



Autorité environnementale

<http://www.cgedd.developpement-durable.gouv.fr/l-autorite-environnementale-r145.html>

Avis délibéré de l'Autorité environnementale sur le centre de stockage Cigéo (52-55)

n°Ae : 2020-79

Avis délibéré n° 2020-79 adopté lors de la séance du 13 janvier 2021

Préambule relatif à l'élaboration de l'avis

L'Ae¹ s'est réunie le 13 janvier 2021 en visioconférence. L'ordre du jour comportait, notamment, l'avis sur le centre de stockage Cigéo (52-55).

Ont délibéré collégalement : Sylvie Banoun, Nathalie Bertrand, Barbara Bour-Desprez, Marc Clément, Pascal Douard, Christian Dubost, Sophie Fonquernie, Louis Hubert, Christine Jean, Philippe Ledenvic, François Letourneux, Serge Muller, Thérèse Perrin, 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 : Annie Viu

* *

L'Ae a été saisie pour avis par le directeur général de l'énergie et du climat, l'ensemble des pièces constitutives du dossier ayant été reçues le 16 octobre 2020.

Cette saisine étant conforme aux dispositions de l'article R. 122-6 du code de l'environnement relatif à l'Ae 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 doit être fourni dans un délai de trois mois.

Conformément aux dispositions de ce même article, l'Ae a consulté par courriers en date du 18 novembre 2020 :

- le préfet de département de la Haute-Marne, qui a transmis une contribution en date du 24 décembre 2020,
- le préfet de département de la Meuse, qui a transmis une contribution en date du 23 décembre 2020,
- la directrice générale de l'Agence régionale de santé (ARS) de la région Grand-Est, qui a transmis une contribution en date du 11 janvier 2021.

En outre, sur proposition des rapporteurs, l'Ae a consulté par courrier en date du 18 novembre 2020 :

- la préfète de la région Grand-Est, qui a transmis une contribution en date du 11 janvier 2021 et la direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement de la région Grand-Est qui a transmis une contribution en date du 15 décembre 2020,
- le président de l'autorité de sûreté nucléaire, qui a transmis une contribution en date du 14 décembre 2020,
- le directeur général de l'institut de radioprotection et de sûreté nucléaire, qui a transmis une contribution en date du 8 janvier 2021.

Sur le rapport de Alby Schmitt et Éric Vindimian, 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. 122-1-1 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. 122-13 du code de l'environnement).

Conformément à l'article L. 122-1 V 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 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.

¹ Formation d'autorité environnementale du Conseil général de l'environnement et du développement durable (CGEDD).

Synthèse de l'avis

Le dossier de déclaration d'utilité publique du projet de stockage souterrain de déchets nucléaires Cigéo, présenté par l'Agence nationale des déchets radioactifs, fait l'objet d'une évaluation environnementale sur un périmètre qui inclut, conformément aux dispositions du code de l'environnement, les opérations de différents maîtres d'ouvrage. Il s'agit d'un dossier d'une ampleur peu commune dont l'étude d'impact est déjà très importante. Cette première étude a vocation à être actualisée au fur et à mesure des demandes d'autorisation nécessaires à la réalisation du projet, notamment au moment de la création effective du centre.

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

- la sécurité, après fermeture du site de stockage, pour une période 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 de 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.

Cet avis présente une première analyse de la prise en compte de l'environnement par le projet, en complément des nombreux expertises et avis fournis par d'autres organismes (ASN, IRSN notamment). Au stade d'une demande de déclaration d'utilité publique, l'Ae aborde principalement les enjeux environnementaux de court et moyen termes et évoque les questions à se poser par précaution pour le long terme. L'analyse des risques et des impacts, à long et très long termes, a vocation à être complétée et affinée à l'occasion des actualisations successives de l'étude d'impact, et particulièrement pour la demande d'autorisation de création de l'installation de stockage.

L'évaluation environnementale est très détaillée et prend soin d'explicitier de façon didactique les questions techniques abordées.

L'examen des solutions de substitution s'est appuyé sur une connaissance encore imparfaite de l'état initial, ce qui suggère que la prise en compte des enjeux environnementaux pourrait être meilleure. De façon générale, tant pour ce qui concerne le traitement des déchets, le type de stockage, le choix de la couche d'argilite, l'implantation exacte des installations du projet que pour l'avenir du territoire qui le porte, la prise en compte des enjeux environnementaux n'apparaît pas toujours suffisante. En particulier, les perspectives de développement économique et démographique territorial reposent sur une vision de court terme et n'envisagent pas suffisamment d'options pour maîtriser la vulnérabilité du territoire à long terme.

Le dossier ne présente pas de rapport de sécurité. Il est nécessaire de se référer à d'autres études et dossiers pour avoir une vision de la maîtrise des risques sur le site. L'enjeu majeur de sécurité justifierait pourtant la production d'une étude formalisée dans le contexte d'une demande d'utilité publique. L'étude d'impact n'aborde pas les situations accidentelles ou ne le fait que ponctuellement pour ce qui concerne les eaux ; l'Ae recommande de la compléter sur ce point.

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. D'autres incertitudes quant aux incidences sur les sites Natura 2000 et aux impacts sur les milieux aquatiques doivent également être levées.

L'ensemble des observations et recommandations de l'Ae est présenté dans l'avis détaillé.

Sommaire

1	Contexte, présentation du projet et enjeux environnementaux	5
1.1	Contexte et périmètre du projet	5
1.2	Présentation du projet et des aménagements projetés	8
1.2.1	La zone descendrière	9
1.2.2	La zone puits	9
1.2.3	Les installations souterraines	10
1.2.4	Liaison inter-sites.....	11
1.2.5	Installation ferroviaire terminale embranchée (ITE) et plateforme logistique ferroviaire...	11
1.2.6	Ligne électrique à 400 kV	11
1.2.7	Enchaînement des opérations	11
1.2.8	Coût du projet	13
1.3	Procédures relatives au projet.....	13
1.4	Principaux enjeux environnementaux du projet relevés par l'Ae	14
2	Analyse de l'étude d'impact	14
2.1	État initial	14
2.1.1	Milieux naturels et physique	14
2.1.2	Milieu humain.....	25
2.2	Analyse de la recherche de variantes et du choix du parti retenu	27
2.2.1	Opportunité d'engager dès à présent le projet Cigéo	28
2.2.2	Choix du mode de gestion des déchets	28
2.2.3	Les différents types de stockage profond	29
2.2.4	Les couches géologiques utilisables	29
2.2.5	Nature et choix des déchets à entreposer.....	30
2.2.6	Choix d'implantation des installations.....	31
2.2.7	Les options de développement du territoire	32
2.3	Analyse des incidences du projet et des mesures d'évitement, de réduction et de compensation.....	33
2.3.1	Milieux naturels et physique.....	33
2.3.2	Milieu humain.....	44
2.4	Évaluation des incidences Natura 2000.....	47
2.5	Évaluation économique et sociale des infrastructures de transport.....	48
2.6	Suivi du projet, de ses incidences, des mesures et de leurs effets	49
2.7	Résumé non technique	49
3	Maîtrise des risques majeurs	50
3.1	Traitement de l'évaluation et de la maîtrise des risques dans le dossier de DUP.....	50
3.2	Maîtrise du risque sur le projet Cigéo	51
4	Mise en compatibilité des documents de planification.....	55

Avis détaillé

Le projet Cigéo a pour objectif le stockage² souterrain des déchets nucléaires de haute activité (HA) et de moyenne activité à vie longue (MA-VL) produits par les activités nucléaires en France. Il Le dossier est volumineux et complexe. L'Ae souligne l'effort de didactisme de l'Agence nationale des déchets radioactifs (Andra), maître d'ouvrage principal du projet. Le présent avis reflète une situation à un moment encore préliminaire de l'avancement du projet.

1 Contexte, présentation du projet et enjeux environnementaux

1.1 Contexte et périmètre du projet

Cigéo est un projet porté par l'Andra, chargée de la gestion des centres de stockage de ce type de déchets par l'[article L. 542-12 du code de l'environnement](#). Les différentes catégories de déchets nucléaires couverts par le plan national de gestion des matières et déchets radioactifs (PNGMDR) sont représentées sur la figure 1.



Figure 1 : Typologie et devenir des déchets nucléaires adoptée en France. Source : dossier.

La loi, et sa déclinaison dans le PNGMDR, a décidé que le stockage géologique profond est la solution incontournable de gestion définitive des déchets HA et MA-VL. Les déchets à stocker dans ce cadre sont les déchets HA et MA-VL recensés dans les inventaires définis dans le code de l'environnement :

- l'inventaire de « référence » comprend environ 10 000 m³ de déchets conditionnés HA et 73 000 m³ de déchets conditionnés MA-VL. Il correspond à un scénario de poursuite de la production électronucléaire avec une durée de fonctionnement des installations existantes de

² Le stockage ne doit pas être confondu avec l'entreposage qui consiste à conserver les déchets radioactifs sur des sites sécurisés, ce qui permet notamment d'attendre que leur radioactivité décroisse naturellement. Un stockage diffère d'un entreposage par sa nature potentiellement pérenne.

50 années et de retraitement de la totalité des combustibles usés produits. Les déchets provenant des installations en cours de construction, notamment l'EPR de Flamanville, le réacteur Jules Horowitz³ et l'installation Iter⁴, sont également pris en compte. Les déchets produits par un éventuel futur parc de centrales nucléaires nouvelles ne sont pas pris en compte, ni les déchets de démantèlement des installations de retraitement de combustibles actuels ;

- l'« inventaire de réserve » vise à permettre la prise en compte d'évolutions de stratégie des industriels ou de politique énergétique, ainsi que les incertitudes liées notamment à la mise en place de nouvelles filières de gestion des déchets. Les déchets destinés au stockage FA-VL n'y sont inclus qu'au titre de la gestion des incertitudes et resteraient préférentiellement destinés à la filière FA-VL, stockés à faible profondeur, toujours à l'étude et sans site identifié.

Conformément à l'[article D. 542-90 du code de l'environnement](#), Cigéo retient l'inventaire de référence comme base de conception. Les déchets qui devront réellement être stockés à Cigéo ne seront connus avec précision qu'au fur et à mesure de leur production, ainsi que de la mise en place des filières de gestion adaptées aux déchets autres que HA-VQ et VL et MA-VL. Pour en tenir compte, l'ensemble des substances figurant dans l'inventaire de réserve doivent pouvoir être accueillies si besoin dans le centre de stockage, sous réserve le cas échéant d'évolutions dans sa conception. À cet égard, l'Andra mène des études d'adaptabilité de Cigéo à l'ensemble de ces déchets. Ces études seront présentées dans le dossier de demande d'autorisation de création. Elles ne sont pas dans le présent dossier de demande de déclaration d'utilité publique (DUP). Les évolutions de conception nécessaires à l'accueil de ces substances devront faire l'objet de procédures d'autorisation, comme par exemple le stockage de combustibles usés si le statut des stocks d'uranium appauvri devait changer, actuellement considérés comme des matières valorisables, la question étant actuellement soulevée de les considérer comme des déchets.

En France, les déchets HA représentent 0,2 % du volume total des déchets nucléaires mais leur activité est équivalente à 94 % de la radioactivité de tous les déchets nucléaires. Les déchets MA-VL comptent pour 2,9 % du volume et 4 % de la radioactivité. Les volumes actuels en France sont de 3 900 m³ de déchets HA et 45 000 m³ de déchets MA-VL. Actuellement entreposés dans différentes installations, ils représentent déjà 40 % (HA) et 60 % (MA-VL) des volumes qui ont vocation à être stockés par Cigéo.

Les déchets qui seront stockés dans le centre Cigéo sont les plus dangereux⁵ : une personne qui s'approcherait de déchets HA aurait une espérance de vie de quelques minutes. Ce sont également ceux dont la radioactivité diminue le plus lentement. La nature exacte de tous les déchets qui seront stockés n'est pas encore connue avec précision du fait des déchets de l'inventaire de réserve ». L'avis de l'institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) de 2017⁶, émis préalablement à l'avis de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN)⁷ sur le dossier d'options de sûreté, signale « *que le*

³ Le réacteur de recherche Jules Horowitz est un projet de réacteur nucléaire de recherche porté par le CEA et construit sur le centre de Cadarache, consacré principalement à la recherche sur les matériaux et les combustibles pour l'industrie électronucléaire et la médecine nucléaire.

⁴ Le réacteur thermonucléaire expérimental international, en abrégé Iter (de l'anglais *international thermonuclear experimental reactor*), est un projet international de réacteur nucléaire de recherche civil à fusion nucléaire de type tokamak, situé à proximité du centre d'études nucléaires de Cadarache à Saint-Paul-lez-Durance.

⁵ HA : plusieurs milliards de becquerels par gramme (Bq/g), MA-VL entre un million et un milliard de Bq/g.

⁶ [Avis/IRSN N°2017-00190 : Avis relatif au dossier « Projet Cigéo -Dossier d'Options de Sûreté »](#)

⁷ L'ASN est devenue une autorité administrative indépendante avec la Loi « Transparence et sûreté nucléaire du 13 juin 2006. Elle était constituée précédemment de la DGSNR (Direction générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection et des DRIRE, directions régionales de l'industrie, de la recherche et de l'environnement

stockage de déchets dits «en réserve» ou de combustibles usés ne saurait être autorisé sans une démonstration de sûreté⁸ complète prenant en compte une telle évolution de l'inventaire ».

Pour la complète information du public, mais aussi pour la quantification du risque dans la durée, il serait utile de présenter l'évolution de la dangerosité du stockage souterrain, par exemple par un indicateur de type « activité globale » et son évolution dans le temps, depuis sa création, jusqu'au moment où sa dangerosité pourra être considérée comme négligeable.

Les déchets HA dégagent de la chaleur, sauf cas particulier des déchets dits HA0. Celle-ci doit être évacuée afin que la température des colis de déchets ne s'accroisse pas au-delà d'une valeur mettant en danger le stockage lui-même. L'énergie en jeu atteint une puissance de plusieurs centaines de kW par colis HA. Ces déchets seront donc, dans un premier temps, entreposés en surface, comme actuellement, pendant plus d'un siècle dans des installations appartenant aux exploitants nucléaires⁹. Le dossier indique que les déchets HA actuels et futurs pourront être, après entreposage, stockés définitivement, en profondeur. Ce stockage pourra commencer à partir des années 2070-80, moment où les premiers déchets entreposés auront suffisamment refroidi. Les déchets HA0 et MA-VL ne présentent pas ces caractéristiques et pourraient être stockés immédiatement.

L'objectif affiché de ce projet est le stockage profond des déchets *« afin de limiter les charges supportées par les générations futures »*. Pour cela, il est prévu de faire fonctionner le centre pendant un siècle au cours duquel les déchets seront stockés et le site souterrain agrandi, étant entendu que, conformément à la loi, le stockage devra être réversible. Cette réversibilité permettra dans l'avenir, soit de poursuivre la construction puis l'exploitation des tranches successives de stockage, soit de réévaluer les choix définis antérieurement et de faire évoluer les solutions de gestion. Elle se traduit concrètement par la possibilité de récupérer les colis stockés qui doit être garantie pour au moins cent ans.

La loi prévoit que la demande d'autorisation de création concerne une couche géologique ayant fait l'objet d'études au moyen d'un laboratoire souterrain, que cette demande est précédée d'un débat public, d'un avis de l'ASN et d'une évaluation de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. L'enchaînement des étapes du projet est également très encadré. Le projet doit faire l'objet d'une phase industrielle pilote de stockage, préalable au vote d'une loi décidant de sa poursuite.

Le projet d'étude d'impact a fait l'objet d'un cadrage préalable de l'Ae¹⁰ en 2013. Ce cadrage avait été réalisé dans la perspective du dépôt d'une demande d'autorisation de création en 2015 qui n'a pas encore été déposée. Le présent avis répond à une saisine sur un dossier d'enquête publique préalable à la déclaration d'utilité publique du centre de stockage Cigéo. Il se situe en amont de la demande d'autorisation de création et devrait déboucher sur une phase d'aménagements préalables à réaliser.

