI	Précisions sur les évolutions apportées au contenu du volume IV de l'EI-DAC
5.4.2.10	Mise en place de dispositifs de stockage adaptés pour les produits dangereux	x				Précisions apportées sur la mesure de réduction « Mise en place de dispositifs de stockage adaptés pour les produits dangereux »
5.4.3.1	Conception et travaux limitant les incidences sur les usages des eaux souterraines	x				Précisions apportées relatives aux usages connus des nappes du Calcaires du Barrois et du Kimméridgien Oxfordien
5.4.3.2	Réutilisation prioritaire des eaux traitées pour les besoins en eau potable du centre de stockage Cigéo	x				Précisions apportées sur le stockage et le recyclage des eaux
5.5	Incidences résiduelles	x				Ajout d'un chapitre de synthèse des incidences résiduelles présentées par grand type d'incidence : quantitatif/qualitatif/usages
5.5.1	Incidences quantitatives résiduelles	x				Précisions apportées sur les résultats de la modélisation de l'Oxfordien et les effets du projet sur les transferts nappe Ajout des résultats de la modélisation hydraulique pour l'Orge, la Bureau et l'Ormançon
5.5.2	Incidences résiduelles sur la qualité des eaux	x				Précisions apportées sur les rejets (normes, volumes, flux…)
5.6	Mesures de compensation	x				Regroupement des chapitres relatifs aux mesures de compensation des eaux souterraines et superficielles
5.7	Synthèse des incidences et mesures	x				Actualisation du tableau et de l'encart de synthèse en cohérence avec le contenu du chapitre
5.8	Incidences liées aux émissions chimiques et effluents non conventionnels sur la santé humaine	x				Ajout d'un chapitre sur les incidences liées aux émissions chimiques et effluents non conventionnels sur la santé humaine, en lien avec les actualisations apportées au volume VI
5.9	Compatibilité du projet global Cigéo avec les outils de planification			x		Actualisation suite à l'adoption du SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands 2022-2027 et du SDAGE Rhin-Meuse 2022-2027 (22, 36) Actualisation suite à l'adoption du PGRI du bassin Seine-Normandie 2022-2027 et du PGRI Rhin-Meuse 2022-2027 (39, 44)

Prec-Car : 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

Ev-Initial : l'évolution de l'état initial de l'environnement en lien avec la date de dépôt de l'étude d'impact

