RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

ANDRA

Février 2025

PROJET GLOBAL CIGÉO - TRANCHE DE TRAVAUX DR0

DOSSIER D'ENQUÊTE PUBLIQUE UNIQUE

Premières opérations de caractérisation et de surveillance environnementale
Articles L. 181-1 et suivants du code de l'environnement

PIÈCE EPU4

Avis émis sur le projet et réponse de l'Andra

ANNEXE – MÉMOIRE EN RÉPONSE À L'AVIS DE L'AUTORITÉ ENVIRONNEMENTALE

MISE À JOUR DU DOSSIER D'ENQUÊTE PUBLIQUE UNIQUE PORTANT SUR LES PREMIÈRES OPÉRATIONS DE CARACTÉRISATION ET DE SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE

Suite aux recommandations émises dans le cadre de l'instruction du dossier par les services de l'État et notamment suite à l'avis de l'Autorité environnementale (Ae), des mises à jour ont été apportées par l'Andra dans certaines pièces du dossier (déposé pour instruction le 6 mars 2024) avant son passage en enquête publique.

Pour assurer la clarté de l'information du public, l'Andra assure la traçabilité de ces mises à jour.

Les adaptations (modifications ou ajouts) se matérialisent par un surlignage gris dans le corps du texte, à l'exception des corrections mineures de forme et de mise en cohérence qui ne sont pas matérialisées.

Projet global Cigéo - Tranche de travaux DR0
Dossier d'enquête publique unique
Premières opérations de caractérisation et de surveillance environnementale
Articles L. 181-1 et suivants du code de l'environnement

Pièce EPU4 : Avis émis sur le projet et réponse de l'Andra
Annexe – Mémoire en réponse à l'avis de l'Autorité environnementale

CG-01-D-NTE-AMOA-CM1-0100-23-0001/C

Sommaire

1. Cadre juridique et objet du présent mémoire 5

1.1 Cadre juridique de la désignation de l'Autorité environnementale compétente 6

1.2 Avis de l'Autorité environnementale de l'Inspection générale de l'environnement et du développement durable 6

1.3 Objet et structure du présent mémoire en réponse à l'avis de l'Autorité environnementale 6

1.3.1 Objet du présent mémoire en réponse à l'avis de l'Autorité environnementale : prise en compte des recommandations relatives au jalon DR0 6

1.3.2 Recommandations à traiter dans le cadre de l'instruction de la demande d'autorisation de création de l'INB Cigéo 6

1.3.3 Structure du présent mémoire en réponse à l'avis de l'Autorité environnementale 7

1.3.4 Principes retenus pour le dossier soumis à enquête publique 8

1.3.5 Rappel sur la terminologie employée dans le document 8

2. Avis de l'Ae intégrant les réponses de l'Andra 11

Tables des illustrations 61

Références bibliographiques 63

1

Cadre juridique et objet du présent mémoire

1.1 Cadre juridique de la désignation de l'Autorité environnementale compétente 6

1.2 Avis de l'Autorité environnementale de l'Inspection générale de l'environnement et du développement durable 6

1.3 Objet et structure du présent mémoire en réponse à l'avis de l'Autorité environnementale 6

1.1 Cadre juridique de la désignation de l'Autorité environnementale compétente

L'Autorité environnementale (Ae) compétente pour chaque projet est déterminée selon les critères fixés à l'article R. 122-6 du code de l'environnement, et en particulier à l'article R. 122-6, I, qui énonce :

« L'autorité environnementale mentionnée au V de l'article L. 122-1 est […] 2° La formation d'autorité environnementale de l'inspection générale de l'environnement et du développement durable :

a) Pour les projets qui donnent lieu à une décision d'autorisation, d'approbation ou d'exécution du ministre chargé de l'environnement ou à un décret pris sur son rapport ;

b) Pour les projets qui sont élaborés : […] - sous maîtrise d'ouvrage d'établissements publics relevant de la tutelle du ministre chargé de l'environnement, ou agissant pour le compte de celui-ci ».

Ainsi, en application des dispositions de l'article R. 122-6 du code de l'environnement et du fait du statut de l'Andra, établissement public industriel et commercial (EPIC) en application de l'article L. 542-12 du code de l'environnement, l'Autorité environnementale compétente concernant le projet de centre de stockage Cigéo est la formation d'Autorité environnementale de l'inspection générale de l'environnement et du développement durable (Ae-IGEDD).

Comme le précise le site du ministère de la transition écologique, *« L'avis rendu par cette autorité vise à permettre au maître d'ouvrage d'améliorer son projet, à éclairer la décision d'autorisation, au regard des enjeux environnementaux des projets, plans et programmes. L'avis permet également de faciliter la participation du public à l'élaboration des décisions qui le concernent, conformément à la charte de l'environnement, l'avis étant joint au dossier d'enquête publique ou de la procédure de participation du public par voie électronique* » (1).

1.2 Avis de l'Autorité environnementale de l'Inspection générale de l'environnement et du développement durable

L'Ae de l'IGEDD a été saisie par le préfet de la Meuse le 9 avril 2024 de l'examen du dossier de demande d'autorisation environnementale portant sur les premières opérations de caractérisation et de surveillance environnementale (dites « opérations DR0 »), déposé pour instruction par l'Andra le 6 mars 2024.

L'Ae s'est réunie le 27 juin 2024 afin de rendre l'avis référencé n° 2024-40 (2). Il est repris dans son intégralité dans la « Pièce EPU4 – Avis émis sur le projet et réponses de l'Andra » du présent dossier réglementaire (3).

L'avis porte sur la qualité de l'évaluation environnementale et sur la prise en compte de l'environnement par le projet global de centre de stockage Cigéo et les différentes opérations le composant. L'Ae rappelle que *« Le dossier procède de deux actualisations, celle du dossier en vue du décret d'autorisation de création déposé auprès de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) le 16 janvier 2023 et celle de la phase DR0. Le présent avis s'applique à l'étude d'impact actualisée d'ensemble, il complète, sans les reprendre, les recommandations de l'avis de 2021 ».*

Ainsi, certaines recommandations ne concernent pas directement les opérations DR0[1].

L'Ae note que « *La phase DR0 des opérations d'aménagements préalables a des incidences résiduelles faibles bien décrites dans le dossier, elles font l'objet de mesures d'évitement et de réduction appropriées et détaillées* ».

Dans cet avis, l'Ae se prononce sur la qualité de l'étude d'impact et formule 24 recommandations, ainsi que quelques questions, posées dans le texte de l'avis mais non reprises dans les recommandations.

1.3 Objet et structure du présent mémoire en réponse à l'avis de l'Autorité environnementale

1.3.1 Objet du présent mémoire en réponse à l'avis de l'Autorité environnementale : prise en compte des recommandations relatives au jalon DR0

Comme prévu par l'article L. 122-1 VI du code de l'environnement, le présent mémoire constitue la réponse écrite du maître d'ouvrage du centre de stockage Cigéo à l'avis délibéré n° 2024-40 (2) de l'Ae de l'IGEDD délivré en application de l'article L. 122-1 V du code de l'environnement, dans le cadre de l'instruction de la demande d'autorisation environnementale précitée.

Il apporte les précisions de l'Andra à la suite des différentes recommandations émises par l'Ae de l'IGEDD. L'Andra prend également acte des contributions des différents services instructeurs et a mis à jour en tant que de besoin le dossier de demande d'autorisation environnementale DR0 en conséquence.

1.3.2 Recommandations à traiter dans le cadre de l'instruction de la demande d'autorisation de création de l'INB Cigéo

Il convient de noter que l'instruction de la demande d'autorisation de création de l'INB Cigéo est en cours par l'ASN, avec l'aide de son appui technique l'IRSN. Cette instruction se déroule suivant 3 groupements de thématiques examinés lors de 3 groupes permanents d'experts (GP) (5)

- GP1. Évaluation des données de base retenues pour l'évaluation de sûreté de Cigéo ;
- GP2. Évaluation de sûreté en phase d'exploitation des installations de surface et souterraines ;
- GP3. Évaluation de sûreté en phase d'après fermeture.

L'expertise du GP1 s'est achevée à la fin du 1er semestre 2024 avec la publication du rapport de l'IRSN, la lettre d'engagements de l'Andra, l'avis du groupe permanent ainsi que la lettre de suite à l'examen par le GPD du 1er groupement de thématiques de l'ASN (6). L'ensemble des sujets identifiés dans ce premier groupe de thématiques ont pu être expertisés. Le groupe permanent a ainsi conclu que l'Andra a acquis une base solide de connaissances relatives au site de Meuse/Haute-Marne, aux composants du système de stockage et aux inventaires de colis de déchets et que ces données sont suffisantes pour évaluer la sûreté de Cigéo au stade du dossier de demande d'autorisation de création.

La prise en compte des recommandations et engagements issus de ce premier GP est associée à des temporalités différentes :

- en 2024, pour ceux nécessitant d'être pris en compte dans le cadre de l'instruction par le 3e groupement de thématiques (GP3) ;
- dans une temporalité proche pour celles nécessitant d'être prise en compte dans l'actualisation du dossier de demande de d'autorisation de création (DAC) en vue de sa mise à l'enquête publique ;

[1] C'est pour cette raison que dans son avis n° 2020-79 (4), s'agissant de certaines recommandations, l'Ae précisait qu'elles seront à traiter lors de l'actualisation ultérieure de l'étude d'impact du projet global Cigéo au stade des différentes dossiers réglementaires à la charge de l'Andra et des autres maitres d'ouvrages : « *L'Andra précise que l'étude d'impact présentée sera actualisée au fur et à mesure des demandes d'autorisation en prenant notamment en compte leurs impératifs spécifiques. L'Ae confirme que cette vision est la seule appropriée pour assurer l'information du public et du législateur sur les enjeux environnementaux tout au long du projet. Cette actualisation motivera des saisines successives de l'Ae. Il conviendra que les modifications soient datées et tracées et leurs raisons explicitées* » (page 8 de l'avis 2020-79).

- dans une temporalité plus lointaine pour les autres, en lien avec les étapes de déploiement du centre de stockage et conformément aux échéances mentionnées dans les demandes formulées par l'IRSN (par exemple le jalon de fin de phase industrielle pilote).

L'Andra apportera les réponses à ces recommandations et engagements dans les différentes pièces des dossiers, et le cas échéant lors des actualisations prévues de l'étude d'impact, en cohérence avec les échéances susvisées. Ce sera le cas, notamment à court terme, pour l'analyse de la robustesse de la performance du stockage, qui doit être envoyée à l'IRSN et l'ASN dans le cadre de l'instruction du GP3 ou, à plus long terme, pour les autres réponses, notamment concernant l'engagement 2024-E7 sur la caractérisation de l'état initial radiologique et chimique de l'environnement ou l'engagement 2024-E4 sur les travaux de caractérisation des Calcaires du Barrois.

La finalisation de l'examen du dossier par les GP 2 et 3 est planifiée respectivement pour la fin d'année 2024 et le milieu d'année 2025. Ils seront également clôturés par la publication du rapport de l'IRSN, la lettre d'engagements de l'Andra les avis des groupes permanents présentant les recommandations potentielles, ainsi que les lettres de suite à l'examen par le GPD des 2e et 3e groupements de thématiques de l'ASN et l'avis de l'ASN sur l'ensemble de l'instruction technique.

1.3.3 Structure du présent mémoire en réponse à l'avis de l'Autorité environnementale

Pour faciliter la lecture de ce mémoire et la prise de connaissance des réponses apportées aux recommandations de l'Ae, l'Andra a choisi la mise en forme suivante :

- à partir du chapitre 2 du présent mémoire, l'avis n° 2024-40 (2) est repris intégralement sous format d'image ;
- les réponses apportées par l'Andra sont signalées dans le corps du texte par un encart bleu.

Le titre de l'encart spécifie le numéro chronologique assigné à la recommandation considérée pour permettre de clarifier les renvois entre les réponses. Certains encarts apportent des réponses à des questionnements de l'Ae non repris dans les recommandations.

Le tableau ci-après établit la correspondance entre les recommandations de l'Ae et les réponses de l'Andra dans le présent mémoire.

Tableau 1-1 Correspondance entre l'avis de l'Ae et le mémoire en réponse de l'Andra

Détail de la recommandation émise par l'Ae	Numérotation	Emplacement de la recommandation dans l'avis de l'Ae	Réponse de l'Andra
L'Ae réitère sa recommandation d'inclure, dans l'analyse des impacts et des mesures environnementales, les activités de traitement et de conditionnement des déchets.	R1	Chapitre 1.1 Contexte et périmètre du projet Page 8 sur 53	Page 16
L'Ae maintient sa recommandation de présenter, sans attendre la mise en place des déchets en profondeur, la surveillance à long terme (au-delà de 2150) qui est prévue et la manière dont sera perpétuée la mémoire du site pour prévenir les risques d'intrusion par forage dans le stockage après fermeture.	R2	Chapitre 1.2 Présentation du projet et des aménagements projetés Page 11 sur 53	Page 18
L'Ae recommande à l'État de mettre en place une consultation similaire à celle prévue par la convention d'Espoo (7) et l'article R. 593-22 du code de l'environnement.	R3	Chapitre 1.3 Procédures relatives au projet Page 12 sur 53	Page 21
L'Ae recommande d'apporter les éléments permettant de confirmer les valeurs de perméabilité et de transmissivité des nappes contenues dans les couches enveloppant les argilites.	R4	Chapitre 2.1.2 Milieux naturels et physique Page 15 sur 53	Page 24
L'Ae recommande à l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection de prendre les dispositions qui permettent aux citoyens d'avoir accès aux résultats de ses expertises préalablement aux débats qui précèdent ses décisions.	R5	Chapitre 2.2. Analyse de la recherche de variantes et du choix du parti retenu Page 15 sur 53	Page 27
L'Ae recommande d'approfondir l'analyse des options de gestion des déchets, en prenant en compte l'accessibilité des déchets à très long terme et en décrivant plus précisément l'intérêt d'une option qui panacherait l'entreposage provisoire, le reconditionnement des déchets MA-VL et le stockage à terme par des forages très profonds.	R6	Chapitre 2.2. Analyse de la recherche de variantes et du choix du parti retenu Page 21 sur 53	Page 28
L'Ae recommande d'estimer les conséquences quantitatives des différentes options de développement de l'énergie nucléaire sur le volume des déchets à stocker et sur l'emprise des travaux souterrains subséquents.	R7	Chapitre 2.2.1. Nature et choix des déchets à entreposer Page 22 sur 53	Page 30
L'Ae recommande d'élargir et d'ouvrir, sans délai, au-delà du territoire local, le débat sur les options permettant de maximiser la durée de mémorisation des activités du centre de stockage et de minimiser les risques de contact dans un futur lointain des populations avec les colis de déchets.	R8	Chapitre 2.2.3. Les options de développement du territoire Page 24 sur 53	Page 32
L'Ae recommande de présenter les différents choix d'implantation de la zone de stockage au regard de l'éloignement des failles géologiques et de justifier à cet égard le choix du site.	R9	Chapitre 2.3.1. Milieux naturel et physique Page 26 sur 53	Page 33
L'Ae recommande à l'État de renforcer la prise en compte du projet Cigéo dans le projet de schéma régional des carrières de la région Grand Est	R10	Chapitre 2.3.1. Milieux naturel et physique Page 27 sur 53	Page 34
L'Ae recommande de préciser comment la pollution des eaux pluviales de fréquence moindre que biennale seront traitées avant rejet dans le milieu.	R11	Chapitre 2.3.1. Milieux naturel et physique Page 28 sur 53	Page 35
L'Ae réitère sa recommandation de solliciter le préfet pour lui demander de mobiliser le conseil scientifique régional du patrimoine naturel et de la biodiversité afin de valider les mesures visant à respecter l'absence de perte nette de biodiversité du fait du projet.	R12	Chapitre 2.3.1. Milieux naturel et physique Page 31 sur 53	Page 38
L'Ae recommande d'intégrer au dossier les éléments du mémoire en réponse de son avis précédent concernant les services écosystémiques et de prendre en compte en amont de leur mise en œuvre les pertes éventuelles de services du fait de la consommation d'espace des mesures compensatoires.	R13	Chapitre 2.3.2.1. Services écosystémiques Page 33 sur 53	Page 39
L'Ae recommande de reprendre l'analyse des incidences sanitaires du projet en comparant les bruits modélisés avec les niveaux de référence pour le bruit des lignes directrices de l'OMS.	R14	Chapitre 2.3.2.2.1. Effets du bruit Page 34 sur 53	Page 41

Détail de la recommandation émise par l'Ae	Numérotation	Emplacement de la recommandation dans l'avis de l'Ae	Réponse de l'Andra
L'Ae recommande de revoir la conclusion sur le niveau de risque sanitaire et de présenter de façon didactique au public les niveaux élevés de risque sanitaire liés aux PM2,5 ainsi que les mesures complémentaires d'évitement et de réduction envisageables et de débattre du niveau de risque acceptable sur le territoire.	R15	Chapitre 2.3.2.2.2. Risques chimiques Page 36 sur 53	Page 43
L'Ae recommande d'inclure les émissions de la descenderie dans la modélisation des panaches radioactifs, de cartographier, en illustrant une gamme de concentrations, les dispersions du tritium, du carbone 14 et du krypton 85 ainsi que la concentration du carbone 14 dans les plantes.	R16	Chapitre 2.3.2.2.3. Risques radioactifs Page 38 sur 53	Page 45
L'Ae recommande de fournir les résultats quantitatifs des risques évalués selon les différents scénarios d'évolution altérée et d'intrusion involontaire, d'expliciter leurs probabilités selon diverses hypothèses d'occupation du sol et de justifier la durée prévue du maintien de la mémoire de seulement 500 années.	R17	Chapitre 2.3.2.2.4. Risques après fermeture Page 41 sur 53	Page 47
L'Ae recommande d'expliciter le choix d'une dose maximale de 10 mSv pendant 24 h comme référence pour une situation accidentelle sans cause externe.	R18	Chapitre 2.3.2.2.5. Risques accidentels Page 42 sur 53	Page 48
L'Ae recommande de justifier la durée de 24 h prise en considération pour les scénarios accidentels graves.	R19	Chapitre 2.3.2.2.5. Risques accidentels Page 42 sur 53	Page 49
L'Ae recommande de réaliser une évaluation quantitative des risques liés au transport des colis radioactifs depuis les sites d'entreposage jusqu'au centre de stockage.	R20	Chapitre 2.3.2.2.5. Risques accidentels Page 42 sur 53	Page 49
L'Ae recommande de mettre en place un comité scientifique chargé de certifier l'absence d'effets négatifs notables sur l'environnement et la santé humaine des projets financés au titre de la compensation agricole.	R21	Chapitre 2.3.2.4. Impact sur les terres agricoles Page 43 sur 53	Page 50
L'Ae recommande de veiller à des compensations forestières plurispécifiques, d'essences locales, en dehors des habitats semi-naturels d'intérêt patrimonial comme des pelouses calcicoles, prairies humides, marais, etc.	R22	Chapitre 2.3.2.5. Incidences sylvicoles Page 44 sur 53	Page 51
L'Ae recommande de compléter l'évaluation des incidences Natura 2000 par l'analyse des incidences cumulées sur les sites des carrières du Perthois.	R23	Chapitre 2.4. Évaluation des incidences Natura 2000 Page 45 sur 53	Page 52
L'Ae recommande de ne pas limiter les travaux sur l'accidentologie aux seuls stockages souterrains et au laboratoire souterrain de l'Andra mais de les élargir à l'accidentologie minière internationale.	R24	Chapitre 3.2. Maîtrise du risque sur le projet Cigéo Page 49 sur 53	Page 56

1.3.4 Principes retenus pour le dossier soumis à enquête publique

1.3.4.1 Liste des pièces du dossier soumis à enquête publique mises à jour à la suite des différentes recommandations

Au vu de l'avis de l'Ae, l'Andra a fait le choix, en cohérence avec les éléments de réponses aux différentes recommandations, de mettre à jour différentes pièces constituant le dossier d'enquête publique, principalement :

- l'étude d'impact associée au dossier de demande d'autorisation environnementale DR0 (cf. « Pièce DAE 6 - Étude d'impact du projet global Cigéo » du présent dossier (8)) ;
- le résumé non technique de l'étude d'impact (pièce 6 bis du présent dossier).

Le principe de traçabilité des mises à jour est explicité dans le chapitre 1.3.3.1.

1.3.4.2 Traçabilité des mises à jour du dossier soumis à enquête publique

En lien avec une des recommandations de l'avis de l'Ae de 2021 pour faciliter « *la clarté de l'information du public sur un dossier complexe (…)* » et au terme de l'instruction du dossier, l'Andra a pris la décision de mettre à jour de manière visible le dossier d'autorisation environnementale DR0 du centre de stockage Cigéo déposé pour instruction par l'Andra le 6 mars 2024.

Toutes ces mises à jour se matérialisent par un surlignage gris dans le corps du texte pour une meilleure lisibilité des précisions apportées.

Les corrections mineures de forme, d'orthographe et de mise en cohérence ne sont pas mises en avant dans le texte.

1.3.5 Rappel sur la terminologie employée dans le document

La terminologie employée dans le présent document est celle précisée dans le glossaire, « Pièce EPU6 – Glossaire et acronymes » (9) du présent dossier. Sont reprises ci-dessous les descriptions du centre de stockage Cigéo et du projet global Cigéo.

1.3.5.1 Centre de stockage Cigéo

Le centre de stockage Cigéo, sous maitrise d'ouvrage Andra, comprend des installations en surface et en souterrain :

- une zone descenderie (ZD) en surface, principalement dédiée à la réception des colis de déchets radioactifs envoyés par les producteurs, à leur contrôle et à leur préparation pour le stockage avant transfert dans l'installation souterraine pour leur stockage ;
- une zone puits (ZP) en surface, dédiée aux installations de soutien aux activités réalisées dans l'installation souterraine et en particulier aux travaux de creusement ;
- une zone d'implantation des ouvrages souterrains (ZIOS), comprenant des quartiers de stockage des colis de déchets radioactifs, des zones de soutien logistique (ZSL) et leurs accès depuis la surface ;
- une liaison intersites (LIS) en surface, reliant la zone puits à la zone descenderie, comprenant un convoyeur, une voie dédiée à la circulation des poids lourds et une voie pour la circulation des véhicules légers ;
- une installation terminale embranchée (ITE) en surface, voie ferrée reliant la zone descenderie au réseau ferré national (RFN) à Gondrecourt-le-Château et incluant une plateforme logistique dans cette commune.

La figure 1-1 présente le schéma d'organisation de principe du centre de stockage Cigéo.

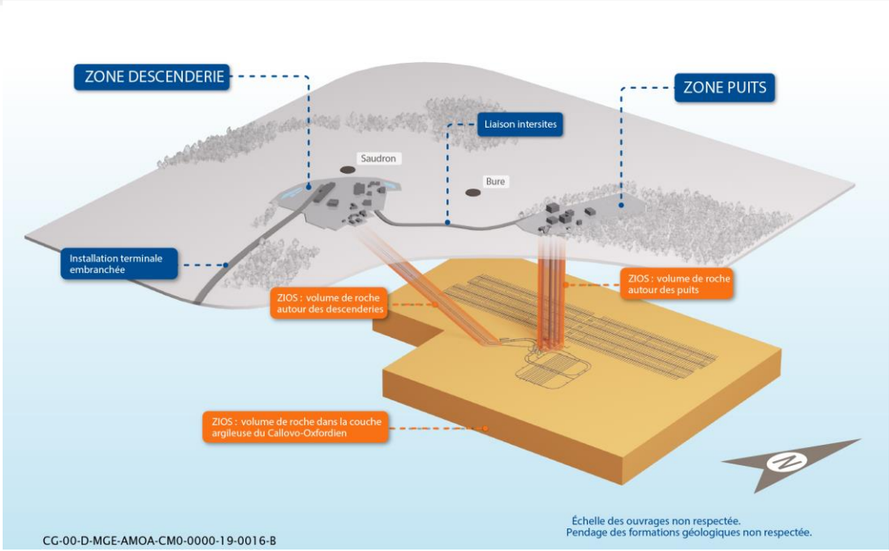


Figure 1-1 Schéma d'organisation de principe du centre de stockage Cigéo

La figure 1-2 présente la localisation des installations du centre de stockage Cigéo.

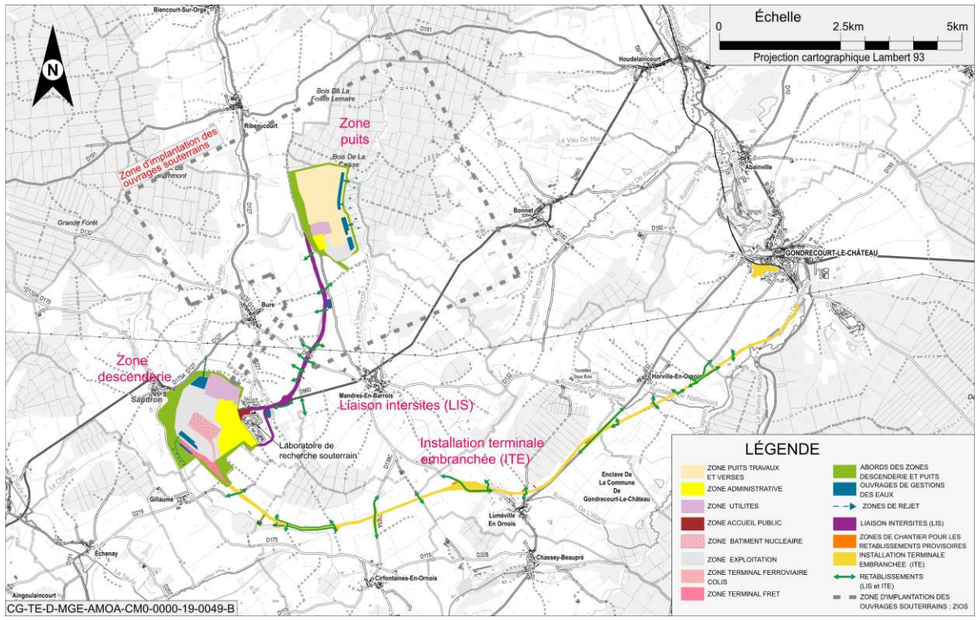


Figure 1-2 Localisation des installations du centre de stockage Cigéo

[2] Syndicat intercommunal à vocation unique

1.3.5.2 Le projet global Cigéo

Le projet global Cigéo comprend les opérations (installations, aménagements, constructions d'ouvrages et activités) nécessaires à la réalisation, au fonctionnement, au démantèlement, à la fermeture et à la surveillance du centre de stockage Cigéo. C'est l'ensemble de ces opérations qui constitue le périmètre de la présente étude d'impact, cf. Figure 1-3 ci-après. Il comprend les opérations sous la maîtrise d'ouvrage de l'Andra, matérialisées en vert ci-dessous, et les opérations sous maîtrises d'ouvrages tierces, matérialisées en bleu.

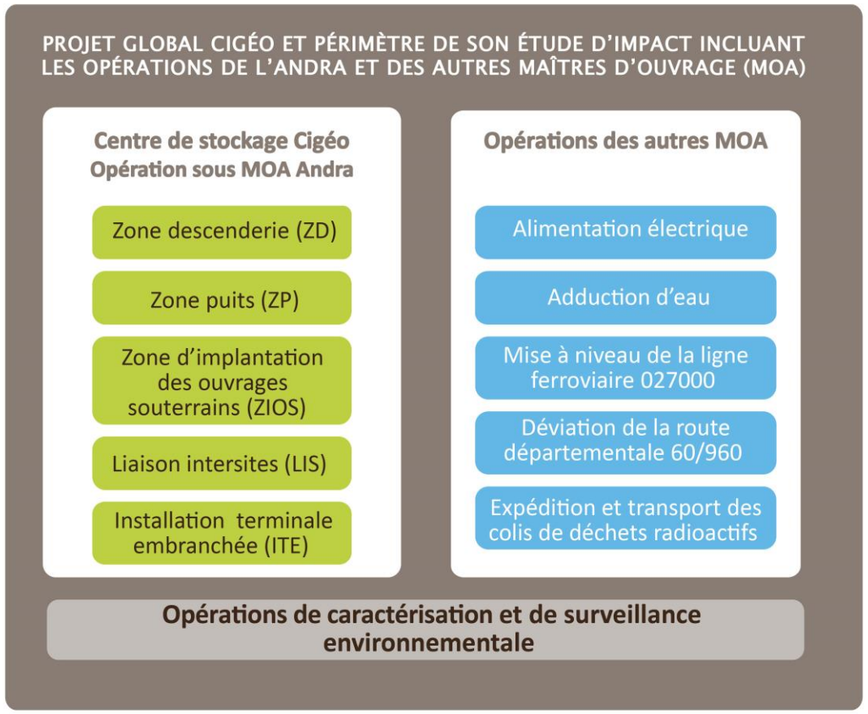


Figure 1-3 Projet global Cigéo et périmètre de son étude d'impact

Le projet global Cigéo comporte ainsi :

- les installations et ouvrages du centre de stockage Cigéo (zone descenderie, zone puits, zone d'implantation des ouvrages souterrains, liaison intersites, installation terminale embranchée), dont ceux implantés dans le périmètre de l'installation nucléaire de base (INB), sous la maîtrise d'ouvrage de l'Andra ;
- les opérations menées, hors du centre de stockage Cigéo, par d'autres maîtres d'ouvrage :
  - ✓ l'alimentation électrique, opération réalisée sous la maîtrise d'ouvrage de « Réseau de transport d'électricité » (RTE) ;
  - ✓ l'adduction d'eau, opération réalisée sous la maîtrise d'ouvrage des syndicats intercommunaux locaux d'alimentation en eau : SIVU[2] du Haut Ornain (Meuse) et le SIAEP[3] d'Échenay (Haute-Marne) ;
  - ✓ la mise à niveau de la ligne ferroviaire 027000, opération réalisée sous la maîtrise d'ouvrage de SNCF Réseau ;

[3] Syndicat intercommunal d'alimentation en eau potable

- ✓ la déviation de la route départementale D60/960, opération réalisée sous la maîtrise d'ouvrage du conseil départemental de la Haute-Marne ;
- ✓ l'expédition et transport des colis de déchets radioactifs, activités d'expédition et de transport des colis de déchets radioactifs depuis les sites des producteurs de déchets prévues depuis les installations existantes d'expédition d'EDF, Orano et du CEA et par utilisation des infrastructures de transports existantes.

- les activités de caractérisation et de surveillance environnementale, sous la maîtrise d'ouvrage de l'Andra ou des maîtres d'ouvrage tiers.

2

Avis de l'Ae intégrant les réponses de l'Andra

Autorité environnementale

Avis délibéré de l'Autorité environnementale sur le centre de stockage Cigéo (52-55), actualisation de l'avis n° 2020-79

n°Ae : 2024-40

Avis délibéré n° 2024-40 adopté lors de la séance du 27 juin 2024

Préambule relatif à l'élaboration de l'avis

L'Ae[1] s'est réunie le 27 juin 2024 à la Défense. L'ordre du jour comportait, notamment, l'avis sur le centre de stockage Cigéo (52-55).

Ont délibéré collégialement : Sylvie Banoun, Nathalie Bertrand, Barbara Bour-Desprez, Karine Brulé, Marc Clément, Virginie Dumoulin, François Letourneux, Olivier Milan, Serge Muller, Jean-Michel Nataf, Alby Schmitt, Éric Vindimian, Véronique Wormser.

En application de l'article 4 du règlement intérieur de l'Ae, chacun des membres délibérants cités ci-dessus atteste qu'aucun intérêt particulier ou élément dans ses activités passées ou présentes n'est de nature à mettre en cause son impartialité dans le présent avis.

Étaient absents : Bertrand Galtier, Christine Jean.

N'ont pas participé à la délibération, en application de l'article 4 du règlement intérieur de l'Ae : Laurent Michel, Laure Tourjansky.

* *

L'Ae a été saisie pour avis par le préfet de la Meuse, l'ensemble des pièces constitutives du dossier ayant été reçues le 9 avril 2024.

Cette saisine étant conforme aux dispositions de l'article R. 122-6 du code de l'environnement relatif à l'autorité environnementale prévue à l'article L. 122-1 du même code, il en a été accusé réception. Conformément à l'article R. 122-7 du même code, l'avis a vocation à être rendu dans un délai de deux mois.

Conformément aux dispositions de ce même article, l'Ae a consulté par courriers le 19 avril 2024 :

- *le préfet de la Meuse, qui a transmis une contribution le 23 mai 2023,*
- *la directrice générale de l'Agence régionale de santé (ARS) de la région Grand Est, qui a transmis une contribution le 27 mai 2024,*

En outre, sur proposition des rapporteurs, l'Ae a consulté par courrier le 6 mai 2024 :

- *l'institut de radioprotection et de sûreté nucléaire, qui a transmis une contribution le du 4 juin 2024 ;*
- *l'Autorité de sûreté nucléaire qui a transmis une contribution le 18 juin 2024.*

Sur le rapport de Pierre-François Clerc et Éric Vindimian, qui se sont rendus sur le site le 27 mai, après en avoir délibéré, l'Ae rend l'avis qui suit.

Pour chaque projet soumis à évaluation environnementale, une autorité environnementale désignée par la réglementation doit donner son avis et le mettre à disposition du maître d'ouvrage, de l'autorité décisionnaire et du public.

Cet avis porte sur la qualité de l'étude d'impact présentée par le maître d'ouvrage et sur la prise en compte de l'environnement par le projet. Il vise à permettre d'améliorer sa conception, ainsi que l'information du public et sa participation à l'élaboration des décisions qui s'y rapportent. L'avis ne lui est ni favorable, ni défavorable et ne porte pas sur son opportunité.

La décision de l'autorité compétente qui autorise le pétitionnaire ou le maître d'ouvrage à réaliser le projet prend en considération cet avis. Une synthèse des consultations opérées est rendue publique avec la décision d'octroi ou de refus d'autorisation du projet (article L. 1221-1 du code de l'environnement). En cas d'octroi, l'autorité décisionnaire communique à l'autorité environnementale le ou les bilans des suivis, lui permettant de vérifier le degré d'efficacité et la pérennité des prescriptions, mesures et caractéristiques (article R. 12213 du code de l'environnement).

Conformément au V de l'article L. 122-1 du code de l'environnement, le présent avis de l'autorité environnementale devra faire l'objet d'une réponse écrite de la part du maître d'ouvrage qui la mettra à disposition du

[1] Formation d'autorité environnementale de l'Inspection générale de l'environnement et du développement durable (IGEDD).

public par voie électronique au plus tard au moment de l'ouverture de l'enquête publique prévue à l'article L. 123-2 ou de la participation du public par voie électronique prévue à l'article L. 123-19.

Le présent avis est publié sur le site de l'Ae. Il est intégré dans le dossier soumis à la consultation du public.

Synthèse de l'avis

Le projet Cigéo a fait l'objet d'une déclaration d'utilité publique par décret n° 2022-993 du 7 juillet 2022 après avis 2020-79 du 13 janvier 2021 de l'Ae. L'Andra, établissement public de l'État, sollicite des autorisations environnementales dans le but de réaliser les opérations de la phase d'aménagements préalables dite DR0. Le dossier procède de deux actualisations, celle du dossier en vue du décret d'autorisation de création déposé auprès de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) le 16 janvier 2023 et celle de la phase DR0. Le présent avis s'applique à l'étude d'impact actualisée d'ensemble, il complète, sans les reprendre, les recommandations de l'avis de 2021.

La phase DR0 comporte d'importants forages de caractérisation géophysique et hydrogéologique du sous-sol à l'endroit des ouvrages. Treize ouvrages profonds équipés de piézomètres permettront d'explorer l'espace géologique situé en profondeur. Ils seront couplés avec de l'imagerie sismique afin de compléter les informations sur les différentes couches géologiques et leur hydrologie.

Pour l'Ae, les principaux enjeux environnementaux du projet, inchangés, sont les suivants :
- la sécurité après fermeture du site de stockage pour une période très longue ;
- le risque de dissémination de la radioactivité dans l'environnement notamment aquatique ;
- la préservation de la santé humaine du fait du risque d'exposition suite à la dispersion de substances radioactives ;
- la protection des milieux naturels et de la biodiversité.