⁸ La sûreté nucléaire est un terme définissant l'ensemble des activités ayant trait au maintien de l'intégrité des mécanismes, processus, outils ou instruments contenant de la matière radioactive, permettant de garantir l'absence d'effets dommageables sur les individus et l'environnement. Il convient de distinguer explicitement la sûreté nucléaire de la sécurité nucléaire qui définit l'ensemble des mesures (actives ou passives) relatives à la protection des matières nucléaires, de leurs installations et de leur transport contre des actes malveillants (internes ou externes), permettant de garantir l'absence de conséquence inacceptable pour les populations et l'environnement.

⁹ Or ces installations ont une durée de vie limitée à environ un siècle du fait du vieillissement des matériaux qui les constituent comme le béton et les aciers.

¹⁰ [Avis Ae 2013-62 concernant le cadrage préalable du projet Cigéo](#)

Le cadrage préalable s'était penché, à la demande de l'Andra, sur la question du périmètre du projet. L'Ae avait proposé une vision très large du « programme de travaux » Cigéo. La législation actuelle substitue une notion élargie de projet à celle de programme de travaux. Cependant, l'interprétation initiale de l'Ae et son attente d'une analyse des impacts de l'ensemble du programme restent importantes pour la complète information du public. En particulier, le dossier soumis à l'Ae ne comporte pas d'éléments sur les impacts, ni sur la sûreté de la chaîne de conditionnement et de transport des déchets depuis les sites des producteurs jusqu'à leur prise en charge au niveau de l'installation terminale embranchée. Les déchets qui seront stockés dans Cigéo ne pourront l'être qu'après avoir effectué ces travaux préliminaires que la [note de la Commission européenne ENV.A/SA/sb Ares\(2011\)33433 du 25 mars 2011 interprétative de la directive 85/337/EEC modifiée](#) qualifie de travaux associés¹¹.

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.

La déclaration d'utilité publique a pour but, selon le dossier, d'assurer la maîtrise foncière sur une surface de 665 ha au cas où les procédures d'acquisitions à l'amiable n'aboutiraient pas, de réaliser la mise en conformité des documents d'urbanisme et de « *légitimer politiquement* » les opérations concourant à la réalisation du projet Cigéo.

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.

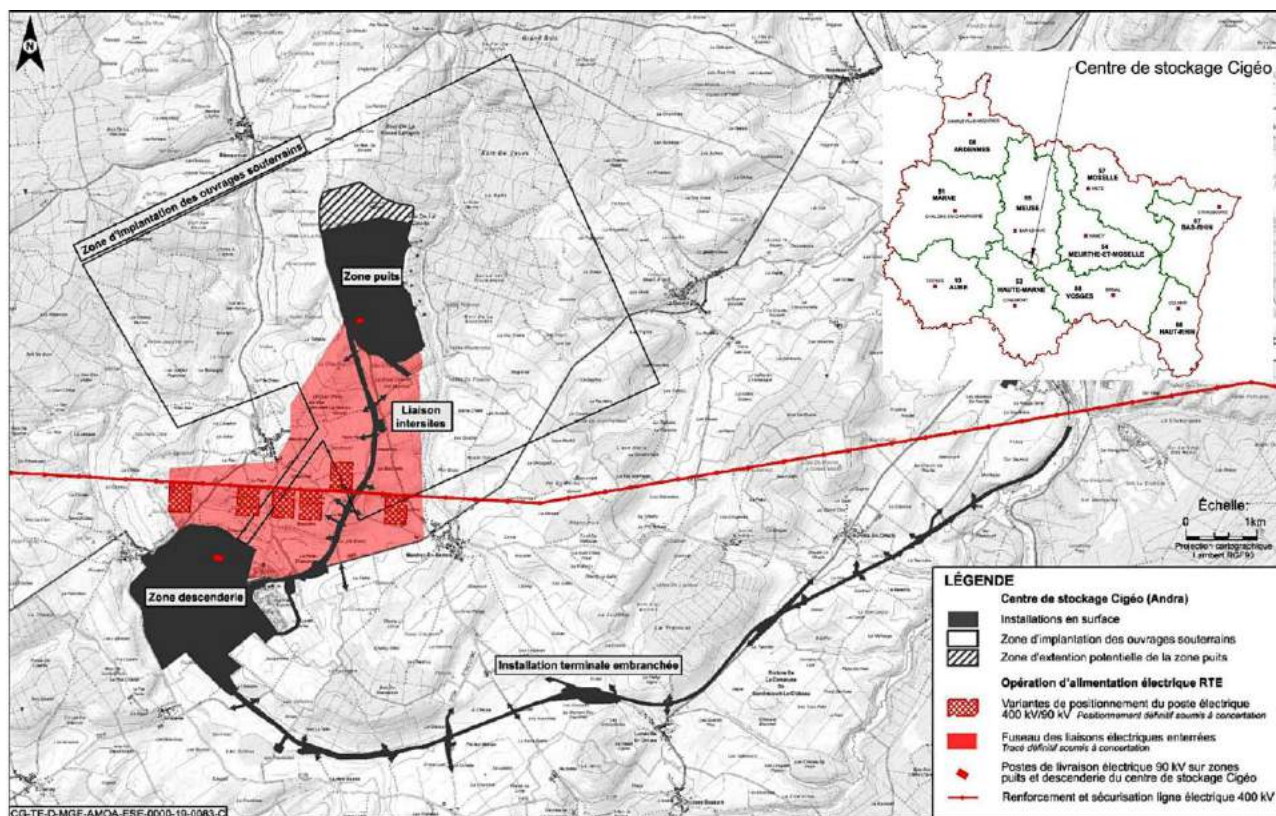
L'Ae recommande, pour la clarté de l'information du public sur un dossier complexe dont les enjeux sont importants, que les modifications ultérieures apportées à l'étude d'impact dans le cadre de ses futures actualisations soient tracées de manière claire.

1.2 Présentation du projet et des aménagements projetés

Le centre de stockage sera composé des installations présentées sur la figure 2 ci-après.

Les colis de déchets seront acheminés à la descenderie (ZD), à l'ouest du site, à cheval sur les départements de la Haute-Marne et de la Meuse, par une voie ferrée spécifique dite installation terminale embranchée (ITE) reliée au réseau ferré national sur la commune de Gondrecourt-le-Château. Ils seront alors contrôlés et préparés pour être acheminés par funiculaire vers le centre de stockage situé au sein de la zone d'implantation des ouvrages souterrains (ZIOS) de 29 km². Cette zone comporte une zone puits (ZP) permettant d'accéder aux espaces souterrains de stockage et de poursuivre le creusement de cavités. Une liaison intersites en surface (LIS) permet les circulations et transports de marchandises entre ces deux sites par voie routière et au moyen d'un transporteur à bande enterré.

¹¹ Cette note préconise, pour déterminer si de tels travaux associés doivent être considérés comme partie intégrante de l'intervention principale au regard de l'évaluation environnementale, un test de vérification et d'évaluation dit « du centre de gravité » : « Ce test du centre de gravité devrait vérifier si ces travaux associés sont centraux ou périphériques par rapport aux travaux principaux et dans quelle mesure ils sont susceptibles de prédéterminer les conclusions de l'évaluation des impacts environnementaux ».



1.2.1 La zone descendrie

La surface de la zone descendrière est de 296 ha. Son emprise est située à l'ouest du laboratoire souterrain de l'Andra, dans la Meuse sur la commune de Bure et dans la Haute-Marne sur les communes de Gillaumé et Saudron.

Deux bâtiments nucléaires sont envisagés : le premier, de 32 000 m², accueillera et conditionnera les colis de déchets de haute activité dégageant peu de chaleur et le second, de 20 000 m², les colis dégageant de la chaleur. Ce second bâtiment est prévu pour une mise en service entre 2070 et 2080. Ils sont équipés d'unités de filtration de très haute efficacité et d'une cheminée de 40 m de hauteur. Ils sont reliés par une galerie de 100 m de longueur à la tête de la descenderie des colis. Celle-ci, d'une surface au sol de 7 000 m², est reliée par funiculaire au stockage souterrain. Toutes les opérations de manipulation des déchets seront automatisées et vidéo surveillées.

L'ensemble est clôturé. Les bâtiments sont ceinturés par une paroi enterrée d'une profondeur de 18 mètres. Les eaux usées, de ruissellement et d'exhaure sont traitées en stations. Les capacités de stockage sont de l'ordre de 120 000 m³.

1.2.2 La zone puits

La surface de la zone puits est de 202 ha sur les communes de Mandres-en-Barrois et Bonnet dans la Meuse. Sa vocation est de permettre les activités souterraines de déploiement progressif des zones de stockage. Elle ne comporte pas d'activités nucléaires. Plusieurs puits seront creusés dans la couche d'argilite¹² selon deux zones : zone de travaux et zone d'exploitation, équipées d'usines

¹² L'argilite est une forme de roche sédimentaire argileuse indurée à grain fin et très peu perméable. Source Wikipedia.

de ventilation. Au nord de la zone puits, trois espaces successifs notés Z1 à Z3 sont prévus pour déposer les verses¹³. Les matériaux extraits sont de deux natures : les verses vives, stockées sur Z1 qui pourront servir à refermer le stockage dans un siècle à un siècle et demi et les verses mortes, stockées sur Z2 dont les possibilités de valorisation font l'objet de travaux en cours. L'ensemble représente 11 000 000 m³ d'argilite dont 40 % de verses vives déposées sur une hauteur de 20 m et végétalisées en surface. Dans l'hypothèse où les verses mortes ne seraient pas valorisables, 39 ha supplémentaires seront mobilisés.

Les eaux de ruissellement sur les verses non encore végétalisées seront collectées et stockées dans un bassin dit qualitatif de 10 000 m³ et un bassin quantitatif de 47 à 64 000 m³ afin de rejeter dans l'Ormançon un débit régulé respectant les critères du bon état des eaux au sens de la directive cadre sur l'eau. Les eaux de ruissellement sur les surfaces imperméabilisées seront collectées dans deux bassins de 10 000 m³. Les eaux usées et industrielles sont traitées dans une station d'épuration raccordée à un bassin de décantation de 1 300 m³.

1.2.3 Les installations souterraines

Les ouvrages souterrains seront déployés au fur et à mesure de l'exploitation du stockage. Ils seront situés à 500 m sous la surface au sein de la couche d'argilite du Callovo-Oxfordien. Les communes surplombant le stockage souterrain sont toutes situées dans le département de la Meuse : Mandres-en-Barrois, Bonnet, Bure, Ribeaucourt, Houdelaincourt et Saint-Joire.

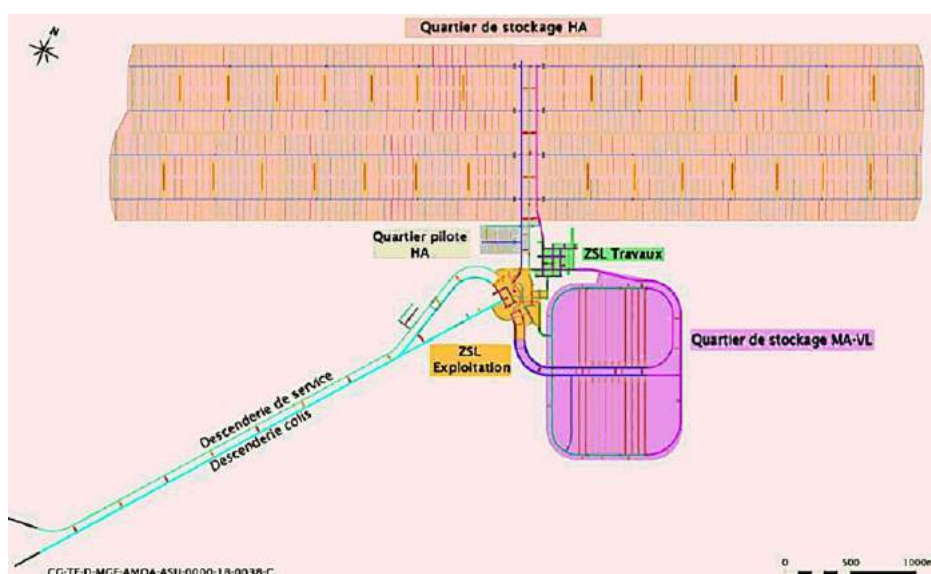


Figure 3 : Organisation des installations en sous-sol pour le stockage des déchets radioactifs de haute activité (HA) et de moyenne activité à vie longue (MA-VL). Source : dossier.

Les installations souterraines comportent les éléments présentés sur la figure 3, notamment deux descenteries parallèles d'environ 4 kilomètres, cinq puits, deux quartiers de stockage distincts pour les déchets de haute activité (HA) et de moyenne activité à vie longue (MA-VL) accessibles chacun par deux galeries, une pour l'exploitation, l'autre pour les travaux.

Les déchets seront déposés au sein des structures ventilées suivantes :

- pour les déchets HA0, des alvéoles borgnes en béton de diamètre 60 cm et longueur 20 m avec un chemisage en acier;

¹³ Lieu où sont déversés des matériaux en vrac (verse à stérile, ou terril, verse à remblai). Source Larousse.

- pour les autres déchets HA, des alvéoles borgnes en béton de diamètre 60 cm et de longueur 150 m avec un chemisage en acier
- pour les déchets MA-VL, des alvéoles en béton de diamètre 8 m et de longueur 500 m.

1.2.4 Liaison inter-sites

Cette liaison, d'une emprise totale de 46 ha, sera située dans la Meuse sur les communes de Bure et Mandres-en-Barrois. Elle se compose d'une route ouverte au public de 5 km reliée à la RD 60/960 permettant l'accès aux sites et aux parcelles des exploitations agricoles et de deux infrastructures privées de 4 km : une piste routière et une bande transporteuse semi-enterrée.

1.2.5 Installation ferroviaire terminale embranchée (ITE) et plateforme logistique ferroviaire

Cette voie ferrée d'une emprise totale de 112 ha aura une longueur de 14 km dont 10 km en réhabilitation d'une ancienne voie ferrée désaffectée. Elle servira à acheminer les colis de déchets et les matériaux nécessaires aux travaux. Le trafic prévu, exclusivement diurne, est de trois trains de fret par jour pendant la construction, puis de huit à 76 trains de déchets par an et un à deux trains de fret par semaine, en phase d'exploitation.

1.2.6 Ligne électrique à 400 kV

Une ligne à 400 kV jouxte le site. Elle sera raccordée à un poste transformateur relié à une liaison électrique souterraine à 90 kV afin d'alimenter le site. La ligne et ses aménagements, sous maîtrise d'ouvrage de Réseau de transport d'électricité (RTE) sont partie intégrante du périmètre du projet.

1.2.7 Enchaînement des opérations

Les premières opérations après la mise en service s'inscrivent dans le cadre d'une phase industrielle pilote qui permettra de réaliser tous les essais en vraie grandeur. Pendant les dix à quinze premières années de cette phase pilote, toutes les manipulations seront éprouvées sur des colis non radioactifs. Puis, dans une deuxième phase de cinq à dix ans, des colis radioactifs pourront être manipulés, toujours à titre expérimental. La phase d'exploitation qui suivra consistera, pendant environ 100 à 150 ans, à acheminer des colis dans les alvéoles souterraines tandis que de nouvelles alvéoles seront creusées. La conception du projet permet de séparer parfaitement les opérations de stockage et les opérations de creusement de nouvelles galeries et alvéoles. La figure 4 présente une vue synoptique de l'ensemble des opérations du projet et de leur échelonnement dans le temps ainsi que de leurs maîtres d'ouvrage.

Les opérations liées au démantèlement et à la surveillance de long terme ne sont pas décrites du fait de leur éloignement temporel séculaire, mais font partie du projet. Elles feront l'objet d'études d'impact le moment venu. L'Ae observe que la notion de démantèlement est difficile à prendre en considération à ce stade de la connaissance sur les techniques de traitement des déchets. En revanche, la question de la surveillance de long terme ne peut être évacuée et doit être prise en compte dès à présent : elle peut en effet avoir des conséquences sur les décisions à prendre à court terme sur les usages du territoire.

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.