Ev-Reg : les évolutions réglementaires

Prec-RepSI : 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

TABLES DES ILLUSTRATIONS

Figures

Figure 1-1 Présentation générale de la démarche d'évaluation des incidences (impacts) 8
Figure 1-2 Des effets de différents types 8
Figure 1-3 Principales phases du projet 10
Figure 1-4 Démarche éviter réduire compenser 11
Figure 2-1 Variation du panache de fumée selon les conditions météorologiques 14
Figure 2-2 Représentation schématique du phénomène d'ilot de chaleur 15
Figure 2-3 Obstacle à l'écoulement du vent, représentation du phénomène de turbulence 16
Figure 2-4 Représentation schématique du phénomène d'ombre portée 16
Figure 2-5 Effets de la pollution de l'air sur l'environnement et la santé humaine 33
Figure 2-6 Arrosage des pistes pour limiter l'envol de poussières par temps sec 36
Figure 2-7 Concentration en NOx (µg/m³) en phase de construction initiale 44
Figure 2-8 Concentration en SO_2 (µg/m³) en phase de construction initiale 45
Figure 2-9 Concentration en PM10 (µg/m³) en phase de construction initiale 45
Figure 2-10 Concentration en PM2,5 (µg/m³) en phase de construction initiale 46
Figure 2-11 Concentration en benzène (µg/m³) en phase de construction initiale 46
Figure 2-12 Concentration en NOx (µg/m³) en phase de fonctionnement 51
Figure 2-13 Concentration en SO_2 (µg/m³) en phase de fonctionnement 52
Figure 2-14 Concentration en PM10 (µg/m³) en phase de fonctionnement 52
Figure 2-15 Concentration en PM2,5 (µg/m³) en phase de fonctionnement 53
Figure 2-16 Concentration en benzène (µg/m³) en phase de fonctionnement 53
Figure 2-17 Illustration des modélisations de la dispersion atmosphérique des gaz et aérosols 62
Figure 2-18 Rose des vents à la station atmosphérique d'Houdelaincourt 63
Figure 2-19 Illustration des concentrations maximales en tritium dans l'air associées aux rejets par le centre de stockage Cigéo 64
Figure 3-1 Occupation du sol au sein de la zone d'intervention potentielle 72
Figure 3-2 Occupation du sol au sein de la zone d'intervention potentielle – zoom sur le centre de stockage Cigéo 73
Figure 3-3 Plan de principe de localisation du déploiement des verses en zone puits 81
Figure 3-4 Exemple de pictogramme d'identification des déchets collectés au sein des zones d'intervention potentielle 85
Figure 4-1 Photographie d'une radiographie très haute énergie d'un colis contenant un fût de déchets technologiques placé dans un conteneur en béton 96
Figure 4-2 Illustration d'un colis de stockage des déchets vitrifiés avec son conteneur de stockage 96
Figure 4-3 Illustration d'un colis de stockage MA-VL en conteneur béton 97
Figure 4-4 Carte du périmètre de droit exclusif 98
Figure 4-5 Carte du périmètre de protection 99
Figure 4-6 Représentation de la fracturation induite autour des ouvrages suivant leurs orientations par rapport à la contrainte horizontale mineure (gauche) et majeure (droite) 102
Figure 4-7 Risque de mouvements de terrain 104
Figure 4-8 Risque de mouvements de terrain – zoom sur le centre de stockage Cigéo 105
Figure 4-9 Production de granulats en Région Grand Est 108
Figure 4-10 Distance entre le centre de stockage Cigéo et les potentielles carrières d'approvisionnement 108
Figure 4-11 Taille des potentielles carrières d'approvisionnement du centre de stockage Cigéo 108
Figure 4-12 Raccordement des carrières au réseau ferré 109
Figure 4-13 Distances entre le centre de stockage Cigéo et les potentielles cimenteries 109
Figure 4-14 Localisation et production annuelle des cimenteries les plus proches du centre de stockage Cigéo 109
Figure 5-1 Localisation du projet global Cigéo au sein du réseau hydrographique 121
Figure 5-2 Carte des sous-secteurs hydrographiques et des zones hydrographiques présents dans l'aire d'étude éloignée de la thématique eau (source : Sandre, novembre 2019) 122
Figure 5-3 Schéma de principe d'un rabattement de nappe par pompage 124
Figure 5-4 Coupe géologique - hydrologique schématique au niveau de la vallée de l'Orge en amont de Saudron 126
Figure 5-5 Localisation des zones de fracturation au droit de l'aire d'étude éloignée du projet global Cigéo 132
Figure 5-6 Coupe schématique des grandes formations géologiques traversées 133
Figure 5-7 Principe d'organisation de la zone de soutien logistique travaux et de la zone de soutien logistique exploitation en zone puits 133
Figure 5-8 Localisation des ressources sollicitées dans le cadre de l'opération d'adduction d'eau 138
Figure 5-9 Conséquences de l'effet barrage généré par un obstacle souterrain 141
Figure 5-10 Schéma de principe de la collecte des eaux d'infiltration pour les puits semi-étanches) 143
Figure 5-11 Principe de construction des puits pour éviter la mise en communication des aquifères traversés 144
Figure 5-12 Vue en coupe d'un bulbe d'étanchéité 144
Figure 5-13 Exemple de configuration possible du bâtiment EP1 et de la tête de descenderie 146
Figure 5-14 Schéma d'écoulement des eaux en zone descenderie 151
Figure 5-15 Schéma d'écoulement des eaux en zone puits 152
Figure 5-16 Schéma illustratif de la filière de gestion quantitative des eaux pluviales (à partir de la phase de construction initiale) 152
Figure 5-17 Carte de localisation des points de rejets liquides du centre de stockage Cigéo 153
Figure 5-18 Trancheuse pour pose de canalisation 155
Figure 5-19 Ouvrages hydrauliques de rétablissement au niveau de la liaison intersites 157
Figure 5-20 Localisation des ouvrages liés à la gestion des eaux pluviales en zone descenderie 159
Figure 5-21 Localisation des ouvrages liés à la gestion des eaux pluviales en zone puits 159
Figure 5-22 Schéma d'ensemble de la filière de traitement des eaux pluviales 160
Figure 5-23 Ouvrage de régulation en sortie des bassins qualitatifs 160
Figure 5-24 Schéma de principe d'un bassin de décantation hors sol (A) ou enterré (B) 161
Figure 5-25 Exemples de fossé de collecte des eaux de chantier 161
Figure 5-26 Schéma illustratif de la filière de traitement qualitatif des eaux pluviales (à partir de la phase de construction initiale) 162