Les principales recommandations de l'Ae et qui concernent le maître d'ouvrage sont :
- de présenter la surveillance à long terme qui est prévue, les moyens envisagés pour prévenir les risques d'intrusion par forage dans le stockage après fermeture et d'ouvrir et d'élargir et le débat sur les options permettant de maximiser la mémoire du centre de stockage et de minimiser les risques de contact des générations futures avec les colis de déchets ;
- de mettre en place dès aujourd'hui un mécanisme de consultation formelle prévu par la convention d'Espoo et l'article R.593-22 du code de l'environnement ;
- d'approfondir l'analyse des options de gestion des déchets, en prenant en compte leur accessibilité et en décrivant l'option qui panacherait l'entreposage et le stockage très profonds ;
- de reprendre l'analyse des incidences sanitaires du bruit en comparant les bruits modélisés avec les niveaux de référence de bruit des lignes directrices de l'OMS ;
- de revoir la conclusion sur le niveau de risque sanitaire et de présenter de façon didactique au public les niveaux élevés de risque sanitaire liés aux $PM_{2,5}$;
- d'inclure les émissions de la descenderie dans la modélisation des panaches radioactifs ;
- de fournir les résultats quantitatifs des risques évalués selon les différents scénarios d'évolution altérée et d'intrusion involontaire ;

L'Ae recommande également à l'Autorité de sûreté nucléaire (et de radioprotection), de prendre les dispositions permettant aux citoyens de bénéficier des résultats de ses expertises au moment des débats.

La phase DR0 des opérations d'aménagement préalable a des incidences résiduelles faibles bien décrits dans le dossier, elles font l'objet de mesures d'évitement et de réduction appropriées et détaillées.

L'ensemble des observations et recommandations de l'Ae sont présentées dans l'avis détaillé, et concernent en particulier le suivi des évolutions générales de l'étude d'impact, au regard notamment des recommandations de 2021 et des incidences des opérations d'aménagements préalables DR0.

Sommaire

1. Contexte, présentation du projet et enjeux environnementaux 6
1.1. Contexte et périmètre du projet 6
1.2. Présentation du projet et des aménagements projetés 8
1.3. Procédures relatives au projet 11
1.4. Principaux enjeux environnementaux du projet relevés par l'Ae 12

2. Analyse de l'étude d'impact 14
2.1. État initial 14
2.1.1. Analyse exhaustive de l'état initial chimique et radiochimique 14
2.1.2. Milieux naturels et physique 14
2.1.2.1. Mise à jour du dossier et prise en compte des recommandations de l'Ae de 2021 . 14
2.1.2.2. Complétion des inventaires écologiques de la zone puits 18
2.2. Analyse de la recherche de variantes et du choix du parti retenu 18
2.2.1. Nature et choix des déchets à entreposer 21
2.2.2. Choix d'implantation des installations 22
2.2.3. Les options de développement du territoire 23
2.3. Analyse des incidences du projet et des mesures d'évitement, de réduction et de compensation 24
2.3.1. Milieux naturel et physique 24
2.3.1.1. Modifications au regard des recommandations de l'Ae de 2021 24
2.3.1.2. Incidences spécifiques des opérations d'aménagement préalables DR0 31
2.3.2. Milieu humain 32
2.3.2.1. Services écosystémiques 32
2.3.2.2. Évaluation des risques pour la santé 33
2.3.2.3. Incidences sur l'usage des sols 42
2.3.2.4. Impact sur les terres agricoles 43
2.3.2.5. Incidences sylvicoles 44
2.4. Évaluation des incidences Natura 2000 44
2.5. Évaluation économique et sociale des infrastructures de transport 45
2.6. Suivi du projet, de ses incidences, des mesures et de leurs effets 45
2.7. Résumé non technique 46

3. Maîtrise des risques majeurs 47
3.1. Traitement de l'évaluation et de la maîtrise des risques dans le dossier 47
3.2. Maîtrise du risque sur le projet Cigéo 47

4. Annexe : tableau comparatif des options de stockage des déchets radioactifs 51

Avis détaillé

1. Contexte, présentation du projet et enjeux environnementaux

1.1. Contexte et périmètre du projet

Le projet Cigéo de stockage des déchets radioactifs en couche géologique profonde dont l'Andra est maître d'ouvrage a fait l'objet d'une déclaration d'utilité publique par décret n° 2022-993 du 7 juillet 2022. Le présent avis actualise l'avis 2020-79 du 13 janvier 2021 publié dans le cadre de la demande de déclaration d'utilité publique. La figure 1 montre l'enchaînement des différentes opérations de la déclaration d'utilité publique jusqu'à sa fermeture définitive.

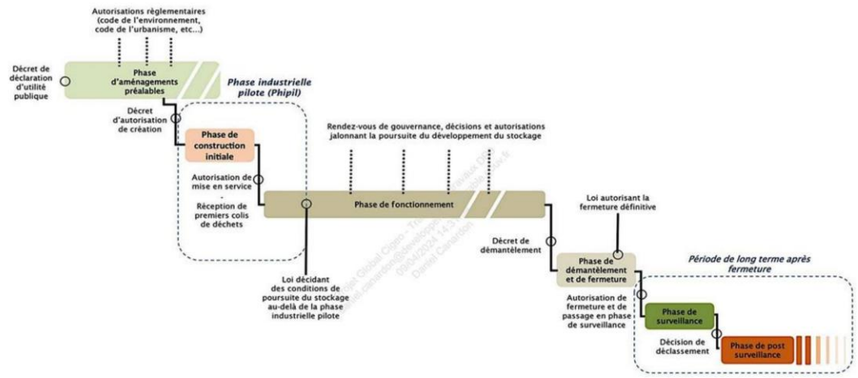


Figure 1 : Schéma récapitulatif des différentes étapes du projet Cigéo. Le démantèlement s'entend comme celui des installations de surface, le stockage proprement dit sera à ce stade scellé et abandonné. Source : dossier.

Le dossier reçu par l'Ae procède de deux actualisations successives, la première est relative au dossier de décret d'autorisation de création déposé auprès de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) le 16 janvier 2023 qui fera l'objet d'un avis futur de l'Ae, la deuxième concerne la phase dite « DR0[2] » des demandes d'autorisation environnementales d'aménagements préalables. Les modifications sont tracées à l'aide d'un repère coloré dans la marge, chaque chapitre comporte un tableau qui liste les modifications de l'étude d'impact produite pour la demande de décret d'autorisation de création (EI1) et pour la phase DR0 (EI2). L'Ae apprécie que le maître d'ouvrage ait adopté sa recommandation

2 DR0 : Dossier réglementaire « zéro » relatif aux premières opérations de caractérisation et de surveillance environnementale du projet global Cigéo. Source : glossaire du dossier.

suggérant de tracer de manière claire les modifications du dossier lors de ses actualisations successives.

L'Ae s'est ainsi attachée à examiner les modifications de l'étude d'impact et à analyser l'évolution de la prise en compte de l'environnement depuis son avis de 2021. Elle a également considéré le mémoire en réponse publié par l'Andra en 2021[3]. Le lecteur est invité à se reporter à l'avis de 2021 dont, à l'exception des informations nécessaires à la compréhension de la phase actuelle et de l'évolution de l'étude d'impact, seules les recommandations sont reprises ici (en encadré) sous les en-têtes de chapitre de l'avis de 2021.

Recommandation 2021 : L'Ae recommande, pour la clarté de l'information du public sur un dossier complexe dont les enjeux sont importants, que les modifications ultérieures apportées à l'étude d'impact dans le cadre de ses futures actualisations soient tracées de manière claire.

Cette recommandation a été prise en compte.

Recommandation 2021 : L'Ae recommande d'inclure, dans l'analyse des impacts et des mesures environnementales, les activités de traitement, de conditionnement et de transport des déchets depuis les sites des producteurs.

Dans son mémoire en réponse l'Andra indique « *que les activités de traitement et de conditionnement des déchets sont réalisées indépendamment de l'existence même du centre de stockage Cigéo, elles en sont donc indépendantes et par conséquent exclues du périmètre du projet global Cigéo* ». L'Ae observe qu'un des arguments produit dans l'analyse des variantes à l'encontre de l'option de stockage très profond après entreposage dans les centres de stockage nucléaires existants tient à la nécessité de disposer de colis peu volumineux, ce qui n'est pas le cas des colis de déchets MA-VL[4] actuels. Le choix du mode de stockage de très long terme, qui correspond à la phase irréversible de Cigéo, et les risques subséquents pour les générations futures sont donc étroitement liés au mode de conditionnement actuel des déchets. Pour l'Ae, l'argument du maître d'ouvrage indiquant que le mode de conditionnement des déchets est indépendant des conditions de fonctionnement du centre de stockage Cigéo ne peut donc pas être retenu. À l'appui de cette analyse, on ne doit pas exclure la nécessité d'un reconditionnement des déchets entreposés et déjà conditionnés ainsi que l'édiction de nouvelles normes de conditionnement à l'attention des opérateurs des installations nucléaires compte-tenu de la nécessité de prendre en compte les risques à très long terme.

En revanche, le mémoire en réponse souligne « *que les activités d'expédition et de transport de colis de déchets radioactifs depuis les sites des producteurs jusqu'au centre de stockage Cigéo sont liées au projet global Cigéo et sont donc intégrées dans l'analyse des impacts et des mesures environnementales du projet global Cigéo* » ce qui paraît pertinent.

[3] Avis émis sur le projet de centre de stockage Cigéo et réponses de l'Andra. Annexe 1 Mémoire en réponse à l'avis de l'Autorité environnementale.

[4] Déchets de moyenne radioactivité à vie longue

L'Ae réitère sa recommandation d'inclure, dans l'analyse des impacts et des mesures environnementales, les activités de traitement et de conditionnement des déchets.

REPONSE DE L'ANDRA À LA RECOMMANDATION R1

L'Andra prend acte de la recommandation et apporte les précisions suivantes.

Pour déterminer le périmètre du projet global Cigéo, objet de l'étude d'impact, l'Andra a tenu compte à la fois :

- de la définition de la notion de projet explicitée au I et III de l'article L. 122-1 du code de l'environnement [1] ;
- de la note d'interprétation de la directive 85/337/EEC (10), remplacée par la directive 2011/92/UE (11), d'évaluation des incidences relatives à certains projets sur l'environnement.

L'objectif de la notion de projet global est d'éviter de soustraire à analyse d'impact des travaux, aménagements ou opérations par un fractionnement excessif ou artificiel des projets concernés. C'est la raison pour laquelle l'Andra a pris en considération l'ensemble du projet Cigéo, c'est-à-dire le centre de stockage lui-même (le « projet central »), plus les « travaux associés ou accessoires » (opérations de raccordement incluant le transport). Elle a ensuite réalisé un test de « centre de gravité » pour déterminer si des travaux associés ou accessoires devaient être intégrés ou non dans le « projet central ».

Les activités de conditionnement correspondent à l'ensemble des opérations réalisées en vue de produire un colis de déchets radioactifs à partir de déchets bruts pour des raisons de protection de l'Homme et de l'environnement même avant stockage. Ces opérations peuvent notamment consister en l'introduction dans un conteneur, l'immobilisation, le traitement physico-chimique ou l'enrobage de déchets radioactifs. Ces opérations relèvent des producteurs de déchets qui sont responsables de la réduction de la quantité et de la nocivité des déchets radioactifs qu'ils produisent et qui doivent garantir la compatibilité des colis de déchets, d'une part avec les modalités de fonctionnement de l'installation dans laquelle ils sont produits, et d'autre part avec l'ensemble des conditions prévues pour leur gestion ultérieure (éventuelles opérations de conditionnement supplémentaires, de transport, de manutention, d'entreposage et de stockage notamment). L'exploitant d'une INB de conditionnement des déchets doit ainsi prendre en compte un ensemble d'exigences dont une partie n'est pas directement liée au fonctionnement d'un centre de stockage.

L'Andra est quant à elle responsable de la définition des critères à respecter par les colis pour être acceptés dans ses installations de stockage (appelées spécifications d'acceptation) et de la surveillance du respect de ces critères. Ces spécifications dites « préliminaires » en l'attente de l'avis de l'ASN sont d'ores et déjà présentées dans le dossier de demande d'autorisation de création en cours d'instruction (« Pièce 19 - Version préliminaire des spécifications d'acceptation des colis » du dossier de demande d'autorisation de création (DAC) (12)).

Les opérations de conditionnement sont donc bien indépendantes du fonctionnement du centre de stockage, et seul le résultat de ces opérations de conditionnement, *via* le respect des spécifications, est un enjeu crucial de sûreté contrôlé par l'ASN et l'Andra : cette responsabilité s'exerce en application des principes applicables aux éléments importants pour la protection et définis dans l'arrêté du 7 février 2012 (13).

Ces activités de conditionnement sont en outre concrètement réalisées sur l'ensemble du territoire national sur les sites des producteurs et sont déjà autorisées et effectuées dans des installations nucléaires contrôlées par les autorités compétentes (notamment l'Autorité de sûreté nucléaire) et ce indépendamment de l'autorisation du centre de stockage Cigéo. La majorité des colis de déchets radioactifs sont d'ailleurs déjà conditionnés depuis plusieurs années (l'Inventaire national des matières et déchets radioactifs précise qu'à fin 2022, 4 420 m^3 de colis HA et 39 600 m^3 de colis MA-VL ont déjà été produits) et les activités de conditionnement vont perdurer durant toute la durée de vie du stockage et même après.

Les incidences de ces activités sont, de fait, déjà évaluées dans les études d'impact de ces installations nucléaires (INB) ce qui permet de répondre à l'objectif premier de ne pas soustraire à analyse d'impact certains travaux susceptibles d'avoir des incidences sur l'environnement.

Ainsi, s'il est incontestable que le résultat des activités de traitement et de conditionnement des déchets détermine leur acceptabilité en stockage, ces activités elles-mêmes sont évaluées et réalisées (géographiquement, fonctionnellement et temporellement) indépendamment du fonctionnement du centre de stockage Cigéo et à ce titre n'ont pas vocation à faire partie du projet global Cigéo.

1.2. Présentation du projet et des aménagements projetés

Les demandes d'autorisation en cours concernent la phase DR0 des aménagements préalables, composée des opérations suivantes :

- diagnostics et fouilles archéologiques sur les terrains d'accueil des futures installations de Cigéo et ses ouvrages connexes ;
- caractérisations géotechniques sur l'ensemble du périmètre d'emprise ou d'influence du futur centre de stockage, dont la voie ferrée d'accès au site (592 forages à des profondeurs[5] de 25 à 715 m dont 195 piézomètres et deux campagnes d'imagerie sismique) ;
- réalisation de quatre plateformes de forages géotechniques de grande profondeur (maximum 715 m) pour étudier le comportement hydrogéologique des formations géologiques présentes sur le territoire d'implantation du futur centre de stockage Cigéo.

La figure 2 fournit une vision générale de l'ensemble des travaux prévus dans le cadre de cette phase DR0. Treize ouvrages profonds, dont douze pérennes équipés de piézomètres permettront d'explorer l'espace géologique situé entre 345 et 715 m de profondeur (pour rappel l'entreposage est prévu à 490 m de profondeur). L'imagerie sismique[6] par réflexion et réfraction sera déployée de façon couplée avec les quatre forages profonds de la zone d'implantation des ouvrages souterrains (ZIOS) afin de compléter les informations sur les différentes couches géologiques et leurs interfaces et de leur hydrologie.

5 Chaque forage fait l'objet d'une fiche précisant ses caractéristiques, sa localisation, sa cartographie, les enjeux environnementaux et les incidences potentielles qu'il emporte.

6 L'imagerie sismique est une méthode géophysique d'observation de la subsurface. Elle permet de visualiser les structures géologiques en profondeur grâce à l'analyse des échos d'ondes sismiques. Source Wikipédia.

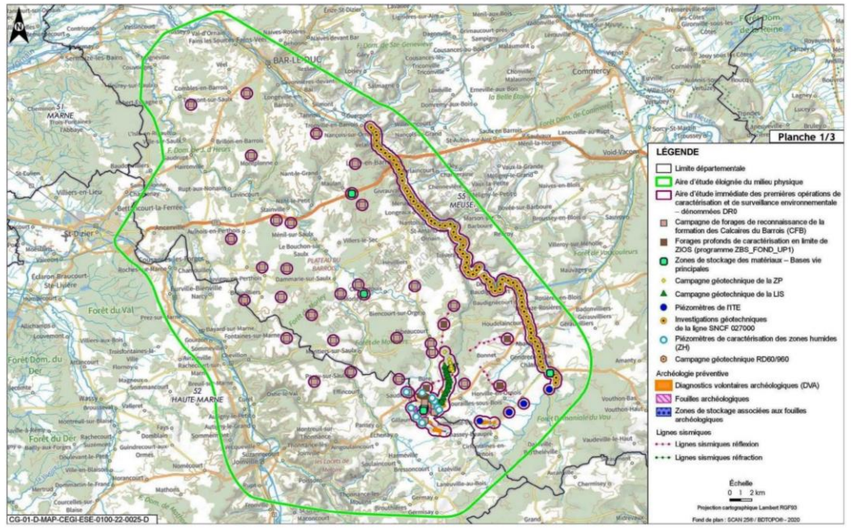


Figure 2 : Carte de localisation générale des travaux de l'étape DR0. On note les forages profonds matérialisés par des carrés beiges, les piézomètres de caractérisation des zones humides autour du site et les forages avec des cercles beiges au centre matérialisé notamment le long de la voie ferrée. Source : dossier. Une série de cartes de haute résolution à différentes échelles est disponible au sein de la pièce DAE8 Éléments graphiques de l'étude d'impact.

Les conditions de réalisation des sondages sont décrites avec précision.

Différentes investigations sont prévues pour caractériser les couches subsurfaciques d'implantation des installations, et pour préciser la caractérisation des zones humides. Les étapes ultérieures des aménagements préalables comportent des défrichements de zones d'accueil des verses[7] au bois Lejuc, des travaux d'installation de zones de chantier, des bassins d'assainissement et quelques travaux concernant l'alimentation électrique, la mise à niveau de la ligne ferroviaire, la déviation de la D60/960 et l'adduction d'eau potable. La figure 3 cartographie les opérations de Cigéo.

Le dossier décrit les ajustements apportés au projet et les conséquences pour la phase DR0 :

- les études de conception menées par SNCF Réseau ont mis en évidence la nécessité de renforcer certaines culées de pont[8] et de créer un bassin de gestion des eaux sur la commune de Gondrecourt-le-Château ;

7 Dépôt des déblais de la couche argileuse du callovo-oxfordien issus du creusement des ouvrages souterrains. Source dossier.

8 La culée d'un pont est la partie située sur la rive destinée à supporter le poids d'un tablier à poutre ou la poussée de la voûte d'un pont en arc. Source Wikipédia.

- le recalage de quelques dizaines de mètres de deux triptyques de sondages (pelle mécanique/piézomètre/sondage à la tarière) est requis afin de respecter la distance réglementaire de 35 m entre les ouvrages et les installations de gestion des eaux usées.

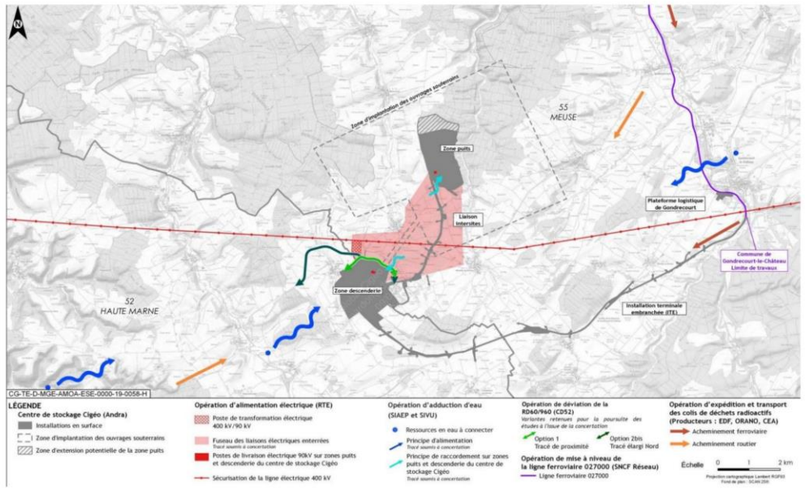


Figure 3 : Carte de localisation des opérations de Cigéo, on note l'étendue de la zone souterraine de stockage entourée d'une ligne pointillée. Source dossier.

Recommandation 2021 : L'Ae recommande de présenter la surveillance à long terme qui est prévue et les moyens employés pour diminuer les risques à long terme après fermeture du stockage.

Le mémoire en réponse indique que « *La surveillance à long terme prévue et les moyens employés pour diminuer les risques à long terme après fermeture seront détaillés de manière progressive lors des dossiers ultérieurs relatifs à l'installation nucléaire de base conformément à la réglementation (dossier de demande d'autorisation de création, dossier de mise en service, ...)* ».

Le dossier soumis aujourd'hui à l'Ae a été significativement modifié sur ce sujet, l'Ae détaille son analyse de ces évolutions au chapitre «Evaluations des risques pour la santé » page 33 du présent avis. La fermeture du site est prévue à l'horizon 2150. La protection de la santé humaine et des écosystèmes après ce terme pendant plusieurs dizaines de millénaires reste fondée sur la sûreté passive que garantit la capacité de la couche d'argilite[9] à empêcher toute migration des substances radioactives sans intervention humaine pendant toute leur période de décroissance.

L'Ae considère que les mesures visant à garder la mémoire du site et à proscrire tout contact des habitants futurs du territoire doivent être portées dès aujourd'hui au débat public dans la mesure

9 L'argilite est une forme de roche sédimentaire argileuse indurée à grain fin et très peu perméable. Source Wikipédia.

où leur faisabilité, qui reste incertaine, devrait influencer les choix aujourd'hui opérés quant au stockage des déchets nucléaires.

L'Ae maintient sa recommandation de présenter, sans attendre la mise en place des déchets en profondeur, la surveillance à long terme (au-delà de 2150) qui est prévue et la manière dont sera perpétuée la mémoire du site pour prévenir les risques d'intrusion par forage dans le stockage après fermeture.

REPONSE DE L'ANDRA À LA RECOMMANDATION R2

L'Andra prend acte de cette recommandation et apporte les précisions suivantes.

Les recommandations R2, R8 et R17 concernant des sujets connexes liés à la thématique de l'après fermeture du centre de stockage Cigéo, il est proposé de regrouper les réponses à ces trois recommandations.

La réponse est organisée selon les sous-thématiques suivantes :

1. Des éléments de contexte liés au choix du centre de stockage Cigéo au regard de la protection à long terme de l'homme et de l'environnement ;
2. Les modalités de surveillance du centre de stockage Cigéo pendant la phase de surveillance (en réponse à la recommandation R2) ;
3. Des précisions relatives à la mémoire (en réponse aux recommandations R2 et R8) ;
4. Des précisions sur la méthodologie, les hypothèses et les résultats des scénarios d'évaluation de la sûreté après-fermeture (en réponse à recommandation R17).

1. Eléments de contexte liés au choix du centre de stockage Cigéo au regard de la protection à long terme de l'homme et de l'environnement

Comme décrit en introduction du chapitre 18.2 du volume IV de la « Pièce DAE 6 - Étude d'impact du projet global Cigéo » (8) du présent dossier, le centre de stockage Cigéo est conçu pour être fermé à la fin de sa phase de fonctionnement afin de protéger durablement l'homme et l'environnement sans nécessiter d'interventions humaines ultérieures. La sûreté est ainsi assurée de façon passive, c'est-à-dire que l'homme et l'environnement sont protégés des éléments radioactifs et des substances toxiques chimiques contenus dans les déchets radioactifs grâce uniquement à la conception du système de stockage (colis de déchets, installation souterraine, scellement…) et aux caractéristiques favorables de la couche du Callovo-Oxfordien, roche hôte du stockage.

Afin de répondre à l'objectif fondamental de protection des personnes et de l'environnement contre les risques liés à la radioactivité et aux substances toxiques chimiques des déchets, le système de stockage vise à :

- isoler les déchets des phénomènes de surface et des actions humaines dites « banales » ;
- limiter le transfert jusqu'à la biosphère des radionucléides et substances toxiques chimiques contenus dans les déchets.

La fonction « isoler les déchets de la surface » vise à un éloignement de ceux-ci à une profondeur de plusieurs centaines de mètres afin de prémunir l'homme et l'environnement des dangers liés à la présence des déchets. Cet éloignement préserve le stockage des phénomènes de surface, de l'érosion ainsi que des activités humaines « banales » et limite ainsi la possibilité d'activités humaines susceptibles de rompre cet isolement aux seuls forages profonds.

Il est entendu par activité humaine « banale » une action humaine ne nécessitant pas des moyens technologiques ou industriels importants. Il s'agit des actions humaines courantes comme les constructions d'habitations ou les chantiers routiers. Les actions humaines « banales » ont une incidence sur quelques dizaines de mètres de profondeur (exemple du forage géotechnique réalisé avant la construction d'une habitation). Le SSG-23 (14) de l'AIEA précise que ces intrusions sont généralement limitées à une profondeur de 30 m à 50 m[4]. Les forages de plusieurs centaines de mètres sont exclus des activités « banales » quel que soit leur objectif.

La couche du Callovo-Oxfordien dans laquelle sont implantées les zones de stockage se situe à une profondeur d'environ 500 mètres. Dès lors, les intrusions humaines involontaires postulées atteignant l'installation souterraine de stockage ne sont que des forages profonds.

Par ailleurs, conformément au guide n° 1 de l'ASN (15), le site d'implantation du stockage ne présente pas de ressources naturelles exceptionnelles qui motiveraient une intrusion, en particulier par forage.

Isoler les déchets et retenir un site d'implantation qui ne présente pas de ressources naturelles exceptionnelles constitue une recommandation générale de diverses instances/organisations internationales telles que l'AIEA (par exemple le SSR-5, SSG-23, SSG-14 (16, 17)), WENRA, l'AEN et la CIPR (notamment la publication 122 dédiée au stockage en formation géologique et qui s'applique ainsi à l'installation de stockage Cigéo). Pour un stockage en formation géologique, la CIPR 122 (18) résume la position commune des différentes instances ainsi : « *Given the distance from the surface and the selection of appropriate sites, the potential for human intrusion is limited* », ce qui peut se traduire par : « Compte tenu de la distance par rapport à la surface (qui est de 500 m pour l'installation de stockage Cigéo) et de la sélection de sites appropriés, le potentiel d'intrusion humaine est limité ».

2. Modalités de surveillance du centre de stockage Cigéo pendant la phase de surveillance (en réponse à recommandation R2)

Après la décision d'autorisation de fermeture, l'INB Cigéo passe en phase de surveillance. Les activités de surveillance visent à vérifier l'absence de contamination de l'environnement et ainsi le respect des exigences réglementaires de protection des intérêts.

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

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

Les moyens et dispositions qui sont mis en œuvre pour la surveillance après fermeture se fondent notamment sur les acquis de connaissances des centres de stockage de la Manche et de l'Aube, et également dans le cadre de la démarche de développement progressif, sur le retour d'expérience acquis à la suite de la fermeture d'ouvrages souterrains (par exemple le laboratoire de recherche souterrain du lac du Bonnet au Canada (Dixon *et al.*, 2017)) (19).

[4] Au paragraphe 6.52 du SSG-23 de l'AIEA (Agence internationale de l'énergie atomique), il est indiqué que « l'intrusion humaine est particulièrement pertinente pour les installations de stockage de déchets nucléaires en surface ou subsurface. La plupart des activités humaines (*e.g.* Opérations de construction, agriculture, etc.) qui pourraient conduire à une intrusion humaine par inadvertance dans une installation de stockage des déchets a lieu à des profondeurs limitées de l'ordre de plusieurs dizaines de mètres (généralement jusqu'à 30 m ou 50 m sous la surface). Sur de longues périodes de temps, une intrusion humaine dans une telle installation de stockage (en surface ou subsurface) peut être considérée comme probable. Des activités humaines qui atteignent des profondeurs supérieures à 30 m sont beaucoup moins probables, mais incluent des forages (par exemple pour l'eau, le pétrole ou le gaz), des activités d'exploration et d'exploitation minière, des activités d'extraction de chaleur géothermique ou le stockage de pétrole, de gaz ou de dioxyde de carbone ». (traduction du texte original en anglais).

D'une façon générale, la surveillance de l'environnement au cours de la phase de surveillance s'inscrit dans la continuité de la surveillance de l'environnement mise en place au cours du fonctionnement du centre de stockage Cigéo, dont elle intégrera par ailleurs les enseignements. Son ampleur sera adaptée à cette phase en intégrant l'ensemble des réglementations qui seront alors en vigueur. Les modalités de surveillance de l'environnement envisagées à ce stade sont présentées au chapitre 18.2.4 du volume IV de la « Pièce DAE 6 - Étude d'impact du projet global Cigéo » du présent dossier.

Ainsi, les modalités de mise en œuvre des dispositions de surveillance pendant la phase de surveillance après fermeture (nature des mesures, dispositifs, etc.) seront précisées dans le cadre de la loi entérinant la fermeture du centre de stockage, en tenant compte des moyens et de la connaissance disponibles alors.

3. Précisions relatives à la mémoire (en réponse aux recommandations R2 et R8)

Les éléments ci-après viennent préciser les modalités de maintien de la mémoire à long terme qui sont présentées au chapitre 18.2.2.2.3 du volume IV de l'étude d'impact de la « Pièce DAE 6 - Étude d'impact du projet global Cigéo » du présent dossier.

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

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

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

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

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

Ces dispositifs seront progressivement définis et déployés par l'Andra, qui les étudie et les initie d'ores et déjà dans le cadre de son « programme Mémoire pour les générations futures ». Ce programme pluridisciplinaire a été, est et sera régulièrement inscrit dans le débat public :

- il s'appuie sur les réflexions de trois « groupes mémoire », composés de riverains bénévoles des sites du CSM, CSA et CMHM, qui proposent régulièrement, depuis 2011, des pistes de dispositifs mémoriels (https://www.andra.fr/cigeo/un-centre-pour-plus-dun-siecle#section-963)(20) ;
- il est décrit sur une page dédiée du site de l'Andra (https://www.andra.fr/nos-expertises/conserver-et-transmettre-la-memoire) (21) et des communications régulières sont faites sur le sujet, tant au niveau local que national ;
- il suscite régulièrement l'intérêt des médias, et fait l'objet d'interviews et articles ;
- il a été examiné au cours de la conférence de citoyens sur la Phipil de Cigéo (22), qui l'a conforté et a appelé à la poursuite de travaux et recherches pluridisciplinaires, pour prendre « le temps d'inventer des solutions » ;
- il est présenté dans le plan directeur de l'exploitation de Cigéo (PDE) (23), qui est public et a vocation à être mis à jour tous les cinq ans, en concertation avec les parties prenantes et le public, dans le cadre de la gouvernance du centre de stockage.

Concernant plus particulièrement la recommandation R8, la volonté de maintenir des activités humaines sur le territoire a été spontanément et fortement exprimée par le public.

Les demandes émanant des citoyens, notamment au niveau du territoire, plaident toutes en faveur d'un ancrage local de la mémoire, synonyme du maintien d'un tissu social suffisamment dense.

En outre, les recherches en socio-anthropologie menées à l'initiative de l'Andra démontrent que la compréhension d'un message sur le long terme est favorisée par la connaissance du contexte contemporain à la création du message et à son objet. Or, une telle connaissance émane des interactions humaines à proximité du centre.

L'exemple du canal Midi, qui a fait l'objet d'une étude commanditée par l'Andra et réalisée par le chercheur Frédéric Ogé, montre que la mémoire du canal, ouvrage d'art inauguré il y a plus de trois siècles, a été favorisée notamment par la présence d'activités humaines à proximité, y compris sans lien direct avec l'usage premier du canal : tourisme, promenade, etc.

L'Andra adopte par conséquent une démarche de maintien d'un dialogue continu avec le territoire.

4. Précisions sur la méthodologie, les hypothèses et les résultats des scénarios d'évaluation de la sûreté après-fermeture (en réponse à recommandation R17)

Pour mémoire, une synthèse de la démarche générale d'évaluation de la sûreté après fermeture et des hypothèses retenues sont présentées respectivement aux chapitres 5.3.1 et 5.3.2 du volume VI de la « Pièce DAE 6 - Étude d'impact du projet global Cigéo » du présent dossier. La démonstration de sûreté après fermeture est réalisée selon une approche déterministe (et non probabiliste) qui repose sur une analyse qualitative des risques et incertitudes résiduelles des connaissances scientifiques.

Dans sa démarche d'évaluation de la sûreté après-fermeture, l'Andra traite les scénarios d'intrusion humaine involontaire en cohérence avec les pratiques internationales de l'AEN et de l'AIEA. Le risque d'intrusion humaine involontaire est analysé de manière déterministe sans jugement de la vraisemblance de son occurrence tel que recommandé par le groupe de revue internationale du dossier d'option de sûreté, partie après-fermeture, sous l'égide de l'AIEA, en faisant référence notamment au projet AIEA HIDRA (24, 25) (*Human Intrusion in the Context of Disposal of Radioactive Waste*). En effet, dans le cadre de ce projet, il est admis par les organisations y participant, qu'il n'est pas possible de calculer la probabilité d'occurrence d'une intrusion humaine involontaire dans le futur. Les référentiels internationaux introduisent cependant une distinction entre les intrusions humaines dites « banales » et les autres. À ce titre, tel que mentionné au point 1, les zones de stockage situées à 500 mètres de profondeur sont par nature totalement isolées de ces activités humaines dites « banales » qui sont limitées à une profondeur de 30/50 mètres.

La date de 500 ans est retenue comme date minimale d'occurrence d'une intrusion humaine involontaire conformément au Guide de sûreté n° 1 de l'ASN (15).

Dans le cadre de l'évaluation de la sûreté après fermeture, dans une approche prudente, il est adopté comme hypothèse de début l'émergence de l'oubli du stockage, à partir de 500 ans, qui conduit à postuler les intrusions par forage, dès 500 ans. La date de 500 ans n'est pas une limitation de l'objectif de maintien de la mémoire, mais la traduction de l'approche prudente qui veut que l'on doive postuler la perte de la mémoire, comme rappelé par l'ASN dans son guide de sûreté n° 1. Cette hypothèse est susceptible d'induire les incidences sur l'homme les plus élevées et permet ainsi de vérifier la robustesse du système de stockage.

Sans attribuer de vraisemblance à ce type de scénario, conformément à la démarche mise en œuvre par l'Andra et en cohérence avec les pratiques internationales et le guide de sûreté n° 1 de l'ASN, l'analyse conduite a permis de préciser le nombre et la localisation des forages dans le centre de stockage Cigéo, de définir de manière stylisée[5] les scénarios d'intrusion humaine involontaire et les types d'incidences potentiellement générées. La liste des scénarios d'intrusion humaine involontaire est présentée à la figure 5-8 du chapitre 5.3.2.2.4 du volume VI de la « Pièce DAE 6 - Étude d'impact du projet global Cigéo » du présent dossier. Les scénarios d'intrusion humaine involontaire par forages retenus s'appuient sur la liste de forages préconisés par le Guide de sûreté n° 1 de l'ASN, liste également proposée dans le cadre du « Dossier d'options de sûreté - Partie après fermeture »(24).

Les conséquences d'un forage profond atteignant le stockage ou le traversant peuvent être de créer une potentielle exposition au public en créant une nouvelle voie de migration des radionucléides et des substances toxiques chimiques vers les exutoires court-circuitant la couche du Callovo-Oxfordien.

Les résultats quantitatifs des risques de l'ensemble des scénarios de l'évaluation de la sûreté après fermeture sont en cours d'instruction par l'ASN et l'IRSN dans le cadre de la demande d'autorisation et de création (DAC) déposée en janvier 2023.

L'étude de maîtrise des risques (EMR) et l'étude d'impact seront actualisées à l'issue de cette instruction, en tant que de besoin.

1.3. Procédures relatives au projet

La figure 2 détaille les procédures en cours et à venir d'ici la mise en service.