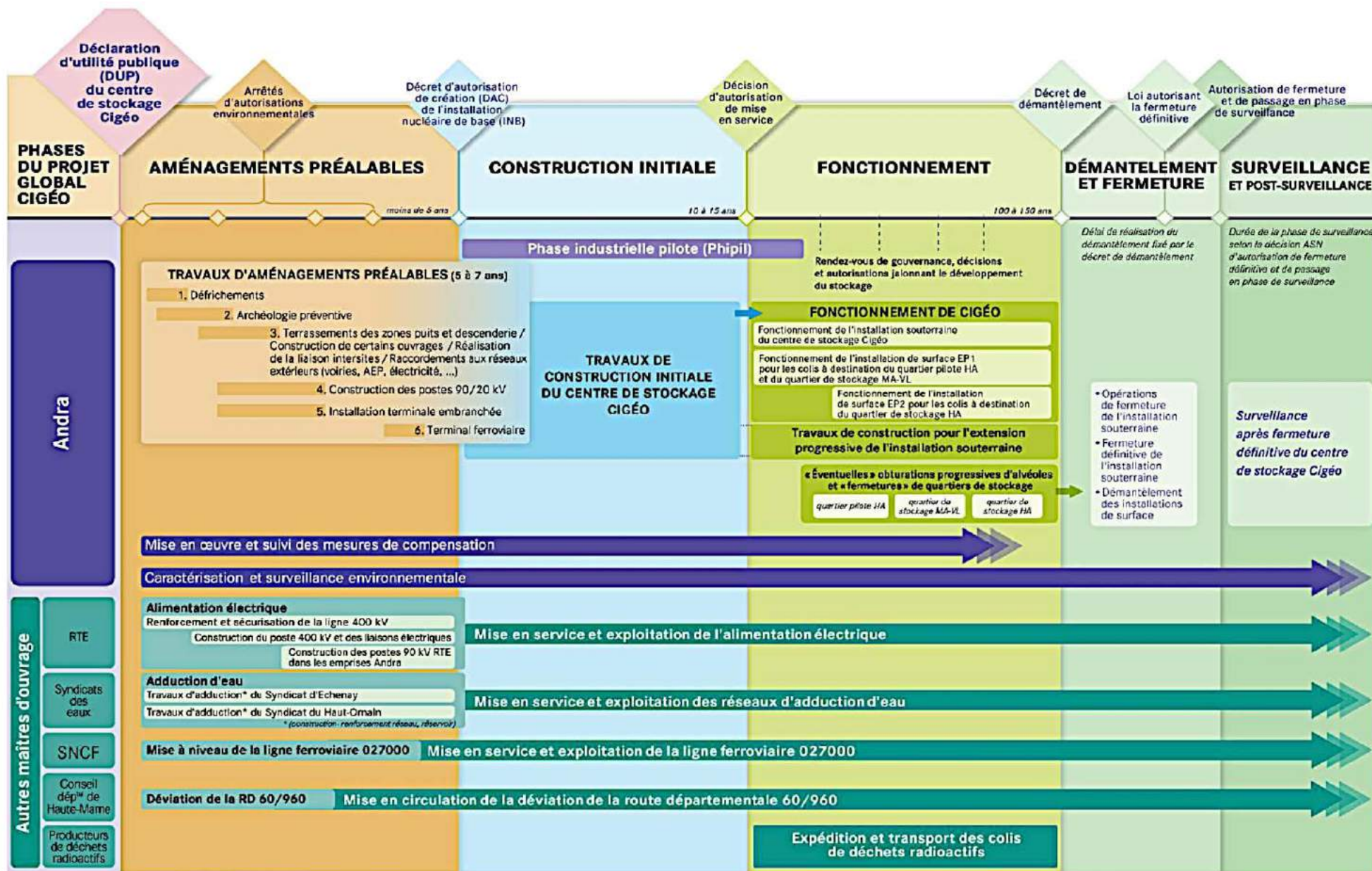


Figure 4 : Schéma synoptique des différentes phases du projet Cigéo. Source dossier

Le dossier indique que la fermeture des alvéoles pourra être anticipée préalablement à la fermeture définitive « *si les générations en charge du centre de stockage le décident* ». La manutention des colis entre le pied de la descenderie et les alvéoles fait appel à des chariots permettant le chargement et le déchargement automatiques des colis. Le dossier indique que le déstockage d'un colis pourrait durer un peu moins longtemps que son stockage. Il n'est pas explicité comment sera organisé l'extraction d'une série de colis tout au long d'une alvéole. La faisabilité du cheminement inverse d'un ensemble de colis sur une distance pouvant atteindre 150 m reste à démontrer (cf. § 2.2.1).

1.2.8 Coût du projet

Le coût des investissements nécessaires à la mise en service de Cigéo est estimé en 2019 à 5,06 milliards d'euros hors taxes (G€ HT). Le coût total du fonctionnement du centre sur 100 à 150 ans, envisagé dans le cas où la loi l'autoriserait, est estimé à 5,69 G€ HT valeur de 2018.

Pour mémoire, la ministre chargée de l'énergie a arrêté le coût global de la gestion des déchets HA et MA-VL à 25 G€ HT en janvier 2016¹⁴. Ce coût représente un compromis entre les estimations des producteurs de déchets et de l'Andra, l'estimation de cette dernière étant de 34 G€. Cette estimation conditionne le dimensionnement des provisions que doivent faire les producteurs de déchets.

1.3 Procédures relatives au projet

Le projet est soumis à étude d'impact du fait qu'il relève de plusieurs rubriques du [tableau annexé à l'article R. 122-2 du code de l'environnement](#) et notamment, les installations nucléaires de base, travaux, ouvrages de transport et de distribution d'énergie électrique. Le dossier comporte une évaluation des incidences sur les sites du réseau Natura 2000¹⁵ en application de l'[article R. 122-5 du code de l'environnement](#) et les évaluations socio-économiques requises par l'[article L. 1511-2 du code des transports](#) et le décret du 23 décembre 2013¹⁶. Il fera l'objet d'une contre-expertise indépendante et d'un avis du secrétariat général pour les investissements¹⁷ préalablement à l'enquête publique. Les évaluations environnementales des trois modifications de documents d'urbanisme rendues nécessaires pour le projet sont jointes au dossier.

Le dossier indique que Cigéo n'est pas susceptible d'avoir des incidences notables sur l'environnement d'un autre État et qu'en conséquence il n'a pas été procédé à une consultation spécifique. Considérant la dimension exceptionnelle du projet et sa durée qui rend pour l'instant incertain l'appréciation de l'extension de ses impacts, la question d'activer les mécanismes de consultation internationaux prévus par le droit européen et notamment ceux de la convention d'Espoo devra avoir été réévaluée pour la demande d'autorisation de création du stockage.

¹⁴ [Arrêté du 15 janvier 2016](#) relatif au coût afférent à la mise en œuvre des solutions de gestion à long terme des déchets radioactifs de haute activité et de moyenne activité à vie longue

¹⁵ 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).

¹⁶ [Décret n° 2013-1211 du 23 décembre 2013](#) relatif à la procédure d'évaluation des investissements publics en application de l'article 17 de la loi n° 2012-1558 du 31 décembre 2012 de programmation des finances publiques pour les années 2012 à 2017

¹⁷ Le Secrétariat général pour l'investissement (SGPI) est chargé, sous l'autorité du Premier ministre, de la mise en œuvre du Programme d'investissements d'avenir (PIA), un programme exceptionnel de soutien à l'innovation dans des secteurs clés pour créer emplois et croissance durables. Il assure également l'évaluation socio-économique des grands projets d'investissement public ainsi que la coordination du plan d'investissement européen (« Plan Juncker »).

L'Andra étant un établissement public sous tutelle de la ministre chargée de l'environnement, l'avis d'autorité environnementale est délivré par l'Ae.

1.4 Principaux enjeux environnementaux du projet relevés par l'Ae

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

- 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 de 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.

Cet avis présente une première analyse de la prise en compte de l'environnement par le projet, en complément des nombreux expertises et avis fournis par d'autres organismes (ASN, IRSN notamment). Au stade d'une demande de déclaration d'utilité publique, l'Ae aborde principalement les enjeux environnementaux de court et moyen termes et évoque les questions à se poser par précaution pour le long terme. L'analyse des risques et des impacts à long et très long termes a vocation à être complétée et affinée à l'occasion des actualisations successives de l'étude d'impact, et particulièrement pour la demande d'autorisation de création de l'installation de stockage.

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 kV). 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 Milieux naturels et physique

2.1.1.1 Qualité de l'air

L'analyse de la qualité de l'air à l'état initial repose sur les données du réseau de surveillance mesurées à la station d'Houdelaincourt jusque 2018 et sur des campagnes de mesures effectuées en 2012 et 2016. La qualité de l'air est bonne sur ce territoire très peu dense. Seules les concentrations en ozone et en particules de diamètre inférieur à 2,5 µm (PM_{2,5}) montrent des dépassements d'objectifs de qualité. Les objectifs pour la santé humaine sont dépassés environ une année sur deux pour l'ozone, ceux qui concernent la végétation le sont systématiquement¹⁸. Pour les PM_{2,5}, l'objectif de qualité pour la santé humaine est dépassé en 2012 et 2015 mais respecté en 2017 et 2018. La majorité des émissions d'oxydes d'azote et de particules provient de l'agriculture.

¹⁸ Le seuil pour la végétation est de 18 000 µg/m³.h en moyenne calculée sur 5 ans. Il se mesure en AOT 40 (exprimé en µg/m³.heure) qui signifie la somme des différences entre les concentrations horaires supérieures à 80 µg/m³ et le seuil de 80 µg/m³ durant une période donnée en utilisant uniquement les valeurs sur 1 heure mesurées quotidiennement entre 8 heures et 20 heures. (40 ppb ou partie par milliard=80 µg/m³)

Pour ce qui concerne la radioactivité dans l'air, le territoire a été peu affecté par les retombées des essais nucléaires atmosphériques et de la catastrophe de Tchernobyl. Les installations nucléaires les plus proches sont les centres de stockage des déchets nucléaires TFA et FA-VL de l'Aube, situés à une cinquantaine de kilomètres ; leur signature radioactive est indétectable sur le site de Cigéo. Le dossier fournit les résultats d'observations de la radioactivité du réseau Opéra de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) dont une station a été installée par l'Andra sur la commune de Houdelaincourt. Les activités sont du même ordre de grandeur que la moyenne nationale sauf pour le tritium qui est plus faible à Houdelaincourt.

2.1.1.2 Qualité des sols

Le dossier présente une analyse exhaustive de la qualité des sols. Cette analyse est complétée par une évaluation de leur qualité biologique qui est bonne avec néanmoins la présence d'hydrocarbures au niveau de l'ancienne plateforme ferroviaire. Des analyses de présence de radionucléides réalisées par l'IRSN montrent des valeurs conformes aux teneurs des sols dans des zones à l'écart des activités nucléaires.

2.1.1.3 Sous-sol

Le sous-sol est étudié depuis une trentaine d'années par le maître d'ouvrage dans l'objectif de construire un stockage souterrain de matières radioactives. Il se situe sur la frange est du Bassin parisien caractérisé par une succession de couches argileuses et calcaires responsables du relief caractéristique en « *cuestas*¹⁹ ». La couche choisie pour le stockage est formée d'argilite grise d'aspect très compact. La géologie du territoire se caractérise par une très grande stabilité, aucun événement tectonique n'ayant été observé depuis que les mesures sont faites, c'est-à-dire plus de 50 ans. D'après le dossier, les failles repérées sont stables depuis 25 millions d'années (figure 5).

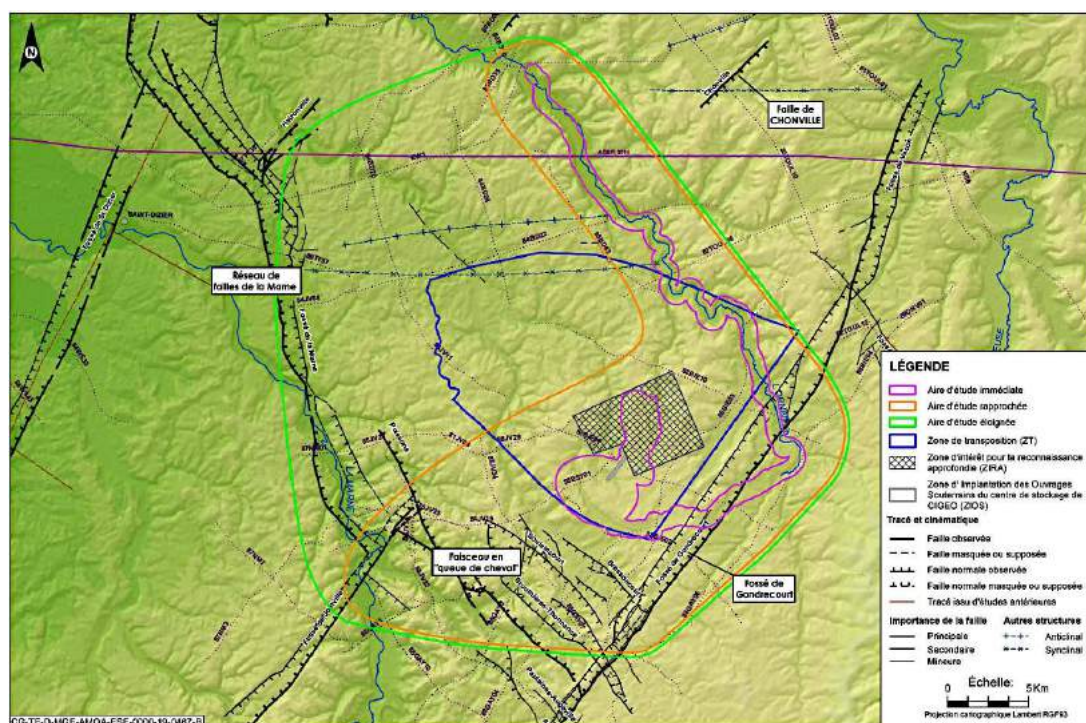


Figure 5 : Carte du réseau de failles autour de la zone d'intérêt pour la reconnaissance approfondie du stockage Cigéo. Source : dossier.

¹⁹ La cuesta est une forme de relief dissymétrique constituée d'un côté par un talus à profil concave (le front), en pente raide et, de l'autre, par un plateau doucement incliné en sens inverse (le revers). Les cuestas se trouvent aux bordures des bassins sédimentaires peu déformés. Le relief correspondant peut également être appelé une côte. Source Wikipédia

La carte sismique de la France présentée dans le dossier est à l'échelle de l'ensemble du territoire national. Elle date de 2009. Le dossier mériterait d'être actualisé à l'échelle du territoire concerné.

Peu de roches sont ou ont été exploitées au voisinage du site. On notera toutefois la présence de carrières à ciel ouvert de calcaire du Barrois. La roche exploitée, l'oolithe de Bure, est une pierre de taille de qualité. Une carrière exploitant des calcaires de l'Oxfordien pour le marché des granulats est active à Gondrecourt-le-Château.

Le dossier ne comporte pas d'analyse de la composition chimique du sous-sol, en particulier de l'argilite qui a vocation à constituer les verses en surface. Il importe de s'assurer que ces verses ne comportent pas de substances toxiques.

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.

2.1.1.4 Eaux et milieux aquatiques

L'hydrologie du secteur est caractérisée par de nombreux karsts, à l'origine de pertes importantes sur les cours d'eau, créant des tronçons en assec permanent ou temporaire, selon la profondeur de la nappe. Le fonctionnement hydraulique des cours d'eau sur certaines sections dépend davantage des fluctuations de niveau des eaux souterraines que du ruissellement sur leur bassin versant.

Les cours d'eau temporaires ou à faibles débits sont très sensibles aux pollutions, du fait de la nature karstique du sous-sol et de la faible épaisseur des sols qui permettent un transfert rapide des polluants depuis la surface.

Le dossier ne précise pas l'évolution probable de la qualité des eaux (évolution de l'état initial sans le projet) dans l'avenir. À l'échelle d'un projet de la durée de Cigéo (150 ans), l'Ae considère qu'il conviendrait de considérer que toutes les masses d'eau sont revenues au bon état²⁰.

La radioactivité des eaux et du milieu aquatique associé dans l'aire d'étude rapprochée est très faible, à des niveaux cohérents avec le bruit de fond attendu dans des zones situées à l'écart des activités nucléaires actuelles.