Figure 5-27 Exemple d'aménagements de surface d'un poste électrique (hors équipements électriques) avec les ouvrages hydrauliques 163
Figure 5-28 Schéma illustratif de la filière de traitement qualitatif des eaux de ruissellement des verses 165
Figure 5-29 Localisation de la station de traitement des eaux usées de la zone descenderie 168
Figure 5-30 Localisation de la station de traitement des eaux usées de la zone puits 168
Figure 5-31 Schéma illustratif de la filière de traitement qualitatif des eaux usées et industrielles 169
Figure 5-32 Station de traitement des eaux usées – vue en plan type (zone descenderie et zone puits) 169
Figure 5-33 Localisation des ouvrages de la filière de traitement des eaux de fond en zone descenderie 171
Figure 5-34 Localisation de la station de traitement des eaux de fond de la zone puits 171
Figure 5-35 Localisation des réservoirs de distribution des eaux recyclées en zone descenderie 172
Figure 5-36 Localisation des réservoirs de distribution des eaux recyclées en zone puits 172
Figure 5-37 Filière de traitement des eaux de fond prévue en premier traitement 172
Figure 5-38 Schéma illustratif d'ensemble du dispositif de traitement des eaux de fond 173
Figure 5-39 Localisation des principaux enjeux de captages d'eau souterraine pris en compte dans la modélisation hydrogéologique de la nappe du Barrois 178
Figure 5-40 Evaluation de la perturbation hydraulique maximale (m) liée au creusement des liaisons surface-fond dans l'aquifère de l'Oxfordien calcaire inférieur (gauche) et supérieur (droite) au début de la phase de construction initiale (t = 0) et après 40 ans et 100 ans en régime transitoire 182
Figure 5-41 Evaluations enveloppes de la perturbation hydraulique m) en régime transitoire et en régime permanent dans la nappe supérieure de l'Oxfordien calcaire 183
Figure 5-42 Localisation des bassins et points de calculs de la simulation hydrologique pour l'Orge et la Bureau 186
Figure 5-43 Différence de profondeur d'inondation dans l'Orge en phase de construction initiale par rapport aux conditions actuelles (CA) pour une période de retour 10 ans 186
Figure 5-44 Différence de profondeur d'inondation dans l'Orge en phase de fonctionnement par rapport aux conditions actuelles (CA) pour une période de retour 100 ans 187
Figure 5-45 L'Orge : étendue et profondeur d'inondation (m), phase de construction initiale avec une période de retour de 10 ans 187
Figure 5-46 L'Orge : étendue et profondeur d'inondation (m), phase de fonctionnement avec une période de retour de 100 ans 188
Figure 5-47 Profondeurs d'inondation dans la Bureau en conditions actuelles et en phase de construction initiale pour une période de retour 10 ans 189
Figure 5-48 Différence de profondeur d'inondation dans la Bureau en phase de fonctionnement par rapport aux conditions actuelles (CA) pour une période de retour 100 ans 189
Figure 5-49 La Bureau : étendue et profondeur d'inondation (m), phase de construction initiale avec une période de retour de 10 ans 190
Figure 5-50 La Bureau : étendue et profondeur d'inondation (m), phase de fonctionnement avec une période de retour de 100 ans 190
Figure 5-51 Profondeurs d'inondation dans l'Ormançon en conditions actuelles et en phase de construction initiale pour une période de retour 10 ans 191
Figure 5-52 Différence de profondeur d'inondation dans l'Ormançon en phase de fonctionnement par rapport aux conditions actuelles (CA) pour une période de retour 100 ans 192
Figure 5-53 L'Ormançon : étendue et profondeur d'inondation (m), phase de construction initiale avec une période de retour de 10 ans 192
Figure 5-54 L'Ormançon : étendue et profondeur d'inondation (m), phase de fonctionnement avec une période de retour de 100 ans 193
Figure 5-55 Schéma illustratif de principe de la gestion des eaux au droit de la zone descenderie en fin d'aménagements préalables et en phase de construction initiale 195
Figure 5-56 Schéma illustratif de principe de la gestion des eaux au droit de la zone descenderie en phase de fonctionnement (les effluents non conventionnels correspondent aux eaux alvéoles HA sur ce schéma) 195
Figure 5-57 Schéma illustratif de principe de la gestion des eaux au droit de la zone puits en fin d'aménagements préalables et en phase de construction initiale 196
Figure 5-58 Schéma illustratif de principe de la gestion des eaux au droit de la zone puits en phase de fonctionnement 196
Figure 5-59 Localisation des ouvrages de gestion des eaux et de traitement des effluents liquides conventionnels en zone descenderie 197
Figure 5-60 Localisation des infrastructures de gestion des effluents liquides conventionnels en zone puits 197