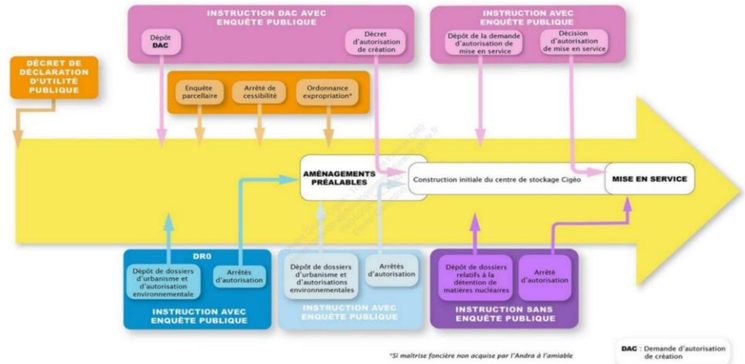


Figure 4 : procédures précédant la mise en service de Cigéo. Source dossier.

Conformément au code de l'environnement[10], le maître d'ouvrage actualise l'étude d'impact au fur et à mesure des demandes d'autorisation (création de l'INB[11], autorisations environnementales, autorisations au titre du code de l'urbanisme) dès lors que des éléments significatifs justifient une modification de cette étude.

Le dossier comporte une copie de l'étude de maîtrise des risques du dossier d'autorisation de création, étude pour information ». La mise à disposition de cette étude de maîtrise des risques illustre une volonté bienvenue de transparence de l'Andra. Selon l'Ae toutefois, les risques étant des sources importantes d'incidences cette étude fait partie de l'étude d'incidences environnementales.

[10] Article L. 122-1-1 du code de l'Environnement : « *Lorsque les incidences du projet sur l'environnement n'ont pu être complètement identifiées ni appréciées avant l'octroi de cette autorisation, le maître d'ouvrage actualise l'étude d'impact en procédant à une évaluation de ces incidences, dans le périmètre de l'opération pour laquelle l'autorisation a été sollicitée et en appréciant leurs conséquences à l'échelle globale du projet. En cas de doute quant à l'appréciation du caractère notable de celles-ci et à la nécessité d'actualiser l'étude d'impact, il peut consulter pour avis l'autorité environnementale.* »

[11] Installation nucléaire de base (article L. 593-1 et suivants du code de l'environnement)

[5] En référence au guide SSG-23 de l'AIEA, « Les scénarios d'intrusion humaine doivent être élaborés sur la base de représentations stylisées de la nature de l'intrusion et des actions de l'intrus, et il convient de reconnaître qu'il existe une incertitude inévitable associée à l'intrusion humaine. Les scénarios d'intrusion humaine ne visent pas à rendre compte de l'évolution du site et des activités sociétales futures, mais sont conçus pour fournir des illustrations des impacts potentiels de l'intrusion humaine. Si des scénarios stylisés sont utilisés, ils doivent être basés sur l'hypothèse que le niveau de technologie est le même qu'aujourd'hui » (traduction du texte original en anglais).

La demande de décret d'autorisation de création étant en cours d'expertise auprès de l'ASN, l'Ae n'est saisie à ce stade que d'un dossier de demande d'autorisation environnementale concernant les aménagements préalables, dite phase DR0. L'Ae sera sollicitée sur le dossier de création après que le dialogue entre le maître d'ouvrage et l'ASN aura abouti à une version du dossier validée par l'ASN. Le présent avis porte donc sur l'étude d'impact dans sa version actuelle qui comporte cependant aussi les éléments proposés par l'Andra pour le décret d'autorisation de création et l'analyse des incidences de la phase DR0.

Dans leurs contributions à cet avis, la préfecture de la Meuse et l'Agence régionale de santé (ARS) ont demandé de compléter l'étude d'impact pour plusieurs paramètres. Il conviendra de joindre ces compléments à la prochaine version de l'étude d'impact et d'y répondre spécifiquement pour ce qui concerne la phase DR0.

Le dossier comporte une demande de dérogation relative à l'interdiction de destruction d'individus et d'habitats d'espèces protégées, une évaluation des incidences sur les sites Natura 2000[12] et une déclaration relative aux IOTA[13].

L'avis de 2021 : *« considérant la dimension exceptionnelle du projet et sa durée »* soulignait que « *la question d'activer les mécanismes de consultation internationaux prévus par la convention d'Espoo devra[it] avoir été réévaluée pour la demande d'autorisation de création du stockage »*. Le mémoire en réponse renvoie l'examen de cette question à l'instruction, en cours, du dossier de décret d'autorisation de création par les services de l'État.

Le projet Cigéo concerne les générations futures pendant une durée plurimillénaire. La population concernée ne peut être considérée comme étant celle des territoires sur lesquels se situe l'emprise du projet mais également celle des territoires et pays voisins, sachant que l'on ne peut inférer le découpage administratif à cette horizon temporel. Le devenir des déchets nucléaires est une problématique environnementale majeure qui s'inscrit dans les réflexions en cours au niveau européen sur l'énergie et le changement climatique, ce qui renforce l'intérêt d'une concertation large, bien au-delà de celle des seuls riverains actuels du projet. L'Ae considère toujours qu'il serait particulièrement opportun de mettre en place une consultation des pays voisins.

L'Ae recommande à l'État de mettre en place une consultation similaire à celle prévue par la convention d'Espoo et l'article R. 593-22 du code de l'environnement.

REPONSE DE L'ANDRA À LA RECOMMANDATION R3

L'Andra prend acte de cette recommandation et confirme que les premières opérations de caractérisation et de surveillance environnementale (dites opérations DR0), tout comme le projet global Cigéo, n'ont aucune incidence potentielle identifiée, de quelque nature que ce soit, en dehors du territoire français, que ce soit en fonctionnement normal ou accidentel.

De fait, l'opportunité d'une consultation spécifique similaire à celle prévue par la convention d'Espoo et les articles R. 122-10 et R. 593-22 du code de l'environnement relève de l'appréciation des services de l'État dans le cadre des dossiers en cours d'instruction.

1.4. Principaux enjeux environnementaux du projet relevés par l'Ae

Pour l'Ae, les principaux enjeux environnementaux du projet, inchangés, sont les suivants :

[12] Les sites Natura 2000 constituent un réseau européen en application de la directive 79/409/CEE « Oiseaux » (codifiée en 2009) et de la directive 92/43/CEE « Habitats faune flore », garantissant l'état de conservation favorable des habitats et espèces d'intérêt communautaire. Les sites inventoriés au titre de la directive « habitats » sont des zones spéciales de conservation (ZSC), ceux qui le sont au titre de la directive « oiseaux » sont des zones de protection spéciale (ZPS).

[13] Installations, ouvrages, travaux et activités soumis à autorisation ou à déclaration en application des articles L. 214-1 à L. 214-6

- la sécurité après fermeture du site de stockage pour une période très longue, de plusieurs dizaines de milliers d'années ;
- le risque de dissémination de la radioactivité dans l'environnement notamment aquatique ;
- la préservation de la santé humaine du fait du risque d'exposition suite à la dispersion chronique ou accidentelle de substances radioactives dans l'air, les sols ou les eaux et de leur absorption par inhalation ou ingestion ;
- la protection des milieux naturels et de la biodiversité.

L'Ae souligne l'importance du premier enjeu et la double difficulté liée au fait qu'il est extrêmement difficile de concevoir des mesures efficaces pendant plusieurs dizaines de millénaires et à l'horizon temporel de la fermeture du site qui est lui-même éloigné (plus de 150 ans). Il reste que les choix d'aujourd'hui, notamment celui du stockage en couches géologiques sédimentaires de préférence à d'autres options, comme la transmutation[14] ou le stockage à grande profondeur, conditionnent la sécurité pluriséculaire des déchets radioactifs. Or ces choix n'apparaissent pas suffisamment éclairés par une analyse des risques à très long terme fondée sur des scénarios imaginatifs d'utilisation du sol et du sous-sol. Il convient d'examiner les probabilités d'exposition des populations futures en fonction à la fois des perspectives de peuplement du site et des utilisations possibles du sous-sol. Cette exposition doit être analysée en fonction des effets potentiels d'un éventuel contact avec les déchets radioactifs. Concernant ce dernier point le dossier évoque une dose faible de 0,25 mSv[15] dans un scénario *What if* mais ne précise pas la durée de contact involontaire avec les radionucléides qui aboutit à cette valeur.

Le dossier affirme que le choix d'un stockage réversible pendant une première phase suivie d'un scellement avec abandon ne reporte pas sur les générations futures le poids de la gestion des déchets. Cette assertion n'est pas étayée par une réflexion éthique et juridique sur la question de la transmission aux générations futures d'un sous-sol contaminé par des déchets radioactifs. C'est la réversibilité temporaire du stockage jusqu'à sa fermeture et le fait que celle-ci ne pourra être autorisée que par une loi qui fondent juridiquement la prise en compte des droits des générations futures, ce qui a été rappelé par le conseil constitutionnel dans une décision d'octobre 2023[16]. Le Conseil constitutionnel a à cet égard précisé que son contrôle du choix de la solution technique par le législateur est limité : « *Il n'appartient pas au Conseil constitutionnel de rechercher si les objectifs que s'est assignés le législateur auraient pu être atteints par d'autres voies, dès lors que les modalités retenues par la loi ne sont pas, en l'état des connaissances scientifiques et techniques, manifestement inappropriées à ces objectifs.* » Pour l'Ae, il importe de s'assurer que la génération qui aura à prendre la décision de fermeture sera bien éclairée sur les risques associés et ne verra pas son choix contraint par les coûts rédhibitoires, *voire l'impossibilité du* retrait des colis et la mise en œuvre d'une autre solution.

[14] Transformation d'un nucléide en un autre par une réaction nucléaire. Source glossaire du dossier.

[15] Le Sievert (Sv), du nom de Rolf Sievert (1896-1966), est l'unité dérivée du Système international utilisée pour mesurer une dose équivalente, une dose efficace ou un débit de dose radioactive (Sv/s, Sv/h ou Sv/an), c'est-à-dire pour évaluer quantitativement l'impact biologique d'une exposition humaine à des rayonnements ionisants.

[16] Conseil constitutionnel ; Décision n° 2023-1066 QPC du 27 octobre 2023

REPONSE DE L'ANDRA AU QUESTIONNEMENT DE L'AE

L'Andra prend acte de cette interrogation et apporte les précisions suivantes.

La réversibilité du stockage est décrite au chapitre 4.3 du volume II de la « Pièce DAE 6 - Étude d'impact du projet global Cigéo » du présent dossier.

L'article L. 542-10-1 du code de l'environnement prévoit que le centre de stockage Cigéo soit conçu pour garantir sa réversibilité, c'est-à-dire assurer « *la capacité, pour les générations successives, soit de poursuivre la construction puis l'exploitation des tranches successives d'un stockage, soit de réévaluer les choix définis antérieurement et de faire évoluer les solutions de gestion* »

Cette réversibilité, qui vise à ne pas contraindre les choix futurs, est mise en œuvre par différentes mesures : la progressivité de la construction, l'adaptabilité de la conception et la flexibilité d'exploitation du stockage et la possibilité de récupérer des colis de déchets déjà stockés. Pour garantir ce principe tout au long de la construction et l'exploitation du stockage, des revues de la mise en œuvre du principe de réversibilité sont organisées au moins tous les cinq ans, en cohérence avec les réexamens périodiques de sûreté.

Par ailleurs, la participation des citoyens tout au long de la vie de l'installation de stockage est prévue. Cette démarche se traduit dans l'élaboration, tous les cinq ans, en concertation avec l'ensemble des parties prenantes et le public, d'un plan directeur de l'exploitation (PDE).

Les objectifs de la gouvernance relative à la fois au stockage et à la gestion des déchets de haute et moyenne activité à vie longue sont définis par le PNGMDR. La PNGMDR 2022-2026 (26) précise ainsi que la gouvernance du projet de centre de stockage Cigéo devra permettre un dialogue et une association en continu des parties prenantes et du public. Cette démarche devra permettre d'associer le public aux grands enjeux de Cigéo. Ce plan précise également le rôle du PDE élaboré par l'Andra, qui devra, dans sa version post dépôt de la demande d'autorisation de création de l'INB, identifier et expliciter les modalités de mise en œuvre de la réversibilité, dont la récupérabilité, et devra constituer un outil d'analyse collective des conditions de mise en œuvre du projet, sous tous ses aspects et en particulier la réversibilité, et de mémoire des choix effectués et de leurs évolutions.

Les exigences de conception du centre de stockage Cigéo associées aux modalités de gouvernance de la gestion des déchets en France permettent donc d'assurer la bonne information tout au long du projet et de garantir sa réversibilité.

2. Analyse de l'étude d'impact

L'étude d'impact a considéré une aire d'étude rapprochée et une aire d'étude immédiate ; une autre aire d'étude concerne la ligne électrique à très haute tension (400 000 V). Elle est très détaillée et de grande qualité. Elle comporte de nombreuses illustrations et des présentations didactiques des notions abordées. Chaque chapitre a une conclusion très claire.

2.1. État initial

2.1.1. Analyse exhaustive de l'état initial chimique et radiochimique

La contribution de l'IRSN au présent avis indique que l'Andra s'est engagée le 7 mars 2024 à mettre à jour, à l'aide des meilleures technologies disponibles, la caractérisation radiologique et chimique de l'environnement et de l'ensemble des radioéléments susceptibles d'être présents. Une base de données représentative du site sera mise en place. L'Ae souligne l'importance de disposer d'un tel jeu de données incluant les éléments, notamment les métaux lourds, connus avec la meilleure précision[17]. Cet inventaire à vocation à être mis à jour tout au long des avancées technologiques.

2.1.2. Milieux naturels et physique

2.1.2.1. Mise à jour du dossier et prise en compte des recommandations de l'Ae de 2021

Recommandation 2021 : L'Ae recommande de compléter le dossier par l'analyse de la composition chimique des matériaux qui seront extraits du sous-sol pour constituer les verses afin d'évaluer le risque de transfert de matières solides toxiques dans l'air et les eaux.

Le mémoire en réponse et le dossier ont été complétés par la présentation de la composition chimique des argilites[18] de la couche géologique du Callovo-oxfordien. Les valeurs présentées se situent dans la fourchette des valeurs du fond géochimique français et ne présentent donc pas de risque particulier pour l'environnement et la santé humaine.

Toutefois, ces valeurs proviennent de travaux déjà anciens qui devront être complétés afin de s'assurer que la présence de métaux lourds dans les verses est compatible avec leur dépôt à la surface du sol. La déstructuration des argilites par leur extraction puis leur stockage peut rendre les polluants plus sensibles au lessivage par la pluie et les infiltrations. Des mesures in situ des lixiviations compléteraient utilement les analyses des matériaux eux-mêmes.

REPONSE DE L'ANDRA AU QUESTIONNEMENT DE L'AE

L'Andra prend acte de ce questionnement et apporte les précisions suivantes.

La composition chimique du Callovo-Oxfordien est présentée au chapitre 4.3.2.6.2 du volume III de la « Pièce DAE 6 - Étude d'impact du projet global Cigéo » du présent dossier. La compilation des données de plusieurs études antérieures indique que la composition chimique des argilites excavées reflète la composition initiale de la roche et que les concentrations mesurées restent relativement stables selon la profondeur de la verse et son temps d'entreposage. Les analyses géochimiques réalisées sur des échantillons de verses argileuses entreposées de quelques jours à une dizaine d'années ne révèlent pas de grandes différences par rapport aux argilites saines mesurées dans les galeries souterraines du Laboratoire souterrain. Ce n'est donc pas tant la composition chimique des verses, mais plutôt l'évaluation du risque de transfert à l'environnement, qui a récemment fait l'objet de nouvelles analyses.

Le chapitre 5.4.2.2.1 du volume VII de l'étude d'impact présente les processus géochimiques qui se produisent lorsque les argilites sont exposées à l'atmosphère (*i.e.* En présence d'oxygène), et notamment avec la lixiviation par les eaux de pluie. Afin de confirmer la compatibilité des verses avec leur dépôt à la surface du sol, des analyses du potentiel de génération acide (selon la norme NF EN 15875 de 2011 (27)) et des tests de lixiviation (selon la norme NF EN 12457-2 de 2002 (28), conformément à l'arrêté du 12 décembre 2014 (29) qui définit les critères d'acceptation de déchets non dangereux inertes dans les installations de stockages de déchets inertes) ont été réalisés en 2023 pour conforter une première série de test de lixiviation datant de 2017. Les résultats de ces analyses et leur interprétation seront intégrés dans une prochaine actualisation de l'étude d'impact.

Recommandation de l'Ae en 2021 : L'Ae recommande de réévaluer l'enjeu que constitue la nappe de l'Oxfordien.

[17] Par exemple, dans son avis sur le stockage souterrain Stocamine l'Ae avait constaté que les analyses initiales des colis de déchets étaient erronées du fait des technologies de fluorescence X utilisées à l'époque de leur caractérisation.
[18] Cf. Étude d'impact volume III, 4.3.2.6.2 Composition et propriétés du Callovo-Oxfordien

Le mémoire en réponse justifie le maintien de l'enjeu modéré ou fort selon l'usage de l'eau attribué à la nappe de l'Oxfordien. Il est explicité que selon le niveau de fracturation de la roche la perméabilité varie et que la couche située à l'aplomb du stockage est de l'ordre de 10^{-8} m/s[19] donc pratiquement inexploitable pour l'eau potable. Le dossier est complété en conséquence.

L'Ae recommande d'apporter les éléments permettant de confirmer les valeurs de perméabilité et de transmissivité des nappes contenues dans les couches enveloppant les argilites.

REPONSE DE L'ANDRA A LA RECOMMANDATION R4

L'Andra prend acte de la recommandation et apporte les précisions suivantes.

Les valeurs retenues (chapitres 5.2.2.2 et 5.2.2.3 du volume III de la « Pièce DAE 6 - Étude d'impact du projet global Cigéo » du présent dossier) sont issues de mesures réalisées par l'Andra lors de deux campagnes de forages profonds atteignant les formations encaissantes du Callovo-Oxfordien (l'Oxfordien carbonaté et le Dogger) en 2003 et 2007-2008 (campagnes FSP et FZT). Ces campagnes ont permis d'acquérir des données hydrogéologiques (transmissivités, charges) dans l'Oxfordien carbonaté et le Dogger. Cette caractérisation hydrogéologique s'appuie sur une stratégie de mesures en forages comprenant des essais hydrauliques, des diagraphies, des mesures de charges et des mesures d'interférences hydrauliques. Ces mesures ont été réalisées dans 17 forages à l'Oxfordien carbonaté et 12 forages au Dogger. En complément, le programme de forages profonds en limite de ZIOS le programme ZBS UP1 Fond en limite de ZIOS, qui prévoit 4 forages à l'Oxfordien carbonaté et 4 au Dogger, au pourtour de la ZIOS, permettra de conforter les données déjà disponibles sur les propriétés hydrodynamiques des encaissants. Ce programme de forage est inclus dans la demande d'autorisation environnementale du jalon DR0.

Recommandation 2021 : L'Ae recommande de produire la cartographie de l'aire potentielle d'influence des installations de surface et de la descenderie[20] sur les eaux souterraines.

La carte figure 5 est présente dans le mémoire en réponse mais n'a pas été retenue dans le chapitre sur l'état initial de l'étude d'impact. Ce dernier a cependant été modifié afin de fournir les explications nécessaires à la compréhension du fonctionnement des nappes sous l'influence des puits et de la descenderie.

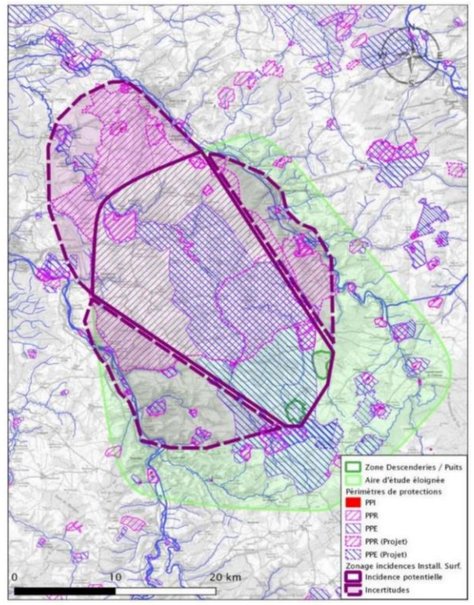


Figure 5 : carte de la zone d'influence potentielle des installations vis-à-vis des captages d'eau potable. Source mémoire en réponse.

[19] À titre de comparaison, la perméabilité de la Couche callovo-oxfordien où sera creusé le stockage est de 10^{-13} m/s, c'est à dire qu'une molécule d'eau parcourt quelques centimètres en 100 000 ans.

[20] Ouvrage en pente reliant des installations situées à la surface à l'installation souterraine du centre de stockage Cigéo. Source glossaire du dossier.

Recommandation 2021 : L'Ae recommande d'approfondir les possibilités de tracés pour la déviation de la route départementale 60/960, les canalisations d'adduction d'eau et le poste de transformation électrique du futur site afin de prendre en compte à un niveau approprié les enjeux relatifs aux zones humides et aux corridors de biodiversité dans le choix de la solution retenue pour l'implantation des installations de surface du centre de stockage.

Le dossier a été mis à jour pour tenir compte des évolutions des documents de planification, notamment les schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (Sdage) Seine-Normandie et Rhin-Meuse, adoptés en 2022. Les cours d'eau classés comme réservoirs biologiques ont été listés. Le dossier souligne l'absence de zone de répartition des eaux dans l'aire d'étude éloignée. L'inventaire des zones humides a été approfondi et sera complété dans le cadre des aménagements préalables DR0 pour ce qui concerne le trajet de la déviation de la D60/960[21] et l'opération d'adduction d'eau. Le maître d'ouvrage attribue un enjeu localement fort aux zones humides.

Le recensement des corridors écologiques est focalisé sur les déplacements des mammifères et des amphibiens ; il est observé dans le dossier que les grands massifs forestiers séparés par des zones d'agriculture intensive sont mal connectés. Le recensement des corridors concernés par les variantes de la déviation de la D60/960, l'adduction d'eau potable et de l'alimentation électrique n'a pas encore abouti.

L'Ae souligne l'importance d'achever les études écologiques rapidement au moment où de premiers travaux vont débuter, les options pour les opérations associées étant contraintes par les choix d'implantation déjà effectués des installations de surface.

REPONSE DE L'ANDRA AU QUESTIONNEMENT DE L'AE

L'Andra prend acte du questionnement et confirme qu'une étude est en cours avec pour objectif :

- de modéliser l'état initial des continuités écologiques sur le territoire d'implantation du projet global Cigéo (incluant donc les emprises de la route départementale D960, de l'adduction d'eau et de l'alimentation électrique) ;
- d'évaluer les incidences potentielles du projet global Cigéo sur les réseaux écologiques présents (modélisation à l'état projeté sans mesure) ;
- de définir et de confirmer l'efficacité des mesures de réduction retenues pour éviter tout impact du projet global sur les continuités écologiques (modélisation à l'état projeté avec mise en œuvre de la séquence ERC) ;
- de confirmer les liens fonctionnels entre les sites impactés et les sites de compensation retenus.

Les résultats de cette étude, viendront conforter les modélisations précédentes réalisées sur les continuités écologiques, et seront disponibles suffisamment en amont du démarrage des travaux pour maîtriser les impacts et ajuster les mesures de réduction ou de compensation si nécessaire.

Recommandation 2021 : L'Ae recommande également d'assigner à la continuité écologique un niveau d'enjeu moyen, et fort pour le bois Lejuc.

Le dossier a été complété sur ce point, un niveau d'enjeu fort a été attribué à la continuité de la sous-trame boisée et de la sous-trame aquatique et humide au niveau de la zone puits dont l'emprise est de 10 % du bois Lejuc.

Recommandation 2021 : L'Ae recommande d'approfondir les analyses de la flore et la faune de la zone des postes de transformation et de leurs raccordements électriques et de requalifier le cas échéant l'enjeu qui leur a été attribué.

Le maître d'ouvrage a choisi de regrouper l'ensemble des études de faune et de flore de la zone descenderie, de la liaison intersites, de la déviation de la route départementale D60/960, du poste de transformation électrique 400/90 000 V et des raccordements souterrains aux zones puits et descenderie. Ces études ont été complétées par de nouveaux inventaires de terrain. Les niveaux d'enjeu des habitats et des espèces identifient les niveaux local et national en tenant compte du statut réglementaire et du statut de conservation aux niveaux européen, national et local.

[21] Les rapporteurs ont été informés oralement que le tracé était maintenant choisi, il s'agit du tracé de proximité nord.

Pour la flore, un niveau d'enjeu fort a été attribué à la Renoncule des champs, au Pâturin bulbeux, à l'Ortie brûlante, à la Laîche écailleuse, au Peigne de Vénus et très fort à la Filipendule vulgaire. Pour les insectes, un niveau d'enjeu fort a été attribué au Cuivré des marais, au Damier de la succise à l'Agrion de Mercure et au *Procraerus tibialis.* Pour les mollusques le niveau d'enjeu est fort pour la Bytinelle des moulins. Pour les oiseaux, la Huppe fasciée, le Moineau friquet, le Tarier des prés, le Milan royal, le Busard cendré, l'Œdicnème criard et le Balbusard pêcheur présentent un enjeu fort. Aucun enjeu fort n'a été attribué aux amphibiens et aux mammifères, sauf pour les chauves-souris avec un enjeu fort pour le Grand Murin, le Murin à oreilles échancrées, le Petit Rhinolophe.

Les localisations des espèces inventoriées et de leurs habitats ont été systématiquement cartographiées. Parmi les habitats naturels d'intérêt communautaire, l'enjeu très fort a été attribué aux « *Cours d'eau intermittents x Forêts galeries de Saules blancs* » et « *Cours d'eau intermittents x bois de Frênes et d'Aulnes des rivières à eaux lentes x Végétation à* Phalaris arundinacea *x Bordures à* Calamagrostis *des eaux courantes* » et un niveau d'enjeu fort pour les « *Prairies des plaines* » et les « *Hêtraies calciclines à Mélique* »

Recommandation 2021 : L'Ae recommande de compléter l'inventaire de la biodiversité de la ligne électrique et d'y associer le conservatoire des espaces naturels de Champagne-Ardenne, gestionnaire de la réserve naturelle nationale de l'étang de la Horre.

Le mémoire en réponse indique que les analyses sont en cours et que le dossier sera complété pour le dépôt de la demande d'autorisation environnementale du raccordement électrique. Il confirme également que des contacts ont été établis avec le Conservatoire des espaces naturels de Champagne-Ardenne. La présentation de l'état initial n'a cependant pas évolué par rapport au dossier de déclaration d'utilité publique. Un ajout dans le chapitre sur les incidences sur les sites Natura 2000[22] souligne qu'un seul poteau de la ligne est concerné par la ZSC et la ZPS de l'étang de la Horre et qu'aucun autre aménagement ne sera nécessaire ce qui permet de considérer que l'enjeu est faible.

Recommandation 2021 : L'Ae recommande de procéder sans tarder à l'établissement de l'état actuel de la biodiversité sur les sites envisagés pour la mise en place du système d'adduction d'eau du centre Cigéo.

Le mémoire en réponse précise que le trajet de l'adduction d'eau *« construite par les syndicats de gestion locaux pour relier le centre de stockage aux captages de Thonnance-lès-Joinville, d'Échenay et de Gondrecourt-le-Château »* n'est pas encore défini. Une évaluation plus précise sera mise en œuvre au moment de la demande d'autorisation de cette opération. Les relevés sont en cours sur le fuseau d'un kilomètre de large au sein duquel devrait être choisie l'implantation de la canalisation. Le dossier n'a pas été modifié sur ce point.

[22] Les sites Natura 2000 constituent un réseau européen en application de la directive 79/409/CEE « Oiseaux » (codifiée en 2009) et de la directive 92/43/CEE « Habitats faune flore », garantissant l'état de conservation favorable des habitats et espèces d'intérêt communautaire. Les sites inventoriés au titre de la directive « habitats » sont des zones spéciales de conservation (ZSC), ceux qui le sont au titre de la directive « oiseaux » sont des zones de protection spéciale (ZPS).

Recommandation 2021 : L'Ae recommande de procéder à l'évaluation de l'état actuel de la biodiversité des variantes de la future emprise des zones traversées par la déviation de la route départementale D60/960 avant le choix de la variante à retenir.

Le choix du tracé de la déviation de la route D60/960 a été arrêté après une concertation avec les élus, les agriculteurs et le public conduite par le conseil départemental du 31 janvier 2022 au 11 mars 2022. Il s'agit du tracé 2bis qui mixe l'option 1 au nord avec l'option 2 (cf. Figure 6). Les inventaires écologiques sont en cours afin de préciser l'état initial, évaluer les incidences et définir les mesures ERC.

2.1.2.2. Complétion des inventaires écologiques de la zone puits

Le dossier a également été complété par l'inventaire de la biodiversité de la zone puits sise au bois Lejuc. Les habitats « *Frênaies - chênaies à Corydale* » et *Hêtraies calciclines à Mélique* » ont été jugés d'enjeu fort. Pour la flore, l'enjeu fort a été attribué à l'Œillet couché. Les insectes à enjeu fort sont le Cuivré des marais, le Thécla de l'orme, et l'Agrion de Mercure. Le Milan royal est un oiseau d'enjeu fort. Chez les mammifères les enjeux forts sont attribués au Grand Murin, au Murin à oreilles échancrées et au Petit Rhinolophe. Un enjeu fort à très fort est retenu par rapport à la typologie des espaces (zones humides, habitats naturels) pour la quasi-totalité des sondages relatifs à la voie ferrée.

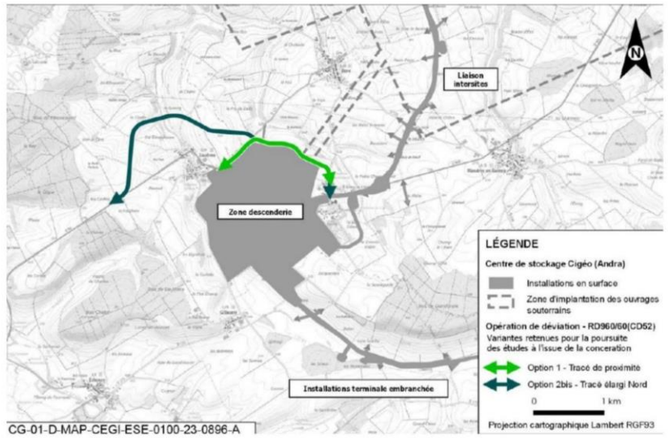


Figure 6 : carte des variantes de la déviation de la D60/960. Source dossier.

2.2. Analyse de la recherche de variantes et du choix du parti retenu

La mise à jour de ce volet apparaît dans le chapitre « *2.2 Le choix du stockage géologique parmi les différentes pistes de gestion des déchets radioactifs HA et MA-VL* » du volume II de l'étude d'impact.

Recommandation 2021 : L'Ae recommande de présenter, dès le dépôt de la demande de déclaration d'utilité publique, un programme détaillé d'études complémentaires de maîtrise des risques et de surveillance, ainsi que d'indiquer les conclusions à atteindre, correspondant aux décisions à prendre à chacune des étapes.

Le mémoire en réponse et la partie du dossier consacrée à l'analyse des variantes soulignent l'importance de la phase industrielle pilote (Phipil) pour la poursuite de la connaissance du milieu et l'évaluation de la réversibilité du stockage. Cette phase comportera une première étape de construction et d'essais avec des matières non radioactives. Cette étape sera suivie, après autorisation de mise en service, d'une étape de stockage de colis radioactifs. Des essais de réversibilité du stockage seront entrepris. La Phipil est supposée pouvoir se conclure par une décision de retrait des colis et de démantèlement du projet, notamment si les conclusions des essais de retrait n'étaient pas satisfaisantes.

Le dossier décrit les jalons décisionnels impliquant l'ASN, le Parlement et la participation du public. La modification institutionnelle qui regroupe désormais, au sein de l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection[23] (ASNR), l'expertise de l'IRSN et la décision de l'ASN implique une vigilance accrue en matière d'accès à l'information pour les citoyens. La loi a en effet modifié l'article L. 592-14 du code de l'environnement qui prévoit, concernant les expertises de l'ASNR, que « *[L]es résultats sont publiés de manière concomitante aux décisions auxquelles ils se rapportent, sauf pour les décisions pour lesquelles l'autorité en décide autrement, notamment au regard de la nature des dossiers concernés ou pour favoriser la participation du public, dans des conditions précisées par le règlement intérieur* » Il importe effectivement, afin de favoriser la participation du public en application notamment de la convention d'Aarhus, que celui-ci dispose de l'ensemble des résultats des expertises lors des débats qui précèdent les décisions et non pas au moment des prises de décision.

L'Ae recommande à l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection de prendre les dispositions qui permettent aux citoyens d'avoir accès aux résultats de ses expertises préalablement aux débats qui précèdent ses décisions.

REPONSE DE L'ANDRA À LA RECOMMANDATION R5

Cette recommandation est destinée à l'ANSR et ne concerne pas directement l'Andra qui a cependant choisi de présenter les éléments d'information suivants :

L'article L. 592-14 du code de l'environnement, dans sa version applicable à compter du 1er janvier 2025, prévoit effectivement une publication, par la nouvelle Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR), *« des résultats des expertises réalisées dans le cadre de ses instructions ainsi que les avis des groupes permanents d'experts »*. Il s'agit là d'une obligation qui incombera à la future ASNR, celle-ci devant définir dans son règlement intérieur les règles et modalités de publication de ces résultats et avis.

L'ASN organise d'ores-et-déjà des consultations du public *via* son site officiel en amont de la publication de ses décisions[6].

Dans le cas de l'instruction du dossier de demande d'autorisation de création (DAC), « *l'ASN a mis en œuvre un dispositif inédit de concertation autour du processus d'instruction technique. Ainsi, différentes parties prenantes (une vingtaine d'organisations, dont des commissions locales d'information, l'Anccli et des associations de protection de l'environnement) ont été consultées dans le cadre de l'élaboration de la saisine de l'IRSN sur la demande d'autorisation de création de Cigéo, avec pour objectif de recenser leurs attentes et préoccupations, en relation avec la sûreté nucléaire et la radioprotection* »[7](30).

Un dialogue technique permanent est par ailleurs maintenu avec les parties prenantes par l'IRSN, en collaboration avec l'Anccli et le Clis de Bure.

L'Andra, pour sa part, effectue en outre un travail de communication et de vulgarisation des informations scientifiques afin de les rendre plus accessibles, notamment grâce à :

- la mise en ligne des documents techniques : dossier de demande de déclaration d'utilité publique (DUP), dossier de demande d'autorisation de création (DAC), etc. associés aux avis de l'ASN et IRSN ;
- la concertation continue depuis le débat public de 2013, sous l'égide de garants nommés par la Commission nationale du débat public ;
- la création d'une exposition consacrée à Cigéo : maquette géante pour expliquer le fonctionnement de l'INB ;
- l'accueil de plus de 6 000 visiteurs par an, notamment lors d'opérations galeries ouvertes où le public peut se rendre dans le Laboratoire souterrain et rencontrer les équipes scientifiques.
- différentes publications : Journal de l'Andra, vidéos pédagogiques…

Recommandation 2021 : L'Ae recommande de comparer les avantages et les inconvénients environnementaux, y compris à très long terme, des différents types de stockage pour pouvoir démontrer que le choix de la couche d'argilite du Callovo-oxfordien est bien le plus adapté pour engager aujourd'hui l'avenir sur plusieurs millénaires.

Les modifications du dossier ne concernent que les performances de la couche Callovo-oxfordienne mais n'abordent pas ce qui concerne les avantages éventuels d'autres types de stockage, notamment à grande profondeur. En revanche, une évaluation des risques après fermeture est fournie qui prend en compte le temps très long ; l'Ae l'analyse au chapitre «Risques après fermeture » page 38.

[23] L'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR) est créée au 1er janvier 2025 par la loi n° 2024-450 du 21 mai 2024 relative à l'organisation de la gouvernance de la sûreté nucléaire et de la radioprotection pour répondre au défi de la relance de la filière nucléaire.

Avis délibéré n°2024-40 du 27 juin 2024 — Page 19 sur 53
Centre de stockage Cigéo (52-55)

[6] En effet, « L'ASN met en œuvre la participation du public sur ses projets de décisions réglementaires et individuelles dès lors qu'ils ont une incidence directe et significative sur l'environnement », cf. https://www.asn.fr/l-asn-reglemente/consultations-du-public.