2.1.1.4.1 Eaux souterraines

L'analyse des eaux souterraines est menée en considérant non seulement les masses d'eau, mais également leur déclinaison en aquifères et nappes. Cette approche permet de mieux appréhender l'état initial et l'impact du projet.

Les installations de surface de Cigéo sont positionnées à l'aplomb des aquifères des calcaires tithoniens du Barrois (masse d'eau FRHG 303), de Dommartin et sub-lithographiques, tous trois fissurés et karstifiés. Lorsque la karstification s'est développée ou que les fissurations sont connectées, leur perméabilité apparente peut être très élevée (supérieure à 10^{-3} m/s). Cigéo est sur un plateau et l'alimentation des aquifères s'y fait par les précipitations. Elles sont drainées par la Saulx, l'Orge et l'Ormançon et quelques émergences.

²⁰ Cette vision devrait, en toute rigueur, s'appliquer aux autres compartiments de l'environnement, mais en ce qui concerne l'eau elle fait d'ores et déjà l'objet d'un engagement à travers l'objectif de bon état de la directive cadre sur l'eau.

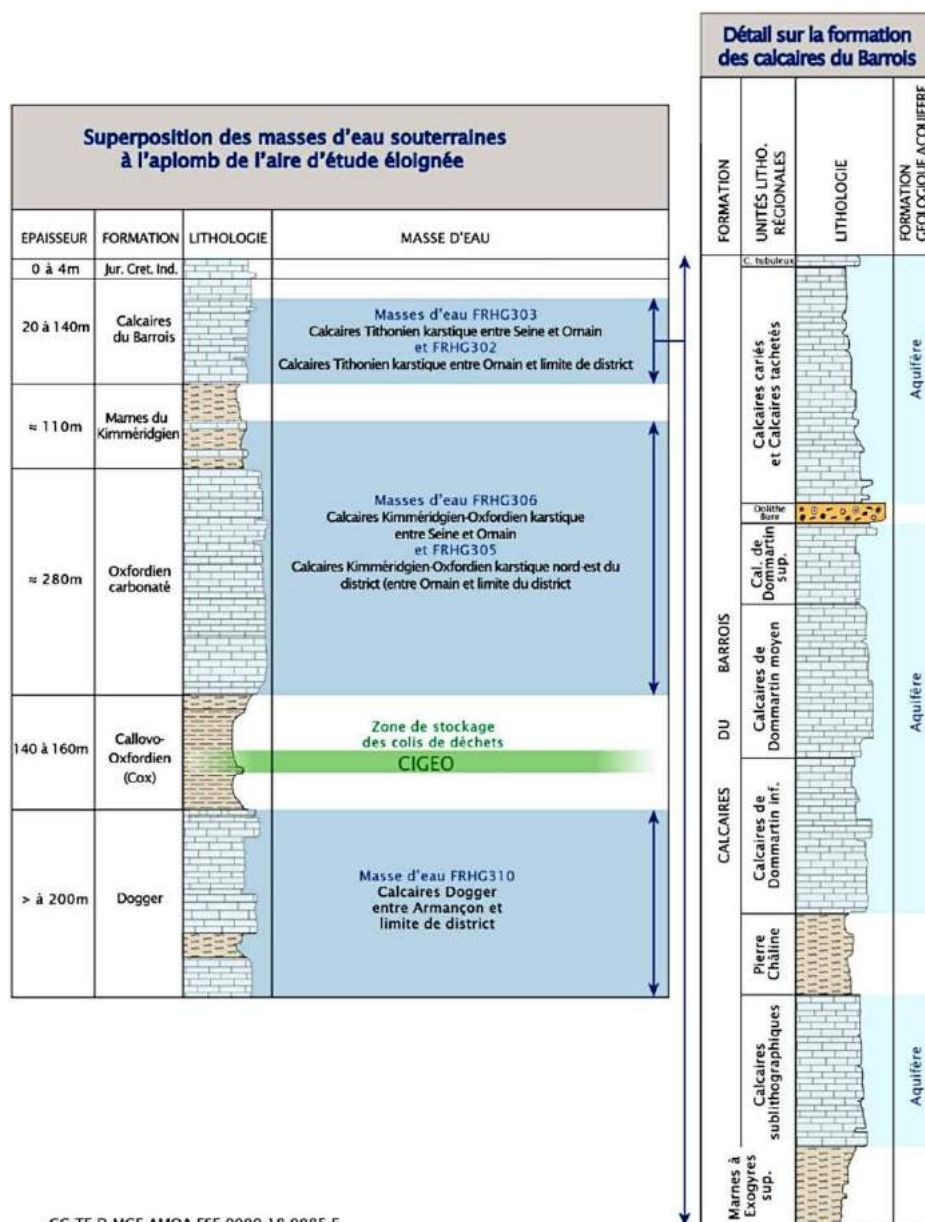


Figure 6 : Correspondances « masses d'eau » et « aquifères » (Source : dossier)

Les installations souterraines sont implantées dans la couche d'argile du Callovo-Oxfordien. La descenderie traverse des couches plus ou moins perméables (calcaires du Barrois, marnes du Kimmeridgien et Oxfordien carbonaté). Les marnes du Kimmeridgien ne sont pas considérées comme aquifères, mais présentent deux bancs calcaires d'une quinzaine de mètres. Au droit du stockage Cigéo, les calcaires de l'Oxfordien sont le siège d'une seule et même nappe, de perméabilité apparente élevée, localement jusqu'à 10^{-3} m/s dans les secteurs fracturés. Cette nappe constitue un enjeu important, directement en contact avec la couche d'argilites du Callovo-Oxfordien. Le BRGM la classe comme une ressource à protéger dite « d'ultime recours »²¹, stratégique pour l'alimentation en eau potable. Son intérêt est minimisé par le dossier qui indique une vitesse d'écoulement très faible, de l'ordre d'un mètre par siècle. L'Ae s'interroge sur cette très faible vitesse d'écoulement, alors même que cette nappe est exploitée, ce qui génère nécessairement des écoulements non négligeables.

L'Ae recommande de réévaluer l'enjeu que constitue la nappe de l'Oxfordien.

²¹ [Rapport BRGM R38142, octobre 1994 : « Ressources en eau souterraines protégées dites d'ultimes recours - phase 1 - inventaire national »](#)

Les aquifères du Dogger (Jurassique moyen), situés sous les argiles du Callovo–Oxfordien et donc sous le futur stockage souterrain, sont formés de deux niveaux calcaires séparés par des marnes. Selon le dossier, leur vitesse d'écoulement est également faible, de l'ordre de 5 mètres par siècle²².

Le dossier met en perspective le projet avec les périmètres de protection de captage.

Captages	Position du captage et de ses périmètres de protection	Productions
Captage de Rupt-aux-Nonains (AEP Syndicat mixte des eaux Sud-Meuse)	Zone descendrière dans le périmètre de protection éloignée	410 000 m ³ en 2017
Source et forage de Naillemont (AEP syndicat des eaux Horville-Tourailles)	Projet de périmètre de protection rapprochée en partie dans l'AEI ²³	3 700 m ³ en 2015, non exploités en 2017
Source de Manonfosse et forage 1977 (AEP syndicat des eaux d'Echenay)	Périmètre de protection rapprochée en partie dans l'AEI	Étude de l'aire d'alimentation de captage (AAC) en cours d'étude. L'AAC ne serait pas en cohérence avec les périmètres de protection définis par l'hydrogéologue agréé, selon une campagne de traçage.
Forage du Muleau (AEP Gondrecourt-le-Château)	Périmètre de protection éloigné en partie dans l'AEI	150 000 m ³ en 2017
Puits alluvial (AEP Gondrecourt-le-Château)	Captage dans l'AEI	Prélèvement dans la nappe alluviale de l'Ornain
Puits d'Houdelaincourt (AEP Houdelaincourt)	Projets de périmètres de protection rapprochée dans l'AEI de la ligne ferroviaire	20 000 m ³ en 2017
Forage de Baudignécourt (AEP Baudignécourt et Demange-aux-eaux)	Périmètre de protection rapprochée en partie dans l'AEI de la ligne ferroviaire	53 000 m ³ en 2017
Forage AEP de Saint-Jeoire	Captage dans l'AEI dans l'AEI de la ligne ferroviaire	45 000 m ³ en 2017
Captage AEP de Menaucourt	Périmètre de protection éloignée en partie dans l'AEI de la ligne ferroviaire	550 000 m ³ /an
Forage de Givrauval	Forage dans l'AEI de la ligne ferroviaire	500 000 m ³ /an

Tableau 1 : Position des captages et de leurs périmètres de protection au regard des installations de Cigéo et de l'aire d'étude immédiate (AEI) (Source : rapporteurs à partir des données Cigéo)

Il serait intéressant de présenter l'analyse sur les captages d'alimentation en eau potable (AEP) à partir non pas des seuls périmètres de protection mais dans son ensemble, à partir de la cartographie de l'aire potentielle d'influence²⁴ des installations de surface et de la descendrière sur les eaux souterraines. Elle pourrait être établie avec l'aide de la modélisation de la nappe, produite dans le cadre de la démarche ERC²⁵, avec un niveau de précision élevé compte tenu du nombre de piézomètres installés et de points d'émergence de la nappe, éventuellement complétée de traçages. Cette approche aurait en outre tout son sens du fait de la présence d'une nappe très vulnérable à l'aplomb du projet, la nappe des calcaires du Barrois.

L'Ae recommande de produire la cartographie de l'aire potentielle d'influence des installations de surface et de la descendrière sur les eaux souterraines.

²² Il est étonnant qu'une nappe de perméabilité plus faible que l'Oxfordien, plus profonde et donc avec des zones d'alimentation plus éloignée présente des vitesses de circulation plus élevées. La vitesse de circulation dans une nappe profonde est toujours très faible en l'absence d'exploitation et avec des secteurs d'alimentation éloignés.

²³ Aire d'étude immédiate

²⁴ L'aire potentielle d'influence est ici le « tube de courant » qui rassemble l'ensemble des circulations d'eau (« lignes de courant ») prenant leur origine sur les installations de surface ou interceptées par la descendrière.

²⁵ La séquence « éviter, réduire, compenser » (ERC) a pour objectif d'éviter les atteintes à l'environnement, de réduire celles qui n'ont pu être suffisamment évitées et si possible, de compenser les effets notables qui n'ont pu être ni évités, ni suffisamment réduits.

2.1.1.4.2 Eaux de surface

Le projet Cigéo est établi en tête du bassin versant de la Marne et de la Seine, qui alimente en eau potable plus de dix millions d'habitants. Il est donc à l'amont d'un vaste bassin comprenant l'Île-de-France, la vallée de la Seine à l'aval de Paris et d'autres agglomérations de taille moyenne sur la Marne et l'Ornain. Il est peu éloigné des bassins de la Meuse (20 km), de la Moselle et du Rhin (40 km), voire de la Saône et du Rhône (60 km). L'aire d'étude éloignée s'insère dans les trois bassins versants principaux de la Marne, de la Saulx et ses affluents l'Orge et la Bureau, et de l'Ornain, incluant plusieurs affluents dont l'Ormançon. La position en tête de bassin explique les faibles débits observés. Les cours d'eau temporaires de l'Orge, de la Bureau et de l'Ormançon sont les plus proches du centre de stockage Cigéo.

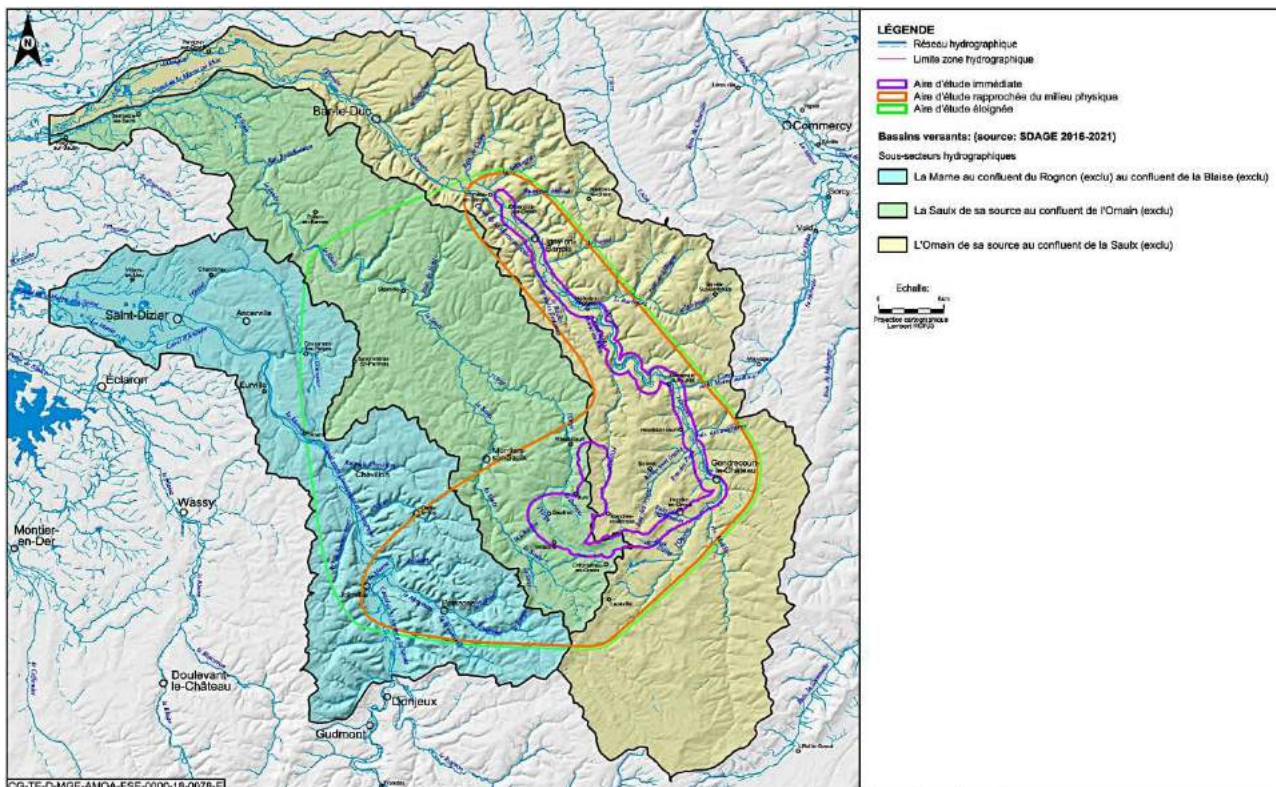


Figure 7 : Carte des sous-secteurs hydrographiques (source : Sandre, 2019, reprise dans le dossier)

L'ITE traverse ou longe des petits affluents de l'Ornain. La ligne ferroviaire 027000 longe la vallée de l'Ornain, cours d'eau pérenne, avec plusieurs franchissements de l'Ornain et de ses affluents. L'ITE passe à proximité des plans d'eau de Gillaumé et de La Ballastière sur la commune de Gondrecourt-le-Château. La ligne ferroviaire 027000 longe plusieurs plans d'eau.

Une ligne à 400 kV s'inscrit dans le bassin Seine-Normandie sur environ deux tiers de son tracé et recoupe celui de la Meuse sur son extrémité est. L'opération d'alimentation électrique au niveau du poste de transformation et le faisceau d'implantation des liaisons électriques enterrées se situe dans les bassins versants de l'Orge, de la Bureau et de l'Ormançon. Les travaux associés à l'opération d'adduction d'eau concernent les trois bassins versants principaux (Marne, Saulx et Ornain).

État chimique et écologique des cours d'eau

La qualité chimique des cours d'eau est variable selon les stations et l'année. L'état écologique des eaux superficielles de l'aire d'étude éloignée oscille entre « mauvais » et « bon » sur la période 2014–2017 avec une majorité de stations en état « moyen ». Les états chimiques et écologiques des

cours d'eau traversés par la ligne à 400 kV présentent un faciès allant de « bon » à « mauvais ». La Saulx et l'Ornain présentent une qualité chimique des eaux régulièrement dégradée depuis 2011 du fait notamment de la présence d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) à des concentrations supérieures à la NQE²⁶ et ponctuellement de quelques métaux dépassant les seuils. Leurs affluents, l'Orge et l'Ormancon, semblent plus préservés. Des pollutions plus ponctuelles ont été observées, liées à la présence de pesticides, le tributylétain et l'isoproturon.