Tableaux

Tableau 1-1 Éléments d'appréciation du niveau d'incidence (grille indicative d'évaluation) 9
Tableau 1-2 Exemple de tableau de présentation d'une mesure ERC 11
Tableau 1-3 Exemple de tableau de synthèse des incidences potentielles du projet global Cigéo 12
Tableau 1-4 Exemple de tableau de synthèse des mesures mises en œuvre dans le cadre du projet global Cigéo 12
Tableau 2-1 Incidences potentielles du projet global Cigéo sur les conditions météorologiques 17
Tableau 2-2 Synthèse des mesures mises en œuvre pour limiter l'impact sur les conditions météorologiques locales dans le cadre du projet global Cigéo 19
Tableau 2-3 Incidences potentielles du projet global Cigéo aux risques météorologiques 20
Tableau 2-4 Synthèse des mesures mises en œuvre pour limiter l'impact à long terme sur les conditions météorologiques locales et donc les effets des risques météorologiques et du changement climatique dans le cadre du projet global Cigéo 23
Tableau 2-5 Incidences potentielles du projet global Cigéo sur l'énergie et les gaz à effet de serre 24
Tableau 2-6 Synthèse des mesures mises en œuvre pour limiter les émissions de gaz à effet de serre dans le cadre du projet global Cigéo 30
Tableau 2-7 Incidences potentielles des émissions conventionnelles du projet global Cigéo sur la qualité de l'air 33
Tableau 2-8 Principaux effets de la pollution atmosphérique sur l'environnement et la santé humaine 34
Tableau 2-9 Recensements des sources d'émissions atmosphériques en phase d'aménagements préalables 39
Tableau 2-10 Recensements des sources d'émissions atmosphériques en phase de construction initiale 40
Tableau 2-11 Concentrations en moyenne annuelle – Incidences liées à la zone puits (ZP) en phase de construction initiale 41
Tableau 2-12 Concentrations en moyenne annuelle – Incidences liées à la zone descenderie (ZD) en phase de construction initiale 42
Tableau 2-13 Concentrations en moyenne annuelle – Incidences cumulées (ZP + ZD + LIS + Trafic) en phase de construction initiale 43
Tableau 2-14 Recensements des sources d'émissions atmosphériques en phase de fonctionnement 47
Tableau 2-15 Concentrations en moyenne annuelle – Incidences liées à la zone puits (ZP) en phase de fonctionnement 48
Tableau 2-16 Concentrations en moyenne annuelle – Incidences liées à la zone descenderie (ZD) en phase de fonctionnement 49
Tableau 2-17 Concentrations en moyenne annuelle – Incidences cumulées (ZP + ZD + LIS + Trafic) en phase de fonctionnement 50
Tableau 2-18 Synthèse des mesures mises en œuvre pour limiter l'impact des émissions conventionnelles dans l'air dans le cadre du projet global Cigéo 55
Tableau 2-19 Incidences potentielles des émissions radioactives du projet global Cigéo sur la qualité de l'air 60
Tableau 2-20 Rejets radioactifs atmosphériques annuels maximaux de l'installation nucléaire de surface 61
Tableau 2-21 Rejets radioactifs atmosphériques annuels maximaux de l'installation souterraine 61
Tableau 2-22 Concentrations annuelles maximales dans l'air des éléments radioactifs émis par le centre de stockage Cigéo en phase de fonctionnement 64
Tableau 2-23 Correspondance en activité volumique dans l'air de la limite d'impact au public 64
Tableau 2-24 Synthèse des mesures mises en œuvre pour limiter l'impact des émissions radioactives dans l'air dans le cadre du projet global Cigéo 65
Tableau 2-25 Prise en compte des règles Climat-Air-Énergie du SRADDET Grand Est dans le projet global Cigéo 67
Tableau 3-1 Incidences potentielles du projet global Cigéo sur le sol 70
Tableau 3-2 Occupation du sol actuelle dans la zone d'intervention potentielle du projet global Cigéo 74
Tableau 3-3 Occupation du sol de la zone d'intervention potentielle du projet global Cigéo - phase fonctionnement (incluant la Z3) 77
Tableau 3-4 Estimation des ordres de grandeurs des déblais et remblais générés par les quatre autres opérations du projet global 79
Tableau 3-5 Dépôts de poussières moyens annuels totaux modélisés et comparées aux valeurs de référence (15) 82
Tableau 3-6 Dépôts annuels potentiels au sol des éléments radioactifs émis par le centre de stockage Cigéo en phase de fonctionnement au niveau du village de Bure 82
Tableau 3-7 Activité massique du sol à Bure (en Bq/kg) 83
Tableau 3-8 Synthèse des mesures mises en œuvre pour les sols dans le cadre du projet global Cigéo 87
Tableau 4-1 Incidences potentielles du projet global Cigéo sur le sous-sol 94
Tableau 4-2 Quantification des consommations de matériaux de construction par période homogène pour la construction du centre de stockage Cigéo 107
Tableau 4-3 Analyse de la compatibilité du projet global avec le schéma départemental des carrières de Haute-Marne 110
Tableau 4-4 Analyse de la compatibilité du projet global avec le Schéma Départemental des carrières de la Meuse 111
Tableau 4-5 Synthèse des mesures mises en œuvre pour le sous-sol dans le cadre du projet global Cigéo 112
Tableau 5-1 Tableau de synthèse des incidences potentielles sur les eaux par opération et phase du projet global Cigéo 129
Tableau 5-2 Synthèse des mesures d'évitement sur les eaux par phase et par opération 131
Tableau 5-3 Volume considéré ($m^3.j^{-1}$) pour les études d'incidence du projet sur la disponibilité de la ressource en eau 137
Tableau 5-4 Besoins en eau actuels et futurs du SIAEP de la région d'Échenay 137
Tableau 5-5 Besoins en eau actuels et futurs du SIAEP de Thonnance/Suzannecourt 137
Tableau 5-6 Synthèse des mesures de réduction sur les eaux par phase et par opération 139
Tableau 5-7 Tableau de l'occupation des sols et situation en fin de construction initiale sur l'emprise des périmètres INB 148
Tableau 5-8 Tableau des différents types de surfaces au sein de la zone d'intervention potentielle du centre de stockage Cigéo 148
Tableau 5-9 Tableau des différents types de surfaces au sein de la zone d'intervention potentielle des opérations des autres maîtres d'ouvrage et de l'opération de caractérisation et de surveillance environnementale sous maitrise d'ouvrage Andra 149
Tableau 5-10 Tableau des surfaces collectées par les différents bassins de gestion des eaux pluviales du centre de stockage Cigéo 151
Tableau 5-11 Comparaison des débits régulés (L/s/ha) des eaux pluviales rejetées par le centre de stockage Cigéo et les débits spécifiques (L/s/ha) des bassins versants 152
Tableau 5-12 Principe de dimensionnement des ouvrages hydrauliques pour les infrastructures linéaires du centre de stockage Cigéo 154
Tableau 5-13 Ouvrages de franchissement hydraulique existant le long de la ligne ferroviaire 027000 155
Tableau 5-14 Travaux et actions préconisés sur les ouvrages existants de l'ITE 156