[7] https://www.asn.fr/espace-professionnels/installations-nucleaires/projet-de-centre-de-stockage-en-couche-geologique-profonde-cigeo#aujourd-hui-instruction-de-la-dac

L'Ae reprend ci-dessous quelques arguments pour mieux détailler les questions qui se posent encore en termes d'analyse des variantes.

Le chapitre sur le stockage en forages très profonds sur les centres nucléaires existants a été légèrement remanié avec une courte introduction qui insiste sur l'absence de réversibilité de ces stockages et sur l'impossibilité de réaliser des essais dans un laboratoire souterrain, ces deux obligations découlant du code de l'environnement. L'Ae observe que la référence à la législation en vigueur présente un caractère relativement faible eu égard à la durée anticipée du stockage. L'actualité montre que la réglementation nucléaire peut évoluer rapidement. Nonobstant la loi actuelle, si une solution s'avérait plus adaptée, le Parlement pourrait la modifier y compris en fonction le cas échéant des enseignements d'un débat public.

Une autre difficulté tient à la géométrie des colis de déchets MA-VL[24] qui seraient trop volumineux pour être enfouis facilement à très grande profondeur. À cet égard le caractère rédhibitoire du reconditionnement en colis adaptés des déchets MA-VL n'apparaît pas démontré.

Les différents avantages et inconvénients des options disponibles pour la gestion des déchets radioactifs de type MA-VL et HA[25] sont explorés dans le dossier par une analyse sur les critères suivants (les détails sont sur le tableau comparatif et commenté en annexe page 52) :

- « *capacité à prendre en charge tous les déchets HA de l'inventaire actuel ;*
- *production de déchets radioactifs pendant leur propre fonctionnement et démantèlement ;*
- *nécessité d'une filière suivante de gestion de déchets HA et MA-VL ;*
- *faisabilité technique pour notre génération ;*
- *nombre d'installations nucléaires nouvelles à créer ;*
- *progressivité de la construction, flexibilité et adaptabilité ;*
- *récupérabilité des colis ;*
- *incidence environnementale brute de la construction ;*
- *incidence environnementale brute du fonctionnement et du démantèlement ;*
- *incidence environnementale brute à long terme ;*
- *incidence sur les transports de colis de déchets radioactifs ;*
- *incidence sur la santé humaine et l'environnement en cas d'accident pendant le fonctionnement ;*
- *risques à long terme.* »

Cette comparaison souligne le caractère favorable du stockage géologique profond sur la plupart des critères utilisés, à l'exception, selon le dossier, incidence environnementale brute de la construction. L'Ae considère que le risque de contact avec les générations futures, jugé faible, reste entaché d'une forte incertitude. Une option qui consisterait à entreposer dans un premier temps les déchets sur les sites de production pendant la phase de mise au point du stockage en forages très profonds et le reconditionnement des colis MA-VL, suivie d'un stockage par forage à grande profondeur, qui rendrait très improbable pendant plusieurs millénaires l'accessibilité, même accidentelle, des colis, n'a pas été, selon l'Ae, suffisamment approfondie.

Le dossier a également été mis à jour en ce qui concerne les options choisies par les pays producteurs de déchets radioactifs et l'avancement de leurs projets. Cette analyse souligne le consensus existant entre ces pays sur l'intérêt du stockage profond en couches géologiques. Néanmoins hormis dans les pays scandinaves qui concernent des stockages en zones de socle[26], la plupart des projets sont actuellement dans une phase plus précoce que le projet français.

L'Ae recommande d'approfondir l'analyse des options de gestion des déchets, en prenant en compte l'accessibilité des déchets à très long terme et en décrivant plus précisément l'intérêt d'une option qui panacherait l'entreposage provisoire, le reconditionnement des déchets MA-VL et le stockage à terme par des forages très profonds.

[24] Déchets de moyenne activité à vie longue
[25] Déchets de haute activité

REPONSE DE L'ANDRA A LA RECOMMANDATION R6

L'Andra prend acte de la recommandation et apporte les précisions suivantes.

Le chapitre 2.2 du volume II de la « Pièce DAE 6 - Étude d'impact du projet global Cigéo » du présent dossier produite pour le dossier de demande de décret d'autorisation de création et pour le jalon DR0 présente une justification du choix du stockage géologique parmi les différentes options de gestion à long terme des déchets radioactifs HA et MA-VL, parmi lesquelles figurent l'entreposage de longue durée et le stockage en forages très profonds (plusieurs milliers de mètres de profondeur) dans un socle cristallin. La comparaison des options prend en compte différents critères tels que la faisabilité technique par notre génération, la capacité à prendre en charge l'ensemble de l'inventaire des déchets radioactifs, la capacité à satisfaire aux exigences d'adaptabilité et de réversibilité fixées par la réglementation et issues des concertations menées sur le projet Cigéo, la maîtrise de la sûreté, les incidences sur la santé humaine et l'environnement ainsi que la nécessité éventuelle de créer de nouvelles installations nucléaires pour mettre en place certaines de ces options de gestion à long terme des déchets radioactifs HA et MA-VL.

Comme mentionné dans la justification du choix du stockage géologique figurant dans l'étude d'impact, le niveau de maturité technologique du stockage en forages profonds et celui de maîtrise des conditions physico-chimiques à grande profondeur ne permettent pas d'envisager sa mise en œuvre industrielle par notre génération.

En premier lieu, le diamètre des forages profonds actuels (cf. Forage pétrolier dont le diamètre est de moins de 10 pouces, environ, soit 25 cm, afin notamment de résister aux contraintes mécaniques et températures à des profondeurs de plusieurs milliers de mètres) reste encore trop limité au regard des dimensions des colis : si les colis HA actuels et certains colis de déchets MA-VL dont la géométrie est similaire à celle des colis HA, ont des diamètres d'environ 43 cm (sans prendre en compte un éventuel sur-conteneur) qui pourrait laisser penser envisageable un stockage en forage profond (mais avec des développements importants), les perspectives d'industrialisation de techniques de creusement de grand diamètre permettant le stockage des colis MA-VL les plus volumineux restent très incertaines. En effet, les colis MA-VL les plus encombrants de l'inventaire de référence actuel peuvent atteindre des dimensions métriques, un volume de 5 m³ et peser jusqu'à environ 10 tonnes. L'IRSN indique à ce titre dans son rapport *Panorama international des recherches sur les alternatives au stockage géologique des déchets de haute et moyenne activité à vie longue* (31), que « l*e principe d'un stockage de déchets solides en forage suscite un intérêt plus particulièrement important de la part des pays ayant à leur charge des quantités très limitées de déchets constitués essentiellement d'objets de petite taille tels que les sources radioactives scellées provenant d'applications médicales et industrielles* ». Si certains pays non ou faiblement nucléarisés s'orientent vers le stockage en forages, l'IRSN précise que « *les quantités et les*

activités que représentent les déchets concernés par ces différents programmes sont sans commune mesure avec celles des déchets HA-MAVL découlant de l'exploitation d'un parc de réacteurs électronucléaires ».

Par ailleurs, la mise en place du stockage des déchets dans les forages très profonds nécessiterait une démonstration de sûreté, notamment la maitrise de la capacité à confiner effectivement les déchets sur le long terme, qui ne peut aujourd'hui être considérée comme acquise. En effet, comme mentionné dans l'étude d'impact, les roches situées à très grande profondeur et les caractéristiques physico-chimiques de l'environnement (chimie de l'eau, écoulements…) ne sont pas aussi bien connues que les couches géologiques situées à quelques centaines de mètre de profondeur, classiquement envisagées pour les installations de stockage géologique creusées au moyen de techniques éprouvées, et ne peuvent être étudiées par des laboratoires souterrains.

L'option de gestion citée par l'Ae consisterait en l'entreposage des déchets en l'attente de la mise en place d'un stockage en forages très profonds. Le prolongement de l'entreposage est parfois évoqué comme une solution permettant de reporter de plusieurs dizaines d'années le choix du mode de gestion à caractère définitif et de poursuivre dans l'intervalle les recherches sur de nouvelles voies de gestion définitives. Bien que le stockage en forages très profonds ne soit pas réversible, la période initiale d'entreposage permettrait alors de bénéficier d'une période durant laquelle les choix concernant la gestion des déchets pourraient être réévalués, comme c'est le cas dans le cadre du stockage dans Cigéo.

Cependant, contrairement à la mise en œuvre de Cigéo, cette option, du fait du manque de maturité du stockage en forages très profonds, reporterait la charge de la gestion définitive sur les générations futures, alors que le stockage en couche géologique profonde par technique minière, comme Cigéo, requiert des moyens financiers et techniques d'ores et déjà disponibles en raison de l'existence de l'industrie électronucléaire actuelle, adossée à un important secteur de recherches nucléaires. Ces moyens ont été développés et encadrés par des politiques nationales sur plusieurs décennies.

Une évaluation socio-économique du projet Cigéo (32) a été réalisée dans le cadre du dossier de déclaration d'utilité publique. Cette évaluation, publiée en 2021, met en évidence l'opportunité sociétale d'engager le projet Cigéo dès à présent. Une option de cette évaluation socio-économique correspond au choix de laisser les colis de déchets en entreposage, de reporter les premiers investissements liés à Cigéo et de faire bénéficier de façon conséquente la R&D d'options de gestion alternatives. Les résultats de cette évaluation socioéconomique mettent en évidence que le décideur public accepte dans ce cas de faire face à un double risque portant sur, d'une part, l'issue incertaine de la R&D et, d'autre part, la possible perte du site d'accueil du projet Cigéo. Les différentes modélisations, selon les hypothèses testées, montrent que le choix de cette option peut conduire de ce fait à une impossibilité de sortir de l'option de gestion temporaire que constitue l'entreposage des déchets radioactifs, nécessitant ainsi le renouvellement des installations temporaires d'entreposage et un contrôle sociétal continu tout au long de la durée de vie des déchets.

En outre dans cette étude, différentes options de gestion des déchets radioactifs sont prises en compte selon plusieurs scénarios d'évolution de la société (une société prospère dite « OK », dans la continuité de la société actuelle et jouissant d'institution fortes versus une société chaotique dite « KO », dans laquelle des probabilités d'accidents majeurs plus élevées doivent être considérées) afin de mener un raisonnement différentiel et de se projeter à une échelle de temps intergénérationnelle. L'option consistant à laisser les colis de déchets en entreposage et de reporter les premiers investissements ne s'avère préférable sur celle d'engager Cigéo dès aujourd'hui que dans 2 cas sur 6 étudiés, correspondant au scénario « OK » avec un taux d'actualisation soit intermédiaire soit haut (ce taux d'actualisation élevé traduisant sur le strict plan économique un intérêt moindre pour les générations futures).

Cigéo constitue ainsi une forme d'assurance face à un risque de dégradation de la société à l'horizon. Le « bénéfice assurantiel » dont la société actuelle pourrait souhaiter disposer est ainsi un élément important de la comparaison des scénarios. Ce bénéfice assurantiel libère notamment de la crainte des répercussions d'une alternance vers un scénario KO ou du transfert des charges financières et morales liées à la gestion des déchets radioactifs aux générations futures qui n'auront pas directement profité des avantages du nucléaire. Le Secrétariat général pour l'investissement a rendu un avis (33) « *favorable, tant pour le projet dans sa globalité que pour son volet transport* » sur l'évaluation socioéconomique du projet Cigéo. Cet avis souligne que « *le projet Cigéo a une forte valeur prudentielle et assurantielle face aux risques environnementaux et sanitaires qui se manifesteraient localement autour d'entreposages non surveillés voire abandonnés dans le cas où une société future se trouverait dans une situation très dégradée dans laquelle les normes de sûreté ne seraient plus respectées* ».

Enfin, sur le plan des incidences, le stockage en forages très profonds nécessiterait la création d'autres installations nucléaires, soit pour stocker les déchets MA-VL les plus volumineux, soit, comme envisagé par l'Ae, pour procéder au reconditionnement de ces déchets afin de les rendre compatible avec un tel stockage, ce qui engendrerait des incidences.

Globalement, l'analyse réalisée en support de la justification du choix du stockage géologique ne met pas en évidence, sous réserve de confortation de la démonstration de sûreté du concept en forages très profonds, de différence significative d'incidences entre le stockage en couche géologique profonde par technique minière et le stockage en forages profonds. En ce qui concerne le risque d'intrusion, comme mentionné en réponse à la recommandation R2, la profondeur d'implantation de Cigéo associée à l'absence de ressources exceptionnelles au niveau du stockage est suffisante pour exclure tout risque lié à des activités humaines dites « banales », limitant le potentiel d'intrusion humaine à des forages de grande profondeur dont l'occurrence est étudiée et ne conduit pas à des conséquences inacceptables.

En conclusion, l'option évoquée dans l'avis de l'Autorité environnementale (2) consisterait en la mise en œuvre d'un stockage en forages très profonds à l'issue d'une période d'entreposage. Dans ce cadre, la solution définitive de gestion des déchets serait le stockage en forages très profonds, qui figure dans les solutions analysées dans l'étude d'impact. Cette option correspond également à la déclinaison d'un scénario étudié au travers de l'évaluation socio-économique du projet Cigéo. L'ensemble des résultats de ces études et analyses confortent le choix actuel du stockage en couche géologique profonde par des techniques minières, option qui peut être mise en place dès à présent, ne reporte pas le poids de gestion sur les générations futures, permet la gestion de l'ensemble des déchets HA et MA-VL de l'inventaire et constitue un moyen de limiter de façon efficace les incidences du stockage, y compris à long terme ou en cas d'intrusion.

2.2.1. Nature et choix des déchets à entreposer

Recommandation 2021 : L'Ae recommande de présenter plusieurs scénarios plausibles et contrastés de définition du gisement de déchets devant être stockés sur Cigéo, d'en analyser les avantages et inconvénients en termes de durée de vie, d'environnement et de sécurité et de justifier le parti retenu.

L'Andra a précisé sa stratégie concernant l'évolution des déchets potentiellement stockables par Cigéo et amendé le dossier ainsi que l'étude de maîtrise des risques du dossier de demande de décret d'autorisation de création. Deux scénarios principaux sont étudiés : le prolongement de la durée de fonctionnement des centrales actuelles et le renoncement à l'utilisation, par l'industrie nucléaire, des matières de l'inventaire de réserve issues du retraitement des combustibles usés. Un scénario additionnel est étudié consistant à enfouir des déchets de faible activité à vie longue (FA-VL).

Selon le dossier, la relance du programme électronucléaire, avec la construction de six nouveaux EPR, ne change pas fondamentalement la nature des déchets. L'Ae a consulté le rapport de l'IRSN n°2024-00051[27] qui mentionne néanmoins que : « *des incertitudes pouvant impacter le nombre d'alvéoles et les chroniques de stockage subsistent, en particulier sur les volumes de colis primaires de déchets dont le conditionnement reste à définir (boues de STE2, colis PIVIC…), les modes de stockage (avec ou sans conteneur) et le traitement des combustibles usés MOX et du CEA* ».

Pour l'Andra, l'éventualité d'un stockage de l'inventaire de réserve impliquerait des adaptations et des demandes d'autorisation qui ne poseraient pas de problème rédhibitoire. Le dossier insiste également sur la réversibilité du stockage permettant à tout moment de reprendre des déchets

[26] En géologie, un socle, appelé aussi socle cristallin, désigne une structure géomorphologique constituée d'un ensemble rocheux induré composé de roches métamorphiques ou magmatiques plissées puis pénéplanées formées au cours d'un ou plusieurs cycles orogéniques. Source Wikipédia.

[27] Avis IRSN n°2024-00051

stockés. Parmi les conséquences prévisibles, l'Ae note que cela entraîne un allongement de la durée de fonctionnement du centre de stockage et un accroissement du volume à stocker. À ce jour l'étendue exacte des travaux souterrains n'est pas connue avec précision. Sa surface est estimée aujourd'hui à une centaine de km², mais pourrait s'accroître fortement avec le choix de stocker à Cigéo de nouveaux déchets ou matières nucléaires compte tenu de la relance du programme nucléaire.

L'Ae recommande d'estimer les conséquences quantitatives des différentes options de développement de l'énergie nucléaire sur le volume des déchets à stocker et sur l'emprise des travaux souterrains subséquents.

REPONSE DE L'ANDRA À LA RECOMMANDATION R7

L'Andra prend acte de la recommandation et apporte les précisions suivantes.

Le concept d'adaptabilité de la conception est présenté au chapitre 4.3.4 du volume II de la « Pièce DAE 6 - Étude d'impact du projet global Cigéo » du présent dossier.

Tel que prévu par le code de l'environnement dans son article D.542-91, la demande d'autorisation de création (DAC) de Cigéo déposée le 16 janvier 2023 s'appuie sur une conception initiale basée sur un inventaire de référence et des études d'adaptabilité relatives au stockage d'un inventaire de réserve (34, 35) (cf. Chapitre 6.4 de la pièce 8 « Étude de maitrise des risques » (36) du dossier de demande d'autorisation de création).

Les inventaires de référence et de réserve auxquels l'Andra se réfère pour Cigéo prennent en compte les déchets HA et MA-VL générés par le fonctionnement et le démantèlement des installations nucléaires de base disposant de leur décret d'autorisation de création, au moment de l'élaboration des inventaires.

L'inventaire de référence a été établi sur la base du scénario de poursuite de la production électronucléaire avec une hypothèse de durée de fonctionnement des installations électronucléaires en service de 50 ans, et de retraitement de la totalité des combustibles usés produits par ces installations (stratégie de multi-recyclage à terme telle que prévue par la Programmation Pluriannuelle de l'Energie 2019-2028) (37).

L'inventaire de réserve retenu dans le dossier de demande d'autorisation de création, déposée le 16 janvier 2023, vise notamment à couvrir des stratégies de retraitement contrastées en terme in fine de nature et volumes de déchets générés : (a) l'arrêt du recyclage, conduisant à considérer comme déchets les combustibles usés non retraités à la date de cet arrêt, et (b) le multi-recyclage des combustibles usés. Pour ces deux stratégies, un allongement de la durée de fonctionnement d'environ 10 ans des réacteurs électronucléaires en service a été retenu par rapport à celle de 50 ans prise en compte pour établir l'inventaire de référence.

Les déchets issus des six nouveaux réacteurs EPR2 en projet ne figurent pas dans le dossier de demande d'autorisation de création déposée le 16 janvier 2023. Le processus d'autorisation de ces installations est toujours en cours, et ces réacteurs ne sont donc pas encore autorisés. Toutefois, au regard de l'avancée de leur processus d'autorisation, la faisabilité de la prise en charge des déchets qu'ils génèreraient est étudiée pendant l'instruction du dossier de demande d'autorisation de création (DAC), au titre de l'adaptabilité de Cigéo.

Ainsi, depuis janvier 2023, l'évolution de la politique énergétique de la France, et les décisions relatives au nucléaire, conduisent l'Andra à faire évoluer l'inventaire de réserve pour la mise à jour du dossier en support au dossier de demande d'autorisation de création (DAC) en amont de l'enquête publique (EP) prévue à l'horizon du second semestre 2026. Il s'agit en effet de prendre en compte :

- un allongement à 60 ans de la durée de fonctionnement de l'ensemble des réacteurs du parc électronucléaire actuel ;
- les déchets issus du déploiement de six réacteurs EPR2 et une durée du fonctionnement de ces nouveaux réacteurs également de 60 ans.

Des études d'adaptabilité sont menées pour ces évolutions de l'inventaire de réserve, et selon les deux stratégies de gestion des combustibles usés contrastées précitées, le multi-recyclage et l'arrêt du recyclage, et en évaluent l'impact sur la démonstration de sûreté et sur la conception du centre de stockage Cigéo, notamment en termes d'emprise des installations souterraines.

Les éléments techniques font l'objet d'échanges avec l'IRSN dans le cadre de l'instruction du dossier de demande d'autorisation de création (DAC) et seront présentés lors de sa mise à jour avant les consultations réglementaires préalables à l'enquête publique.

2.2.2. Choix d'implantation des installations

Recommandation 2021 : L'Ae recommande de reprendre, une fois complétée la connaissance de l'état actuel, la comparaison des incidences environnementales de plusieurs variantes d'implantation des différentes composantes du projet.

Le dossier a été amendé sur cette question. Un rappel des étapes ayant conduit aux décisions d'implantation actuelles entre 2005 et 2014 est fourni. Selon le dossier, les choix ont été gouvernés principalement par le souhait de préserver la santé humaine et l'environnement. Les options pour le stockage profond ont privilégié les massifs forestiers afin de « recherche[r] un équilibre entre les consommations de terrains agricoles et de terrains forestiers, demande qui résulte de la concertation avec le territoire ». Le dossier confirme également que le choix d'implantation de la descenderie provient d'un courrier du 9 mars 2010 du ministre chargé de l'environnement qui a demandé à l'Andra de veiller « à étudier l'implantation de l'entrée de la descenderie pour le stockage dans la zone limitrophe de Meuse/Haute-Marne ». Le mémoire en réponse, mais pas le dossier, souligne également que les espaces sensibles ont été évités mais que le bois Lejuc, in fine retenu, n'était pas classé en Znieff[28] à l'époque du choix. Il est ajouté que la localisation de la descenderie sur la commune d'Houdelaincourt avait été envisagée mais écartée du fait de la proximité d'urbanisation, d'espaces naturels sensibles et de pentes plus fortes.

L'Ae reste interrogative sur les conséquences environnementales de la prise en compte de considérations d'équilibre des produits fiscaux entre départements pour un projet d'ampleur nationale de durée plurimillénaire. Le biais ainsi engendré ne peut être évalué au vu du dossier mais un doute subsiste quand on considère que le choix du bois Lejuc, malgré son intérêt écologique, même s'il a été officialisé tardivement, tient également à la distance avec la descenderie. De fait la comparaison des incidences environnementales est réelle pour ce qui est du choix des zones d'implantation mais reste peu convaincante pour le choix au sein de ces zones qui semble inféodé à une seule option, interdépartementale, pour la descenderie.

[28] Lancé en 1982 à l'initiative du ministère chargé de l'environnement, l'inventaire des zones naturelles d'intérêt écologique faunistique et floristique (ZNIEFF) a pour objectif d'identifier et de décrire des secteurs présentant de fortes capacités biologiques et un bon état de conservation. On distingue deux types de ZNIEFF : les ZNIEFF de type I : secteurs de grand intérêt biologique ou écologique ; les ZNIEFF de type II : grands ensembles naturels riches et peu modifiés, offrant des potentialités biologiques importantes.

2.2.3. Les options de développement du territoire

Recommandation de l'Ae en 2021 : L'Ae recommande de justifier, au regard du principe de précaution et du nécessaire contrôle de la société sur le stockage à long terme, le projet de développement du territoire qui en l'état actuel augmente le niveau d'enjeu face au risque d'exposition à la radioactivité et risque de banaliser le territoire ;
Recommandation de l'Ae en 2021 : L'Ae recommande d'évaluer l'intérêt de solutions alternatives qui permettraient de diminuer le risque à très long terme et, à tout le moins, de déterminer les conditions d'une compatibilité à long terme entre l'activité de stockage et les autres activités du territoire.

Le mémoire en réponse souligne le fait que selon le maître d'ouvrage « *Cigéo est conçu pour n'avoir aucun impact significatif sur la santé des personnes ou sur l'environnement en fonctionnement normal et après fermeture* » ce qui justifierait que le centre de stockage soit compatible avec une activité économique normale, quel que soit l'horizon temporel. Il est ajouté que le maintien de l'activité humaine est « *un facteur favorable de préservation de cette mémoire, l'articulation étroite projetée entre le développement territorial et le déploiement du centre stockage renforçant le maintien de cette mémoire* ».

Le dossier souligne la nécessité de maintenir la « *mémoire de l'existence du centre de stockage, de sa fonction, de la dangerosité des déchets qu'il renferme et de sa conception* » laquelle « *dépend de la pérennité des mesures mises en œuvre lors de l'archivage des documents institutionnels et des dispositifs de transmission intergénérationnelle* ». Il mentionne également le point de vue de l'ASN selon laquelle « *la perte de mémoire de l'existence du stockage peut être raisonnablement située au-delà de 500 ans après sa fermeture définitive* »[29]. Ces éléments expliquent que l'Andra ait engagé des travaux visant la transmission intergénérationnelle des informations sur le centre de stockage. L'analyse du chapitre sur les risques après fermeture montre également que l'évaluation des scénarios de contact des générations futures avec les alvéoles de stockage n'est pas probabilisée. L'Ae comprend que la réflexion sur la mémoire et le futur n'est pas encore aboutie.

Il convient cependant de démontrer l'assertion selon laquelle une activité humaine est un facteur favorable de maintien de la mémoire et surtout d'évaluer, parmi toutes les activités humaines possibles, celles qui maximisent le maintien de la mémoire et diminuent le risque d'exploitation d'un sous-sol dangereux. Par exemple, l'hypothèse de générations futures subissant à la fois les effets du changement climatique et une pénurie d'énergie, qui ne saurait être exclue, accroît la probabilité de recours au stockage de chaleur et de froid dans le sous-sol.

L'Ae constate que plusieurs actions volontaristes en faveur du développement du territoire sont en cours qui pourront avoir pour effet un accroissement démographique alors même que la situation actuelle est celle d'une déprise. La concertation sur le mode de développement le plus susceptible

[29] Les rapporteurs ont été informés lors de la visite que l'Andra travaillait à des solutions de maintien de la mémoire sur une durée plus longue.

de diminuer les risques à long terme semble biaisée par le souci d'acceptabilité du centre de stockage par le territoire en contrepartie d'un développement économique. Ce choix de favoriser le développement, qui comporte un caractère irréversible, a donc été fait avant même que la réflexion sur la mémoire ne soit aboutie. Il pourrait être incompatible avec un sous-sol enrichi par le stockage de déchets radioactifs.

L'Ae appelle de ses vœux un débat plus général et ouvert, compatible avec la dimension nationale du centre de stockage, nourri de plusieurs hypothèses d'évolution de ce territoire, y compris celle d'une protection par un processus de renaturation et de protection stricte de milieux naturels non anthropisés.

L'Ae recommande d'élargir et d'ouvrir, sans délai, au-delà du territoire local, le débat sur les options permettant de maximiser la durée de mémorisation des activités du centre de stockage et de minimiser les risques de contact dans un futur lointain des populations avec les colis de déchets.

» REPONSE DE L'ANDRA À LA RECOMMANDATION R8

Les recommandations R2, R8 et R17 concernant des sujets connexes liés à la thématique de l'après fermeture du centre de stockage Cigéo, il est proposé de regrouper les réponses à ces 3 recommandations.

Il convient de se référer à la réponse faite à la recommandation R2.

2.3. Analyse des incidences du projet et des mesures d'évitement, de réduction et de compensation

2.3.1. Milieux naturel et physique

2.3.1.1. Modifications au regard des recommandations de l'Ae de 2021

Recommandation 2021 : L'Ae recommande de porter l'analyse des émissions de gaz à effet de serre sur l'ensemble du projet, mais aussi au regard de celles de la filière nucléaire.

Le dossier a été mis à jour sur ce point et propose une estimation de la part de Cigéo dans l'ensemble des émissions de gaz à effet de serre de la filière de production d'électricité d'origine nucléaire qui serait de 4 à 9 %. Ce taux non négligeable concerne cependant un mode de production d'énergie électrique particulièrement sobre en émissions de gaz à effet de serre. L'Ae souligne l'importance de mettre à jour cette analyse en fonction de l'évolution de la filière nucléaire, notamment des choix qui seront opérés quant au devenir de l'inventaire de réserve[30].

» REPONSE DE L'ANDRA AU QUESTIONNEMENT DE L'AE

L'Andra prend acte de cette interrogation et apporte les précisions suivantes.

En conformité avec les dispositions du code de l'environnement, l'Andra demande l'autorisation de création d'une installation uniquement pour le stockage des déchets de l'inventaire de référence. Comme souligné par l'Autorité environnementale, l'évaluation des incidences sur les émissions de gaz à effet de serre concerne donc la solution de stockage des déchets de cet inventaire de référence.

Néanmoins, en application du principe de réversibilité, le centre de stockage Cigéo est conçu pour laisser ouverte la possibilité technique de stocker les déchets de l'inventaire de réserve. Une éventuelle évolution ultérieure de l'inventaire des déchets stockés dans le centre de stockage Cigéo serait examinée dans le cadre des procédures réglementaires applicables à la modification des INB. C'est dans ce cadre que l'Andra réévaluerait alors les incidences du projet, notamment celles sur les émissions de GES, conformément au point soulevé par l'Autorité environnementale.

On peut souligner que les dernières annonces en matière de politique énergétique confirment les perspectives de retraitement des combustibles usés, en cohérence avec l'hypothèse support à l'établissement de l'inventaire de référence.

Recommandation 2021 : L'Ae recommande d'harmoniser les données du chapitre concernant les incidences sur la qualité de l'air avec celles du chapitre de l'évaluation des risques sanitaires en justifiant le cas échéant le recours à des modèles de dispersion différents.

[30] Les types de déchets susceptibles d'être stockés dans le centre de stockage en couche géologique profonde sont précisés dans les inventaires dits « de référence » et « de réserve », définis par l'article D. 542-90 du Code de l'environnement.
L'inventaire de référence regroupe les déchets HA et MA-VL déjà produits, ainsi que les déchets de fonctionnement et de démantèlement des installations en exploitation ou autorisées à fin 2016. Il prévoit une durée moyenne de fonctionnement du parc électronucléaire français de 50 ans, ainsi que l'exploitation de l'EPR de Flamanville. En revanche, il ne prend pas en compte les matières et déchets engendrés par le fonctionnement et le démantèlement de nouveaux réacteurs. L'inventaire de référence est estimé à environ 10 000 m3 de déchets HA, et 73 000 m3 de déchets MA-VL. L'inventaire de réserve comprend des combustibles usés non-retraités, des combustibles usés issus de réacteurs de la recherche, des déchets F-VL, ou encore des produits de fission vitrifiés en cas de prolongement de la durée d'exploitation des réacteurs. (Source asn.fr)

Le mémoire en réponse explicite la différence entre les deux modèles utilisés : le modèle Ceres, intégré, permet de calculer les niveaux de dépôt au sol et les doses d'exposition humaines et du reste de la biosphère ; le modèle Impact produit une cartographie du panache polluant dans l'atmosphère. La convergence de ces deux modèles sur les concentrations dans l'air est soulignée.

Recommandation 2021 : L'Ae recommande de préciser la quantité cumulée de radionucléides dans les sols en fin d'exploitation, la nocivité associée, et leur devenir pendant la phase de stockage pérenne.

Le mémoire en réponse fournit les éléments de réponse qui ont été joints au dossier et ajoutés au dossier d'étude d'impact conformément à la recommandation de l'Ae. À l'issue des 150 ans d'exploitation, le cumul de radioactivité, issue de toutes les sources, dans les sols sera indétectable et très inférieur au niveau de bruit de fond naturel.

Recommandation 2021 : L'Ae recommande de :

- **mieux caractériser le fonctionnement et la dynamique du fossé de Gondrecourt afin d'étayer la justification du lieu d'implantation des ouvrages souterrains,**
- **démontrer que le caractère asismique de la couche géologique de la zone d'implantation des ouvrages reste avéré à l'aune des nouveaux éclairages sur la sismicité en France à la suite du séisme du Teil en 2019.**

Le mémoire en réponse a repris sur ce sujet le texte de l'évaluation environnementale sans apporter de complément. La carte du contexte tectonique local présenté sur la figure 7 illustre les raisons qui ont conduit l'Ae a demander des précisions, le site se situant à proximité (1 à 3 km) du fossé de Gondrecourt alors même que des implantations quelques kilomètres plus au nord se situeraient dans une zone sans aucune faille connue ou suspectée.

L'avis 2024-00051 de l'IRSN, déjà cité, ne mentionne pas le fossé de Gondrecourt mais souligne la présence de failles d'orientation nord-sud, non représentées sur la figure 7, au nord des quartiers de stockage des colis HA et recommande de mettre en œuvre un programme de reconnaissance de ces structures avant creusement des galeries.

Sans remettre en cause la pertinence des modélisations réalisées par les géologues qui concluent à une absence de mouvements tectoniques depuis au moins 2 millions, voire 25 millions d'années, il conviendrait, pour que le public comprenne bien le choix d'implantation du site à proximité du fossé de Gondrecourt, de fournir les éléments détaillés des différentes options d'implantation du site au sein de la zone de transposition, notamment au regard du critère d'éloignement des failles géologiques.

Les chapitres sur les risques sismiques ont été complétés par une analyse du séisme du Teil qui conclut à une situation de la sismicité dans la vallée du Rhône non transposable aux franges du bassin parisien.

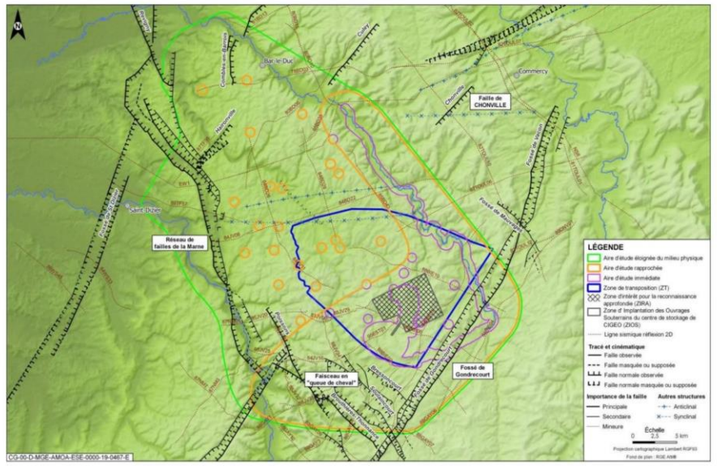


Figure 7 : carte des failles observées ou supposées dans l'aire d'étude du site. Source dossier.

L'Ae recommande de présenter les différents choix d'implantation de la zone de stockage au regard de l'éloignement des failles géologiques et de justifier à cet égard le choix du site.

REPONSE DE L'ANDRA À LA RECOMMANDATION R9

L'Andra prend acte de la recommandation et apporte les précisions suivantes.

Les choix d'implantation du centre de stockage Cigéo, notamment au regard des caractéristiques géologiques du sous-sol, sont présentés au chapitre 2.4.1 du volume II de la « Pièce DAE 6 - Étude d'impact du projet global Cigéo » du présent dossier. Le contexte tectonique est détaillé au chapitre 4.2 du volume III de la « Pièce DAE 6 - Étude d'impact du projet global Cigéo » du présent dossier.

Le choix de la zone de transposition, dite ZT, d'environ 250 km², pour laquelle l'Andra a établi la faisabilité du stockage géologique dans la formation argileuse du Callovo-Oxfordien en 2005 (cf. Dossier 2005 Argile(38)) repose notamment sur l'absence de faille de rejet supérieure à 2 - 4 m reconnue traversant cette formation. La définition de la ZT a donc exclu le fossé de Gondrecourt à l'est et les failles de la marne au sud-ouest. En 2009, après notamment une reconnaissance géologique par sismique 3D haute résolution, une instruction par l'ASN et l'IRSN et un dialogue avec le territoire, le site d'implantation de Cigéo a été choisi au sein de la ZT : il s'agit de la ZIRA (zone d'intérêt pour une recherche approfondie) d'une superficie d'environ 30 km².

Des structures bien connues existent sous une partie de la zone nord de la ZIRA (zone où serait implanté le quartier de stockage des déchets HA) au niveau de la formation du Trias plusieurs centaines de mètre plus bas. Ces structures ne se prolongent pas vers le Callovo-Oxfordien. Les travaux scientifiques menés conduisent à juger comme origine la plus probable des processus de dissolution du Trias. De même, des analyses détaillées de la sismique 3D haute résolution n'ont pas montré de déformation particulière du Callovo-Oxfordien au droit de ces structures, qui pourrait souligner un effet de ces dernières sur le Callovo-Oxfordien et donc sur ses propriétés. Les travaux de reconnaissance préalable à la construction progressive de l'installation souterraine permettront de vérifier ce point.