Des déclassements réguliers dus à la présence de mercure dans les sédiments ont été mis en évidence. Les analyses révèlent également des dépassements de seuils en HAP (benzo(a)pyrène) dans les sédiments ainsi que d'autres polluants comme le plomb et l'arsenic.

L'état écologique de la Saulx est plus dégradé que celui des autres cours d'eau. Celui de l'Orge et de l'Ormancon est moyen. Les déclassements sont liés aux paramètres physico-chimiques classiques et notamment à ceux liés à l'oxygénation (O₂), aux teneurs en nutriments, ainsi qu'à la présence récurrente de certains herbicides.

Certains cours d'eau font l'objet d'un classement au regard de la continuité écologique (trame bleue)²⁷, dont deux (La Voire, La Héronne) dans l'aire d'étude spécifique de la ligne à 400 kV.

Risques d'inondation

L'aire d'étude éloignée du projet global Cigéo comprend trois plans de prévention des risques inondation (PPRI) : Marne moyenne ; vallées de la Saulx et de l'Orge ; secteurs amont et centre de l'Ornain. Aucune des installations du centre de stockage Cigéo n'est comprise dans leur périmètre. La ligne ferroviaire 027 000 traverse des zones inondables définies par le PPRI de l'Ornain à l'aval de Gondrecourt-le-Château mais reste hors d'eau pour la crue de référence.

Il n'y a pas de territoire à risque important d'inondation (TRI) dans l'aire d'étude.

Enjeux

L'aire d'étude éloignée présente des cours d'eau à très faibles débits en interface étroite avec les eaux souterraines notamment au droit de l'affleurement des calcaires du Barrois. Seuls la Marne, la Saulx et l'Ornain sont pérennes. Très peu d'usages sont répertoriés pour les eaux superficielles, dont aucun pour l'AEP alors que les cours d'eau de cette tête de bassin desservent à l'aval des captages servant à l'alimentation en eau potable de dizaines de millions d'habitants. Du fait des très faibles débits, voire des périodes d'assec récurrentes, les petits cours d'eau présentent une sensibilité forte aux dégradations de leur qualité écologique ou chimique.

2.1.1.5 Milieux naturels terrestres

Le chapitre sur les milieux terrestres souligne la mosaïque d'habitats naturels de la région Grand-Est favorable à une forte richesse spécifique. Cette diversité biologique est, selon le dossier, en déclin dans la région et dans l'aire d'étude, du fait des activités anthropiques : « *intensification des pratiques agricoles, plantations d'essences exotiques, chasse et pêche de loisir, retournement de prairies* ».

²⁶ NQE : Norme de Qualité Environnementale

²⁷ Article L 214-17 du code de l'Environnement

2.1.1.5.1 Espaces protégés ou remarquables²⁸

Les sites Natura 2000 sont traités dans le chapitre § 2.4 du présent avis. Les espaces naturels sensibles (ENS) sont au nombre de 60 dans l'aire d'étude éloignée dont 15 dans l'aire d'étude immédiate. On notera que la ligne ferroviaire ou son aire d'étude concernent huit ENS dont un couvre l'ensemble du parcours.

Le bois Lejuc, où sera implantée la zone puits, est intégré à la Znieff²⁹ « *Forêt de la fosse Lemaire à Mandres-en-Barrois* », le dossier minimise son importance du fait que « *c'est la richesse des observations disponibles, issue des inventaires réalisés par l'Andra, qui justifie le classement plutôt que la présence exceptionnelle d'espèces sur le site* ». Le dossier conclut que le projet « *est en grande majorité prévu sur les lieux où la biodiversité est ordinaire et où les espaces naturels n'ont pas de fonctionnalité écologique* ». L'Ae ne souscrit pas à cette interprétation ; le choix d'implanter la zone puits en forêt, qui plus est dans une Znieff, résulte d'un souci d'évitement des terres agricoles et ne peut pas être justifié par la biodiversité des espaces concernés.

2.1.1.5.2 Zones humides

La ligne électrique à 400 kV se situe en partie dans la zone humide d'importance internationale³⁰ des étangs de Champagne, notamment les étangs de la Horre, inscrits à l'inventaire des Znieff, classés site Natura 2000 et réserve naturelle nationale. Cette zone humide des étangs de Champagne de 225 000 ha est la plus étendue de France, elle accueille près de 200 000 oiseaux de 50 espèces en hivernage.

La détermination des zones humides a permis de repérer 5,9 ha d'habitats humides. La zone d'implantation est concernée avec 5,1 ha de zones humides. La zone puits ne comporte pas de zone humide.

La ligne ferroviaire comporte plus de 196 ha de zones humides dans son aire d'étude immédiate. La déviation de la RD60/960 devra, quel que soit le tracé retenu par le Département, franchir des cours d'eau et *ipso facto* les zones humides qui les bordent. Enfin, il est mentionné que les tracés des canalisations d'adduction d'eau du projet et leur localisation ne sont pas encore définis et donc que les zones humides concernées seront identifiées ultérieurement. L'Ae considère que ces deux derniers points fragilisent le choix d'implantation des installations de surface qui ne peut en tenir compte pour identifier la prise en compte de l'environnement dans le choix parmi les options.

Le dossier conclut à un enjeu localement fort pour les zones humides.

2.1.1.5.3 Continuités écologiques

La Champagne humide est signalée comme un des supports privilégiés pour les échanges écologiques au niveau régional. À l'échelle du centre de stockage et de la ligne ferroviaire, quatre corridors écologiques principaux sont à considérer :

²⁸ Voir également le chapitre § 2.4 Évaluation des incidences Natura 2000.

²⁹ 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.

³⁰ Dite zone Ramsar du fait de la convention relative aux zones humides d'importance internationale adoptée le 2 février 1971 à Ramsar en Iran

- le corridor herbacé et humide de la vallée de l'Ornain qui longe la ligne ferroviaire ;
- le corridor forestier au nord du bois Lejuc ;
- le corridor forestier de la forêt de Veau au sud-est de la vallée de l'Ornain
- le corridor aquatique et humide de la vallée de l'Ormançon.

Le tracé de la ligne à 400 kV interfère avec plusieurs corridors forestiers, humides et aquatiques. Le dossier indique que le corridor constitué par le bois Lejuc, fréquenté par les mammifères de taille moyenne à grande (Putois d'Europe, Chat sauvage et Cerf élaphe) présente une connectivité qui tend à se réduire du fait de la disparition d'éléments paysagers. Les corridors concernés par les canalisations d'adduction d'eau et le poste de transformation qui relie le site à la ligne à 400 kV ne sont pas identifiés, ces composantes du projet n'étant pas encore définies avec précision. Comme pour les zones humides (cf. § 2.1.1.6.2) ce point fragilise la prise en compte de l'environnement dans le choix parmi les options.

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 bois Lejuc est un corridor identifié par le schéma régional de cohérence écologique du Schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'équilibre des territoires (Sraddet) pour sa partie nord qui ne sera occupée que si aucune solution n'est trouvée pour la valorisation des verses. Pour la Dreal : « *Le corridor biologique des milieux boisés figurant sur la carte 6-2-2 est théorique et sa représentation est schématique. On ne peut en conclure que seuls les aménagements franchissant la limite de ce corridor schématique auront une incidence sur la continuité écologique. En l'occurrence, la destruction du Bois Lejuc aura inévitablement un impact sur la fonctionnalité de ce corridor et du réservoir de biodiversité que représente le boisement* ». Le niveau d'enjeu modéré proposé par le dossier concernant les continuités écologiques apparaît pour l'Ae sous-estimé, notamment pour le bois Lejuc. Il conviendrait de le remonter au niveau moyen, et fort localement pour le bois Lejuc.

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

2.1.1.5.4 Habitats naturels, faune et flore

Zone descendrière et liaison intersites

Les habitats naturels ou semi-naturels de cette zone sont à 80 % des espaces agricoles, il subsiste cependant cinq habitats naturels d'intérêt communautaire dont les saussaies de plaine, les forêts galeries de Saule blanc et les forêts de frênes et d'aulnes des ruisselets et des sources, situés près des cours d'eau et considérés comme d'enjeu écologique fort. La vallée de l'Orge constitue un habitat naturel d'intérêt fort pour les amphibiens. Il n'a pas été repéré d'espèce floristique protégée mais plusieurs espèces patrimoniales dont la Petite Spéculaire à enjeu très fort et le Miroir de Vénus à enjeu fort.

Zone puits

La zone puits est située dans son intégralité en forêt. Parmi les 15 habitats naturels ou semi-naturels répertoriés, deux sont d'intérêt communautaire : la hêtraie à Mélisque et la chênaie-charmaie à Stel-laie subatlantique. L'étude d'impact considère que les enjeux de ces habitats sont moyens.

Installation terminale embranchée

Parmi les 60 habitats naturels ou semi-naturels recensés dans cette zone, neuf sont d'intérêt communautaire dont deux prioritaires : les pelouses calcaires subatlantiques semi-arides et les forêts de frênes et d'aulnes rivulaires et considérées comme d'enjeu écologique fort.

Postes de transformation et leurs raccordements électriques

Les grandes cultures constituent l'occupation majeure du sol ; seuls deux habitats naturels, – prairie de fauche de basse altitude et hêtraie à Mélisque en lisière du bois Lejuc, présentent des enjeux.

L'Ae observe que les recensements de flore et de faune sont moins approfondis, notamment en ce qui concerne le recensement des espèces et habitats, pour ce qui concerne la ligne électrique et les postes de transformation que pour les autres zones du projet. L'enjeu est considéré comme modéré sans qu'on puisse identifier s'il s'agit d'une conséquence du moindre approfondissement des études.

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.

Ligne électrique à 400 kV

Trois zones sensibles qui sont également des sites du réseau Natura 2000 ont été ciblées pour les investigations écologiques le long de la ligne électrique : l'étang de la Horre, la forêt de Gondrecourt-le-Château et la vallée de la Meuse. L'état des lieux apparaît insuffisant : l'état actuel de l'environnement au niveau de la ligne électrique est lacunaire et l'absence d'association du Conservatoire des espaces naturels de Champagne-Ardenne, en qualité de gestionnaire de la réserve naturelle nationale de l'étang de la Horre est regrettable.

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.

Zone de captage et d'adduction d'eau

Cette partie du projet n'est pas encore précisée ; seules des études bibliographiques ont été réalisées. Il sera donc nécessaire de procéder à ces analyses et de les mettre à profit pour nourrir la comparaison des avantages et inconvénients des différentes solutions à examiner au regard de leurs incidences sur l'environnement.

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.

Ligne ferroviaire

L'aire d'étude immédiate de la ligne ferroviaire comporte 1 000 ha de cultures et 89 ha d'habitats semi-naturels ou naturels. Les habitats naturels d'intérêt communautaire couvrent 20 % de la surface. Le dossier en liste huit présentant des enjeux forts et souligne que pour l'essentiel de ces habitats, leur état de conservation est globalement moyen. Les enjeux pour les espèces et habitats naturels sont jugés comme forts.

Déviations de la route départementale D60/960

Le dossier indique que l'étude des variantes de cette liaison est en cours et que des investigations approfondies seront mises en place lors de l'actualisation de l'étude d'impact. L'Ae considère que des études suffisamment précises pour instruire le choix d'implantation des installations et des ouvrages qui les relient doivent précéder l'examen des variantes.

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.

2.1.1.6 État radiologique du milieu naturel

La présence de radionucléides a été mesurée sur plusieurs compartiments biologiques bio-indicateurs³¹. Les résultats montrent un niveau de radioactivité principalement d'origine naturelle (cf. figure 8). Ce niveau de radioactivité est conforme à ce qui est attendu sur un site situé à distance des sites industriels nucléaires. Le dossier ne fournit cependant pas de carte de localisation des valeurs mesurées.

Origine	Éléments radioactifs	Valeurs mesurées		Unité	Produits
		Min	Max		
Naturelle	⁴⁰ K	89	790	Bq/kg sec	Mousse terrestre
		67	858	Bq/kg sec	Produits forestiers
	⁷ Be	53	1 300	Bq/kg sec	Mousse terrestre
	¹⁴ C	237	243	Bq/kg sec	Feuille d'arbre
	³ H	0,9	1,7	Bq/kg sec	Feuille d'arbre
	²¹⁰ Po	8,7	29,5	Bq/kg sec	Herbe
Artificielle	¹³⁷ Cs	2	300	Bq/kg sec	Mousse terrestre
		20	39	Bq/kg sec	Champignon
		0,2	2,1	Bq/kg sec	Gibier
		0,05	0,1	Bq/kg sec	Baie
	⁹⁰ Sr	0,63	1,25	Bq/kg sec	Herbe

Figure 8 : Mesures de radioactivité dans les bio-indicateurs. Source dossier.

³¹ Un bioindicateur, s'orthographiant aussi bio-indicateur, est un indicateur constitué par une espèce végétale, fongique ou animale ou par un groupe d'espèces (groupe éco-sociologique) ou groupement végétal dont la présence ou l'état renseigne sur certaines caractéristiques écologiques (c'est-à-dire physico-chimiques, pédologiques, microclimatiques, biologiques ou fonctionnelles) de l'environnement ou sur l'incidence de certaines pratiques. Source Wikipédia.

2.1.2 Milieu humain

2.1.2.1 Population et économie

Le dossier présente des données économiques et démographiques issues du Sraddet du Grand-Est : « *Le territoire d'implantation de Cigéo est à dominante rurale, constitué d'importantes surfaces agricoles. Il est marqué par une faible densité de population et des zones artificialisées marginales.* » La population proche du site du projet est de 36 000 habitants avec une densité de 21 habitants par km². 92 % des communes ont une population inférieure à 1 000 habitants. La population dans un rayon de 20 km autour du projet baisse de 0,6 % par an depuis 1968. Le nombre d'emplois est en baisse de 1 % par an depuis 2010. Si l'évolution démographique actuelle se poursuivait, le nombre de personnes en âge de travailler diminuerait de 19 %, soit de 8 000 personnes, à l'horizon 2030.

2.1.2.2 Agriculture, sylviculture et alimentation

L'emploi agricole représente 15 % des actifs, en diminution de 45 % en cinq ans. Les exploitations sont de type « grande culture » (blé, colza, orge) sur 82 % des surfaces. Plus de 300 ha ont été acquis par l'Andra et la Safer³². Les forêts occupent 45 % de l'aire d'étude rapprochée notamment le bois Lejuc qui sera en partie défriché pour installer la zone puits et le bois Le Marquis qui sera occupé par le dépôt des verses. L'emprise sur ces deux boisements sera d'environ 250 ha, il s'agit d'après le dossier de peuplements forestiers de type gaulis, perchis³³ et futaie pauvre sur taillis « *ne présentant pas une valeur marchande particulière* ». La ligne électrique à 400 kV traverse l'espace boisé classé de la forêt domaniale de Saint-Armand, à Favières.

Le dossier présente les résultats d'analyse de la présence de radionucléides dans l'alimentation et les feuilles des arbres. Les valeurs sont inférieures ou comparables aux moyennes nationales. Elles sont en majorité d'origine naturelle. Les quelques radionucléides d'origine artificielle présents sont issus des retombées de l'accident de Tchernobyl et des essais atmosphériques d'armes nucléaires après la Seconde guerre mondiale.

L'analyse des polluants métalliques et des hydrocarbures aromatiques polycycliques dans les denrées alimentaires produites localement ne montre pas de dépassement des valeurs réglementaires sauf deux échantillons de blé et de colza qui ont présenté en 2009 des teneurs en plomb légèrement plus élevées que les normes.

2.1.2.3 Services écosystémiques

Le dossier présente une analyse de l'état actuel des services écosystémiques rendus par le territoire. La notion de service écologique a été popularisée par l'évaluation des écosystèmes pour le millénaire³⁴ lancée par l'Organisation des Nations-Unies en 2000, qui affirme que : « *Chacun dépend de la nature et des services écologiques (fournis par les écosystèmes) pour accéder à une vie décente, sûre et en bonne santé.* » Cette approche anthropocentrée, si elle ne se substitue pas à l'impératif de protection de la nature pour elle-même, a l'intérêt d'ouvrir la possibilité d'intégrer au volet économique la perte ou le gain d'aménités environnementales du fait du projet.