Tableau 5-15	Synthèse des ouvrages hydrauliques au droit de la liaison intersites	156
Tableau 5-16	Tableau des concentrations (mg/l) des eaux pluviales (hors eaux de ruissellement des verses) en entrée et en sortie de filière de traitement	162
Tableau 5-17	Tableau des concentrations (mg/l) des eaux pluviales de verses en entrée et en sortie de filière de traitement sur la zone puits	166
Tableau 5-18	Tableau des concentrations des eaux usées et industrielles de surface en entrée et en sortie de filière de traitement pour la zone descenderie et la zone puits (22)	170
Tableau 5-19	Tableau des concentrations (mg/l) des eaux de fond en entrée et en sortie de filière de traitement	173
Tableau 5-20	Pollution hivernale : Sources d'incidence qualitative sur les eaux de surface au terme de la phase de construction initiale pour une action préventive en sel	176
Tableau 5-21	Captages (hors AEP) recensés en bases de données administratives susceptibles d'être affectés par le cône de rabattement de la nappe des calcaires du Barrois induit par l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine	178
Tableau 5-22	Nombre et le volume (m^3) des réservoirs de stockage des eaux pluviales, des effluents traités au sein des stations d'épuration et des dispositifs de traitement	180
Tableau 5-23	Débits de pointe résultant des scénarios de simulation hydrologique pour l'Orge et la Bureau	186
Tableau 5-24	Débits de pointe résultant des scénarios de simulation hydrologique pour l'Ormançon	191
Tableau 5-25	Choix de conception et principes de gestion des effluents liquides	194
Tableau 5-26	Normes de rejet applicables au site	198
Tableau 5-27	Répartition des volumes d'eau (m^3) rejetés dans l'Ormançon	199
Tableau 5-28	Répartition des volumes d'eau (m^3) rejetés dans la Bureau	199
Tableau 5-29	Répartition des flux de pollution (kg/j) rejetés dans l'Ormançon – Somme des eaux de verse, eaux de fond et eaux usées	200
Tableau 5-30	Répartition des flux de pollution (kg/j) rejetés dans la Bureau	201
Tableau 5-31	Incidences résiduelles sur les cours d'eau pour le projet global - État chimique et écologique des eaux superficielles	203
Tableau 5-32	Synthèse des mesures d'évitement, de réduction et des modalités de suivi de ces mesures pour les incidences sur les eaux souterraines et superficielles	207
Tableau 5-33	Analyse de la compatibilité du projet global Cigéo avec le SDAGE Seine-Normandie 2022-2027	228
Tableau 5-34	Analyse de la compatibilité du projet global Cigéo (ligne électrique 400 kV) avec le SDAGE Rhin-Meuse 2022-2027	236
Tableau 5-35	Analyse de la comptabilité du projet global Cigéo avec le SRADDET Grand Est	238
Tableau 5-36	Analyse de la compatibilité du projet global Cigéo avec le PGRI du bassin Seine-Normandie	241
Tableau 5-37	Analyse de la compatibilité du projet global Cigéo avec le PGRI du bassin Rhin-Meuse	242