On notera enfin que bien que l'ensemble des failles de la région soient inactives, la conception de Cigéo a pris en compte deux scénarios de séismes potentiels (en formulant l'hypothèse que les failles sont actives) en se basant sur le schéma structural et l'atlas des failles à jour des connaissances établis et enrichis par l'Andra depuis plus de 20 ans. Il s'agit de scénarios de séismes pouvant se produire sur les deux failles les plus impactantes car les plus proches de la ZT : une rupture totale de la faille de socle de Poissons située à 7 - 8 km au sud-ouest de la ZT et une rupture totale de la faille de couverture (enracinement dans le Permo-Trias) de Gondrecourt située à 2,5 km au sud-est de la ZT.

Recommandation 2021 : L'Ae recommande de compléter l'étude d'impact par les principaux éléments du dossier d'options de sûreté concernant la fermeture du site afin d'informer complètement le public sur le risque de transfert des radionucléides dans la couche du Callovo-Oxfordien.

Le mémoire en réponse à l'avis de l'Ae de 2021 comporte en annexe une synthèse des options de sûreté très complète, cette synthèse reprend les principaux éléments de l'étude d'impact liés à des événements accidentels susceptibles de provoquer des transferts de radio nucléides dans l'environnement et notamment dans la couche callovo-oxfordien. Elle est complétée par le dossier de maîtrise des risques qui est mis à disposition du public. L'Andra s'est engagée[31] notamment à réaliser une analyse de la robustesse de la performance du stockage en intégrant la conductivité hydraulique enveloppe et le gradient hydraulique vertical.

Recommandation 2021 : L'Ae recommande d'intégrer formellement la réversibilité du stockage à la mesure d'évitement qui consiste à déployer progressivement l'installation souterraine.

Le dossier a été complété afin de préciser comment la notion de réversibilité avait été prise en compte. Il est précisé qu'il ne s'agit pas seulement de la capacité à retirer les colis mais également de la progressivité de la construction, incluant la phase d'expérimentation Phipil et la flexibilité du fonctionnement qui permettent à chaque étape de prendre en compte les avancées technologiques,

[31] Engagement 2024-E10 du 7 mars 2024 auprès de l'ASN, mentionnée par le rapport 2024-00051 de l'IRSN

les évolutions du spectre des déchets à stocker et les aspirations de la société. L'Andra souligne également que les décisions de mise en œuvre de la réversibilité dépendent des pouvoirs politiques successifs et pas du maître d'ouvrage. Pour l'Ae, l'étape technique clé reste la démonstration de réversibilité prévue au début du fonctionnement de l'installation avant l'autorisation de continuation mentionnée sur la figure 1 page 6 .

Recommandation 2021 : L'Ae recommande d'analyser de manière plus approfondie la compatibilité du projet avec le schéma régional des carrières et de fournir une estimation des origines des matériaux utilisés.

Le schéma régional des carrières (SRC) est toujours en cours d'élaboration au moment de délibérer le présent avis. L'Ae en a connaissance et a délibéré un avis sur son étude d'incidences environnementales et sur la prise en compte de l'environnement[32].

L'Andra rappelle dans son mémoire en réponse s'être appuyée sur les schémas départementaux des carrières de la Meuse et de la Haute-Marne. Le dossier comporte une description des sources de matériaux en regard des besoins de Cigéo et souligne la compatibilité du projet avec les deux schémas analysés. Le volet sur les ressources du projet de SRC de la région Grand Est[33] mentionne le projet Cigéo sans apporter d'élément concret sur l'adéquation entre les ressources et les besoins. L'Andra ne fait pas partie des établissements publics représentés au comité de pilotage de l'élaboration du SRC. Le projet de SRC tient compte des besoins en matériaux de la construction de Cigéo et de l'installation terminale embranchée (besoins en ballast). Il identifie une possibilité de valorisation des matériaux extraits (verses) qui pourraient servir à remblayer des carrières sans toutefois fournir de détails sur cette possibilité. L'Ae considère qu'il serait utile d'approfondir les options de valorisation des verses et de mettre en cohérence les besoins de Cigéo ainsi que les ressources futures constituées par les matériaux extraits du sous-sol dans le SRC.

L'Ae recommande à l'État de renforcer la prise en compte du projet Cigéo dans le projet de schéma régional des carrières de la région Grand-Est

REPONSE DE L'ANDRA À LA RECOMMANDATION R10

L'Andra prend acte de la recommandation et apporte les précisions suivantes.

Le schéma régional des carrières (SRC) (39) est élaboré par le préfet de région, en vertu de l'article L. 515-3 du code de l'environnement. Il s'agit d'un document de planification établissant les conditions d'implantation de nouveaux projets de carrières. Il fait état de la logistique et des enjeux relatifs à l'approvisionnement du territoire en matériaux minéraux et définit des orientations pour maintenir un accès durable à ces derniers.

Une participation du public sur l'avant-projet n° 2 du schéma régional des carrières Grand Est (40) s'est tenue du 1er juillet au 30 août 2024 inclus.

Le tome III (avant-projet n° 2, version de juin 2024 (41)) relatif à la prospective des besoins et scénarios d'approvisionnement prend en compte les besoins en matériaux pour le projet global Cigéo en pages [13 à 16], [23-27] 46/53/65, [68-69] et 71, en cohérence avec les chiffres présentés au chapitre 4.6.2.2 du volume IV de la pièce 6 « Étude d'impact du projet global Cigéo » du présent dossier.

La valorisation des verses en relation avec la règle 14 du SRADDET (42) est traitée en page 46.

Le travail prospectif d'élaboration du SRC vise à définir un scénario d'approvisionnement ne dépassant pas l'échéance de 2034. Le tome III porte une analyse sur les besoins et les scénarios d'approvisionnement. Cette analyse est seulement développée pour les granulats. À partir de l'état des lieux de la production et de l'approvisionnement en matériaux granulaires pour le BTP de la région Grand Est, il présente une projection estimative de la situation, à l'horizon 2034 (12 ans), du besoin et de la production de matériaux et propose des scénarios d'approvisionnement, les compare pour aboutir au choix d'un scénario final.

Sur cette période, le SRC retient quatre bassins d'approvisionnement pour Cigéo, entrainant (cf. Pages 68 - 69) une correction apportée aux consommations moyennes par habitant et (cf. Page 71) le constat que *« Les bassins les plus consommateurs (avec les besoins les plus importants) sont situés à l'est de la région, autour de CIGEO et dans la Marne voient leur besoin augmenter, de +3 à 4 % pour atteindre ponctuellement 60 % en proximité de CIGEO ».*

Comme indiqué ci-dessus, le schéma régional des carrières est établi par le préfet de région. La recommandation de l'Ae n'est donc pas directement adressée à l'Andra. Toutefois, l'Andra est régulièrement consultée par la région s'agissant des travaux relatifs au futur SRC, afin que celui-ci prenne en compte les besoins liés au projet Cigéo.

Recommandation 2021 : L'Ae recommande d'augmenter les capacités de stockage des eaux de ruissellement.

Le dossier a été complété sur ce point. Les eaux de ruissellement seront traitées de la même manière pour les sites, la liaison intersites et la plateforme ferroviaire. Deux bassins « qualitatifs[34] » permettront la décantation des eaux et la filtration du décantat sur filtre à sable. Chacun est dimensionné pour contenir les eaux de ruissellement ayant une chance sur deux de se produire chaque année (fréquence biennale). Les eaux issues de ces bassins rejoignent ensuite des bassins « quantitatifs » dimensionnés pour une pluie centennale. Les bassins qualitatifs fonctionnent alternativement afin

[32] Avis Ae 2024-02 du 25 avril 2024
[33] https://www.grand-est.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/2024_01_10_src_ge_tome_2_etat_des_lieux_avp1.pdf
[34] C'est à dire conçus pour améliorer la qualité de l'eau.

de permettre la maintenance d'un bassin pendant que son *alter ego* est en service. Le dossier indique que les eaux polluées de façon chronique ou accidentelle « *ne seront pas rejetées sans traitement sans passer par ces bassins* ». L'Ae souligne qu'en cas de pluie de fréquence moindre que biennale des eaux de débordement des bassins qualitatifs rejoindront les bassins quantitatifs qui ne semblent pas équipés pour le traitement qualitatif des eaux.

L'Ae recommande de préciser comment la pollution des eaux pluviales de fréquence moindre que biennale seront traitées avant rejet dans le milieu.

REPONSE DE L'ANDRA À LA RECOMMANDATION R11

L'Andra prend acte de la recommandation et précise que le principe de gestion de la pollution chronique (chapitre 5.4.2 du volume IV de la «Pièce DAE6 - Étude d'impact du projet global Cigéo ») des eaux de ruissellement est de traiter le premier flot d'eau pluviale susceptible de collecter la majorité des polluants accumulés sur les surfaces imperméabilisées (ex : eaux de lessivage des sols).

Les bassins qualitatifs sont dimensionnés pour accueillir les 11 premiers millimètres de pluie qui sont, par conséquent, les plus concentrés en polluants. À Cirfontaines-en-Ornois, l'abattement de cette pollution est assuré pour une pluie de cumul de hauteur de 11 mm, soit très proche de la pluie de période de retour Tr = 2 ans et de durée de 15 minutes.

De ce fait, les eaux de ruissellement allant au-delà du cumul de hauteur de 11 mm seront beaucoup moins chargées en polluants et rejoindront par surverse directement le bassin quantitatif afin de prévenir une aggravation du risque d'inondation des biens et des personnes à l'aval

Pour les zones imperméabilisées susceptibles de présenter des pollutions aux hydrocarbures, les bassins qualitatifs sont précédés de séparateurs afin de traiter cette pollution particulière.

Recommandation 2021 : L'Ae recommande de quantifier et qualifier les impacts potentiels et résiduels sur les eaux et de préciser les mesures ERC, leurs objectifs de résultats et les protocoles de suivi, et de les compléter pour les impacts des eaux de ruissellement et de percolation des verses.

Le dossier a été complété de façon détaillée. L'état initial a inclus les concentrations de substances susceptibles d'être rejetées dans les eaux superficielles et les rendements épuratoires attendus. Les dispositifs de traitement des eaux pluviales, des eaux de fond et des eaux industrielles sont détaillés, ces deux dernières étant recyclées au sein de l'installation pour des usages d'eau non potable. L'objectif est d'atteindre des eaux recyclées ou rejetées d'une qualité compatible avec les critères de qualité du bon état chimique et écologique des cours d'eau récepteurs. Le mécanisme de suivi est décrit, le dossier indique qu'il sera compatible avec les exigences environnementales édictées par l'État.

Un effort important a été consenti pour la connaissance des verses ; les concentrations de substances chimiques issues du ruissellement sur les verses sont fournies ainsi que les rendements attendus du système de traitement. Les verses seront déposées sur une couche à perméabilité faible puis végétalisées afin de limiter l'érosion et l'entraînement de substances polluantes.

Le dossier aborde également le cas des eaux dites « non conventionnelles » c'est à dire celles qui ont pu transiter à proximité des déchets radioactifs ; le volume de ces eaux est très faible, moins de 100 m^3 entre la mise en service et 2080, et leur radioactivité inférieure à 100 Bq[35]. Elles seront collectées et acheminées vers un centre de traitement des effluents radioactifs liquides.

En ce qui concerne les eaux potables, l'ARS demande, dans sa contribution à cet avis, de proscrire les forages dans les périmètres de protection rapprochée des captages d'eau destinée à la consommation humaine non soumis à déclaration d'utilité publique. Cela concerne les forages CIG1666 et CIG 1667.

REPONSE DE L'ANDRA AU QUESTIONNEMENT DE L'AE

Les deux forages CIG1666 et CIG1667 vont être déplacés et seront exclus du périmètre de protection rapprochée de la source Jardin le Moine.

Le dossier de demande d'autorisation environnementale DR0 a été mis à jour en conséquence.

Recommandation 2021 : L'Ae recommande d'approfondir la démarche ERC relative aux impacts quantitatifs sur la ressource en eau, en particulier pour ce qui concerne les possibilités de recharge de nappe et de réduction de l'artificialisation.

[35] La radioactivité se mesure en Becquerel (Bq). Un Bq correspond à la désintégration d'un noyau radioactif par seconde. On parle aussi de MBq (millions de Becquerels) ou de GBq (milliards de becquerels). La radioactivité dans le corps humain est d'environ 120 Bq/kg. Celle d'un gramme de radium est 37 GBq (37 milliards de Bq).

Avis délibéré n°2024-40 du 27 juin 2024 — Page 28 sur 53
Centre de stockage Cigéo (52-55)

Des modélisations des incidences quantitatives résiduelles sur les ressources en eau ont été ajoutées au dossier. Les incidences sont toutes faibles à très faibles, les plus importantes se situant au niveau du stockage des déblais et du rabattement de la nappe des calcaires du Barrois du fait de l'ouvrage de protection contre les remontées de la nappe d'eau souterraine de la descenderie. La conclusion est qu'il n'y a pas lieu de mettre en place des mesures compensatoires. L'IRSN souligne cependant dans son avis 2024-00051 qu'il convient de poursuivre le travail de caractérisation des calcaires du Barrois afin de comprendre le fonctionnement de l'aquifère et de détecter toute éventuelle cavité.

S'agissant d'une tête de bassin, les prélèvements doivent être comparés à la ressource en eau limitée du secteur pour en évaluer l'enjeu. Il ne faut pas négliger l'impact des prélèvements sur la piézométrie du secteur et donc sur les aires d'alimentation et les périmètres de protection des captages d'eau potable qui devront être redéfinis. L'Ae rappelle sa recommandation de proposer des mesures ERC s'agissant des prélèvements d'eau.

REPONSE DE L'ANDRA AU QUESTIONNEMENT DE L'AE

L'Andra prend acte de ce questionnement et apporte les précisions suivantes.

Les besoins d'eau potable, tous usages confondus, pour le projet global Cigéo sont estimés à 500 m³/j pendant les phases d'aménagements préalables et de construction initiale et 200 m³/j pendant la phase de fonctionnement (cf. Chapitre 5.3.3.1 Vol IV de la « Pièce DAE 6 - Étude d'impact du projet global Cigéo » du présent dossier). Trois sources d'alimentation en eau potable sont actuellement retenues :

- syndicat du Haut Ornain (Forage Muleau et Forage de Dainville à Gondrecourt-le Château) ;
- syndicat d'Échenay (Source de Massonfosse (Échenay) et Forage d'Échenay) ;
- syndicat de Thonnance-Suzannecourt (Source Claire Fontaine et Source du Mont à Thonnance-lès-Joinville).

Le groupement de syndicats a mobilisé Suez Consulting afin de confirmer les capacités des ressources suscitées pour pouvoir alimenter à la fois les besoins futurs des syndicats et le projet CIGEO.

Il s'avère que les besoins moyens futurs et même de pointe (en considérant le ratio 1.5 × besoins moyens *maximum*) seront couverts par la capacité des différentes ressources disponibles. Ces premières conclusions sur la disponibilité de la ressource actuelle et future seront confortées par une série d'études complémentaires portée par le groupement de syndicats avec notamment une vigilance sur l'évolution de ces capacités en période d'étiage.

De plus, il est prévu sur site l'épuration des eaux usées et le recyclage des eaux épurées pour les activités ne nécessitant pas l'usage strict d'une eau de qualité potable mais qui atteignent, à minima, les seuils de qualité définis par les normes de qualité environnementales de la directive cadre sur l'eau. Ceci permet ainsi de limiter la consommation d'eau potable seulement aux besoins humains – de consommation et sanitaires – et d'éviter et/ou réduire la pression sur la ressource en eau lors des différentes phases de travaux de Cigéo.

En effet, l'utilisation des eaux épurées recyclées (cf. Chapitre 5.4.3.2 vol IV de la « Pièce DAE 6 - Étude d'impact du projet global Cigéo » du présent dossier) sur Cigéo est prévue pour les usages suivants :

- les centrales à béton ;
- les tunneliers (refroidissement des équipements électriques et mécaniques au niveau du bouclier, nettoyage des conduites de bourrage, etc.) ;
- les points de puisage à usage non-sanitaire (aires de lavage, arrosage des espaces verts, etc.).

Recommandation 2021 : L'Ae recommande de mettre en œuvre la séquence éviter, réduire, compenser sur le corridor forestier régional qui traverse le bois Lejuc en prévision des impacts des premiers travaux de défrichement.

Le mémoire en réponse exprime la volonté de l'Andra de satisfaire cette recommandation. Le dossier a été complété par une mesure d'évitement permettant la conservation d'un corridor en lisière du bois Lejuc (figure 8) et une mesure de réduction qui consiste à créer un réseau de haies entre la forêt de Grammont et le nord du bois Lejuc.

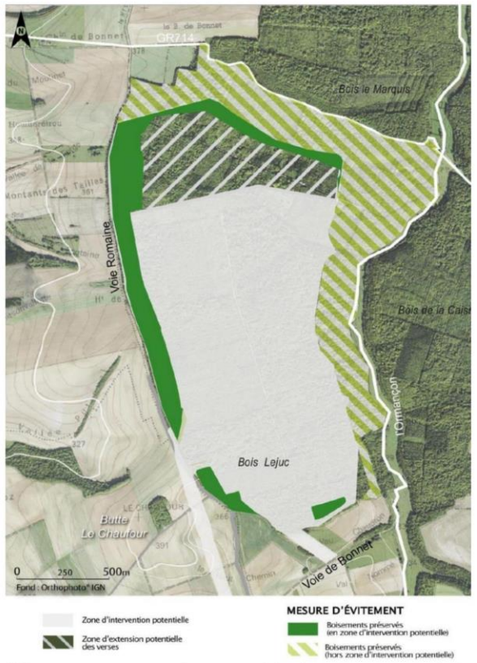


Figure 8 : mesure d'évitement concernant la continuité écologique au niveau de la zone puits. Source dossier.

Recommandation 2021 : L'Ae recommande :

- **de justifier l'utilisation de la méthode miroir pour le calcul de la dette écologique, en lieu et place de la méthode préconisée par le ministère de la transition écologique ;**
- **de faire évaluer et valider les propositions de quotas de compensation par un conseil scientifique indépendant ;**
- **d'évaluer les besoins de compensation des zones humides sur la base de leur fonctionnalité ;**
- **de revoir l'équivalence géographique sur des critères éco-géographiques et non administratifs.**

Le dossier est complété par la présentation de la méthode miroir qui est *une « méthode de compensation par écart de milieux, pondéré par un coefficient multiplicateur en fonction de l'intérêt qu'un milieu représente pour une espèce (ou un cortège), [...] développée par CDC Biodiversité. Cette méthode est en cohérence avec «* l'approche standardisée du dimensionnement de la compensation écologique *» portée par le ministère de la Transition écologique, l'Office français de la biodiversité (OFB) et le Cerema sortie en mai 2021 (12). Elle consiste à quantifier et à qualifier la*

perte ou dette écologique liée aux impacts du projet, puis à reconstituer par des mesures compensatoires un gain écologiquement équivalent. Le besoin compensatoire (tout comme le gain écologique) est défini en « unités de compensation" (UC). »

Le mémoire en réponse apporte les justifications recommandées par l'Ae, ces justifications ont été portées au dossier. L'Ae note toutefois que l'Andra, tout en soulignant l'intérêt de la mise en place d'un conseil scientifique indépendant pour valider les propositions de quotas de compensation, considère qu'il « *n'appartient pas à l'Andra de le constituer, ni d'en définir [la] gouvernance* ». L'Ae rappelle qu'il est de pratique courante que des agences et établissements publics de l'État se dotent d'instances indépendantes comme des conseils scientifiques ou des comités d'éthique, en confient la présidence à une personnalité reconnue et en assurent, sinon la gouvernance, le secrétariat. Néanmoins, la recommandation s'adresse avant tout à l'État. L'importance du projet et les surfaces concernées justifieraient pleinement un tel conseil scientifique qui pourrait être désigné par le Conseil scientifique régional du patrimoine naturel et de la biodiversité.

L'Ae réitère sa recommandation de solliciter le préfet pour lui demander de mobiliser le conseil scientifique régional du patrimoine naturel et de la biodiversité afin de valider les mesures visant à respecter l'absence de perte nette de biodiversité du fait du projet.

» REPONSE DE L'ANDRA À LA RECOMMANDATION R12

L'Andra prend acte de cette recommandation et apporte les précisions suivantes.

Dans le cadre de l'instruction de la demande d'autorisation environnementale portant sur les opérations dites DR0, c'est le Conseil national de la protection de la nature (CNPN) qui a été sollicité par le préfet afin de rendre un avis sur la demande de dérogation dite « espèces protégées » en application de l'article R. 181-28 du code de l'environnement.

Si cette recommandation ne s'adresse pas directement à l'Andra mais au préfet, l'Andra ne s'oppose pas à la saisine proposée par l'Ae, si le préfet estime cette saisine pertinente.

2.3.1.2. Incidences spécifiques des opérations d'aménagement préalables DR0

Le dossier identifie l'ensemble des espaces d'intérêt écologique (Znieff, sites Natura 2000, Espaces naturels sensibles (ENS)). L'étude d'impact met en évidence des impacts notables sur les Znieff sur lesquelles les aménagements sont implantés ainsi que sur les espèces, ce qui justifie la demande de dérogation relative à l'interdiction de destruction d'individus et d'habitats d'espèces protégées. Les pollutions constituent également des incidences jugées comme notables sur les milieux naturels. Le tableau 1 récapitule les incidences notables sur les milieux.

Le dossier précise, au sein de la liste des mesures d'évitement et de réduction de l'ensemble du projet Cigéo, celles qui concernent les incidences brutes des opérations d'aménagement préalables DR0. Une seule mesure d'évitement est proposée qui consiste à ne pas implanter de dispositif dans les zones à enjeu. Les emprises étant ponctuelles, au regard de l'étendue du site, des déplacements de quelques hectomètres suffisent à éviter ces zones à enjeux.

Incidences potentielles		Premières opérations de caractérisation et de surveillance environnementale
Zonages environnementaux		Notable
Zones humides		Non notable
Continuités écologiques		Non notable
Habitats et espèces	Destruction/dégradation des habitats d'espèces	Notable
	Destruction d'individus	Notable
	Perturbation des espèces	Notable
	Dégradation des fonctionnalités écologiques	Notable
	Altération biologique et chimique des milieux	Notable
Pollutions radiologiques et conventionnelles	Pollutions radiologiques	Non notable
	Pollutions conventionnelles	Notable

Tableau 1 : incidences des opérations d'aménagement préalables DR0 sur les milieux naturels. Source dossier.

Les mesures de réduction consistent à végétaliser les terres excavées et stockées plus d'un an, adapter les périodes de travaux à la sensibilité des espèces, mettre en défens les haies, espaces arbustifs et zones humides, gérer les espèces exotiques envahissantes et adopter des mesures de management environnemental. Toutes les mesures sont décrites avec force détails dans le dossier.

Les mesures générales de management environnemental, de sensibilisation et formation du personnel et de gestion des pollutions accidentelles de l'ensemble des chantiers de Cigéo s'appliquent également, ce qui complète les mesures spécifiques.

Un tableau récapitule les incidences brutes, les mesures et les incidences résiduelles qui sont toutes faibles à très faibles. Le dossier conclut à l'absence de nécessité de compensation spécifique aux aménagements préalables DR0.

2.3.2. Milieu humain

2.3.2.1. Services écosystémiques

Recommandation 2021 : L'Ae recommande de justifier les services retenus pour l'évaluation des services écologiques et de quantifier les surfaces des écosystèmes présents localement concernées par chacun de ces services.

La justification des services écosystémiques retenus est détaillée dans le mémoire en réponse qui fournit également une estimation des surfaces concernées. Le dossier n'a cependant pas à ce stade été complété sauf en ce qui concerne les incidences négligeables des premières opérations de caractérisation et de surveillance environnementale (phase DR0). Les services écosystémiques affectés avant mesure compensatoire sont listés.

L'Ae observe qu'il conviendra de prendre en compte l'impact de la compensation sur les services écosystémiques dans la mesure où elle induit une consommation d'espace significative et que les espaces consommés produisent probablement des services.

L'Ae recommande d'intégrer au dossier les éléments du mémoire en réponse de son avis précédent concernant les services écosystémiques et de prendre en compte en amont de leur mise en œuvre les pertes éventuelles de services du fait de la consommation d'espace des mesures compensatoires.

REPONSE DE L'ANDRA À LA RECOMMANDATION R13

L'Andra prend acte de la recommandation et apporte les précisions suivantes.

Les éléments du mémoire en réponse de l'avis de l'Autorité environnementale sur le dossier de demande de déclaration d'utilité publique concernant les services écosystémiques (recommandation R13) sont présents, dans le chapitre 16 du volume VII pour ce qui concerne la méthodologie mise en œuvre, et dans le chapitre 16.1 du volume III, pour ce qui concerne les surfaces des écosystèmes aux sein de l'aire d'étude éloignée au sein de l'étude d'impact du dossier DR0.

En ce qui concerne la recommandation de l'Ae de prendre en compte, en amont de leur mise en œuvre les pertes éventuelles de services du fait de la consommation d'espace des mesures compensatoires, l'Andra propose ici une identification des changements d'écosystèmes qu'entrainent les sites de compensation. Il est rappelé que la méthode mise en œuvre pour évaluer les effets du projet global Cigéo sur les services écosystémiques se fonde sur un indicateur proxy qui consiste à évaluer les pertes de service à partir des pertes de surface des écosystèmes à l'origine de la production de ces services. Les changements de services ne sont pas quantifiés par d'autres métriques, ni monétarisées pour éviter des biais trop importants dans la méthode.

Des gains de services associés aux nouveaux écosystèmes créés par les sites de compensation sont attendus, de manière à atteindre un équilibre dans les transferts de services, voire une amélioration de ces derniers. Les conversions d'écosystèmes et de services engendrés par les sites compensatoires sont caractérisées en suivant :

- dans le cas des sites de compensation au titre des impacts sur la sylviculture : on n'observe aucune conversion d'écosystèmes forestiers puisque la compensation forestière a lieu sur des sites déjà boisés. Il y a un maintien des services écosystémiques que les écosystèmes forestiers concernés sont en capacité de produire, en particulier le service de production de bois ;
- dans le cas des sites de compensation écologique des milieux forestiers au titre des impacts sur le milieu naturel : on observe un maintien des services écosystémiques que les milieux forestiers compensés sont en capacité de produire (par exemple : conservation de la biodiversité des milieux forestiers, régulation du climat, etc.) ;
- dans le cas des sites de compensation écologique des milieux ouverts au titre des impacts sur le milieu naturel : on observe une modification de certains services écosystémiques des milieux de départ, avec des conversions de terres cultivées en milieux ouverts assimilables à des écosystèmes de prairies. On a alors une mutation de service de productions végétales domestiques en faveur d'autres types de productions (fourrages, productions animales) et en faveur de services du patrimoine naturel (par exemple pollinisation, conservation de la biodiversité des milieux ouverts, etc.). À noter que pour réduire les incidences de la mise en œuvre des mesures compensatoires écologiques sur les productions agricoles, des mesures de réduction sont citées au chapitre 8.1 du volume IV de la « Pièce DAE 6 - Étude d'impact du projet global Cigéo » du présent dossier. Ces mesures aboutissent à une incidence résiduelle permanente faible des mesures de compensation écologiques, sur le maintien de l'activité agricole. En dehors des espaces cultivés convertis en prairies, on n'observe pas d'autre changement d'occupation de sol sur les sites compensatoires écologiques des milieux ouverts, qui affecterait la typologie d'écosystème en présence et les services écosystémiques associés.

Le tableau suivant quantifie les surfaces des sites de compensation faisant l'objet d'une conversion d'écosystème, à partir des surfaces de sites mentionnées au volume IV, chapitre 6.6 de la « Pièce DAE 6 - Étude d'impact du projet global Cigéo » du présent dossier.

Tableau 2-1 Surfaces des conversions d'écosystèmes engendrées par les sites de compensation

Sites de compensation		Écosystème d'origine	Écosystème de destination	Surface convertie
Ensemble des sites de compensation forestiers (au titre des impacts sur la sylviculture et au titre des impacts écologiques sur les milieux forestiers)		Écosystème forestier	Écosystème forestier	**0 ha**
Sites de compensation écologiques des milieux ouverts*	SC01, SC03, SC04, SC05, SC06, SC07, SC08, SC09	Terres cultivées (dont habitats semi-naturels)	Prairies	24 + 51,34 + 36,71 + 10,31 + 25,5 + 15,87 + 5,91 + 6,81 = **176,45 ha**
	SC02	Prairies	Prairies	**0 ha**

**les milieux majoritairement dominés par des habitats de milieux ouverts non cultivés et non entretenus, dans un contexte forestier (cas du site SC02), sont assimilés à un écosystème de type Prairie. Les milieux ouverts majoritairement dominés par une utilisation initiale agricole (cas de tous les autres sites) sont assimilés à un écosystème de type Terres cultivées.*

En ce qui concerne la compensation agricole, les projets sélectionnés pour sa mise en œuvre ne seront pas nécessairement à l'origine d'une conversion d'espaces. La quantification des surfaces d'écosystèmes qui seraient éventuellement converties n'est pas réalisable tant que la sélection des projets est en cours. Une attention particulière est apportée sur la faisabilité de la reprise de la production agricole et la démonstration d'un projet économe en consommation d'espaces naturels et de ressources, conformément à la règlementation en vigueur et au règlement de l'appel à projet.

2.3.2.2. Évaluation des risques pour la santé

Le dossier a été notablement complété en termes d'évaluation des risques sanitaires tant pour ce qui concerne les nuisances physiques que celles liées aux substances chimiques ou à la radioactivité. Deux volets sur les risques accidentels et sur les risques après fermeture ont été ajoutés. Un recensement complet des habitations, lieux de travail et établissements sensibles au voisinage du site et des infrastructures de transport a été réalisé afin d'évaluer avec précision les expositions aux nuisances physiques, chimiques et radioactives. La figure 9 illustre une des représentations cartographiques de ce voisinage.

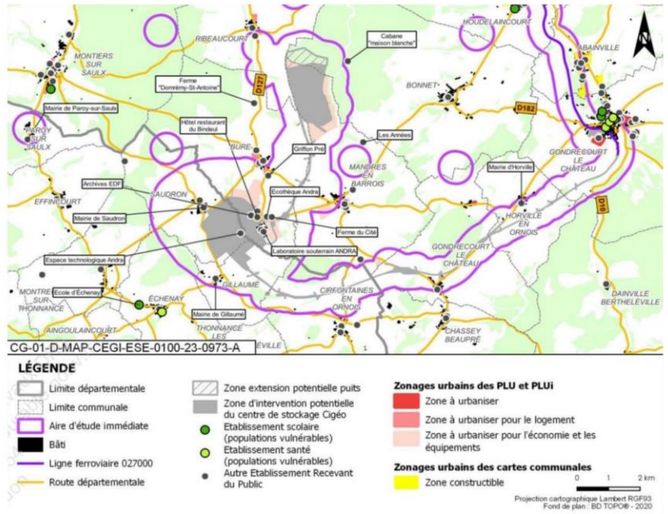


Figure 9 : carte des implantations humaines dans l'aire d'étude immédiate à proximité des installations projetées et de la partie de la ligne ferroviaire la plus proche. Source : dossier.

2.3.2.2.1. Effets du bruit

De façon générale l'approche est réglementaire, c'est à dire que les niveaux de bruit et les émergences sonores modélisées dans l'environnement sont comparés aux niveaux maximum autorisés

par la réglementation française. Le dossier mentionne les lignes directrices de l'OMS[36] sur le bruit, qui concernent essentiellement les bruits des transports, des éoliennes et des loisirs. Il souligne le fait que « *Les seuils fixés par la réglementation applicable en France sont supérieurs à ces recommandations.* » mais ne tient compte que des seules valeurs réglementaires pour l'évaluation des incidences et les mesures ERC.

L'Ae rappelle que les lignes directrices de l'OMS sont fondées sur des analyses des connaissances actuelles sur les effets sanitaires du bruit et constituent donc des niveaux au-delà desquels des effets sanitaires sont documentés. La réalisation d'études d'impact impose, au-delà du respect des valeurs réglementaires, l'évaluation de ces incidences et la mise en œuvre de mesures pour de rendre les incidences résiduelles négligeables. Il convient donc, comme pour les risques chimiques, de s'appuyer sur les valeurs de l'OMS, ou de toute autre relation dose réponse adaptée, pour évaluer les incidences.

La contribution de l'ARS reçue par l'Ae souligne les lacunes du dossier en matière de caractérisation et de modélisation des bruits résiduels des forages. Elle demande également que « *l'absence de caractérisation préalable de l'impact sonore des opérations DR0 autour de la ligne ferroviaire 027000 [soit] justifiée* », ainsi que celle des vibrations.

L'Ae recommande de reprendre l'analyse des incidences sanitaires du projet en comparant les bruits modélisés avec les niveaux de référence pour le bruit des lignes directrices de l'OMS.

REPONSE DE L'ANDRA AU QUESTIONNEMENT DE L'AE

Les nuisances acoustiques pour les riverains situés à proximité des travaux de forage, sondage et piézomètre des opérations DR0 (incluant ainsi les travaux situés autour de la ligne ferroviaire 027000) n'ont pas été modélisées car celles-ci ont été jugées comme non notables (cf. Chapitre 13.1.4.1 Incidences potentielles dans le volume IV de la « Pièce DAE6 - Étude d'impact du projet global Cigéo » du présent dossier). En effet, les travaux à réaliser sont des sondages à la pelle, à la tarière, des sondages carottés et pressiométriques, des sondages carottés dans des fondations et maçonneries et la pose de piézomètres. Ces sondages seront ponctuels, temporaires et réalisés de jour. Les nuisances acoustiques pour les riverains situés à proximité sont donc jugées non notables. Ainsi, pour les opérations DR0, seuls les travaux d'archéologie et ZBS, dont les incidences potentielles ont été jugées notables, notamment en raison du nombre d'engins, de la puissance des matériels utilisés et de la durée des travaux sur plusieurs mois (*a minima* 15 mois pour une durée maximale estimée à 36 mois pour les travaux d'archéologie et environ 18 mois pour les ZBS) ont fait l'objet d'une modélisation acoustique.

L'incidence sonore résiduelle des opérations DR0 est ainsi considérée comme faible.

Il en est de même pour ce qui concerne les vibrations émises lors des travaux des opérations DR0 réalisées au niveau de la ligne 027000. Les nuisances vibratoires pour les riverains situés à proximité sont donc faibles à très faibles.

REPONSE DE L'ANDRA À LA RECOMMANDATION R14

L'Andra prend acte de cette recommandation et apporte les précisions suivantes.

Comme décrit au chapitre 13.1.3 du volume IV de la « Pièce DAE 6 - Étude d'impact du projet global Cigéo » du présent dossier, les modélisations acoustiques ont permis de vérifier la contribution et l'incidence de chaque opération individuelle ainsi que pour l'ensemble des opérations cumulées, et pour chaque phase du projet global Cigéo (aménagements préalables, construction initiale et fonctionnement) au regard :

- des seuils réglementaires s'il existent ou d'une autre référence précisée en l'absence de seuil réglementaire ;
- de l'évolution du niveau sonore en comparaison avec l'état initial.

Afin de réduire les incidences acoustiques, les mesures d'évitement et de réduction décrites au chapitre 13.1.2 du volume IV de la « Pièce DAE 6 - Étude d'impact du projet global Cigéo » du présent dossier ont été mises en place.

Les niveaux de bruit modélisés avec la mise en place des mesures d'évitement et de réduction sont inférieurs aux valeurs réglementaires. Les niveaux sonores au niveau des zones habitées les plus proches du centre de stockage Cigéo sont au maximum équivalents à ceux d'une ambiance de bruits courants (inférieurs à 60 dBA de jour et 55 dBA de nuit).

Les lignes directrices relatives au bruit dans l'environnement (Réf. document : Lignes directrices relatives au bruit dans l'environnement dans la Région européenne – Résumé d'orientation) (43) publiées par le Bureau régional de l'OMS pour l'Europe en 2018, définissent des niveaux d'exposition recommandés au bruit provenant des transports (trafic routier, ferroviaire et aérien), des éoliennes et des loisirs, pour protéger la santé des populations.

Les composantes du projet global Cigéo concernées sont les infrastructures routières (déviation de la route départementale D60/960 et la LIS), ainsi que les infrastructures ferroviaire (ITE et ligne 027000).