³² Société d'aménagement foncier et d'établissement rural.

³³ Les gaulis et perchis sont des peuplements âgés de 20 à 30 ans et de hauteur 10 à 15 m. Une futaie est composée d'arbres provenant uniquement d'un ensemencement sur place, les taillis sont des peuplements forestiers formés de rejets dont la régénération s'obtient par des coupes de rajeunissement. Source dossier.

³⁴ [Synthèses des résultats de l'évaluation des écosystèmes pour le millénaire.](#)

Le dossier prend en considération 25 services écosystémiques identifiés par un groupe de bureaux d'études parmi 43 à l'échelle nationale. Il n'est pas précisé ce qui a justifié le choix de ces services. La référence incluse dans le texte est absente de la liste bibliographique. Des cartes présentent les services rendus par plusieurs types d'« écosystème » : forêts, prairies, terres cultivées, écosystèmes urbains, milieux aquatiques, mais l'étude d'impact ne fournit aucune quantification des surfaces concernées.

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.

2.1.2.4 Réseaux

Le dossier présente de façon exhaustive les réseaux de transports routier et ferroviaire, de gaz et d'électricité, de données numériques et téléphoniques, d'adduction d'eau et les canaux de navigation. Si on considère que le projet concerne également le cheminement des déchets (cf. 1.1) depuis les centres de production, les réseaux à prendre en compte sont alors ceux de la figure 9 qui présente également les principaux sites de production de déchets nucléaires.



Figure 9 : Carte des réseaux de transport des déchets nucléaires en France. Source : dossier.

2.1.2.5 Nuisances sonores, vibratoires et lumineuses

Le dossier mentionne le suivi régulier des nuisances sonores depuis 1999 dans la zone d'émergence réglementée du laboratoire souterrain actuel. Des mesures complémentaires ont été réalisées en 2015, en 2017 en limite de propriété et en 2016 au niveau de l'installation terminale embranchée. Le dossier indique que les niveaux sonores sont compris entre 36,5 et 62,5 dB(A) mais ne précise pas, sauf dans le chapitre sur les méthodes, qu'il s'agit du niveau sonore équivalent (LAeq)³⁵. Il est souligné que les sources de bruit sont les activités agricoles, le trafic routier, les passages d'avions militaires de la base aérienne de Saint-Dizier et les oiseaux.

³⁵ Le niveau LAeq est la grandeur définie dans la norme NF S 31-110 (Norme NF S 31-110 « Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement – Grandeurs fondamentales et méthodes générales d'évaluation ») : « Le niveau équivalent LAeq d'un bruit variable est égal au niveau d'un bruit constant qui aurait été produit avec la même énergie que le bruit perçu pendant la même période. Il représente l'énergie acoustique moyenne perçue pendant la durée d'observation ».

2.1.2.6 Paysage et patrimoine

Le site se caractérise par un paysage de plateau sauf pour la ligne ferroviaire qui est dans une vallée. La ligne électrique traverse une succession de vallées, côtes, plaines et plateaux. Une carte des paysages traversés est fournie. L'ensemble est illustré de nombreuses photographies.

Trois sites archéologiques classés appartenant à la cité gallo-romaine de Nasium sont présents dans l'aire d'étude rapprochée dont deux dans l'aire immédiate. Plusieurs autres vestiges des époques protohistorique, gallo-romaine et médiévale sont suspectés sur la base de relevés par lidar³⁶, ils se concentrent le long de la ligne ferroviaire entre Saint-Amand-sur-Ornain et Gondrecourt-le-Château et à proximité du site de la descenderie. Les diagnostics archéologiques le long de la ligne à 400 kV restent à effectuer.

Un seul site classé est recensé dans l'aire d'étude rapprochée, il s'agit du parc municipal de Ligny-en-Barrois. 18 monuments historiques classés ou inscrits sont présents dans l'aire d'étude rapprochée, notamment le long de la voie ferrée, 21 le long de la ligne à 400 kV et aucun dans l'aire d'étude immédiate.

Le dossier conclut que les enjeux de paysage et de patrimoine archéologique sont forts.

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

L'analyse des scénarios envisageables et le parti retenu pour le devenir à long terme des déchets radioactifs HA et MA-VL a pris en compte d'autres considérations que les seuls facteurs environnementaux :

- un encadrement strict des conditions d'élaboration et décisions relatives à ce projet par les lois et règlements nationaux, établis en interaction étroite avec les recherches de l'Andra, de l'IRSN et du CEA³⁷, voire le droit européen et les recommandations internationales ;
- l'acceptation locale de l'accueil de ces déchets : seuls quatre départements s'étaient portés candidats dans les années 90. La négociation avec les acteurs locaux a par ailleurs pu être un facteur déterminant de certains choix techniques et d'implantation ;
- l'ampleur financière et l'échelle de temps nécessaire à la réalisation de ce projet, quelle que soit l'option, avec l'obligation de mener à l'amont des études conséquentes : elles peuvent rendre difficiles l'analyse en profondeur des différentes options, qu'elles soient techniques ou d'implantation.

La préoccupation éthique et le choix technologique de réversibilité, introduits par la législation³⁸, trouvent leur origine dans ces différents éléments.

³⁶ Lidar est l'acronyme de Light detection and ranging, il s'agit d'un appareil qui mesure notamment les distances en comptabilisant le temps de retour d'impulsions lumineuses.

³⁷ CEA : Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives

³⁸ L'article L. 542-10-1 du code de l'environnement précise que « la réversibilité est 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. » La réversibilité inclut la « récupérabilité », c'est-à-dire « la possibilité de récupérer des colis de déchets déjà stockés selon des modalités et pendant une durée cohérente avec la stratégie d'exploitation et de fermeture du stockage ».

2.2.1 Opportunité d'engager dès à présent le projet Cigéo

Le dossier justifie l'engagement de Cigéo dans les prochaines années par la volonté de ne pas reporter la charge du stockage des déchets sur les générations futures. Le dossier indique qu'« *aujourd'hui [...] l'avenir de la filière nucléaire n'est pas tracé avec certitude* » et souligne qu'il pourrait devenir de plus en plus difficile de trouver du personnel qualifié pour traiter ce genre de problématique. L'Ae observe que cet argument aurait pu justifier d'intégrer au projet un dispositif de formation et de pérennisation sur 150 ans des connaissances et des compétences acquises à l'occasion de la mise en œuvre du projet Cigéo.

D'autre part, toujours d'après le dossier, les technologies de stockage profond sont matures et le stockage étant réversible, son engagement ne préempte pas les éventuels choix technologiques ultérieurs. Cette affirmation ne semble pas vérifiée pour ce qui concerne la possibilité effective de récupérer des colis stockés en cas de situation accidentelle. L'IRSN souligne³⁹ que « *la possibilité de retrait de colis accidentés avec des moyens définis dès la conception n'a pas été étudiée* ». Le dossier ne comporte en effet pas d'élément qui la démontre. Des essais en vraie grandeur doivent être effectués afin de le vérifier avant mise en exploitation du stockage.

La réversibilité n'est prévue que pendant une phase assez courte au regard de la longue durée de vie et la nocivité des déchets radioactifs concernés. Même pendant cette période des incertitudes demeurent. Le même avis de l'IRSN « *considère qu'il n'est pas acquis que la conception retenue par l'Andra permette d'exercer, pendant la phase d'exploitation, une surveillance adaptée aux enjeux particuliers posés par la maîtrise des risques associés au stockage.* » L'Ae considère qu'il convient dès aujourd'hui de présenter un programme détaillé d'études complémentaires et de surveillance, d'indiquer les conclusions à atteindre, correspondant aux décisions à prendre à chaque étape. Parmi ces décisions, la possibilité d'arrêter le processus si les résultats ne sont pas à la hauteur des attentes doit être explicite.

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 chacun des étapes.

2.2.2 Choix du mode de gestion des déchets

Le dossier explicite les arguments qui ont justifié le choix par la France du stockage profond pour les déchets pour lesquels les autres options ont été jugées présenter plus d'inconvénients :

- isolement du rayonnement vis-à-vis des humains ;
- diminution du risque de perturbation naturelle ou humaine ;
- confinement dans des couches géologiques stables depuis plusieurs millions d'années ;
- utilisation de couches de perméabilité à l'eau très faible ;
- faible intérêt économique du sous-sol du secteur, limitant la probabilité d'une exploitation ultérieure (forage, mine, carrière).

Par ailleurs, l'ASN a exprimé le 1^{er} février 2006⁴⁰ sa position, opposée à l'alternative qui consiste à entreposer les déchets dans l'attente du développement de technologies de transmutation en ce qu'elle « *suppose le maintien d'un contrôle de la part de la société et la reprise des déchets par les*

³⁹ Op. cit. note 6 page 8

⁴⁰ [Avis de l'Autorité de sûreté nucléaire du 1^{er} février 2006 sur les recherches relatives à la gestion des déchets à haute activité et à vie longue \(HAVL\) menées dans le cadre de la loi du 30 décembre 1991, et liens avec le PNGDR-MV](#)

générations futures, ce qui semble difficile à garantir sur des périodes de plusieurs centaines d'années ». L'Ae s'interroge au chapitre 2.2.7 sur les conditions associées à un tel contrôle de la société concernant le stockage profond.

2.2.3 Les différents types de stockage profond

Parmi les types de stockage profond possibles, le dossier écarte le stockage géologique à très grande profondeur dans le socle cristallin ou volcanique ou à l'aide de forages dirigés suivant horizontalement les couches profondes. Les techniques de forage actuelles ne permettent pas de descendre les plus gros colis de déchets de 5 m³ et 10 t et des problèmes subsistent sur l'étanchéité des fermetures de forage. De plus, selon le dossier, ce type de stockage ne serait pas réversible et ne peut faire l'objet d'études préalables en laboratoire souterrain.

Le mode de stockage retenu repose sur l'utilisation de techniques minières. Le dossier souligne qu'il est considéré sur le plan international comme mature et qu'il est déjà pratiqué en Allemagne pour les déchets industriels les plus dangereux. Or les difficultés rencontrées par les stockages dans le sel gemme, de Stocamine en Alsace dont les alvéoles se referment sur les colis et de Asse en Allemagne, remettent fortement en cause cette assertion, notamment en matière de possibilité effective de récupérer des colis *a fortiori* lorsqu'ils sont endommagés.

2.2.4 Les couches géologiques utilisables

Le stockage profond peut avoir lieu dans différentes couches géologiques dont le dossier examine les caractéristiques. Les trois principales sont présentées ci-dessous.

Le sel

Le dossier souligne l'intérêt du stockage dans des gisements de sel gemme du fait de sa bonne conductivité thermique et de l'absence d'eau. Il mentionne toutefois des incidents ayant entraîné l'arrêt de tels stockages aux États-Unis et en Allemagne sans fournir de détails sur les causes des incidents.

Le granite

Le granite est une roche dure et imperméable dans laquelle il est aisé de construire des galeries solides. Néanmoins, les failles qui traversent les massifs granitiques impliquent de s'assurer de l'étanchéité des conteneurs des colis. Cette solution, initialement envisagée, a été écartée en l'absence de territoires candidats à l'accueil d'un stockage et disposant d'un massif granitique compact d'une dimension suffisante pour accueillir les volumes de déchets radioactifs nationaux.

L'argile

L'argile présente une très faible perméabilité à l'eau et ses capacités d'adsorption⁴¹ s'opposent au transfert de la plupart des radionucléides. Un autre avantage est la capacité de cette roche à se refermer sur elle-même avec le temps. Son principal point faible est l'apparition de fissures, sous l'effet de contraintes mécaniques ou thermiques, pouvant alors constituer une voie de diffusion privilégiée des polluants.

⁴¹ L'adsorption est un phénomène de surface par lequel des atomes, des ions ou des molécules (adsorbats) se fixent sur une surface solide (adsorbant) depuis une phase gazeuse, liquide ou une solution solide. Source Wikipedia.

Conclusion sur le choix de la roche à privilégier

Le dossier indique que des études préliminaires ont eu lieu dès 1987 dans quatre sites de nature géologique différente : le granite, le schiste, le sel et l'argile. En 1993, trois sites ont été envisagés. Aucun site granitique couplant faisabilité technique et volontariat du territoire n'a pu être identifié. Le deuxième site argileux (dans le Gard) étant également inadapté, seul le site du projet Cigéo s'est révélé adéquat.

Le dossier présente les principaux résultats des recherches entreprises dans le laboratoire souterrain de Bure. Ces recherches ont permis de vérifier en grande partie l'aptitude du sous-sol de ce territoire à accueillir le stockage. Elles n'ont cependant aucun caractère comparatif.

Le choix de la roche à favoriser s'est trouvé *in fine* extrêmement réduit. Le choix d'une couche d'argile a été rendu possible grâce au volontariat des collectivités locales, ce qui a conduit à n'implanter qu'un seul laboratoire souterrain national à Bure. L'Ae considère que l'importance des enjeux aurait mérité que plusieurs sites aient fait l'objet d'expérimentations afin de disposer d'un éventail d'informations sur les risques sanitaires et environnementaux en appui de la décision. Le code de l'environnement ne requiert pas que soit retenue la meilleure option sur le plan environnemental. Toutefois les enjeux de ce projet et l'échelle de temps des effets de ce choix nécessitent une démonstration solide par rapport aux alternatives possibles.

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 Callodo-Oxfordien est bien le plus adapté pour engager aujourd'hui l'avenir sur plusieurs millénaires.

2.2.5 Nature et choix des déchets à entreposer

L'incertitude sur la nature et le volume des déchets, selon que l'on retiendra l'inventaire de référence ou l'inventaire de réserve, interroge quant au périmètre du projet qui, à ce stade, n'aborde pas l'ensemble des déchets qu'il est envisageable de stocker sur le site. Le projet pourrait s'en trouver modifié, qu'il s'agisse de la structure et des techniques adoptées, des modes et itinéraires de transport utilisés, des volumes en jeu, mais aussi de l'échéance de saturation⁴². Cette incertitude interroge aussi quant au risque de « banalisation » de Cigéo en tant que site spécialisé de traitement de déchets hautement dangereux, HA et MA-VL, et quant au risque de réduction des capacités de stockage de ces déchets.

La nature et les volumes de déchets radioactifs qui seront stockés à Cigéo, comme leurs critères d'acceptation, sont des éléments fondamentaux pour établir l'impact environnemental du projet, sa sécurité et son utilité publique. Il est dès lors indispensable que les différents scénarios plausibles soient présentés dans le dossier et que leurs avantages et inconvénients respectifs soient étudiés.

Bien que cet aspect soit déjà traité dans le PNGMDR, la « réduction des volumes à la source » des déchets HA et MA-VL devrait également être prise en compte en écartant les déchets aux activités et aux durées de vies les plus faibles de leur classe.

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.

⁴² Il est vraisemblable qu'on ne fera pas de nouveau site de stockage de déchets HA et Ma-VL en France

2.2.6 Choix d'implantation des installations

Les recherches effectuées au sein du laboratoire souterrain ont permis de valider sa faisabilité dans une zone de 250 km² située autour du laboratoire. Au sein de cette zone, les critères d'implantation étaient fondés sur la protection de l'homme et de l'environnement vis-à-vis de l'exposition aux substances dangereuses. Les caractéristiques géologiques du futur site en matière de profondeur, d'épaisseur et d'inclinaison de la couche d'argile et de présence de failles ont été examinées. D'autres critères environnementaux et paysagers ont été pris en compte pour ce qui concerne les installations de surface. A ainsi été privilégiée l'installation en dehors des espaces urbanisés, sous les forêts et à un endroit accessible à une desserte par voie ferroviaire.

La proposition d'accueil du site émanant des deux départements de la Haute-Marne et de la Meuse, il importait de situer la zone descendrière en partie dans la Haute-Marne afin, d'après le dossier, de permettre à la Haute-Marne de continuer d'être associée aux décisions et aux deux départements de bénéficier des retombées fiscales de l'implantation⁴³. De fait, le dossier ne mentionne pas d'options préalables au choix d'implantation de la zone descendrière qui tiendraient compte par exemple de la sensibilité de l'environnement ou d'autres possibilités de raccordement ferroviaire. L'Ae s'interroge sur le caractère optimal du choix de sa localisation. Par exemple, une implantation sur la commune d'Houdelaincourt, symétrique de celle qui a été retenue par rapport à la zone puits (cf. figure 10), aurait l'avantage de réduire l'emprise ferroviaire. Elle serait également plus éloignée du fossé de Gondrecourt. Elle ne semble cependant pas avoir été étudiée.