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. Vol. 13, N°0157.

2 Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo. Pièce 8 - Étude de maîtrise des risques. Andra (2022). Document N°CG-TE-D-ERQ-AMOA-SR0-0000-19-0037.

3 Comprendre le phénomène pour l'éviter et le réduire. Actu-environnement (2016). Consulté le 30/06/2020. Disponible à l'adresse : https://www.actu-environnement.com/ae/dossiers/ilots-chaleur/comprendre-phenomene-eviter-reduire-capteurs.php.

4 Stratégie nationale bas-carbone : la transition écologique et solidaire vers la neutralité carbone. Ministère de la Transition écologique et Solidaire (2020). Disponible à l'adresse : https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/2020-03-25_MTES_SNBC2.pdf.

5 Thill, M., Toni, A. Qualité de l'air et émissions polluantes des chantiers du BTP : État des connaissances et mesures d'atténuation dans le bâtiment et les travaux publics en faveur de la qualité de l'air. Ademe; SETEC Energie Environnement; BIO by Deloitte (2017). 142 p. Disponible à l'adresse : https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/qualite-air-emissions-polluants-chantiers-btp_2017-rapport_v2.pdf.

6 Dossier de validation du logiciel ARIA Impact. ARIA Technologies (2009). N°ARIA/2007/105. 29 p.

7 Méthodes pour l'évaluation et la prévention des risques accidentels (DRA 006) - Omega 12 - Dispersion atmosphérique (Mécanismes et outils de calcul). Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris) (2002). N°INERIS DRA 2002 25427. 64 p. Disponible à l'adresse : https://www.ineris.fr/sites/ineris.fr/files/contribution/Documents/46web.pdf.

8 Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material (2012 edition). International Atomic Energy Agency (IAEA) (2012). N°SSR-6. 191 p. Disponible à l'adresse : https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1570_web.pdf.

9 Arrêté du 29 mai 2009 relatif aux transports de marchandises dangereuses par voies terrestres (dit "arrêté TMD") (2009). Journal officiel de la République française, N°147, pp.10735.

10 ADR en vigueur le 1er janvier 2017 : Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par la route. Nations Unies (2016). Vol. 1. ISBN : 978-92-1-239139-7.

11 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. Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (2013). Journal officiel de la République française, N°193, pp.14278.

12 Monfort, M., Duchenne, C. Description des modèles du code GASCON de la plate-forme CERES destiné à l'évaluation de la dispersion atmosphérique et des conséquences sur l'homme et l'environnement de radionucléides émis en fonctionnement normal. Commissariat à l'énergie atomique (CEA) (2011). N°SIM SCGCI RBC NT 11000608 A. 48 p.