Les valeurs de bruit dû au trafic routier et au trafic ferroviaire en façade recommandées par l'OMS sont présentées au chapitre 8.1.2.2 du volume VI de la « Pièce DAE 6 - Étude d'impact du projet global Cigéo » du présent dossier :

- pour le trafic automobile :
  - ✓ un niveau sonore maximal sur 24 h Lden de 53 dB(A) ;
  - ✓ un niveau sonore maximal pour la période nocturne Lnight de 45 dB(A).
- pour le trafic ferroviaire :
  - ✓ un niveau sonore maximal sur 24 h Lden de 54 dB(A) ;
  - ✓ un niveau sonore maximal pour la période nocturne Lnight de 44 dB(A).

L'Andra a bien pris en compte la demande de l'Ae dès le premier avis formulé sur l'étude d'impact du dossier de demande de déclaration d'utilité publique (DUP) en 2021. Dans le cadre de l'élaboration de l'étude d'impact, jointe au dossier de demande d'autorisation de création (DAC) déposé en janvier 2023, l'Andra a ainsi mené une analyse des données d'entrée permettant de comparer les incidences acoustiques du projet aux préconisations de l'OMS.

L'Andra a engagé une nouvelle campagne de mesures acoustiques qui se déroulera entre 2024 et 2025. En effet, les états initiaux acoustiques et les modélisations présentés dans l'étude d'impact sont réalisés sur la base des indices acoustiques réglementaire (LAeq et LA50), différents des indices acoustiques utilisés par l'OMS (L_{den} et L_{night}). L'indicateur Lden représente le niveau de bruit moyen pondéré au cours de la journée en donnant un poids plus fort au bruit produit en soirée (18 h – 22 h) (+ 5 dB(A)) et durant la nuit (22 h – 6 h) (+ 10 dB(A)) pour tenir compte de la sensibilité accrue des individus aux nuisances sonores durant ces deux périodes. La conversion des niveaux de bruit (LAeq et LA50) selon les indices utilisés par l'OMS (L_{den} et L_{night}) n'est donc pas suffisamment précise.

Pour ce qui concerne l'évaluation des incidences du bruit routier au regard des recommandations de l'OMS, il est nécessaire de connaitre les niveaux sonores actuels (résiduels) d'origine routière pour les trois périodes

jour/soir/nuit. Ainsi, les nouvelles campagnes de mesures acoustiques (2024/2025) permettront de déterminer les indices L_{den} et L_{night} de l'état initial du bruit d'origine routière par analyse du spectre sonore.

Pour ce qui concerne l'évaluation des incidences ferroviaires, la composante du bruit ferroviaire dans les niveaux de bruit d'état initial est nulle (puisqu'il n'y a aucune circulation de train). Les niveaux de bruit engendrés par la circulation ferroviaire sur l'ITE issus de la modélisation peuvent être directement comparés aux valeurs de l'OMS et sont inférieurs à celles-ci.

Comme précisé au chapitre 13.1.3.5.5 du volume IV de l de la « Pièce DAE 6 - Étude d'impact du projet global Cigéo » du présent dossier, une étude acoustique pour la circulation des trains sur la ligne 027000 menée par SNCF Réseau est en cours.

L'étude d'impact sera mise à jour lors des prochaines actualisations pour intégrer ces nouvelles données.

2.3.2.2.2. Risques chimiques

Exposition dans l'atmosphère

L'évaluation des risques liés aux substances chimiques s'appuie sur le référentiel de l'Ineris mis à jour en 2021. L'analyse des dangers a intégré, pour les PM2,5, la valeur toxicologique de référence (VTR) (ERU37=0,0128 (µg/m3)$^{-1}$ pour la mortalité vie entière[38] proposée par l'Anses[39] en 2023. Pour les polluants sans VTR les valeurs guides de l'OMS de 2021 sont retenues comme seuils de toxicité chronique. On notera toutefois que la valeur de 25 µg/m³ qui correspond à un seuil d'exposition de deux à trois jours, a été retenue pour le dioxyde d'azote au lieu de la valeur de 10 µg/m³ qui est le seuil annuel, ce qui reste à justifier, la concentration d'exposition étant une valeur moyenne annuelle. Néanmoins, au vu des résultats, cette question n'est pas critique.

Les sources d'émissions atmosphériques sont évaluées par recensement des quantités émises à l'atmosphère de particules, d'oxydes d'azote et de soufre, de monoxyde de carbone, de benzène,

[36] Organisation mondiale de la Santé, 2018. Lignes directrices relatives au bruit dans l'environnement dans la région européenne. Résumé d'orientation

[37] ERU : excès de risque unitaire désigne le coefficient de proportionnalité entre le risque de cancer et la concentration en µg/m³ de la substance d'exposition

[38] L'excès de risque vie entière représente la probabilité cumulée sur la vie entière d'occurrence d'un évènement sanitaire due à une exposition d'intérêt, qui vient s'ajouter à la probabilité d'occurrence de cet évènement sanitaire dans une population non exposée, appelé par la suite « risque de fond ». Source Anses cf note

[39] Anses 2023. Valeurs toxicologiques de référence. Les particules de l'air ambiant extérieur.

de composés organiques volatils (COV), de dioxines et de furanes. Des majorants ont été systématiquement utilisés, par exemple l'ensemble des hydrocarbures et COV a été assimilé au benzène pour les sources dont la composition détaillée n'est pas disponible. Le dossier justifie l'absence de risque lié aux autres types de polluants, notamment les métaux lourds.

Le transport des polluants dans l'air est évalué comme indiqué précédemment à l'aide du logiciel Impact. Classiquement l'exposition aux substances à seuil, ou aux substances sans seuil pour lesquelles la valeur guide de l'OMS a été prise en compte en l'absence de VTR, est comparée à la valeur seuil. En fonction de cette référence aucune exposition préoccupante n'est relevée. Pour ce qui concerne les substances cancérogènes sans effet de seuil l'Ae se félicite que l'Andra ait utilisé une exposition sur la vie entière, soit 70 ans, au lieu de la période de 30 ans[40] classiquement utilisée et réfutée par l'Ae dans plusieurs avis.

Les résultats montrent un excès de risque individuel élevé pour les PM2,5 puisqu'il est supérieur à 1/1000 pour tous les habitants. Dans la mesure où ce risque est néanmoins inférieur au niveau de risque d'une exposition au niveau de la valeur de référence de l'OMS la conclusion du dossier est que ce risque n'est pas préoccupant. Cet argument s'appuie sur le rapport de l'Anses qui explicite qu'il n'y a pas pour les PM2,5 de consensus sur la valeur de risque acceptable. Il est également observé que l'excès de risque individuel pour une exposition au niveau de la valeur de référence de l'OMS de 5 µg/m³ est de 0,057, soit 57/1000. À titre de comparaison, la valeur moyenne de la teneur en PM2,5 du territoire est de 10 µg/m³ du fait des émissions de l'habitat et de l'agriculture. Les concentrations ajoutées sont inférieures à 10 % de cette moyenne en phase de fonctionnement mais sont de 63 % au niveau de l'hôtel du Bindeuil pendant la phase de construction. L'accroissement du risque n'est donc pas négligeable comparé au risque initial.

Les mesures d'évitement et de réduction sont des mesures habituelles pour les chantiers comprenant l'entretien des véhicules, des limitations de vitesse, des dispositifs de prévention des émissions de poussières, de l'arrosage des terres excavées… Ces mesures sont présentées en détail dans un cahier séparé mais leurs effets sur les incidences brutes ne sont pas évalués de façon quantitative.

Pour l'Ae ces résultats invalident la conclusion proposée par le maître d'ouvrage en vertu de laquelle les incidences sur la santé seraient très faibles. Ils justifieraient la mise en œuvre de mesures de réduction et de suivi quantifiées. En l'absence de valeur consensuelle au niveau national, le niveau de risque acceptable pour les $PM_{2,5}$ doit être mis en débat avec les habitants concernés. Ces derniers restent les seuls capables d'expliciter quel taux de mortalité supplémentaire ils acceptent au regard des bénéfices de la construction de Cigéo et au regard de leurs propres efforts en matière de limitation d'émissions domestiques[41]. À cet égard il convient de réaliser une présentation didactique

[40] L'argument étant qu'il s'agit de la durée médiane d'habitation dans un logement, selon les statistiques des abonnements électriques. L'Ae considère que cela ne représente en rien la durée de vie sur un territoire.

[41] Le chauffage au bois reste en France la source prédominante d'émissions de $PM_{2,5}$. Source : ministère de la transition écologique.

des enjeux et résultats, explicitant pour chaque commune le niveau de risque initial et les effets de diverses hypothèses en matière d'évitement et de réduction.

L'Ae recommande de revoir la conclusion sur le niveau de risque sanitaire et de présenter de façon didactique au public les niveaux élevés de risque sanitaire liés aux $PM_{2,5}$ ainsi que les mesures complémentaires d'évitement et de réduction envisageables et de débattre du niveau de risque acceptable sur le territoire.

REPONSE DE L'ANDRA À LA RECOMMANDATION R15

L'Andra prend acte de la recommandation et apporte les précisions suivantes.

Les incidences des émissions de particules sur la qualité de l'air sont décrites notamment dans le paragraphe 2.4 du volume IV de la « Pièce DAE 6 - Étude d'impact du projet global Cigéo » du présent dossier. Les émissions de PM2,5 sont quantifiées par phase du projet, et les concentrations présentées au niveau de différents point cibles sur le territoire et des cartes présentent ces émissions par rapport à différentes valeurs seuil : les valeurs

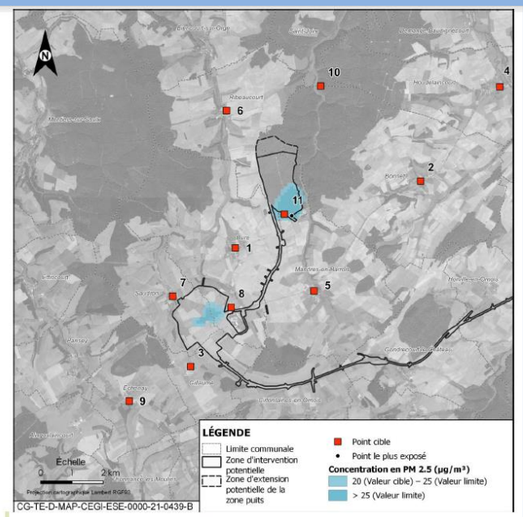


Figure 2-11 Concentration en PM2,5 (µg/m³) en phase de construction initiale

limites et valeurs cibles.

La surveillance de la qualité de l'air est réalisée par comparaison aux seuils définis par l'article R. 221-1 du code de l'environnement :

- objectif de qualité : niveau à atteindre à long terme et à maintenir, 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 ; cette valeur est de 10 $\mu g.m^{-3}$ (moyenne annuelle) pour les PM2,5 ;
- valeur cible : niveau à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné, et fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble ; cette valeur est de 20 $\mu g.m^{-3}$ (moyenne annuelle) pour les PM2,5 ;
- valeur limite : niveau à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser, et fixé sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble ; cette valeur est de 25 $\mu g.m^{-3}$ (moyenne annuelle) pour les PM2,5 ;
- seuil d'information et de recommandation : niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de groupes particulièrement sensibles au sein de la population et qui rend nécessaires l'émission d'informations immédiates et adéquates à destination de ces groupes et des recommandations pour réduire certaines émissions ;
- seuil d'alerte : niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé de l'ensemble de la population ou de dégradation de l'environnement, justifiant l'intervention de mesures d'urgence.

Les données présentées dans l'étude d'impact montrent que les concentrations en PM2.5 sont globalement proches de l'objectif de qualité de l'air. Elles restent inférieures à la valeur cible sur l'ensemble des zones habitées. Elles ne sont que très localement supérieures à cette valeur au niveau de certaines zones agricoles non habitées en limite de la zone puits et au niveau de la zone ZNIEFF.

Au niveau régional, les concentrations moyennes en particules PM2,5 étaient stables de 2017 à 2018 (12 $\mu g/m^3$) puis ont baissé les trois dernières années pour atteindre 9 $\mu g/m^3$ en 2020, 2021 et 2022. Elles sont de l'ordre de l'objectif de qualité, qui est de 10 $\mu g/m^3$. A la station de Houdelaincourt, sur la période 2013-2017, la concentration moyenne annuelle mesurée en PM2,5 est stable et comprise entre 13 $\mu g/m^3$ et 8 $\mu g/m^3$.

En complément, une évaluation qualitative des risques sanitaires est également présentée dans le volume VI de la pièce DAE 6 « Étude d'impact du projet global Cigéo »(8) du présent dossier pour plusieurs composés dont les PM2,5. Cette analyse montre, comme indiqué dans le paragraphe 3.2 du volume VI de la « Pièce DAE 6 - Étude d'impact du projet global Cigéo » du présent dossier, que l'exposition à une concentration en PM2,5 équivalente aux valeurs guides et aux valeurs cibles intermédiaires recommandées par l'OMS conduiraient à des excès de risque supérieurs du même ordre de grandeur ou supérieurs aux ERI calculés pour le projet global Cigéo.

<u>Origine et quantité de PM2,5 émises par le centre de stockage Cigéo</u>

L'étude d'impact précise les émissions de particules PM 2,5 par phase du projet, par zone et par source d'émission (source ponctuelle canalisée, source linéique (circulation des véhicules) ou surfacique (envol de poussières)).

Tableau 3-4 Bilan des flux d'émissions chimiques atmosphériques en phase de construction initiale (en tonnes/an)

	Émissions en tonnes/an	NOx	PM10	PM2.5	CO	SO_2	Benzène	COV
Zone descenderie	Sources ponctuelles	45.10	123.83	123.78	88.56	7.72	24.91	24.91
	Sources linéiques (circulation véhicules)	2.49	67.21	16.31	9.84	0.00	0.05	0.93
	Sources surfaciques (engins, envols de poussières)	28.47	12.23	5.09	66.82	0.00	0.17	3.47
	Sous-total	*76.06*	*203.27*	*145.17*	*165.22*	*7.72*	*25.13*	*29.31*
Zone puits	Sources ponctuelles	35.84	67.07	67.04	95.72	1.16	7.18	7.18
	Sources linéiques (circulation véhicules)	1.72	44.17	10.72	6.48	0.00	0.03	0.57
	Sources surfaciques (engins, envols de poussières)	28.28	63.30	11.66	67.35	0.00	0.18	3.64
	Sous-total	*65.85*	*174.55*	*89.41*	*169.55*	*1.16*	*7.39*	*11.39*
Liaison intersites	Sources linéiques (circulation véhicules)	0.35	4.19	1.03	0.21	0	0.000144	0.01
	Sous-total	*0.35*	*4.19*	*1.03*	*0.21*	*0*	*0.000*	*0.01*
Trafic extérieur (hors LIS)	Sources linéiques (circulation de véhicules)	2.87	10.26	2.63	2.05	0	0.0028	0.06
	Sous-total	*2.87*	*10.26*	*2.63*	*2.05*	*0*	*0.002*	*0.06*
	Total	**145.13**	**392.27**	**238.25**	**337.04**	**8.89**	**32.53**	**40.78**

En phase de construction initiale, la majorité (environ 80 %) des PM2,5 provient des sources canalisées liées au fonctionnement des centrales à béton, à l'aération de certains bâtiments (ateliers mécaniques), aux creusements dans les zones descenderies et puits.

Pour les émissions canalisées, les valeurs d'émission retenues dans les évaluations sont considérées, de façon pénalisante, aux maximum des valeurs limites d'émission fixées dans les arrêtés de prescriptions générales des installations classées pour l'environnement (cas pour les chaudières et les centrales à béton). Pour les rejets de ventilation de la descenderie de service et des puits (hors ventilation nucléaire), les valeurs limites d'exposition (VLEP) définies par le code du travail avant le 1er janvier 2022 ont été retenues dans les évaluations, de façon majorante. Les valeurs d'émissions pour les rejets poussières (PM10 et PM2,5) sont ainsi très enveloppes car elles sont calculées sur la VLEP de 10 mg/m³ fixée avant le 1er janvier 2022. Ces estimations pourront être affinées, en intégrant par exemple les dispositions du décret n° 2021-1763 du 23 décembre 2021(44) qui porte maintenant la VLEP à 4 mg/m³.

Les activités émettrices de PM2,5 lors de la tranche de travaux DR0, comprise dans la phase d'aménagements préalables sont quant à elles principalement des séquences de travaux de décapage et le remblayage lors des travaux de fouille archéologique sur la zone descenderie. Les émissions de PM2,5 sur cette phase sont faibles compte tenu des mesures de réduction mises en œuvre (notamment la prise en compte des conditions météorologiques : arrosage par temps sec des terres mises à nu lors des fouilles archéologiques pour éviter les envols de poussières), et limitées dans le temps (de 15 mois à 36 mois) en regard des autres phases du projet. La mise en place des mesures de réduction permet de ne pas altérer localement la qualité de l'air et de limiter l'exposition des populations des premières opérations de caractérisation et de surveillance environnementale, notamment pour les PM2,5.

Les émissions les plus importantes de PM2,5 ont donc lieu pendant la phase de construction initiale. Celles-ci sont majoritairement dues aux sources d'émissions ponctuelles qui ont été estimées, afin de ne pas sous-estimer les impacts, de façon conservative en supposant des valeurs maximales admissibles du code du travail. Même avec cette représentation conservative, les valeurs cibles ne sont dépassées que dans des zones agricoles non habitées en limite de la zone puits et au niveau de la zone ZNIEFF. Les concentrations ajoutées aux différents points d'intérêt des zones habitées restent faibles par rapport au bruit de fond ambiant et sont inférieures à la valeur guide de l'OMS (5 µg/m³), bien qu'estimées de manière très enveloppes, à l'exception de la concentration estimée à l'hôtel du Bindeuil (6,35 µg/m³).

Pour le cas particulier de l'hôtel du Bindeuil, les expositions aux PM2,5 proviennent au 2/3 des rejets de la ventilation de la descenderie colis (émisson canalisée). Le flux des émissions de PM2,5 de la ventilation de la descenderie colis utilisé dans la modélisation est particulièrement majorant car la totalité des poussières inhalables est assimilée aux particules PM2,5 et la VLEP utilisée est antérieure au décret n° 2021-1763 du 23 décembre 2021 qui porte maintenant la VLEP des poussières inhalables à 4 mg/m³ au lieu 10 mg/m³. Les évaluations associées seront mises à jour lors d'actualisations ultérieures de l'étude d'impact en amont de la réalisation des activités les plus émettrices en intégrant l'avancée des connaissances scientifiques et les évolutions réglementaires.

Ainsi sur le plan de qualité de l'air, les concentrations totales en PM2,5, bien qu'estimées de façon très enveloppe sont globalement proches de l'objectif de qualité de l'air. Elles restent inférieures à la valeur cible sur l'ensemble des zones habitées. Elles ne sont que très localement supérieures à cette valeur au niveau de certaines zones agricoles non habitées en limite de la zone puits et au niveau de la zone ZNIEFF. Concernant plus spécifiquement l'impact sur la santé humaine les concentrations ajoutées par le projet au niveau des zones habitées, sont faibles et restent significativement inférieures à la valeur guide de l'OMS (5 µg/m³), à l'exception de l'hôtel du Bindeuil pour lequel une actualisation des modélisations permettra de diminuer les conservatismes de la démarche et mieux évaluer les concentrations réelles.

Au-delà de ces aspects techniques, l'Andra s'étonne de la vision alarmiste de l'Autorité environnementale car compte tenu de tous les éléments présentés par l'Andra et rappelés ci-dessus, le risque associé aux PM2,5 du projet global Cigéo est considéré non préoccupant et ne peut être qualifié d'élevé sur le territoire.

L'Andra actualisera ses modélisations des impacts en amont des étapes du projet les plus émettrices afin d'assurer une information plus précise sur les concentrations attendues.

Exposition via les eaux

Les substances susceptibles de rejoindre les eaux sont liées aux différents chantiers de la phase d'aménagements préalables et à la période de fonctionnement du centre. Leurs eaux usées peuvent contenir des matières en suspension, des traces d'hydrocarbures et de carburants, de l'azote, du phosphore total, des métaux lourds (cuivre, plomb, zinc, cadmium), des hydrocarbures aromatiques polycycliques et des sulfates. L'évaluation des risques pour la santé conclut que les incidences potentielles sont significatives mais ne fournit cependant pas de données quantitatives pour les substances rejoignant les milieux récepteurs. Les mesures d'évitement et de réduction mises en place aboutissent à ce qu'aucune eau non traitée ne puisse rejoindre l'environnement et que les eaux rejetées soient d'une qualité conforme au bon état chimique. Le dossier précise également qu'aucun prélèvement déclaré d'eau, ni baignade autorisée, ne se situe dans l'aire d'étude éloignée.

2.3.2.2.3. Risques radioactifs

Le dossier souligne que les opérations d'aménagements préalables ne mettent pas en œuvre de substances radioactives. Ce qui suit concerne donc l'ensemble du projet Cigéo.

L'évaluation des risques sanitaires procède d'une méthodologie similaire à celle employée pour les risques chimiques atmosphériques, en ajoutant à l'exposition par l'inhalation, le contact cutané et l'ingestion des substances entrant dans la chaîne alimentaire. L'ensemble de l'exposition est ramené à une dose efficace engagée mesurée en Sievert (Sv), unité qui pondère le rayonnement par son niveau d'absorption par la matière et son effet sur les différents organes cibles. Le dossier rappelle la limitation à 1 mSv de la dose totale reçue par les individus en application des articles L. 1333-2 et R. 1333-11 du code de l'environnement. L'Andra pose par précaution la limite de 0,25 mSv prévue par le guide de sûreté n°1 de l'ASN[42] pour la dose liée aux activités nucléaires ce dont l'Ae se félicite. Elle souligne également la grande qualité didactique de cette partie du dossier.

Le dossier évalue la dose susceptible d'être reçue par des personnes situées à 2 m de tous les trains ; elle est estimée à quelques dizaines de microsieverts (µSv) par an. Sans remettre en cause ce calcul, l'Ae estime qu'une évaluation quantitative des doses reçues au domicile des riverains de la ligne ferroviaire serait utile.

[42] ASN 2008. Guide de sûreté relatif au stockage définitif des déchets radioactifs en formation géologique profonde.

Les rejets liquides dit non conventionnels (ayant pu contenir des radionucléides) sont entièrement collectés et transportés par camion-citerne jusqu'à un centre spécialisé à l'extérieur du site. L'évaluation en déduit que les risques sont extrêmement faibles, cependant le dossier n'explicite pas où se trouve ce centre et quels sont les riverains du trajet effectué susceptibles d'être affectés par le transport de matières dangereuses.

La dispersion des rejets atmosphériques, estimés à partir de scénarios-enveloppe majorants, leur dépôt au sol et leur devenir dans la chaîne alimentaire sont calculés avec les logiciels Ceres et Impact comme indiqué précédemment. Le terme source-enveloppe des rejets canalisés de la zone puits étant cent fois supérieur à celui de la descenderie ce dernier a été négligé. Le dossier souligne que la dispersion est bonne et que des baisses significatives de concentrations sont attendues dès les premiers kilomètres. Deux cartes sont produites, l'une représente les concentrations de tritium dans l'air (figure 10), l'autre les retombées de ce radionucléide sur les sols.

Les cartes ne comportent pas de représentation graduée des concentrations, celles concernant le krypton 85 et le carbone 14 ne sont pas mises à disposition du public. De plus, compte tenu de la proximité des villages et de la descenderie, bien que les émissions soient significativement plus faibles, il importe de modéliser également le panache de la cheminée de la descenderie et de le superposer au panache de la cheminée de la zone des puits.

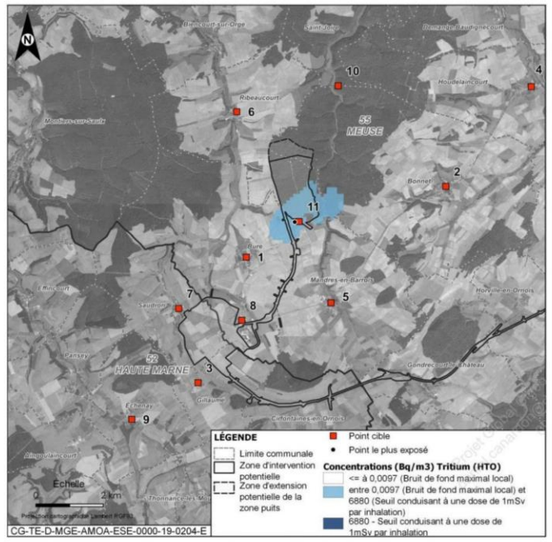


Figure 10 : carte de dispersion du tritium autour de la cheminée de la zone des puits. Source : dossier.

Le dossier souligne qu'il n'y a pas de retombées au sol du carbone 14 qui reste à l'état gazeux, cependant sa présence dans l'atmosphère conduit à une absorption par les plantes que le logiciel Ceres devrait théoriquement calculer à partir du rapport $^{12}C/^{14}C$, il importe également de cartographier la concentration de ^{14}C dans les plantes sur le territoire.

En terme de bilan, la dose annuelle reçue par les habitants les plus proches est de l'ordre du microsievert, ce qui est très faible par rapport à la dose maximale réglementaire et à la dose moyenne de radioactivité naturelle. Les remarques et recommandations de l'Ae tiennent donc plus à la transparence du processus d'évaluation qu'à une quelconque remise en cause des conclusions.

L'Ae recommande d'inclure les émissions de la descenderie dans la modélisation des panaches radioactifs, de cartographier, en illustrant une gamme de concentrations, les dispersions du tritium, du carbone 14 et du krypton 85 ainsi que la concentration du carbone 14 dans les plantes.

REPONSE DE L'ANDRA À LA RECOMMANDATION R16

L'Andra prend acte de la recommandation et précise que les éléments explicitant la méthode de réalisation de la cartographie du tritium présentée au chapitre 2.4.2.3.2 du volume IV de la « Pièce DAE6 - Étude d'impact du projet global Cigéo » sont décrits ci-après.

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). Ainsi pour chaque élément gazeux radioactif émis par le centre de stockage Cigéo (tritium, carbone 14 et krypton 85), la correspondance en activité volumique dans l'air de cette valeur réglementaire a été calculée et présentée dans le tableau 2-24 de l'étude d'impact.

La cartographie présentée en figure 2-20 illustre la concentration annuelle en tritium ajoutée dans l'air issue des rejets du centre de stockage Cigéo (zone descenderie et zone puits).

Les classes de concentrations retenues pour la représentation cartographique sont les suivantes :

- < valeur du bruit de fond (transparent) ;
- > valeur du bruit de fond et < au seuil de concentration conduisant à une dose de 1 millisievert par inhalation ;
- > au seuil de concentration équivalent à une dose de 1 millisievert.

L'installation souterraine représentent la source de rejet majoritaire de deux ordres de grandeur par rapport aux rejets et impacts de la zone descenderie. Les rejets de l'installation nucléaire de surface, localisée sur la zone descenderie, sont donc négligeables par rapport à ceux de la cheminée de l'installation souterraine, mais ils sont néanmoins pris en compte dans les calculs de dispersion et de dose.

Les concentrations issues de l'émissaire de la zone descenderie n'apparaissent pas car elles sont inférieures au bruit de fond (transparent). Il en va de même pour le carbone 14 et le krypton 85.

En ce qui concerne le carbone 14 dans les plantes, il peut être considéré un ratio constant entre l'activité dans l'air et la teneur dans les plantes, ce qui conduirait à une cartographie similaire à celles de l'activité volumique dans l'air.

2.3.2.2.4. Risques après fermeture

Le dossier comporte un nouveau chapitre, dérivé du dossier de maîtrise des risques élaboré pour la demande de décret d'autorisation de création qui aborde cette question. Le concept est illustré par la figure 11. Il s'appuie sur plusieurs scénarios auxquels sont associées des évaluations de risque. Le recours à la recherche permet une amélioration permanente des scénarios et de reboucler sur les évaluations.

Le principe de la protection est fondé avant tout sur la sûreté passive liée à la très faible perméabilité et à l'épaisseur importante de la couche d'argilite. Ainsi les radionucléides ne seront entraînés par l'eau que très lentement pendant des millénaires. La dégradation à terme des enveloppes des colis et des enveloppes des alvéoles de stockage fait de la barrière géologique la protection ultime. Le dossier souligne l'absence de vulnérabilité aux activités humaines « banales » de cette barrière, c'est à dire le terrassement de chantier routier ou la construction de résidences. La faiblesse du risque de contact est essentiellement expliquée par le fait que le sous-sol reste considéré comme d'intérêt faible y compris pour d'éventuels projets géothermiques[43].

[43] La géothermie ne consiste pas seulement à rechercher de l'eau chaude dans le sous-sol mais également à utiliser l'inertie thermique des couches géologiques ou leur capacité de stockage de chaleur ou de froid.

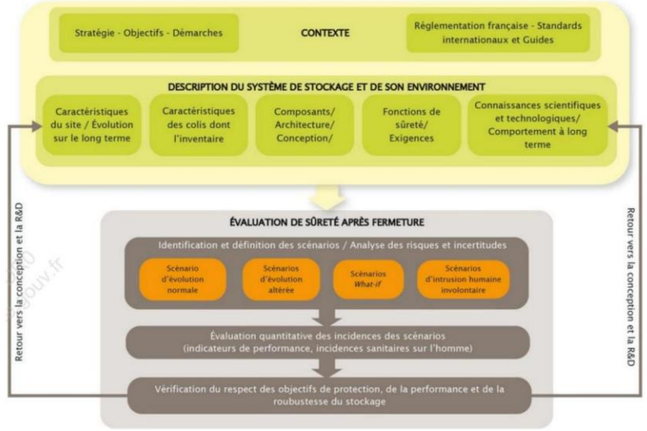


Figure 11 : représentation schématique de la démarche itérative d'évaluation de sûreté après fermeture. Source dossier.

Le scénario d'évolution normale s'appuie sur les résultats des expérimentations de l'Andra dans le laboratoire souterrain qui jouxte le projet Cigéo. Dans ce scénario, 20 % des radionucléides solubles dans l'eau et à vie longue : l'iode 129, le chlore 36 et le sélénium 79, parviennent aux confins de la couche callovo-oxfordienne au bout de 600 000 ans, l'exposition au bout d'un million d'années est de 1,5 µSv et les concentrations sont inférieures aux normes de qualité chimique de l'eau. Un scénario enveloppe prenant en compte les incertitudes résiduelles de connaissance sur les paramètres du stockage, y compris une forme chimique hexavalente du sélénium, plus mobile, aboutit à une durée de 100 à 200 000 ans et à une exposition radioactive non chiffrée mais jugée « *très inférieure à la valeur de référence du guide de sûreté n° 1 de l'ASN* » sauf pour un des exutoires où elle atteint cette valeur dans le scénario d'atmosphère chaude.

Les scénarios d'évolution altérée, jugés très peu probables, impliquent une fracturation des scellements des alvéoles et des puits ou un dysfonctionnement des conteneurs. Le scénario « What if » suppose que les scellements n'ont pas été réalisés conformément aux spécifications ou que la présence de discontinuités verticales n'a pas été détectée. Les scénarios d'intrusion involontaire sont récapitulés sur la figure 12. Ils envisagent plusieurs types de forages atteignant ou traversant les alvéoles de stockage de la couche callovo-oxfordienne.

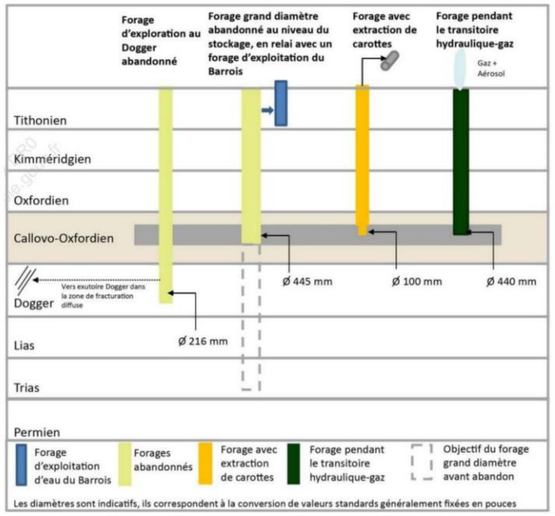


Figure 12 : scénarios d'intrusion non volontaire après fermeture. Le transitoire hydraulique gaz correspond à un dégagement d'hydrogène lors de le venue d'eau avec corrosion des métaux. Source dossier.

Les eaux susceptibles de se diffuser dans le sous-sol sont supposées entrer au contact avec les populations via quatre exutoires situés dans les couches avoisinantes. Le milieu lui-même est envisagé selon trois hypothèses climatiques : tempéré, subtropical humide et boréal. Selon le dossier dans tous ces scénarios : « *les niveaux de dose maximale restent inférieurs aux niveaux susceptibles d'induire des effets déterministes et dans la plupart des cas inférieurs à la valeur de référence retenue pour le [scénario d'évolution normale] (0,25 mSv/an)* ». Le cas qualifié d'extrême, du scénario « *What if* » avec dysfonctionnement de tous les scellements conduit à une voie de transfert parallèle à la couche callovo-oxfordienne via les ouvrages pendant le transitoire hydraulique-gaz[44].

Le dossier ne fournit cependant aucune donnée quantitative des niveaux de doses résultant de tous ces scénarios, ni de ceux qui aboutissent à une exposition inférieure à la référence de (0,25 mSv/an) ni des quelques scénarios qui conduisent à un dépassement. De même, au-delà des termes *« improbable »* ou *« très improbable »*, les probabilités d'occurrence des différents scénarios, modulés par les choix d'occupation du territoire possibles ne sont pas données.

[44] Écoulements diphasiques eau-gaz en milieu poreux. En l'espèce il s'agit de l'écoulement du mélange entre l'hydrogène produit au sein des alvéoles et de l'eau circulant dans les pores de la roche. Source IRSN

Les travaux du programme « *Mémoire pour les générations futures* » sont en cours[45]. L'Andra envisage de s'appuyer sur ses résultats pour mettre au point des dispositifs de conservation de la mémoire du site afin d'informer les générations futures pour au moins 500 ans. Cette durée de 500 ans, estimée par l'ASN, n'est pas justifiée dans le dossier.

L'Ae recommande de fournir les résultats quantitatifs des risques évalués selon les différents scénarios d'évolution altérée et d'intrusion involontaire, d'expliciter leurs probabilités selon diverses hypothèses d'occupation du sol et de justifier la durée prévue du maintien de la mémoire de seulement 500 années.

REPONSE DE L'ANDRA À LA RECOMMANDATION R17

Les recommandations R2, R8 et R17 concernant des sujets connexes liés à la thématique de l'après fermeture du centre de stockage Cigéo, il est proposé de regrouper les réponses à ces trois recommandations.

Il convient de se référer à la réponse faite à la recommandation R2.

2.3.2.2.5. Risques accidentels

Recommandation 2021 : L'Ae recommande de compléter le dossier par une évaluation des incidences environnementales et sanitaires à court, moyen et long termes liées aux fonctionnements en mode dégradé ou à l'occurrence de situations accidentelles pendant la phase de fonctionnement du site et ultérieurement.

Ce nouveau chapitre est rédigé, comme le précédent, en cohérence avec le dossier de maîtrise des risques. Quatre scénarios accidentels sont envisagés et décrits de façon détaillée :

- chute d'un colis primaire à la suite de la défaillance d'un pont de manutention en situation de non fonctionnement du système de filtration ;
- incendie d'un chariot de transfert des colis dans le bâtiment nucléaire de surface avec défaillance du système d'extinction ;
- chute d'un emballage ouvert de transport MA-VL lors de son déchargement dans le bâtiment nucléaire de surface avec défaillance du matelas amortisseur (figure 13) ;
- inflammation d'un colis de déchets bitumés[46] dans un colis de stockage.

Les deux premiers scénarios aboutissent à des expositions maximales respectivement de 50 µSv et 1 µSv. Pour le troisième scénario, est estimée une exposition à un maximum de 8,2 mSv sur une période de 24 h, 2,3 mSv dans le village de Saudron, voir figure 3. Le dossier souligne que cette dose est inférieure à la valeur repère de 10 mSv. Le tableau explicitant les limites « acceptables » indique que cette dose se réfère à des situations accidentelles d'extension du dimensionnement, ce qui ne semble pas être le cas, ces situations impliquant des événements extérieurs comme de séismes. La dose « acceptable » sur 24 h pour des accidents de dimensionnement est de 1 mSv. Par ailleurs la durée de 24 h semble courte eu égard à la gravité de l'accident qui peut également avoir des conséquences pour le personnel, il convient d'expliciter comment l'Andra envisage l'arrêt des émissions dans un délai de 24 h.