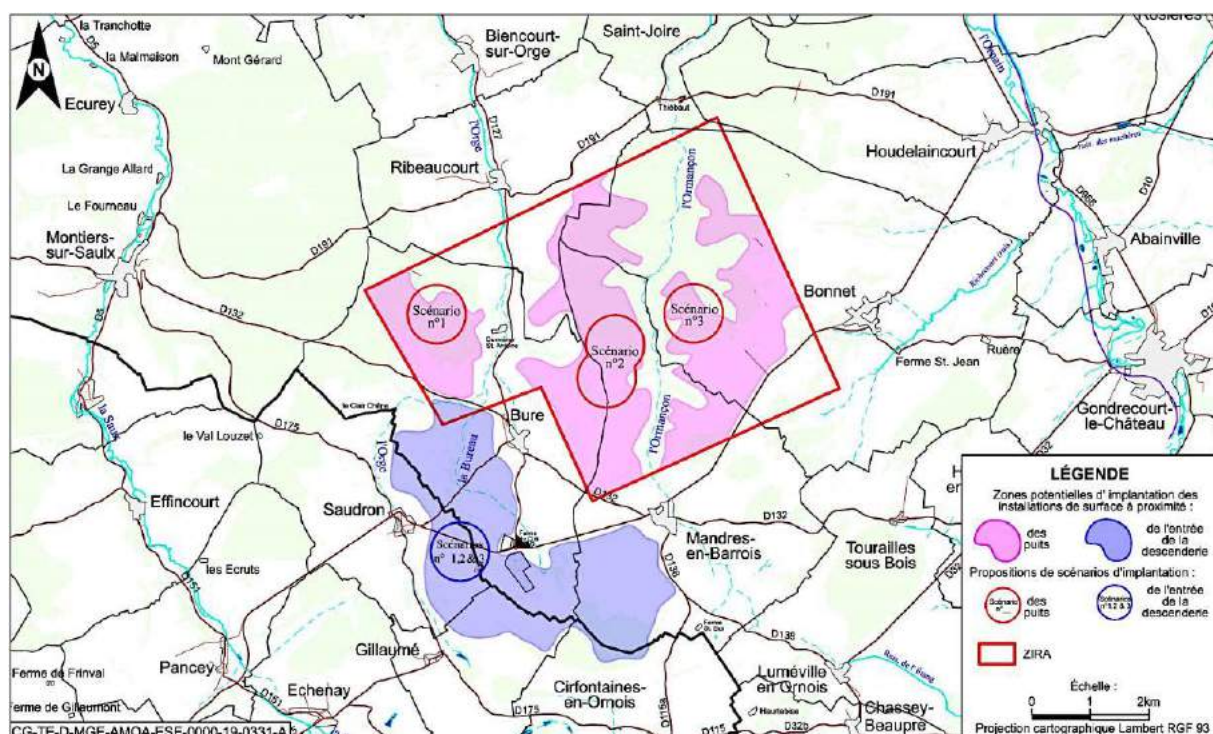


Figure 10 : Carte des options envisagées pour l'implantation de la descendrière et des puits. Source dossier.

L'emplacement de la zone puits a été choisi au sein d'un massif forestier afin de limiter les impacts sur l'agriculture et le paysage. Parmi les options possibles, le bois Lejuc (scénario 1 sur la figure 10) a été choisi de préférence à la forêt de Montiers (scénario 2) ou au bois de la Caisse (scénario 3), bien que le premier ait été classé récemment en Znieff. Ce classement est lié à la qualité de ses habitats pour les chauves-souris et les oiseaux (cf. § 2.3.1.6.2). Plusieurs arguments en faveur du

⁴³ L'Ae note que le choix d'implantation d'une installation multiséculaire a ainsi pris en compte une limite administrative qui à cette échelle de temps apparaît comme contingente.

bois Lejuc tiennent à la position de la descenderie. Ainsi, une implantation plus à l'est aurait nécessité de traverser l'Ormançon et aurait allongé la liaison intersites. L'Ae a observé au chapitre 2.1.1.5.4 que les études de la biodiversité n'étaient pas encore finalisées pour la déviation de la route départementale D60/960, l'adduction d'eau et le raccordement électrique. Les questions environnementales apparaissent donc comme partiellement prises en compte dans l'examen des solutions de substitution pour l'emplacement des sites du projet.

Au bilan, le choix d'implantation des installations ne prend, selon l'Ae, pas suffisamment en compte les enjeux environnementaux.

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.

2.2.7 Les options de développement du territoire

Le dossier indique les dispositions qui ont été prises en faveur du développement économique et de l'attractivité du territoire. Un projet de développement territorial a été mis en place sous la responsabilité du préfet de la Meuse avec pour objectif de « *profiter de l'opportunité de la création d'un centre de stockage des déchets radioactifs [...] pour mettre en place une stratégie ambitieuse, partagée avec l'ensemble des forces vives du territoire, d'aménagement et de développement économique au bénéfice progressif des deux départements de la Meuse et de la Haute-Marne* ». Une part importante de ce plan est l'œuvre du groupement d'intérêt public « Objectif Meuse », financé par les producteurs de déchets nucléaires.

L'Ae observe que le projet de développement du territoire n'a pas fait l'objet d'options alternatives. Or, compte tenu de la nature du projet et des incertitudes qui portent sur les risques à long terme, il serait rationnel, en application du principe de précaution⁴⁴, de chercher à limiter durablement la population exposée à l'aléa, même si celui-ci est très faible. L'analyse des incidences cumulées des différents projets contribuerait à une réflexion plus complète sur cette question.

Une alternative pourrait consister, par exemple, à ne pas développer démographiquement le territoire potentiellement exposé aux risques sanitaires, certes très limités à court terme, mais de plus en plus incertains avec le temps. Cette réflexion prendrait tout son sens à une échelle plus large. Il s'agirait en particulier d'éviter que le développement économique futur, couplé à un possible oubli du stockage, ne s'aventure par méconnaissance dans des usages du sous-sol qui accroîtraient le risque. À tout le moins, il s'agirait de déterminer les conditions d'une compatibilité à long terme entre l'activité de stockage et les autres activités du territoire. Pour l'Ae, il est encore temps d'examiner des options alternatives permettant de coupler diminution de vulnérabilité, réduction des interventions d'origine anthropique, contrôle de la société⁴⁵ et préservation de la biodiversité sur un site que le projet rend *ipso facto* exceptionnel en France. À titre d'exemple, l'Ae considère qu'un espace naturel préservé pourrait être une de ces options. La réponse apportée pourrait en outre constituer un fondement de l'utilité publique du projet.

⁴⁴ L'Ae a eu l'occasion d'exprimer son interrogation sur l'enjeu de l'application du principe de précaution dans son avis sur le plan local d'urbanisme interurbain de la communauté de communes de la Haute-Saulx. [Avis Ae n°2017-11 du 22 mars 2017](#).

⁴⁵ Reprenant à son compte l'analyse de l'Autorité de sûreté nucléaire évoquée au chapitre 2.2.2 à propos de l'entreposage, l'Ae considère qu'il importe de s'assurer qu'un contrôle minimal de la société sera poursuivi pendant la durée de décroissance radioactive des déchets stockés en profondeur.

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 ;***
- ***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.***

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

L'analyse des incidences constitue un volume séparé de l'étude d'impact. Sa présentation est de qualité et elle comporte beaucoup d'informations pertinentes. Cependant, si le dossier évoque les possibilités de pollution accidentelle des eaux, la rétention des pollutions en cas d'accident et des eaux d'incendie, il se limite à développer essentiellement les impacts et les mesures de prévention pour les situations en fonctionnement normal. Aucun scénario en mode de fonctionnement dégradé, d'incident ou d'accident (panne de filtre sur les cheminées, longue coupure de courant ou sur le traitement d'eau par exemple) n'est présenté qui conduirait à un rejet ponctuel dans l'environnement avec des conséquences à court et à long terme. Les conséquences à long terme pour les sols d'un éventuel accident d'exploitation ou de chantier ne sont pas non plus exposées. Aucune évaluation des risques sanitaires en situation accidentelle n'est proposée, ni en phase d'exploitation ni pendant la longue période de décroissance de la radioactivité.

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.

2.3.1 Milieux naturels et physique

2.3.1.1 Émissions de gaz à effet de serre

Le dossier évalue la production et la consommation d'énergie à l'échelle de la région Grand Est et localement du Pays Barrois. Le dossier s'appuie sur la méthode du bilan carbone de l'Ademe pour calculer le niveau d'émissions de la phase de construction et de fonctionnement soit 11 Mt eq CO₂ pour un siècle.

Le dossier analyse également l'impact du projet sur la séquestration du carbone. Ce bilan est qualitatif et tient compte du fait que la surface boisée totale du site en phase de fonctionnement représente 34 % de la surface boisée initiale de 258 ha. Il est indiqué, sans autre précision, que les mesures de compensation environnementale sur les milieux boisés et prairiaux, ainsi que les mesures de compensation forestière « *contribuent à favoriser la séquestration du carbone* ». Plusieurs mesures d'évitement et de réduction sont présentées comme la sobriété énergétique, le recours aux énergies renouvelables, l'utilisation d'engins hybrides, l'utilisation de fluides frigorigènes à faible effet de serre, l'optimisation de la gestion des déchets. Leur apport n'est en général pas quantifié.

Le bilan total après mesures d'évitement, réduction et compensation est cependant fourni. Il est estimé à 10 Mt eq CO₂ sur l'ensemble du cycle du projet de sa conception à sa fermeture à horizon de 150 ans. Le dossier ne fournit cependant pas les détails de ce calcul.

Mais il faut aussi tenir compte de la dimension nationale du projet. Il permet d'apporter une solution pour les déchets les plus dangereux produits par l'industrie nucléaire. Les émissions de gaz à effet de serre devraient être analysées à l'échelle de l'ensemble du projet, mais aussi au regard de celles de la filière nucléaire.

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.

2.3.1.2 Qualité de l'air

Les principales incidences sur la qualité de l'air sont liées aux travaux de défrichement, de terrassement et de construction de la zone descendrière et de la zone puits. Les émissions sont principalement les poussières émises par les explosions, le creusement des galeries et la circulation des engins, ainsi que les particules, composés organiques volatils (COV) et oxydes d'azote liés au fonctionnement des engins et des centrales d'enrobage et de fabrication du béton. L'analyse est qualitative. Le dossier indique qu'« une quantification des poussières et COV pourra être réalisée pour la phase la plus pénalisante d'aménagements préalables ». Des mesures de réduction sont envisagées : végétalisation des versants, brumisation des versants non encore couverts, arrosage des pistes, prise en compte des conditions de vent, adaptation des équipements de chargement et déchargement, limitation des vitesses de circulation, entretien des véhicules, etc.

Une évaluation des émissions radioactives est également proposée. La seule source est constituée par les colis de déchets transportés jusqu'au centre Cigéo puis déchargés dans la zone descendrière. Le terme source⁴⁶ des émissions de la descendrière est récapitulé sur le tableau 2.

La dispersion de ces substances radioactives dans l'air est appréciée par modélisation. La plateforme de calcul Ceres du CEA, dont le dossier indique qu'elle est analysée par l'IRSN et l'ASN a été utilisée. Le modèle Aria Impact a été utilisé pour l'évaluation des concentrations au sein du village de Bure. Les résultats⁴⁷ sont présentés sur le tableau 2. La comparaison avec le bruit de fond montre que les concentrations ajoutées sont du même ordre de grandeur avec toutefois des concentrations d'isotope 85 du krypton (⁸⁵Kr) 25 fois plus élevées, sans toutefois de risque sanitaire significatif. L'Ae observe que les données présentées ci-dessus proviennent de deux chapitres distincts de l'étude d'impact, le chapitre 2.4 du volume IV qui concerne les incidences sur la qualité de l'air et le chapitre 3 du volume VI qui présente l'évaluation des risques sanitaires. Les deux présentent des différences qui compliquent leur appropriation par le public⁴⁸.

Type de rejet ⁴⁹	Installation nucléaire en surface	Cheminée de l'installation souterraine	Concentration maximale à 660 m au SW	Concentration maximale ajoutée à Bure	Bruit de fond dans l'aire d'étude
Tritium (³ H)	0,3 GBq/an	300 GBq/an	0,02 Bq/m ³	3 mBq/m ³	1 mBq/m ³
Carbone 14 (¹⁴ C)	0,2 GBq/an	300 GBq/an	0,01 Bq/m ³	2 mBq/m ³	25 mBq/m ³
Krypton 85 (⁸⁵ Kr)	4 GBq/an	6 000 GBq/an	0,4 Bq/m ³	50 mBq/m ³	2 mBq/m ³
Émetteurs beta	555 Bq/an	300 000 Bq/an	7 nBq/m ³	<1 nBq/m ³	
Émetteurs alpha	55 Bq/an	30 000 Bq/an	7 nBq/m ³	<1 nBq/m ³	

Tableau 2 : Rejets radioactifs maximaux annuels du bâtiment nucléaire de la descendrière et de l'installation souterraine et concentrations dans l'air à 660 m et à Bure. Source : dossier.

⁴⁶ Le terme source est la liste des substances émises ou susceptibles de l'être et des quantités correspondantes. Il est exprimé en termes de radioactivité en Becquerel (Bq) ou en giga Becquerel (GBq), soit un milliard de Becquerels.

⁴⁷ Les concentrations dans l'air sont exprimées par m³, en Bq, milli Bq : millième de Bq, nano Bq : milliardième de Bq.

⁴⁸ Par exemple, les concentrations à Bure sont fournies par l'évaluation des risques sanitaires tandis que l'analyse des incidences sur la qualité de l'air présente les valeurs à 660 m et le bruit de fond, de même les modèles de dispersion utilisés diffèrent sans que cela soit explicité.

⁴⁹ Les trois premières lignes comportent des radionucléides non piégés dans les déchets MA-VL, les deux dernières sont des particules se trouvant en surface des colis et piégées à 99 % par les filtres à haute efficacité.

Plusieurs mesures d'évitement et de réduction des émissions radioactives sont proposées. L'évitement des rejets repose sur le respect de spécifications de l'Andra pour le conditionnement, le transport et la manutention des déchets et la réduction des rejets est obtenue par leur canalisation en hauteur et l'utilisation de filtres à très haute efficacité. Les effets de ces mesures sont d'ores et déjà pris en compte pour les calculs présentés sur le tableau 2, dont il faut lire les incidences comme étant résiduelles, ce qui n'est pas explicite dans le dossier.

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.

2.3.1.3 Sols

2.3.1.3.1 Occupation des sols

Le projet modifie significativement l'occupation des sols. Les installations de Cigéo proprement dites occuperont 721 ha, dont 388 ha de terres agricoles. La zone puits consommera quant à elle 251 ha de surface boisée. Les autres composantes du projet consomment 62 ha dont 27 ha agricoles et 27 ha déjà artificialisés par la ligne ferroviaire. Le dossier traite l'analyse des incidences environnementales de cette modification de l'occupation des sols dans les chapitres sur l'économie agricole, la biodiversité et les eaux. Il souligne l'équilibre entre la consommation des espaces forestiers et agricoles, équilibre dont on peut penser qu'il a également été un facteur important dans le choix de l'implantation de la descenderie et de la zone puits. Néanmoins, cet équilibre n'est pas en lui-même porteur de minimisation des incidences environnementales.

Des mesures de réduction et de compensation sont proposées. La réduction est obtenue en reconstituant les sols et leur occupation à la fin de la phase de construction et au fur et à mesure du fonctionnement ((cf. figure 4). Sont ainsi « récupérés » 65 ha de terres agricoles, 51 ha de bois et bosquets et 55 ha de milieux naturels et lisières (en fait essentiellement les pelouses d'agrément du centre Cigéo sur 30 ha). Il s'y ajoute 24,5 ha de surface agricole compensée. Le dossier traite l'analyse des mesures compensatoires dans les trois chapitres traitant des compensations écologique, agricole et forestière (cf. 2.3.1.6 Milieux terrestres page 41 et 2.3.2.1 Services écosystémiques page 44).