13 Arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base. Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement (2012). Journal officiel de la République française.

14 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). Disponible à l'adresse : https://www.grandest.fr/grandestterritoires/.

15 Coeffic, V., Boutonnet, F. Mesures de retombées de poussières sédimentables - Carrière de Viols le Fort : rapport annuel (année 2017). ATMO Occitanie; Société des Nouvelles Carrières du Pic St-Loup (2018). 16 p.

16 Installations de séparation de liquides légers (par exemple hydrocarbures) - Partie 1 : principes pour la conception, les performances et les essais, le marquage et la maîtrise de la qualité. AFNOR (2002), NF EN 858-1.

17 Décision n° 2017-DC-0587 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 23 mars 2017 relative au conditionnement des déchets radioactifs et aux conditions d'acceptation des colis de déchets radioactifs dans les installations nucléaires de base de stockage. Autorité de sûreté nucléaire (ASN) (2017).

18 Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo. Pièce 12 - Servitudes et demande de périmètres de protection et de droit exclusif. Andra (2022). Document N°CG-TE-D-NTE-AMOA-PU0-0000-19-0026.

19 Guide de sûreté relatif au stockage définitif des déchets radioactifs en formation géologique profonde. Autorité de sûreté nucléaire (ASN) (2008). 32 p. Disponible à l'adresse : https://www.asn.fr/Media/Files/guide_RFSIII_2_fV1_2_.

20 Missions d'ingénierie géotechnique - Classification et spécifications. AFNOR (30/11/2013), NF P 94-500.

21 Les schémas départementaux des carrières. DREAL Grand Est (2019). Consulté le 18/12/2019. Disponible à l'adresse : http://www.grand-est.developpement-durable.gouv.fr/les-schemas-departementaux-des-carrieres-r143.html.

22 Schéma directeur d'aménagement de gestion des eaux (SDAGE) 2022-2027 du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands. Eau Seine Normandie; Préfecture de la région d'Ile-de-France (2022). 180 p. Disponible à l'adresse : https://fr.calameo.com/agence-de-l-eau-seine-normandie/read/004001913e70f7f2c707c.

23 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 (2010). Journal officiel de la République française, N°46, pp.3429.

24 Arrêté du 28 juin 2016 modifiant 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 (2016). Journal officiel de la République française.

25 Arrêté du 27 juillet 2018 modifiant 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 (2018). Journal officiel de la République française.

26 Scholtus, N., Leclerc, E., Donato, P. de, Morel, J.L., Simonnot, M.O. Eluto-frontal chromatography to simulate chemical weathering of COx by low-molecular-weight organic compounds and early pedogenesis processes. European Journal of Soil Science (2009). Vol. 60, N°1, pp.71–83.

27 Marty, N., Lach, A., Lerouge, C., Grangeon, S., Claret, F., Fauchet, C., Madé, B., Lundy, M., Lagroix, F., Tournassat, C., Tremosa, J. Weathering of an argillaceous rock in the presence of atmospheric conditions: a flow-through experiment and modelling study. Applied geochemistry (2018). Vol. 96, pp.252–63.

28 Tremosa, J., Debure, M., Narayanasamy, S., Redon, P.O., Jacques, D., Claret, F., Robinet, J.-C. Shale weathering: A lysimeter and modelling study for flow, transport, gas diffusion and reactivity assessment in the critical zone. Journal of hydrology (2020). Vol. 587, pp.124925.

29 Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau (2000). Journal officiel des Communautés européennes, N°L327.

30 Décret n° 2001-63 du 18 janvier 2001 modifiant le décret n° 87-59 du 2 février 1987 relatif à la mise sur le marché, à l'utilisation et à l'élimination des polychlorobiphényles et polychloroterphényles. Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement (2001). Journal officiel de la République française, N°39.

31 Directive 96/59/CE du Conseil du 16 septembre 1996 concernant l'élimination des polychlorobiphényles et des polychloroterphényles (PCB et PCT). Conseil de l'Union européenne (1996). Journal officiel de la République française, N°L243, pp.31–5.

32 Loi n°92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau. Assemblée nationale; Sénat (1992). Journal officiel de la République française. Vol. 3, pp.187–95.

33 Qualité de l'eau - Dosage de 15 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans l'eau par HPLC avec détection par fluorescence après extraction liquide-liquide. AFNOR (2004), NF EN ISO 17993.