[45] Dossier de presse, Andra, juin 2021. La mémoire des sites de stockage de déchets radioactifs. Enjeux et actions.

[46] Les fûts d'enrobé bitumineux (FEB) sont issus du traitement, dans les installations du CEA/Marcoule depuis 1966 et d'Orano/La Hague depuis 1989, de déchets liquides radioactifs par ajouts de sels de coprécipitation puis bitumage des boues obtenues. Source IRSN.

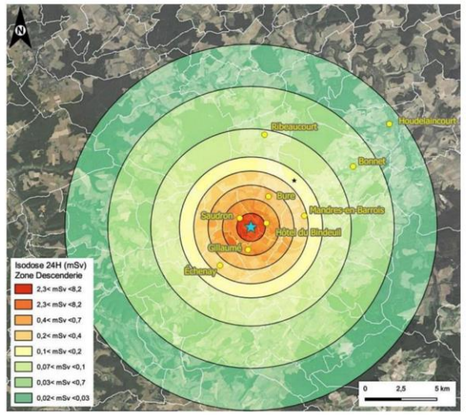


Figure 13 : doses maximales reçues en 24h en fonction de la distance à la descenderie pour le scénario de chute d'un emballage ouvert. Source dossier.

L'Ae recommande d'expliciter le choix d'une dose maximale de 10 mSv pendant 24h comme référence pour une situation accidentelle sans cause externe.

REPONSE DE L'ANDRA À LA RECOMMANDATION R18

L'analyse de la maîtrise des risques de l'INB Cigéo est présentée en détail dans l'étude de maîtrise des risques et synthétisée dans le chapitre 11.3.2 de la « Pièce DAE 6 - Étude d'impact du projet global Cigéo » du présent dossier (8, 36).

L'Andra prend acte de la recommandation et apporte les précisions suivantes.

L'article 3.7.III de l'arrêté du 7 février 2012 (13) fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base (dit arrêté INB) indique que l'intensité des phénomènes dangereux radiologiques est définie par rapport à des valeurs de référence exprimées sous forme de niveaux d'intervention des pouvoirs publics en situation d'urgence radiologique, tels que définis par l'ASN en application de l'article R. 1333-80 du code de la santé publique. Ces valeurs de référence prévoient la mise à l'abri des populations si la dose efficace prévisionnelle due aux rejets dépasse 10 mSv et l'évacuation des populations si la dose efficace prévisionnelle due aux rejets dépasse 50 mSv (article D. 1333-84 du code de la santé publique).

Sur la base de la valeur de référence pour la mise à l'abri des populations, la valeur de 10 mSv est retenue comme objectif radiologique à ne pas dépasser pour les situations d'extension du dimensionnement qui correspondent à des situations extrêmes (cumul de défaillance, agressions extrêmes). Ces situations correspondent généralement à des rejets sur une période courte bien inférieure à 24 h (chute de colis, incendie). La dose reçue est évaluée à 24 h (prise en compte de l'exposition due au panache et aux dépôts) compte tenu de la cinétique de l'accident et en cohérence avec une intervention des pouvoirs publics. Pour les cas de situations accidentelles particulières classées en extension de dimensionnement qui engendreraient des rejets continus sur une longue durée (1 an), l'objectif de 10 mSv est également retenu et la dose est calculée en intégrant un temps d'exposition du public au rejet sur une période d'une année.

Pour les situations accidentelles dites de dimensionnement, l'article 3.7.I. de l'arrêté INB du 7 février 2012 a été appliqué en retenant différents pas de temps (court terme 24 h, moyen terme un an, long terme vie entière), différentes classes d'âge et différentes voies d'exposition.

Pour rappel, les objectifs de protection vis-à-vis des risques radiologiques en exploitation, retenus en cohérence avec les éléments présentés ci-avant, sont indiqués dans le tableau 5-1 de la « Pièce 8 – Étude de maitrise des risques » du dossier de demande d'autorisation de création (DAC). Ces éléments sont par ailleurs examinés par l'ASN et l'IRSN dans le cadre de l'instruction technique du dossier de demande d'autorisation de création (DAC), à l'issue de laquelle le dossier sera actualisé en vue des consultations réglementaires préalables à l'enquête publique de ce dossier, en tant que de besoin.

Le scénario d'incendie d'un colis bitumé induit des doses maximales à 24h inférieures à 1 mSv. Le dossier ne justifie pas non plus le fait que les émissions ne soient pas prises en compte après 24h.

L'Ae recommande de justifier la durée de 24h prise en considération pour les scénarios accidentels graves.

REPONSE DE L'ANDRA À LA RECOMMANDATION R19

L'Andra prend acte de la recommandation et précise les éléments suivants.

Concernant spécifiquement le scénario d'incendie d'un colis bitumé, il s'agit d'un scénario postulé classé dans les situations d'extension du dimensionnement pour lesquelles la dose est évaluée à 24 heures. Comme indiqué précédemment, la durée de ce scénario et des rejets associés est bien inférieure à 24 h.

Ces éléments sont examinés par l'ASN et l'IRSN dans le cadre de l'instruction technique du dossier de demande d'autorisation de création (DAC), à l'issue de laquelle le dossier sera actualisé en vue des consultations réglementaires préalables à l'enquête publique, en tant que de besoin.

Le risque lié au transport des colis est abordé succinctement. La seule information quantifiée est que ceux-ci résistent à une chute d'une hauteur de 9 m. Les dispositions prises par les pouvoirs de police pour gérer une éventuelle crise sont présentées. L'Ae considère qu'une évaluation de risque quantitative est nécessaire et doit concerner tout le linéaire d'acheminement des colis sur le site.

L'Ae recommande de réaliser une évaluation quantitative des risques liés au transport des colis radioactifs depuis les sites d'entreposage jusqu'au centre de stockage.

REPONSE DE L'ANDRA À LA RECOMMANDATION R20

L'Andra prend acte de la recommandation et apporte les précisions suivantes.

En France, le transport de marchandises dangereuses classifiées en tant que substances radioactives (matières dangereuses de la classe 7), dont notamment les colis de déchets radioactifs devant être acheminés jusqu'au centre de stockage Cigéo, est réglementé par l'arrêté du 29 mai 2009 (45) modifié relatif aux transports de marchandises dangereuses par voies terrestres (dit arrêté « TMD »).

L'arrêté TMD fait référence à des règlements modaux internationaux comme l'accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (i.e. l'ADR) ou le règlement concernant le transport international ferroviaire de marchandises dangereuses (i.e. le RID). Ces règlements reposent sur les règles de transport de matières radioactives (SSR-6) (46) élaborées par l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA).

Les règles de transport de substances radioactives ne prévoient pas de restriction, au titre de la sûreté, sur les itinéraires pouvant être empruntés par les transports qui sont de la responsabilité de l'expéditeur et non du destinataire, si ce n'est que les tunnels les plus dangereux (de catégorie E) sont interdits.

En revanche, ces règles prévoient une adaptation graduelle des modalités de transport aux caractéristiques propres des matières radioactives à transporter et in fine au risque d'exposition interne et externe qu'elles peuvent constituer tant pour les travailleurs que pour le public.

Ainsi, la sûreté des transports de substances radioactives repose en premier lieu sur la conception du colis. L'ADR et le RID imposent que les emballages de transport de substances radioactives soient d'autant plus robustes que les substances radioactives à transporter présentent un risque élevé. En particulier, les emballages amenés à contenir les colis de déchets transportés vers le centre de stockage Cigéo doivent être conçus pour satisfaire à des critères de performance (débit de dose équivalente, quantité d'activité relâchée…) à l'issue d'épreuves réglementaires représentatives en termes de sollicitations mécaniques et thermiques des conditions accidentelles de transport les plus sévères. Le respect de ces critères permet de limiter les conséquences radiologiques à des niveaux acceptables quelles que soient les substances radioactives transportées et leur dangerosité.

L'adéquation de ces règles a pu être confirmée à travers le très large retour d'expérience du transport de substances radioactives acquis tant en France qu'à l'étranger et ce sur de très nombreuses décennies. En France, il faut noter que plusieurs centaines de milliers de transports de substances radioactives sont opérées annuellement (cf. https://www.irsn.fr/savoir-comprendre/surete/transport-matieres-radioactives)(47).
Aucun évènement récent n'a engendré de conséquence radiologique significative pour les travailleurs, les populations et l'environnement (cf. Retour d'expérience des évènements transports liés aux installations nucléaires et leur classement sur l'échelle INES : https://www.asn.fr/l-asn-controle/actualites-du-controle/transport-de-substances-radioactives/avis-d-incident-pour-des-transports-lies-aux-installations-nucleaires) (48).

En conclusion, au regard de la réglementation internationale et en particulier des exigences de conception concernant les emballages de transport des substances radioactives qui permet de limiter les conséquences d'un accident susceptible de survenir lors d'un transport, une évaluation quantitative des risques ne nous semble pas nécessaire. Les occurrences des évènements affectant le transport de colis de déchets radioactifs vers le centre de stockage Cigéo (environ six convois mensuels transportant une dizaine d'emballages de transport chargés de colis de déchets radioactifs) et leurs éventuelles conséquences radiologiques devraient rester très faibles et cohérentes avec celles associées aux autres transports de substances radioactives opérés depuis de nombreuses années sur le territoire national.

2.3.2.3. Incidences sur l'usage des sols

Le dossier comporte des précisions sur les effets sur les sols de la phase d'aménagements préalables, de la construction initiale et du fonctionnement. La surface totale de l'emprise des installations s'élève à 783 ha, dont 296 ha pour la descenderie et 258 ha pour la zone puits ; l'emprise sur des espaces déjà artificialisés est de 69 ha, le tableau 2 récapitule les détails par type de sol. Le dossier indique que 587 ha sont artificialisés, dont 158 ha imperméabilisés et conclut à la nécessité de compenser cette artificialisation.

Installation	Agricole	Milieux naturels	Artificiels	Total
Zone descenderie (dont INB)	275,6 (102,4)	4,5 (0,9)	15,7(4,6)	296
Zone puits (dont INB)	2,0 (0,0)	251,2 (95,6)	4,2 (1,7)	258
Installation terminale embranchée	66,8	34.1	20,0	121
Liaison intersites	43,3	1,0	2,0	46
Autres opérations	27	8	27	61
Total	**415**	**302***	**69**	**783***
Surface conservée	65	106+24,5**		195,5
Artificialisation résiduelle	**350**	**169,5**	**69**	**587***

Tableau 2 : surfaces artificialisées par le projet en hectares, (nombre repris du dossier le calcul diffère de 2 ha ; ** compensation de l'artificialisation des milieux ouverts par consommation de terres agricoles). D'après dossier.*

2.3.2.4. Impact sur les terres agricoles

Recommandation 2021 : L'Ae recommande de justifier l'absence de recherche de surfaces agricoles de substitution permettant d'éviter l'intensification et d'évaluer les incidences environnementales des projets de compensation agricole financés par le fonds de compensation, notamment pour ce qui concerne l'usage éventuel de fertilisants ou de pesticides ou d'intensification de l'exploitation, et de proposer des mesures d'évitement, de réduction ou de compensation des impacts éventuels.

Le dossier évalue le besoin de compensation agricole à partir de la perte de valeur ajoutée économique liée à l'artificialisation des surfaces agricoles entre 370 193 € et 439 485 € selon la surface affectée, la valeur maximale de l'artificialisation étant de 415 ha (cf. tableau 2). La compensation par mise en culture de terres ne peut avoir lieu du fait de l'indisponibilité de ces terres dans les deux départements concernés. Un fonds de compensation de 4 394 850 € a été consigné par l'Andra auprès de la banque des territoires afin de développer des projets pendant une durée de dix ans. Les projets financés par ce fonds seront « *des projets novateurs sans effets négatifs notables sur l'environnement* ». Cette conditionnalité sera vérifiée par un comité de pilotage formé « *des représentants de la profession agricole, d'organismes consulaires, d'organismes économiques, des services de l'État, de collectivités, d'associations du territoire et de l'Andra* ». L'Ae observe que le comité de pilotage comporte en grande partie des acteurs porteurs d'intérêts agricoles et remarque l'absence de pluralité des avis, les scientifiques spécialistes des incidences environnementales de l'agriculture, par exemple, n'étant pas envisagés. La certification de l'absence d'effets négatifs notables sur l'environnement et la santé humaine devra, selon l'Ae, être apportée par une évaluation rigoureuse sous le contrôle de tels spécialistes.

L'Ae recommande de mettre en place un comité scientifique chargé de certifier l'absence d'effets négatifs notables sur l'environnement et la santé humaine des projets financés au titre de la compensation agricole.

REPONSE DE L'ANDRA À LA RECOMMANDATION R21

L'Andra prend acte de la recommandation et précise les éléments suivants.

Comme indiqué au 8.1.5.1 du volume IV de la « Pièce DAE6 - Étude d'impact du projet global Cigéo », « *l'Andra s'engage à ne pas financer via le fond de compensation des projets de compensation agricole susceptibles d'avoir des effets notables environnementaux* ». De même, « *les projets devront s'inscrire dans la compatibilité avec les objectifs du SRADDET voulant développer une agriculture adaptée et des produits de qualité à l'export et en proximité* ». L'objectif du fond de compensation d'aider à la reconstitution d'une valeur ajoutée pour le territoire est ici conjugué à l'amélioration des pratiques agricoles des projets bénéficiaires pour être plus respectueuses de l'environnement.

Par ailleurs, les fonds attribués le sont dans le respect des règles européennes d'attribution, telles que celles fixées par exemple par le régime notifié SA 107520 relatif aux aides des investissements dans les exploitations agricoles liées à la production primaire, qui intègre de nombreux objectifs environnementaux. Le régime d'aide notifié vise en effet bien à assurer le développement durable du secteur, en renforçant sa compétitivité économique dans le respect de l'impératif de protection de l'environnement.

Les critères d'éligibilité des projets collectifs de compensation ont également été complétés en réponse à l'avis de l'Ae formulé en 2021(49), par le critère dénommé « contraintes règlementaires » permettant de démontrer que le projet est :

- réglementairement réalisable ;
- économe en espaces agricoles et naturels ;
- économe en consommation de ressources (eau, énergie) ;
- en accord avec les réglementations agricoles en vigueur.

Le dispositif mis en place pour la compensation agricole répond aux exigences du code rural et de la pêche maritime, ainsi qu'à celles issues de la loi n° 2014-1170 du 13 octobre 2014 (50) d'avenir pour l'agriculture, l'alimentation et la forêt, qui fixent l'obligation d'évitement et de réduction des impacts des projets consommateurs de foncier agricole sur la filière agricole, ainsi que l'obligation de compensation quand les dispositions d'évitement et de réduction ne sont pas suffisantes.

Ainsi, la composition du comité de pilotage intègre effectivement, en grande partie, des acteurs porteurs d'intérêts agricole. Cependant, le comité de pilotage, comprend également des compétences en matière environnementale, puisque certains organismes du monde agricole comme les chambres d'agriculture en disposent en leur sein, et que le comité comprend également des représentants des DDT et DRAAF.

Ainsi, lors de l'analyse des candidatures, le comité intègre bien déjà dans sa composition actuelle une expertise permettant la prise en compte de la pluralité des enjeux et fait son choix au regard de différents critères, notamment environnementaux, puis il assure un suivi technico-économique des projets pour veiller au bon usage des fonds alloués.

2.3.2.5. Incidences sylvicoles

L'article L. 341-6 du code forestier impose un taux de compensation[47] surfacique de un à cinq. Dans la Meuse, ce taux est fixé à deux hectares pour un pour les défrichements forestiers. Le dossier précise que les peuplements affectés par la zone puits n'ont pas de valeur marchande. Le dossier indique que ce taux est affecté à la première phase du projet ce qui aboutit à une surface de compensation de 275 ha. La compensation des défrichements ultérieurs sera évaluée le moment venu. Le dossier a été complété et actualisé sans que ses conclusions soient sensiblement modifiées. Il est précisé que : « l'Andra souhaite éviter d'entreprendre cette compensation sur des terres agricoles ou des surfaces considérées comme de premier boisement ou à enjeux écologiques forts ». L'Ae confirme l'importance de ne pas choisir des espaces de compensation avec des habitats semi-naturels d'intérêt patrimonial et de proscrire les plantations unispécifiques ou d'espèces exotiques.

Le préfet de la Meuse, dans sa contribution au présent avis, a informé l'Ae du fait que le département de la Meuse faisait partie des territoires où le risque d'incendie de forêt, jusqu'ici faible, était en accroissement. Le préfet insiste sur la nécessité d'anticiper ce risque qui sera pris en compte dans le dossier départemental des risques majeurs de la Meuse, en cours d'élaboration.

REPONSE DE L'ANDRA AU QUESTIONNEMENT DE L'AE

Les risques majeurs identifiés dans les dossiers départementaux des risques majeurs (DDRM) de la Haute-Marne et de la Meuse sont présentés au chapitre 11.2 du volume III de la « Pièce DAE 6 - Étude d'impact du projet global Cigéo » du présent dossier.

L'Andra prend acte de la recommandation et précise que le recensement des risques naturels et technologiques présents sur les communes de l'aire d'étude rapprochée du projet global Cigéo a été réalisé sur la base des versions en vigueurs des DDRM des départements de la Meuse (2019) et de la Haute Marne (2017) (51, 52). Le risque feu de forêt n'étant pas identifié dans les DDRM en vigueur, celui-ci n'a donc pas été listé comme risque majeur.

Cependant, ce risque a bien été pris en compte par l'Andra. En effet, concernant plus particulièrement l'INB Cigéo, le risque feu de forêt est déjà pris en compte dans le cadre de la demande d'autorisation de création, pour assurer la sûreté du centre de stockage Cigéo. Les dispositions prises en compte ont été définies sur la base des mesures de prévention habituelles d'INB situées dans des zones à risques importants de feux de forêts (Gard, Bouches-du-Rhône...).

Plusieurs travaux du jalon DR0 sont également situés dans ou à proximité immédiate de massifs forestiers, (notamment certains forages du programme de reconnaissance des Calcaires du Barrois ou du programme ZBS_Fond_UP1, certains forages et bases-vie en zone puits, à Morley, à Maulan). L'Andra s'assurera que les entreprises de chantiers mettront en place des dispositions organisationnelles adaptées.

En conséquence, le risque feu de fôret a été pris en compte dans le dossier de demande d'autorisation environnementale des opérations DR0.

L'Ae recommande de veiller à des compensations forestières plurispécifiques, d'essences locales, en dehors des habitats semi-naturels d'intérêt patrimonial comme des pelouses calcicoles, prairies humides, marais, etc.

REPONSE DE L'ANDRA À LA RECOMMANDATION R22

L'Andra prend acte de cette recommandation et apporte les précisions suivantes.

En ce qui concerne la compensation forestière, l'Andra privilégie les travaux à visée d'amélioration sylvicole sur des massifs boisés, déjà destinées à une exploitation forestière, abîmés par la tempête de 1999 ou ayant subi de fortes pressions sanitaires (cf. Chapitre 8.2.5 du volume IV de la « Pièce DAE 6 - Étude d'impact du projet global Cigéo » du présent dossier).

Une soixantaine de projets a été sélectionnée à la suite d'un appel à candidature lancé par l'Andra fin 2017, à proximité du centre de stockage Cigéo, pour dynamiser les activités sylvicoles locales. Il convient de préciser que les parcelles retenues ont fait l'objet d'une étude des fonctionnalités écologiques à partir de la bibliographie des zonages environnementaux et d'une visite de terrain afin d'évaluer les différents enjeux environnementaux (état du peuplement, arbres d'intérêt écologique, mares, zones humides...). Cette expertise a permis d'une part de sélectionner les surfaces situées en dehors des zones présentant des enjeux environnementaux forts et pouvant faire l'objet d'un reboisement et, d'autre part, les modalités de travaux respectant la biodiversité.

Pour ce qui concerne le choix des essences, les plans de reboisement des parcelles sont soumis à l'approbation des DDT après une étude des stations forestières fondée sur une visite de terrain et d'une prise en compte des incidences du changement climatique. Ces plans de reboisement devront être conformes aux orientations du programme régional de la forêt et du bois de la région Grand Est 2018- 2027 (53) et à la liste régionale des matériels forestiers de reproduction (cf. Arrêté du préfet de la région Grand Est du 15 janvier 2021(54), dans sa version consolidée, « *portant fixation des listes d'espèces et de matériels forestiers de reproduction éligibles aux aides de l'État sous forme de subventions ou d'aides fiscales pour le boisement, le reboisement et les boisements compensateurs après défrichement).*

2.4. Évaluation des incidences Natura 2000

Recommandation 2021 : L'Ae recommande de préciser la nature des travaux qui seront réalisés sur la ligne électrique à 400 kV au droit des zones de protection spéciale du réseau Natura 2000 et de mettre en place le cas échéant des mesures d'évitement et de réduction supplémentaires afin de garantir l'absence d'incidences sur les oiseaux ayant permis la désignation de ces sites.

Une précision sur les travaux est apportée au dossier : « *aucun nouveau pylône n'est construit pour l'opération d'alimentation électrique, ainsi aucun effet d'emprise supplémentaire, ni d'augmentation du risque de collision n'est engendré. Après mise en œuvre des mesures lors de la phase travaux, les incidences en exploitation seront essentiellement liées aux opérations de maintenance. Ainsi, aucune destruction d'habitat ou effet d'emprise n'est attendu en phase de fonctionnement* » L'Ae signale les préconisations formulées par RTE et la ligue de protection des oiseaux sur ce thème[48].

REPONSE DE L'ANDRA AU QUESTIONNEMENT DE L'AE

L'Andra prend acte de ce questionnement et apporte les précisions suivantes.

Concernant l'avifaune et les recommandations de la LPO, une analyse précise des nids, au plus près de la période prévisionnelle des travaux et au regard des conséquences potentielles vis-à-vis de l'écologie des espèces, sera réalisée. Des mesures d'évitement, de réduction seront adoptées en tant que de besoin. Si elles s'avéraient insuffisantes, une demande de dérogation aux interdictions figurant à l'article L. 411-1 du code de l'environnement serait déposée.

Dans tous les cas, l'ensemble de ces démarches seront menées avant le début des différents travaux et seront précisées dans le dossier de demande d'autorisation environnementale idoine.

En ce qui concerne spécifiquement les opérations d'aménagement préalable DR0 le dossier souligne qu'elles sont ponctuelles et concernent les sites Natura 2000 suivants : ZSC Bois de Demange, Saint-Joire, Carrières du Perthois : gîtes à chauves-souris et ZSC Forêts de Gondrecourt-le-Château. Il

[47] L'Ae souligne qu'il ne s'agit pas de compensation environnementale mais vis-à-vis des propriétaires forestiers.

[48] https://milan-royal.lpo.fr/sites/default/files/cna-oiseaux-et-lignes-lectriques/2222/pr-sentation-colloque-cna-rte-ouest-lpo-ns-ng-25112022.pdf

Avis délibéré n°2024-40 du 27 juin 2024 — Page 44 sur 53
Centre de stockage Cigéo (52-55)

s'agira essentiellement de réaliser des plateformes temporaires de faible surface et des bases vie plus pérennes.

Des mesures d'évitement et de réduction sont prévues. Le dossier conclut à l'absence d'incidence notable. Le préfet de la Meuse a cependant souligné le fait que des forages sont situés sur l'ensemble interconnecté formé par le site Natura 2000 Carrières du Perthois mentionné ci-dessus et la Znieff Gîtes à chiroptères des carrières du Perthois et qu'il convient de considérer les effets cumulés de tous les forages sur ces sites.

L'Ae recommande de compléter l'évaluation des incidences Natura 2000 par l'analyse des incidences cumulées sur les sites des carrières du Perthois.

REPONSE DE L'ANDRA À LA RECOMMANDATION R23

L'Andra prend acte de cette recommandation et a mis à jour son dossier de demande d'autorisation environnementale en conséquence.

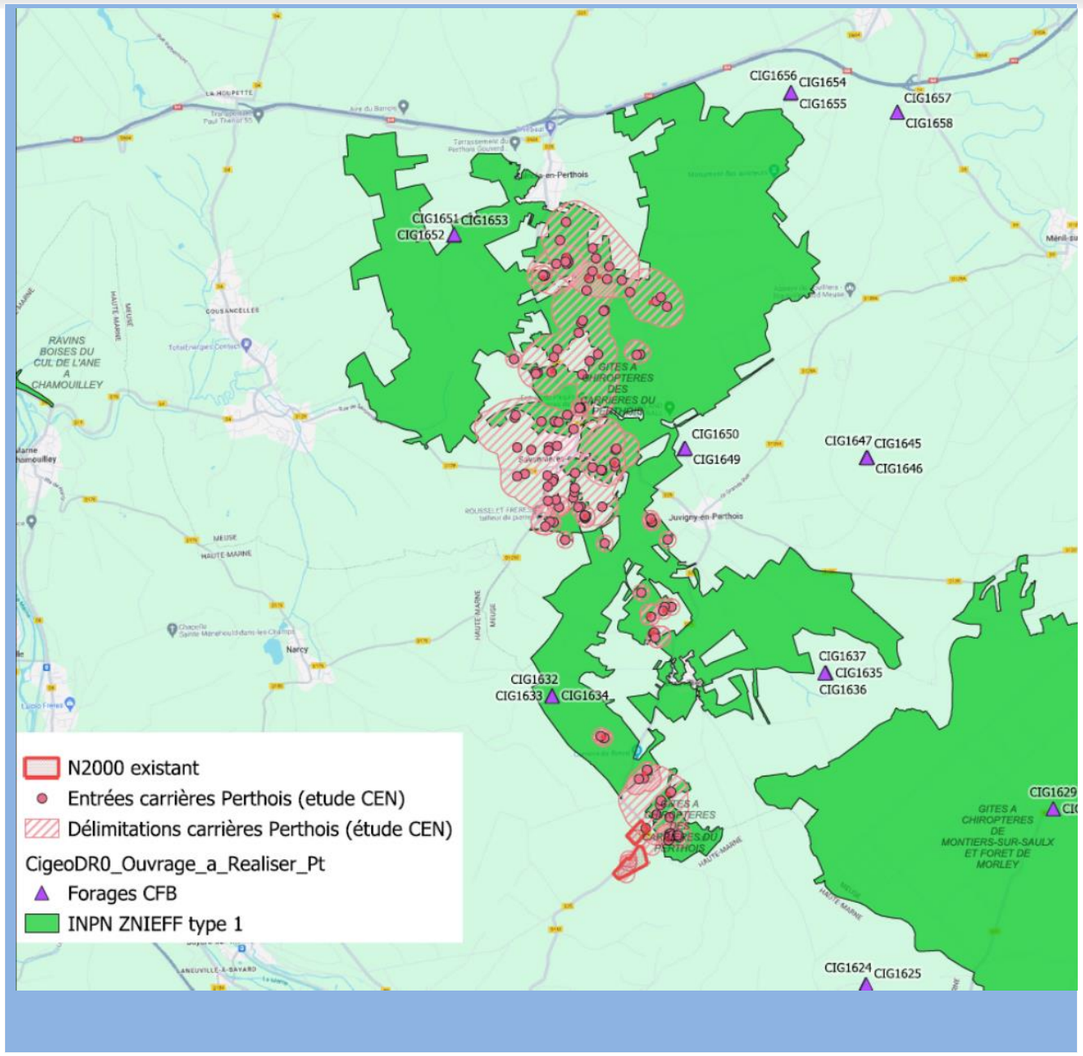
Une étude commandée par le CEN Champagne-Ardenne et réalisée par le bureau d'étude Neomys en 2019 porte sur des propositions de modification du périmètre du site Natura 2000 FR4100247 (55) « Carrières du Perthois : gîtes à chauves-souris ». Dans cette étude, les points d'entrée, ainsi que les emprises souterraines des carrières, sont représentés afin de proposer une nouvelle délimitation du site Natura 2000.

Aucun des forages du jalon DR0 n'est situé au droit des emprises souterraines des carrières et plus précisément, aucun des forages n'est localisé au sein du « nouveau » périmètre recommandé par le bureau d'études pour le site Natura 2000. Ainsi, les opérations DR0 n'ont pas d'effet direct d'emprise sur l'actuel périmètre, ni sur le périmètre projeté de ce site Natura 2000. Le chapitre 4.4.3 du volume V de la « Pièce DAE 6 - Étude d'impact du projet global Cigéo » du présent dossier sera mis à jour grâce à l'ajout d'une carte présentant la position des forages avec les projections en surface des emprises souterraines des carrières.

Concernant la ZNIEFF de type 1 gîtes à chiroptères des carrières du Perthois, une seule plateforme (plateforme 18) du programme de caractérisation des Calcaires du Barrois est localisée au sein de cette ZNIEFF. Elle est cependant implantée en dehors des zones boisées abritant les chiroptères et d'emprise limitée (dalle de béton de surface <5 m²). Quatre plateformes sont proches (<200 m) des limites de cette Znieff (plateforme 19, 24, 25 et 26).

Isolément (pour chaque plateforme), l'incidence résiduelle sur la biodiversité et les continuités écologiques des opérations de forages du programme des Calcaires du Barrois est non notable (cf. Volume IV et volume V de la « Pièce DAE 6 - Étude d'impact du projet global Cigéo » du présent dossier).

La nature des travaux (forages), la distance entre les plateformes de forages concernées (minimum 3 km), la temporalité de réalisation des travaux (les forages ne sont pas tous réalisés en même temps), l'emprise limitée des plateformes de forage (dalle de béton de surface <5 m²) et la mise en œuvre des mesures d'évitement et de réduction (pas de travail de nuit pour le programme des Calcaires du Barrois, pas de travaux aux périodes de sensibilité des espèces) permettent de limiter les cumuls des incidences sur les communautés de chiroptères de la ZNIEFF et/ou du site Natura 2000. Ainsi, les incidences cumulées résiduelles sont non notables.



2.5. Évaluation économique et sociale des infrastructures de transport

Recommandation 2021 : L'Ae recommande de corriger l'évaluation socio-économique en considérant comme référence que le projet Cigéo ne se fait pas.

Le mémoire en réponse justifie le choix du maître d'ouvrage de prendre comme scénario de référence la construction de Cigéo sans infrastructure spécifique, c'est à dire sans infrastructure ferroviaire, en utilisant des transports routiers existants. Cette option correspond à la réglementation concernant les études socio-économiques. Le dossier souligne que le rapport du Secrétariat général pour les investissements après contre-expertise indépendante de l'évaluation socio-économique des infrastructures de transport est favorable. Il est cependant inadapté selon l'Ae de ne pas considérer comme scénario de référence le scénario sans projet comme c'est la règle pour les études environnementales.

REPONSE DE L'ANDRA AU QUESTIONNEMENT DE L'AE

L'Andra prend acte du questionnement de l'AE et apporte les précisions suivantes.

Dans son avis de 2024 (2), l'Ae indique que la règle en vigueur dans le cadre des études environnementales est de considérer le scénario sans projet comme scénario de référence. Conformément aux prescriptions de l'article R.122-5 du code de l'environnement, l'Andra souligne que l'Ae peut se référer aux différents chapitres de l'étude d'impact qui prennent en considération cette règle pour les infrastructures de transport.

À ce titre, l'Andra indique que l'état initial (et par définition, sans projet) est réalisé dans le volume III au chapitre « 12. Infrastructures de transport - État initial » pour y décrire les réseaux existants et l'état du trafic. L'étude des horizons prospectifs avec et sans projet est disponible dans le volume IV au chapitre « 21. Évolution de l'environnement en cas de mise en œuvre du projet et en son absence », intégrant la thématique des infrastructures de transport. L'évaluation des incidences sur le trafic est réalisée plus en détail dans le volume IV au chapitre « 12. Infrastructures de transport - Incidences et mesures ». Cette évaluation démontre que le projet n'engendre pas de congestion nouvelle, les résultats des modélisations étant quasi identiques entre la situation de référence (sans projet) et la situation avec projet.

Enfin, la méthodologie est décrite dans le chapitre « 12. Infrastructures de transport – Méthodes » du volume VII de la « Pièce DAE6 - Étude d'impact du projet global Cigéo ». Il y est indiqué que deux des trois évaluations conduites prennent en référence la situation sans projet, à savoir : une première évaluation compare la situation dans laquelle le projet global Cigéo (intégrant ses infrastructures de transport) est réalisé, avec la situation dans laquelle il n'est pas réalisé ; une deuxième évaluation compare la situation dans laquelle le centre de stockage Cigéo (intégrant des alternatives routières existantes) est réalisé, avec la situation dans laquelle il n'est pas réalisé ; la troisième évaluation est menée par différence entre les deux évaluations précédentes. Ainsi, les deux premières évaluations permettent de quantifier les impacts de la construction et du fonctionnement du projet global Cigéo et la troisième permet d'isoler les impacts des seules infrastructures de transport du projet global Cigéo.

L'Andra souligne, comme cela a été rappelé dans son mémoire en réponse à l'avis de l'Ae de 2021 (réponse apportée à l'observation R35 en page 92 de l'annexe 1 de la « Pièce 8 – Avis émis sur le projet du centre de stockage Cigéo » (56), du dossier de demande de déclaration d'utilité publique (DUP) déposé pour l'enquête publique), que l'évaluation économique et sociale des infrastructures de transport du projet global Cigéo a pour but d'objectiver l'opportunité des infrastructures de transport dans le cadre de leurs objectifs propres qui sont (cf. Page 40 du chapitre 2.3 de la pièce 13 « Évaluation économique et sociale des infrastructures de transport du projet global Cigéo » du dossier de de demande de déclaration d'utilité publique (DUP) (57)) :

- assurer le fonctionnement optimal du centre de stockage Cigéo ;
- s'inscrire au mieux dans leur environnement humain et naturel ;
- contribuer aux objectifs de la nation en matière de lutte contre le changement climatique.

Or, en l'absence de réalisation du centre de stockage Cigéo, aucune des infrastructures du projet global Cigéo n'a de raison d'être, ce qui justifie le choix retenu pour l'évaluation économique et sociale de comparer des alternatives routières existantes en option de référence, aux infrastructures proposées de l'option de projet.

Comme noté par l'Ae dans son avis de 2024, cette méthodologie est conforme aux prescriptions du code des transports concernant les études socio-économiques d'infrastructures de ce type et a été validée par un avis favorable du Secrétariat général pour les investissements en tant que service instructeur, après avoir mené une contre-expertise indépendante.

2.6. Suivi du projet, de ses incidences, des mesures et de leurs effets

Recommandation 2021 : L'Ae recommande de fournir un récapitulatif de l'ensemble des mesures de suivi du projet.

Un plan de surveillance des différents compartiments de l'environnement, sous forme de tableau, a été joint au dossier. Il récapitule, pour chaque type de nuisance les lieux de mesure, les paramètres suivis et la fréquence d'analyse pour la phase de construction initiale et pour la phase de fonctionnement. Les mesures de suivi des aménagements de la phase d'aménagements préalables DR0 sont identifiées.

Le tableau évoqué précédemment est complété par un autre tableau présentant le dispositif de suivi des mesures de la séquence ERC du projet global Cigéo. Ce tableau identifie les facteurs environnementaux qui sont suivis pour chacune des mesures ERC.

Un tableau spécifique aux mesures d'évitement et de réduction des opérations d'aménagement préalables DR0 est figuré également dans le dossier, sa structure est commune avec son homologue présenté ci-dessus concernant le projet d'ensemble en ajoutant les maîtres d'ouvrages concernés.

Concernant les risques sanitaires un « *Observatoire de la santé des riverains autour du centre de stockage Cigéo* » a été mis en place le 30 septembre 2022 sous la forme d'une convention cadre avec Santé publique France, l'ARS Grand Est, le Comité local d'information et de suivi du Laboratoire souterrain de Bure et la Préfecture de la Meuse.

2.7. Résumé non technique

Recommandation 2021 : L'Ae recommande de prendre en compte dans le résumé non technique les conséquences des recommandations du présent avis et d'inclure des éléments sur le choix opéré parmi les diverses options.