34 SDAGE 2022-2027 - Schéma directeur d'aménagement de gestion des eaux du bassin Rhin-Meuse : objet et portée du SDAGE, Tome 1. Comité de bassin Rhin et Meuse; Préfecture de la région Grand Est (2020). 62 p. Disponible à l'adresse : https://cdi.eau-rhin-meuse.fr/GEIDEFile/Tome_1_Objet_et_portee_VF.pdf?Archive=250848007802&File=Tome%5F1%5Fobjet%5Fet%5Fportee%5FVF%5Fpdf.

35 SDAGE 2022-2027 - Schéma directeur d'aménagement de gestion des eaux du bassin Rhin-Meuse : annexe cartographique des districts du Rhin et de la Meuse, Tome 4. Comité de bassin Rhin et Meuse; Préfecture de la région Grand Est (2022). 116 p. Disponible à l'adresse : https://cdi.eau-rhin-meuse.fr/GEIDEFile/Tome_4_Annexe_carto_VF.pdf?Archive=250851307803&File=Tome%5F4%5Fannexe%5Fcarto%5FVF%5Fpdf.

36 SDAGE 2022-2027 - Schéma directeur d'aménagement de gestion des eaux du bassin Rhin-Meuse : objectif de qualité et de quantité des eaux, Tome 2. Comité de bassin Rhin et Meuse; Préfecture de la région Grand Est (2022). 456 p. Disponible à l'adresse : https://cdi.eau-rhin-meuse.fr/GEIDEFile/Tome_2_Objectifs_VF.pdf?Archive=250859107803&File=Tome%5F2%5Fobjectifs%5FVF%5Fpdf.

37 SDAGE 2022-2027 - Schéma directeur d'aménagement de gestion des eaux du bassin Rhin-Meuse : orientations fondamentales et dispositions, Tome 3. Comité de bassin Rhin et Meuse; Préfecture de la région Grand Est (2022). 368 p. Disponible à l'adresse : https://cdi.eau-rhin-meuse.fr/GEIDEFile/Tome_3_Of_et_dispositions_VF.pdf?Archive=250850207803&File=Tome%5F3%5Fof%5Fet%5Fdispositions%5FVF%5Fpdf.

38 Plan de gestion des risques d'inondation (PGRI) - Bassin Seine-Normandie 2022-2027. Préfet de la région Ile-de-France (2022). 228 p. Disponible à l'adresse : https://www.driee.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/fr_frh_frmp_no1_pgri.pdf.

39 Plan de gestion des risques d'inondation (PGRI) 2022-2027 - Districts du Rhin et de la Meuse. Préfet coordonnateur de bassin Rhin-Meuse (2022). Disponible à l'adresse : https://www.grand-est.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/pgri-rhin-meuse_approuve.pdf.

40 Arrêté du 18 mars 2022 portant approbation des schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) 2022-2027 des parties françaises des districts hydrographiques du Rhin et de la Meuse et arrêtant les programmes pluriannuels de mesures correspondants. Ministère de la Transition écologique (2022). Journal officiel de la République française, N°15.

41 Schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires : Annexe 7 - Plan régional de prévention et de gestion des déchets (PRPGD). Grand Est Territoires (2019). 836 p. Disponible à l'adresse : https://www.grandest.fr/wp-content/uploads/2019/11/sraddet-ge-annexe7-prpgd-vdef.pdf.

42 Arrêté du 3 mars 2022 portant approbation du Plan de gestion des risques d'inondation du bassin Seine-Normandie. Ministère de la Transition écologique (2022). Journal officiel de la République française. Vol. 10, N°0082.

43 Arrêté préfectoral n°2022/119 portant approbation du plan de gestion des risques d'inondation des parties françaises des districts hydrographiques du Rhin et de la Meuse. Préfet de la région Grand Est (2022).

44 Plan de gestion des risques d'inondation 2016-2021 du bassin Seine-Normandie. DRIEE Île-de-France (2015). 156 p. Disponible à l'adresse : http://www.driee.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/le-pgri-du-bassin-seine-normandie-2016-2021-a4576.html.

45 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.

© Andra • Décembre 2022 • Création graphique : Agence Les Récréateurs • Crédit photo : Andra

AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

1-7, rue Jean-Monnet
92298 Châtenay-Malabry cedex
Tél. : 01 46 11 80 00

www.andra.fr