Le résumé non technique est construit comme l'ensemble de l'étude d'impact, il est donc mis à jour pour tenir compte des évolutions du dossier, y compris celles qui sont réalisées par le maître d'ouvrage en réponse aux recommandations de l'Ae. Il permet également de tracer l'ensemble des modifications de l'étude d'impact, dont celles qui ont trait à l'opération d'aménagements préalables DR0.

Le résumé non technique comporte 554 pages en format A3 paysage, il est donc particulièrement complet, à l'image du dossier qui représente plus de 12 000 pages. Une telle quantité d'information est difficile à appréhender pour le public. Néanmoins, la qualité du document et le niveau de détail du sommaire permettent de trouver rapidement les sujets d'intérêt particulier.

Figure 14 : exemple d'aménagement didactique montrant la future voie de chemin de fer avec à droite un panneau explicatif. Source rapporteurs. Photo des rapporteurs.

En outre l'Andra, organise de nombreuses présentations didactiques du projet, a mis en place une halle pédagogique très intéressante et a placé des panneaux explicatifs sur les sites d'intérêt de l'emprise du projet. Ces éléments ne sauraient être considérés comme participant de l'étude d'impact mais ils fournissent une image du dossier qui facilite son appropriation.

3. Maîtrise des risques majeurs

3.1. Traitement de l'évaluation et de la maîtrise des risques dans le dossier

Recommandation 2021 : L'Ae recommande de produire, dès cette première version de l'étude d'impact, une première analyse des risques accidentels liés au projet, en particulier des éléments structurants et déterminants du rapport préliminaire de sûreté et d'une description des incidences négatives notables du projet à court, moyen et long termes, qui résultent de la vulnérabilité du projet à des risques d'accidents ou de catastrophes majeurs. Une évaluation des impacts directs ou indirects de tels accidents et le cas échéant, leur cartographie pour différents scénarios devraient être présentées dans le dossier de DUP.

Le dossier a été complété sur ce plan, le document de maîtrise des risques a été joint au dossier d'enquête publique. Ce document comporte un résumé non technique. L'Andra précise que le document de maîtrise des risques est fourni « *pour information* ». Pour l'Ae ce document est partie intégrante de l'étude d'impact, les risques devant être estimés aussi dans le cadre de l'étude d'impact et l'analyse devant être cohérente avec les scénarios incidentels et accidentels.

» REPONSE DE L'ANDRA AU QUESTIONNEMENT DE L'AE

L'Andra prend acte de ce questionnement de l'AE et apporte les précisions suivantes.

L'Andra ne conteste pas que l'étude d'impact doit contenir une estimation des risques cohérente avec les scénarios incidentels et accidentels. L'étude d'impact du projet global Cigéo traite des risques notamment au sein du chapitre 11 du volume IV en cohérence avec l'analyse de risques présentée dans l'étude de maîtrise des risques.

La pièce 8 « Étude de maîtrise des risques » (36) du dossier d'autorisation de création de l'INB Cigéo est à ce titre accessible sur le site internet de l'Andra mais n'est pas appelée à figurer dans le dossier de demande d'autorisation environnementale, en vertu de la réglementation applicable aux demandes d'autorisations environnementales.

Toutefois, pour la bonne information et compréhension du public et afin de faciliter la lecture du dossier, l'Andra a estimé opportun d'annexer cette étude de maîtrise des risques portant sur l'INB Cigéo aux pièces réglementairement requises pour former la présente demande.

3.2. Maîtrise du risque sur le projet Cigéo

Recommandation 2021 : De façon consolidée pour ce qui concerne la méthode d'analyse des risques, l'Ae recommande :

- **de croiser des compétences et des expertises de natures et d'origines variées ;**
- **de construire la démarche de maîtrise des risques en partant de la sécurité du projet dans sa finalité, à savoir le stockage après fermeture, en incluant plusieurs scénarios plausibles et contrastés de définition du gisement de déchets devant être stockés, d'en analyser les avantages et inconvénients en termes de durée de vie, d'environnement et de sécurité et de justifier le parti retenu ;**
- **de se baser sur une double approche déterministe et probabiliste, à mettre en perspective de la durée de vie des installations, et d'en tirer les conclusions quant à la classification des situations de fonctionnement de faibles probabilités ;**
- **d'approfondir l'analyse du risque de ne pas pouvoir récupérer des colis.**

Le mémoire en réponse liste les compétences internes et externes sur lesquelles s'appuie l'Andra, souligne son rôle de mise en cohérence des diverses compétences pour fournir un dossier cohérent.

Le dossier comporte un chapitre listant les compétences de l'Andra[49] et la liste des sous-traitants ainsi que des volets de l'étude d'impact qu'ils ont eu à prendre en charge.

En ce qui concerne la démarche de maîtrise des risques, les hypothèses utilisées concernent la prolongation du parc, la relance de la production nucléaire et son abandon, ces points ont été abordés au 2.2.1 page 21 du présent avis.

L'Andra s'appuie sur la méthode déterministe qui est internationalement reconnue et conforme au guide de sûreté de l'ASN. Cette analyse est fondée sur la connaissance du comportement à long terme des composants du stockage, l'analyse quantitative des risques et incertitudes et la quantification de scénarios identifiés. L'Ae a rappelé à plusieurs reprises dans le présent avis le besoin de disposer d'une analyse probabiliste des risques d'intrusion dans le stockage à long terme après fermeture.

La récupération des colis est présentée par l'Andra comme une obligation réglementaire pour au moins un siècle. L'Andra rappelle que la phase Phipil a pour objectif de s'assurer de la récupérabilité des colis (cf. page 19). Le dossier de maîtrise des risques comporte un chapitre : « *Les dispositions prévues pour assurer le caractère réversible du stockage* » qui met en exergue et explicite les notions de progressivité, de flexibilité, d'adaptabilité et de récupérabilité.

Cette phase pilote comporte cependant, d'après l'IRSN, deux sources d'incertitude : les flexures[50] éventuelles de la roche hôte à l'emplacement du dépôt des colis HA et la méthode de creusement qui doit préserver l'intégrité de la roche à l'aplomb des zones de scellement. Les flexures affectant le couche callovo-oxfordienne pourraient être le signe d'une déformation des couches géologiques qui nécessiterait une adaptation de l'architecture de l'installation de stockage souterraine[51].

L'ASN a transmis à l'Ae une contribution fondée sur les travaux du groupe permanent d'experts sur les déchets dont elle assure le secrétariat. Ce groupe, à l'instar de l'IRSN, recommande d'approfondir la reconnaissance des structures observées sismiquement à l'aplomb du quartier de stockage et d'évaluer leur impact sur les galeries souterraines. Il recommande également de présenter la méthode de creusement qui doit minimiser l'endommagement des zones de scellement. Enfin, il demande la transmission du programme d'évaluation de la corrosion des chemisages en acier des alvéoles.

Recommandation 2021 : L'Ae recommande :

- **d'approfondir l'analyse des accidents pertinents pour les travaux et stockages souterrains de Cigéo, et en particulier analyser tous les incidents et accidents survenus au sein du laboratoire souterrain ;**

[49] Les données ne sont pas nominatives, l'Andra ayant été l'objet de nombreux actes de malveillance a souhaité protéger ainsi ses salariés.

[50] Pli de très faible courbure dû à une pression perpendiculaire au marqueur de la déformation. Source Wikipédia.

[51] Rapport IRSN 2024-00212. Demande d'autorisation de création du projet Cigéo : « GP1 » – évaluation des données de base retenues pour l'évaluation de sûreté.

- **de produire une tierce expertise de la modélisation de la dissipation du flux thermique issu des alvéoles HA, à l'échelle des alvéoles et de son environnement direct et de la couche dans son ensemble ;**
- **de reprendre les études du potentiel géothermique du sous-sol et d'organiser leur pilotage par un groupe de géologues indépendants ;**
- **d'inventorier les activités pouvant présenter des risques d'atteintes aux travaux et au stockage souterrain, dont celles de Cigéo, et si besoin, de définir des périmètres de protection autour de Cigéo où ces activités devront être réglementées ou interdites.**

Le mémoire en réponse comporte une analyse détaillée des accidents s'étant produits depuis la création du laboratoire souterrain. Les causes de ces accidents ont été analysées tant sur le plan technique qu'organisationnel. Les mesures de prévention de futurs accidents sont décrites. Le dossier de maîtrise des risques présente ce retour d'expérience et y ajoute l'analyse des accidents intervenus sur les stockages étrangers, le centre Stocamine, l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima-Daiichi et d'autres installations similaires.

L'accidentologie gagnerait à s'élargir à la large expérience du domaine minier international, malheureusement très riche en accidents de natures diverses et sur des contextes géologiques variés.

L'Ae recommande de ne pas limiter les travaux sur l'accidentologie aux seuls stockages souterrains et au laboratoire souterrain de l'Andra mais de les élargir à l'accidentologie minière internationale.

REPONSE DE L'ANDRA A LA RECOMMANDATION R24

L'Andra prend acte de la recommandation de l'Ae et apporte les précisons suivantes.

La démonstration de sûreté en exploitation se base notamment sur une analyse et la prise en compte du retour d'expérience en construction et en exploitation d'autres installations souterraines. Le chapitre 5.2 de l'Étude de maitrise des risques présente à titre d'exemple les retours d'expérience sur les installations souterraines autres que des stockages géologiques.

L'Andra a par ailleurs signé des accords de partenariat avec de grands maîtres d'ouvrage d'infrastructures souterraines, la Société du Grand Paris (SGP) le Tunnel Euralpin Lyon-Turin (TELT) et la Société française du tunnel routier de Fréjus (SFTRF) afin d'intégrer leur retour d'expérience sur de nombreux plans dont la sécurité.

De plus, le conseil d'administration de l'Andra s'appuie sur différents comités qui, par leurs avis et leurs délibérations, éclairent ses choix et ses décisions. Il s'agit en particulier du comité industriel et/ou surtout du comité technique souterrain. Leurs membres sont choisis pour leurs compétences et expériences dans des domaines industriels intéressant l'Andra en particulier ceux des mines et tunnels en vue de la construction à venir de l'INB Cigéo puis son fonctionnement. Le retour d'expérience notamment minier à l'étranger, incluant l'aspect sécurité, peut ainsi être considéré lors des instructions du comité industriel et/ou surtout du comité technique souterrain. Ce dernier est en effet composé d'experts, français et internationaux, indépendants de l'Agence, en particulier des domaines du génie minier. Le comité technique souterrain a pour missions d'évaluer/orienter le déroulement des études de conception des ouvrages souterrains, d'aider/orienter vers les choix de conception, de réalisation et de fonctionnement pertinents, notamment sur les plans technico-économique, opérationnel et de sécurité, et enfin contribuer à l'analyse des rapports.

L'Andra liste une série de groupes et programmes de recherche en partenariat avec des organismes de recherche publique français (CNRS, IRSN) et étrangers ayant permis d'ouvrir les investigations sur les caractéristiques thermiques de la roche. Des tierces expertises ont également été réalisées à la demande de parties prenantes. Ces travaux ont permis de valider le choix du transfert de chaleur par conduction autour des alvéoles qui est, d'après le dossier, retenu par l'ensemble des scientifiques travaillant sur ce sujet à l'échelle internationale. Le dimensionnement est conçu pour limiter la température à 100°C, les alvéoles étant séparées de 100 m afin d'éviter les interactions thermiques. Le dossier souligne que tous les résultats scientifiques sont publiés et disponibles en ligne sur le site de l'Andra. L'ASN a souligné, à l'occasion de l'analyse du dossier d'options de sûreté que l'Andra avait acquis des connaissances détaillées du site et des phénomènes en jeu.

L'Ae considère que la maitrise des phénomènes thermiques dans le stockage est fondamentale pour la sûreté du site. Pour la bonne information du public, la démonstration de cette maitrise devra être apportée par le dossier.

L'Andra a réalisé une étude du potentiel géothermique du sous-sol et une tierce expertise de cette étude. La conclusion est que les ressources géothermiques ne sont pas exceptionnelles et ne présentent pas d'intérêt particulier par rapport au reste du bassin parisien. Cette analyse est partagée par l'IRSN. L'Ae souligne que la recherche de chaleur, ou de froid, dans le sous-sol pour des besoins énergétiques, notamment l'installation de pompes à chaleur géothermiques, ne nécessite pas la présence de ressources exceptionnelles. Le fait que d'autres ressources plus intéressantes soient

présentes dans le bassin parisien renforce par ailleurs l'intérêt de prendre toutes les mesures pour dissuader l'implantation humaine à l'endroit du site de stockage. Ces questions sont abordées au 2.2 du présent avis.

4. Annexe : tableau comparatif des options de stockage des déchets radioactifs

	Stockage géologique Création du projet de centre de stockage Cigéo	Transmutation Création d'un parc de réacteurs et de ses installations supports	Forages très profonds Création de forages sur les centres nucléaires existants	Entreposage de longue durée Création d'un entreposage centralisé enterré
Capacité à prendre en charge tous les déchets HA de l'inventaire actuel	stocke tous les déchets HA de l'inventaire actuel	transmute uniquement certains radionucléides/ne supprime pas tous les radionucléides à vie longue/n'est pas envisageable pour les déchets HA de l'inventaire actuel	stocke tous les déchets HA de l'inventaire actuel	prend en charge tous les déchets tous les déchets HA de l'inventaire actuel de façon temporaire
Capacité à prendre en charge tous les déchets MA-VL de l'inventaire actuel	stocke tous les déchets MA-VL de l'inventaire actuel	ne transmute pas les déchets MA-VL ; nécessite de créer un centre de stockage géologique pour les déchets MA-VL de l'inventaire actuel.	stocke les colis de déchets MA-VL peu volumineux ; nécessite de créer un centre de stockage géologique pour les déchets MA-VL volumineux de l'inventaire actuel.	prend en charge tous les déchets tous les déchets MA-VL de l'inventaire actuel de façon temporaire
Commentaire de l'Ae			Le reconditionnement des déchets MA-VL serait une solution à envisager	
Production de déchets radioactifs pendant leur propre fonctionnement et démantèlement	produit très peu de nouveaux déchets radioactifs	produit des quantités importantes de nouveaux déchets (nouveaux combustibles irradiés, déchets HA et MA-VL...)	produit très peu de nouveaux déchets radioactifs	produit très peu de nouveaux déchets radioactifs
Nécessité d'une filière suivante de gestion de déchets HA et MA-VL	ne nécessite pas de filière suivante de gestion des déchets	nécessite une filière suivante de gestion des déchets HA et MA-VL produits par le nouveau parc de transmutation et ses installations supports	ne nécessite pas de filière suivante de gestion des déchets	ne peut pas gérer les déchets de façon durable ; nécessite une filière suivante de gestion des déchets HA et MA- VL de l'inventaire actuel à l'issue de l'entreposage.
Faisabilité technique par notre génération	faisabilité technique acquise	faisabilité technique non acquise	faisabilité non acquise	faisabilité technique accessible ; faisabilité de la filière suivante non acquise.
Commentaire de l'Ae			La R&D pourrait explorer le forage profond comme filière suivant l'entreposage	
Nombre d'installations nucléaires nouvelles à créer	une seule installation nucléaire à créer : le centre de stockage géologique lui-même	nombre élevé d'installations nucléaires à créer pour la transmutation/pour la gestion des déchets non transmutés de l'inventaire actuel/pour la filière suivante de gestion des nouveaux déchets de transmutation	deux installations nucléaires de stockage en forages et une installation de stockage géologique à créer	une installation nucléaire d'entreposage centralisé et toutes les installations nucléaires de la filière suivante à créer (en nombre plus ou moins élevé en fonction de la filière - stockage géologique, transmutation, forages...)
Commentaire de l'Ae			Sauf reconditionnement des colis MA-VL	Utilisation de sites d'INB existantes
Progressivité de la construction, flexibilité et adaptabilité	développement progressif, flexible et adaptable du centre de stockage	développement progressif, flexible et adaptable des installations pour la transmutation (sous réserve de sa faisabilité technique)	développement progressif, flexible et adaptable des forages très profonds (sous réserve de sa faisabilité technique)	développement progressif, flexible et adaptable de l'entreposage centralisé
Commentaire de l'Ae	Sous réserve d'absence d'incident compromettant la réversibilité			

	Stockage géologique Création du projet de centre de stockage Cigéo	Transmutation Création d'un parc de réacteurs et de ses installations supports	Forages très profonds Création de forages sur les centres nucléaires existants	Entreposage de longue durée Création d'un entreposage centralisé enterré
Récupérabilité des colis	installation réversible, conçue pour que les colis puissent en être retirés pendant toute la durée de son fonctionnement	sans objet pour les réacteurs et pour les installations supports	retrait rapidement inenvisageable des colis stockés	installation conçue pour garder les colis de façon temporaire, les colis peuvent en être retirés pendant toute la durée de son fonctionnement
Commentaire de l'Ae				Classement à reconsidérer
Incidence environnementale brute de la construction	incidence brute forte (la mise en place des mesures ERC aboutit à une incidence non significative)	incidence brute très forte pour la construction du nouveau parc de réacteurs de transmutation, des installations supports et des installations de gestion des déchets non transmutés de l'inventaire actuel	induit une incidence brute modérée pour la construction des forages sur les sites nucléarisés et du stockage géologique des colis MA-VL volumineux de l'inventaire actuel	induit une incidence brute forte pour la construction de l'entreposage centralisé, comparable à celui du centre de stockage Cigéo
Incidence environnementale brute du fonctionnement et du démantèlement	incidence brute modérée pour le fonctionnement, le démantèlement et la fermeture du centre de stockage géologique	incidence brute forte pour le fonctionnement et le démantèlement du parc de réacteurs de transmutation et des installations supports ; incidence brute modérée pour le fonctionnement des installations de gestion des déchets non transmutés de l'inventaire actuel.	induit une incidence brute modérée pour le fonctionnement, le démantèlement et la fermeture des forages très profonds et du centre de stockage géologique des colis MA- VL volumineux de l'inventaire actuel	incidence brute modérée pendant le fonctionnement et pour le démantèlement de l'entreposage de longue durée
Incidence environnementale brute à long terme	incidence brute non significative à long terme	incidences brutes potentiellement fortes pour la construction, le fonctionnement et le démantèlement de la filière suivante	incidence brute non significative à long terme	incidences brutes potentiellement fortes pour la construction, le fonctionnement et le démantèlement de la filière suivante
Commentaire de l'Ae	Risque de contact avec les générations futures	Risque de contact avec les générations futures		Risque de contact avec les générations futures
Incidence sur les transports de colis de déchets radioactifs	transports des colis de déchets depuis leurs entreposages actuels vers le centre de stockage géologique	très nombreux transports entre les entreposages actuels, les futures usines de séparation, les nouveaux réacteurs de transmutation et les installations de la filière suivante	nombre réduit de transports sur la voie publique (si les forages profonds sont implantés sur les sites nucléaires d'entreposage des déchets HA)	transports des colis de déchets depuis leurs entreposages actuels vers l'entreposage centralisé transports des colis de déchets vers la filière suivante
Incidence sur la santé humaine et l'environnement en cas d'accident pendant le fonctionnement	incidence potentielle faible sur la santé et le territoire en cas d'accident	incidence potentielle forte sur la santé et le territoire en cas d'accident affectant un réacteur de transmutation	incidence potentielle faible sur la santé et le territoire en cas d'accident	incidence potentielle forte sur la santé et le territoire en cas d'accident
Risques à long terme	risque très faible sur la santé et le territoire en raison de la sûreté passive après fermeture	dépend de la mise en œuvre de la filière suivante/Risques importants en cas de non mise en œuvre de la filière suivante et de perte du contrôle institutionnel (non garanti au-delà de plusieurs siècles)	risque très faible sur la santé et le territoire en raison de la sûreté passive après fermeture	dépend de la mise en œuvre de la filière suivante/Risques importants en cas de non mise en œuvre de la filière suivante et de perte du contrôle institutionnel (non garanti au-delà de plusieurs siècles))
Commentaire de l'Ae	Les mesures ERC ne garantissent pas l'absence de contact futur	Risque de contact avec les générations futures		Risque de contact avec les générations futures

Code couleur :	Non significatif/très favorable	Modéré/favorable	Fort/défavorable	Très fort/très défavorable

Tableau 3 : comparaison, d'après le dossier des différentes options de gestion des déchets. Le code couleur est celui du dossier, l'Ae a ajouté des lignes identifiées par un en-tête vert foncé où elle commente les propositions de l'étude d'impact et propose un classement alternatif.

TABLES DES ILLUSTRATIONS

Figures

Figure 1-1	Schéma d'organisation de principe du centre de stockage Cigéo	9
Figure 1-2	Localisation des installations du centre de stockage Cigéo	9
Figure 1-3	Projet global Cigéo et périmètre de son étude d'impact	9

Tableaux

Tableau 1-1	Correspondance entre l'avis de l'Ae et le mémoire en réponse de l'Andra	7
Tableau 2-1	Surfaces des conversions d'écosystèmes engendrées par les sites de compensation	40

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1 L'Autorité environnementale. Ministère du Partenariat avec les territoires et de la Décentralisation; Ministère de la Transition Écologique, de l'Énergie, du Climat et de la Prévention des risques; Ministère du Logement et de la Rénovation urbaine (2022). Consulté le 25/09/2024. Disponible à l'adresse : https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/lautorite-environnementale.

2 Avis délibéré de l'Autorité environnementale sur le centre de stockage Cigéo (52-55), actualisation de l'avis n° 2020-79. Autorité environnementale (2024). N°2024-40. 53 p. Disponible à l'adresse : https://www.igedd.developpement-durable.gouv.fr/autorite-environnementale-les-avis-deliberes-2024-a3916.html#H_Seance-du-27-juin-2024.

3 Dossier d'enquête publique unique - Tranche de travaux DR0. Pièce EPU4 - Avis émis sur le projet et réponses de l'Andra. Andra (2024). Document N°CG-01-D-NTE-AMOA-CM1-0100-23-0001.

4 Avis délibéré de l'Autorité environnementale sur le centre de stockage Cigéo (52-55). Autorité environnementale (2021). N°2020-79. 56 p. Disponible à l'adresse : https://www.igedd.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/210113_cigeo_52_55_delibere_cle26329f.pdf.

5 Lettre CODEP-DRC-2023-030596 du 7 janvier 2023 relative à l'examen du dossier de demande d'autorisation de création du projet Cigéo - Saisine n° SAISI-DRC-2023-0093. Autorité de sûreté nucléaire (ASN) (2023). N°CODEP-DRC-2023-030596. 10 p. Disponible à l'adresse : https://www.asn.fr/content/download/190534/file/Saisine%20du%207%20juin%202023%20-%20Examen%20du%20dossier%20de%20demande%20d%E2%80%99autorisation%20de%20cr%C3%A9ation%20du%20projet%20Cig%C3%A9o.pdf.

6 Demande d'autorisation de création du projet Cigéo « GP1 » - Évaluation des données de base retenue pour l'évaluation de sûreté. Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) (2024). N°2024-00212. 170 p.

7 Convention sur l'évaluation de l'impact sur l'environnement dans un contexte transfrontière. Nations Unies (1991). 25 p. Disponible à l'adresse : https://unece.org/DAM/env/eia/documents/legaltexts/Espoo_Convention_authentic_FRE.pdf.

8 Dossier de demande d'autorisation environnementale et d'urbanisme - Tranche de travaux DR0. Pièce DAE6 - Étude d'impact du projet global Cigéo. Andra (2024). Document N°CG-01-D-EDM-AMOA-ESE-0100-23-0006.

9 Dossier d'enquête publique unique - Tranche de travaux DR0. Pièce EPU6 - Glossaire et acronymes. Andra (2024). Document N°CG-01-D-LST-AMOA-CM1-0100-23-0003.

10 Directive du conseil du 27 juin 1985 concernant l'évaluation des incidences de certains projets publics et privés sur l'environnement (85/337/CEE). Conseil des Communautés européennes (1985). Journal officiel des Communautés européennes (JOCO). Vol. L175.

11 Directive 2011/92/UE du Parlement européen et du Conseil du 13 décembre 2011 concernant l'évaluation des incidences de certains projets publics et privés sur l'environnement. Parlement européen; Conseil de l'Union européenne (2012). Journal officiel de l'Union européenne.

12 Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo. Pièce 19 - Version préliminaire des spécifications d'acceptation des colis. Andra (2022). Document N°CG-TE-D-SPE-AMOA-SR0-0000-19-0040.

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 (JORF). Vol. 12, N°DEVP1202101A.

14 The Safety Case and Safety Assessment for the Disposal of Radioactive Waste. International Atomic Energy Agency (IAEA) (2012). N°SSG-23. 140 p. Disponible à l'adresse : https://www.iaea.org/publications/8790/the-safety-case-and-safety-assessment-for-the-disposal-of-radioactive-waste.

15 Guide de sûreté relatif au stockage définitif des déchets radioactifs en formation géologique profonde (guide de l'ASN). Autorité de sûreté nucléaire (ASN) (2008). N°1. 32 p. Disponible à l'adresse : https://www.asn.fr/content/download/50883/352509?version=2.

16 Disposal of radioactive waste: Specific safety requirements. International Atomic Energy Agency (IAEA) (2011). N°SSR-5. 62 p.

17 Geological Disposal Facilities for Radioactive Waste. International Atomic Energy Agency (IAEA) (2011). N°SSG-14. 124 p. Disponible à l'adresse : https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1483_web.pdf.

18 ICRP Publication 122: Radiological Protection in Geological Disposal of Long-lived Solid Radioactive Waste. Annals of the International commission on radiological protection (ICRP) (2013). Weiss, W.,Larsson, C.M.,McKenney, C.,Minon, J.P.,Mobbs, S.,Schneider, T.,Umeki, H.,Hilden, W.,Pescatore, C.,Vesterlind, M. Vol. 42, N°3, 61 p.

19 Dixon, D.,Priyanto, D.G.,Korkeakoski, P.,Farhoud, R. 115 - The Enhanced Sealing Project (ESP): 2009-2016: Monitoring of Full-Scale Shaft Seal Installed in Granitic Rock (2017). Clay conference 2017, the 7th internation conference on clays in natural and engineered barriers for radioactive waste confinement, Davos, 24-27 September 2017 - Book of abstracts.

20 Un centre pour plus d'un siècle. Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra) (2024). Consulté le 27/09/2024. Disponible à l'adresse : https://www.andra.fr/cigeo/un-centre-pour-plus-dun-siecle#section-963%20.

21 Conserver et transmettre la mémoire. Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra) (2024). Consulté le 25/09/2024. Disponible à l'adresse : https://www.andra.fr/nos-expertises/conserver-et-transmettre-la-memoire.

22 Conférence de citoyens sur la phase industrielle pilote de Cigéo - Avis citoyen. Andra (2021). Document N°DDP/DICOM/21-0066. Disponible à l'adresse : https://concertation.andra.fr/media/default/0001/01/177940586d15900911ec3cf5deb046ab60c369cb.pdf.

23 Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo. Pièce 16 - Plan directeur de l'exploitation. Andra (2022). Document N°CG-TE-D-NTE-AMOA-SDR-0000-19-0001.

24 Dossier d'options de sûreté - Partie après fermeture (DOS-AF). Andra (2016). Document N°CGTEDNTEAMOASR20000150062. Disponible à l'adresse : https://www.andra.fr/sites/default/files/2018-04/dossier-options-surete-apres-fermeture_0.pdf.

25 HIDRA - The International Project on Inadvertant Human Intrusion in the context of Disposal of Radioactive Waste. International Atomic Energy Agency (IAEA) (2017). 144 p. Disponible à l'adresse : https://www-ns.iaea.org/downloads/rw/projects/hidra/hidra-draft-report.pdf.

26 Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs (PNGMDR) 2022-2026 - Version projet. Ministère de la Transition Écologique (2022). 100 p. Disponible à l'adresse : https://www.consultations-publiques.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/projet_de_pngmdr.pdf.

27 Caractérisation des déchets - Essai statique pour la détermination du potentiel de génération d'acide et du potentiel de neutralisation des déchets sulfurés. Association française de normalisation (AFNOR) (2011), NF EN 15875.

28 Caractérisation des déchets - Lixiviation - Essai de conformité pour lixiviation des déchets fragmentés et des boues - Partie 2 : essai en bâchée unique avec un rapport liquide-solide de 10 l/kg et une granularité inférieure à 4 mm (sans ou avec réduction de la granularité). Association française de normalisation (AFNOR) (2002), NF EN 12457-2.

29 Arrêté du 12 décembre 2014 relatif aux conditions d'admission des déchets inertes dans les installations relevant des rubriques 2515, 2516, 2517 et dans les installations de stockage de déchets inertes relevant de la rubrique 2760 de la nomenclature des installations classées. Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (2014). Journal officiel de la République française (JORF). Vol. 11, N°DEVP1412523A.

30 Projet de centre de stockage en couche géologique profonde Cigéo. Autorité de sûreté nucléaire (ASN) (2024). Consulté le 27/09/2024. Disponible à l'adresse : https://www.asn.fr/espace-professionnels/installations-nucleaires/projet-de-centre-de-stockage-en-couche-geologique-profonde-cigeo#aujourd-hui-instruction-de-la-dac.

31 Panorama international des recherches sur les alternatives au stockage géologique des déchets de haute et moyenne activité à vie longue - Rapport établi en réponse à une saisine de la Commission nationale du débat public. Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) (2019). N°2019-00318. 56 p. Disponible à l'adresse : https://www.irsn.fr/rapport-dexpertise/panorama-international-recherches-sur-alternatives-stockage-geologique-dechets.

32 Synthèse de l'évaluation socioéconomique du projet Cigéo. Andra (2021). Document N°DDP/DICOM/21-0022. Disponible à l'adresse : https://www.andra.fr/sites/default/files/2021-03/Andra-Note_synthese_ESE.pdf.

33 Avis du SGPI n° 2021-71 - Procédure : contre-expertise du dossier d'évaluation socio-économique du projet global Cigéo. Secrétariat général pour l'investissement (SGPI); Premier ministre (2021). 11 p. Disponible à l'adresse : https://www.andra.fr/sites/default/files/2021-03/Avis_Cig%C3%A9o_SGPI.pdf.

34 Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo. Inventaire de référence retenu pour la conception et la démonstration de sûreté de l'INB Cigéo au stade des études d'avant-projet. Andra (2022). Document N°CG-TE-D-NTE-AMOA-CS0-0000-20-0002.

35 Dossier d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo. Inventaire de réserve de l'INB Cigéo. Andra (2022). Document N°CG-TE-D-NTE-AMOA-ESE-0000-19-0329.

36 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.

37 Stratégie française pour l'énergie et le climat- Programmation pluriannuelle de l'énergie 2019-2023 2024-2028. Ministère de la Transition Écologique et Solidaire (2020). 400 p. Disponible à l'adresse : https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/20200422%20Programmation%20pluriannuelle%20de%20l%27e%CC%81nergie.pdf.

38 Dossier 2005 Argile. Évaluation de la faisabilité du stockage géologique en formation argileuse. Andra (2005). Document N°CRPADP040002. Disponible à l'adresse : https://www.andra.fr/sites/default/files/2017-12/266.pdf.

39 Le Schéma Régional des Carrières (SRC). Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Grand Est (DREAL); Préfet de la région Grand Est (2023). Consulté le 25/09/2024. Disponible à l'adresse : https://www.grand-est.developpement-durable.gouv.fr/le-schema-regional-des-carrieres-src-a21768.html#participation.

40 Le schéma régional des carrières Grand Est - Notice - Avant projet n° 2. Préfet de la région Grand Est; Ecovia (2024). 24 p. Disponible à l'adresse : https://www.grand-est.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/notice_-_avant-projet_no2_-_juillet_2024.pdf.

41 Schéma régional des carrières du Grand Est - Tome 3 - Prospective des besoins et scenarii d'approvisionnement - Avant-projet n° 2. Préfet de la région Grand Est; Ecovia (2024). 109 p. Disponible à l'adresse : https://www.grand-est.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/tome_3_-_avant-projet_no2.pdf.

42 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). 417 p.

43 Lignes directrices relatives au bruit dans l'environnement dans la région européenne - Résumé d'orientation. Organisation mondiale de la santé (OMS); Bureau Régional de l'Europe (2018). 8 p. Disponible à l'adresse : https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/343937/WHO-EURO-2018-3287-43046-60258-fre.pdf?sequence=2&isAllowed=y.

44 Décret n° 2021-1763 du 23 décembre 2021 portant modification des concentrations moyennes en poussières totales et alvéolaires dans les locaux à pollution spécifique. Ministère du Travail, de l'Emploi et de l'Insertion (2021). Journal officiel de la République française (JORF). Vol. 34, N°MTRT2133610D.

45 Arrêté du 29 mai 2009 relatif aux transports de marchandises dangereuses par voies terrestres (dit "arrêté TMD"). Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire; Ministère de l'Économie, de l'Industrie et de l'Emploi (2009). Journal officiel de la République française (JORF). Vol. 11, N°DEVP0911622A.

46 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.

47 Savoir et comprendre. Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) (2024). Consulté le 27/09/2024. Disponible à l'adresse : https://www.irsn.fr/savoir-comprendre/surete/transport-matieres-radioactives.

48 Avis d'incident pour des transports liés aux installations nucléaires. Autorité de sûreté nucléaire (ASN) (2024). Consulté le 27/09/2024. Disponible à l'adresse : https://www.asn.fr/l-asn-controle/actualites-du-controle/transport-de-substances-radioactives/avis-d-incident-pour-des-transports-lies-aux-installations-nucleaires.

49 Avis délibéré de l'Autorité environnementale sur le centre de stockage Cigéo (52-55). Autorité environnementale (2021). N°2020-79. 56 p. Disponible à l'adresse : https://www.igedd.developpement-durable.gouv.fr/autorite-environnementale-les-avis-deliberes-2024-a3916.html#H_Seance-du-13-juin-2024.

50 Loi n° 2014-1170 du 13 octobre 2014 d'avenir pour l'agriculture, l'alimentation et la forêt (Version consolidée). Assemblée nationale; Sénat (2024). Journal officiel de la République française (JORF), N°AGRX1324417L, pp.8–87.

51 Dossier départemental des risques majeurs (DDRM). Département de la Meuse (2019). 136 p. Disponible à l'adresse : http://webissimo-ide.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/1_ddrm_signe_cle721125.pdf.

52 Dossier départemental des risques majeurs (DDRM). Département de la Haute-Marne (2017). 108 p. Disponible à l'adresse : https://www.haute-marne.gouv.fr/content/download/10117/73020/file/DDRM%202017_signe.pdf.

53 Programme régional de la forêt et du bois de la région Grand Est 2018-2027. Préfet de la région Grand Est; Région Grand Est; Fibois Grand Est (2021). 201 p. Disponible à l'adresse : https://draaf.grand-est.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/2019_10_30_PRFB_Grand_Est_vF1_cle8b9f81.pdf.

54 Arrêté préfectoral n° 23 modifiant l'arrêté du 15 janvier 2021 portant fixation des listes d'espèces et de matériels forestiers de reproduction éligibles aux aides de l'État sous forme de subventions ou d'aides fiscales pour le boisement, le reboisement et les boisements compensateurs après défrichement (version consolidée 2023). Préfet de la région Grand Est; Direction régionale de l'alimentation et de l'agriculture et de la foret (DRAAF) (2023).

55 Natura 2000 - Formulaire standard de données FR4100247 - Carrières du Perthois : gîtes à chauves-souris. Museum national d'histoire naturelle (2008). 8 p. Disponible à l'adresse : https://inpn.mnhn.fr/docs/natura2000/fsdpdf/FR4100247.pdf.

56 Dossier d'enquête publique préalable à la déclaration d'utilité publique du centre de stockage Cigéo. Pièce 8 - Avis émis sur le projet de centre de stockage Cigéo. Andra (2020). Document N°CG-TE-D-RAP-AMOA-TR0-0000-19-0005.

57 Dossier d'enquête publique préalable à la déclaration d'utilité publique du centre de stockage Cigéo. Pièce 13 - Évaluation économique et sociale des infrastructures de transport du projet global Cigéo. Andra (2020). Document N°CG-TE-D-RAP-AMOA-EEE-0000-19-0081.

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

© Andra • Février 2025 • Création graphique: Agence Les Récréateurs • Mise à jour: www.kazoar.fr • Crédits photos: Andra