2.3.1.3.2 Déblais et remblais

Le projet se caractérise par des mouvements importants des terres et roches. Les volumes en jeu qui équilibrent les déblais et remblais sont de :

- 5 millions de m³ en phase préalable et 1,6 millions de m³ en phase de construction pour la descenderie ;
- 4 millions de m³ en phase préalable et 2,8 millions de m³ en phase de construction pour la zone puits ;
- 11 millions de m³ d'argilite extraits du sous-sol alimentant les versées végétalisées sur une surface de 147 ha ajoutant, à l'horizon 2070-2080, une hauteur de 20 m au sol actuel, soit la même hauteur que la butte du Chauffour, point culminant actuel du bois Lejuc ;
- 500 000 m³ de déblais, équilibrés avec les remblais, pour les autres parties du projet.

Les mesures de réduction consistent à réemployer 40 % des versées pour le rebouchage des galeries au terme du projet, dans la végétalisation des versées et dans un modelé paysager du terrain.

2.3.1.3.3 Qualité des sols

Les risques de pollution accidentelle des sols en phase travaux font l'objet de mesures de réduction classiques comme le stockage des hydrocarbures sur des aires aménagées équipées de capacités de confinement et une organisation du chantier adaptée.

La pollution par les radionucléides transitant par le milieu aérien est envisagée. Le tritium est susceptible de retomber sous forme d'eau tritiée induisant un dépôt au sol de 300 Bq/m²/an, le carbone et le Krypton étant émis sous forme gazeuse ne se déposent pas sur les sols. Les émetteurs alpha et beta créeront des retombées de 60 µBq/m²/an et 600 µBq/m²/an respectivement. Le dossier n'indique pas quelle sera la quantité cumulée à la fin de la phase de fonctionnement ni le devenir des radionucléides au sein des sols ensuite. L'éventualité d'un accident mettant en jeu un colis de déchet est envisagée mais les mesures prises, notamment en termes de résistance du colis aux chocs, sont jugées suffisantes pour éviter tout rejet.

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.

2.3.1.4 Sous-sol

2.3.1.4.1 Stabilité du sous-sol

Du fait de la stabilité du sous-sol depuis plusieurs millions d'années, le dossier conclut que la couche géologique dans laquelle Cigéo sera creusé est « asismique ». Outre l'absence d'actualisation de la carte sismique de France observée par l'Ae dans le présent avis au chapitre « 2.1.1.3 Sous-sol » de l'état initial, l'Ae observe que les ouvrages souterrains se situent à 2 km du fossé de Gondrecourt (cf. figure 5 page 15), distance qui n'est pas justifiée en termes de risques pour le stockage. L'Ae souligne par ailleurs la nécessité d'étudier les incidences réciproques de Cigéo et du stockage de gaz souterrain de Trois-Fontaines-l'Abbaye situé à 30 km du projet (cf. chapitre 3.2).

Le rapport de l'Institut des sciences de l'univers du CNRS⁵⁰ suite au séisme du 11 novembre 2019, sur la commune du Teil, en Ardèche, indique que ce séisme s'est produit par glissement d'une faille qui était jusqu'alors considérée comme « éteinte ». D'après des chercheurs ayant participé à l'expertise du CNRS, ce séisme remet en cause la carte sismique de France⁵¹. Il importe donc de vérifier ce caractère asismique à l'aune de ces dernières études.

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.***

⁵⁰ Insu 2019. [Rapport d'évaluation du groupe de travail \(GT\) CNRS-INSU sur le séisme du Teil du 11 novembre 2019 et ses causes possibles](#)

⁵¹ Le site de l'[UMR Géosciences Montpellier](#) indique : « Cet évènement pose de nouvelles questions en termes d'évaluation du risque sismique en France métropolitaine où les taux de déformation sont très faibles, ainsi que dans d'autres régions intracontinentales considérées comme stables telle que l'Europe occidentale. »

2.3.1.4.2 Transfert des radionucléides dans le sous-sol

Le dossier souligne le très faible risque de transfert des radionucléides au sein de la couche d'argilite du Callovo-Oxfordien. Il se fonde pour cela sur plusieurs décennies d'études dans le laboratoire souterrain de Meuse-Haute-Marne de l'Andra ainsi que d'autres études internationales. Le dossier ne fournit cependant pas les détails qui permettent de s'assurer de la validité de cette assertion, renvoyant à la partie « Après fermeture » du dossier d'options de sûreté établi en 2016. L'Ae considère que l'étude d'impact doit reprendre les éléments principaux de ce dossier afin d'être auto-portante et d'informer complètement le public. Pour la suite de la compréhension de l'avis, l'Ae résume ci-dessous les principales caractéristiques de la couche géologique qui expliquent la très faible progression de la contamination des argilites pendant la phase de stockage.

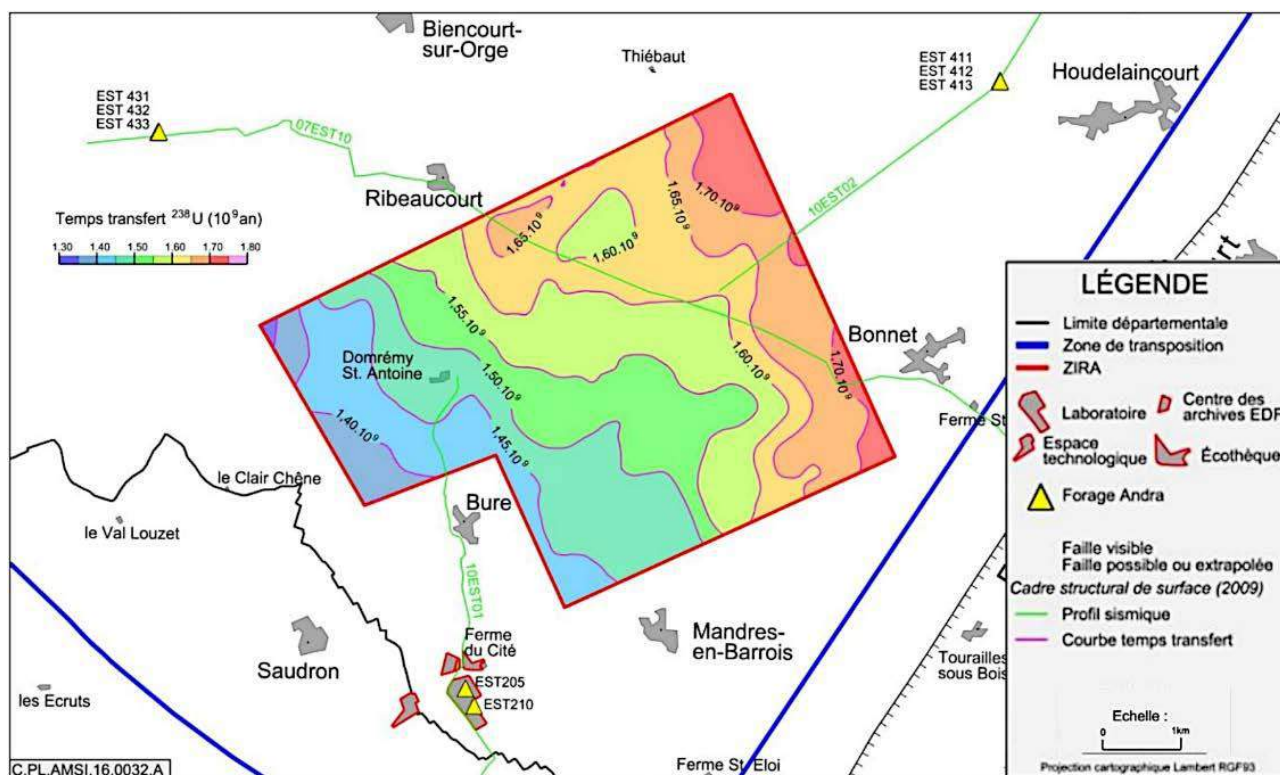


Figure 11 : Carte des temps de transfert de ^{238}U depuis le stockage Gigéo vers le toit de la couche d'argilite du Callovo-Oxfordien. Source : [Andra 2016, Dossier d'options de sûreté après fermeture](#).

Les seuls radionucléides susceptibles de migrer dans l'eau interstitielle de la couche d'argilite sont les halogénures⁵² : Cl^- , Br^- et I^- . Ainsi, la plupart des radionucléides qui rejoindront la couche géologique vont s'adsorber à la surface des particules de roche sans rejoindre l'eau circulante. La perméabilité de l'argilite est très faible, l'écoulement de l'eau est de quelques dizaines de centimètres pour 100 000 ans. La figure 11 montre les temps de transferts calculés pour l'uranium. La diffusion des radionucléides varie selon leur caractère cationique (ions positifs), anionique (ions négatifs) ou neutre. La capacité de diffusion d'un anion comme le chlore 36, non adsorbé et très soluble dans l'eau vers le toit de la couche d'argilite est de 700 000 ans pour un parcours d'environ 60 m.

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.

⁵² Les halogènes sont constitués par le Fluor (F), le Chlore (Cl), le Brome (Br) et l'Iode (I). Les ions halogénures sont des atomes d'halogènes ayant gagné un électron (F^- , Cl^- , Br^- et I^-).

La première mesure d'évitement est celle qui a permis d'optimiser le choix du site au sein de la couche d'argilite. Une première zone dite « *zone de transposition* » a été délimitée sur des critères géologiques, à l'écart des failles : fossé de Gondrecourt et faille de la Marne (cf. figure 5 page 15). La deuxième mesure d'évitement est liée au caractère progressif de la construction qui permettra aux générations futures de modifier le programme de livraison des colis et d'accélérer, de retarder ou de modifier la construction des extensions. Curieusement, la réversibilité du stockage qui devrait permettre de récupérer les colis si cela était décidé pendant le siècle à venir n'est pas évoquée. Enfin, il est indiqué que les zones présentant un caractère exceptionnel en termes de ressources souterraines ont été évitées (carrières, ressources de minerai et d'hydrocarbures, géothermie). L'Ae observe que des ressources de peu d'intérêt avec les méthodes d'extraction aujourd'hui disponibles peuvent avoir un intérêt futur, voir à cet égard le chapitre 3.2.

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

2.3.1.4.3 Disponibilité des matériaux

Le dossier interroge la compatibilité du projet avec le schéma régional des carrières. Il souligne le fort besoin de matériaux du projet avec 5,7 millions de tonnes de granulats, 1,4 millions de tonnes de ciment et 4,9 millions de tonnes de sables. La comparaison avec le schéma régional des carrières n'est cependant pas quantitative. Le dossier n'explique pas la provenance des matériaux utilisés dans le cas notamment où l'approvisionnement local ne serait pas possible.

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.

2.3.1.5 Eau et milieu aquatique

Le dossier détaille les incidences possibles sur les eaux, mais sans évaluation chiffrée. Il ne précise pas la nature ni l'origine des pollutions et n'évoque pas non plus l'impact lié au stockage des vers, par ruissellement ou infiltration, voire même si les matériaux de vers doivent être « valorisés » en remblaiement de carrière. L'IRSN⁵³ note pourtant la présence dans l'argilite de 11 mg/kg d'arsenic et de 2.1 mg/kg d'uranium. Il relève que les lixiviats⁵⁴ issus des vers du laboratoire souterrain contiennent de fortes concentrations de sulfates (1 à 5 g/l) et de sodium (plus de 1 g/l).

2.3.1.5.1 Mesures d'évitement et de réduction

Le dossier prévoit différentes mesures d'évitement : implantation de la descenderie en dehors des zones de fracturation, réalisation des travaux en période d'assez au droit des cours d'eau temporaires, recyclage des eaux traitées, limitation des surfaces imperméabilisées. Le centre de stockage Cigéo est implanté à l'écart des zones inondables. Aucune information n'est cependant fournie sur le choix d'implantation des vers.

Il n'y aura pas de nouveaux prélèvements d'eau. Les besoins d'approvisionnement en eau potable (AEP) seront couverts par raccordement aux réseaux publics de distribution. Selon le dossier, il n'existe aucune incidence sur les captages AEP, bien que le centre de stockage soit inclus en partie dans le périmètre de protection éloigné du captage de Rupt-aux-Nonains : l'étude de faisabilité a

⁵³ [Rapport IRSN n°2017-00013 Projet de stockage Cigéo — Examen du Dossier d'Options de Sûreté](#)

⁵⁴ Le lixiviat est le liquide résiduel qui provient de la percolation de l'eau à travers un matériau, dont une fraction est soluble.

permis de vérifier que les débits prélevés sont adaptés à la capacité de recharge des captages et Cigéo respectera les prescriptions des périmètres de protection. Les autres besoins en eau seront couverts par le recyclage des eaux traitées. Pour l'Ae, le transfert des prélèvements d'eau potable sur le réseau public ne constitue pas une mesure d'évitement car la ressource exploitée restera la même.

Les effluents « non conventionnels » (contenant des traces de contamination radioactives) qui pourraient être produits ne sont pas rejetés dans le milieu, mais contrôlés radiologiquement et le cas échéant, traités avant transfert vers une installation agréée pour leur élimination. 150 l d'effluent par jour pourraient être produits avec une activité inférieure à quelques dizaines de Bq/l⁵⁵.

Les dispositions constructives de la zone descenderie et les liaisons surface-fond devraient réduire le drainage de la nappe. La conception de la paroi étanche en zone descenderie prévoit la mise en place de bulbes d'étanchéité et de revêtements au niveau des liaisons surface-fond.

La nappe des calcaires du Barrois et les nappes recoupées par le creusement des puits ont été modélisées⁵⁶ pour valider la conception retenue. Les incidences sur les usages ne seraient notables et permanentes que sur les seuls captages localisés dans le cône de rabattement de la nappe des calcaires du Barrois induit par la descenderie. La conception de la paroi étanche et des liaisons surface-fond doit faire l'objet d'une démarche itérative afin d'en réduire les incidences. Elle n'est pas aujourd'hui aboutie.

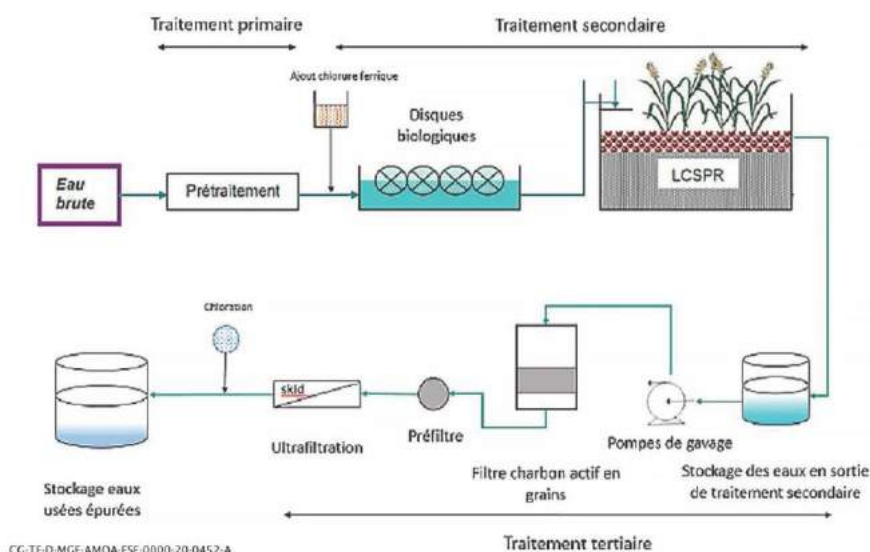


Figure 12 : Schéma de la filière de traitement des eaux usées et industrielles. Source dossier

Il est prévu des dispositifs de traitement des eaux très complets et prévoir des performances épuratoires élevées, compatibles avec la réutilisation des eaux à des fins industrielles, qu'il s'agisse des eaux pluviales, usées et industrielles, ou d'exhaure⁵⁷. Ainsi, les deux stations d'épuration des eaux usées et industrielles des zones descenderie (1 700 équivalent-habitants) et puits (675 équivalent-habitants) comprendront un traitement secondaire constitué de disques biologiques couplés avec un lit de clarification-séchage planté de roseaux (LCSRP), suivi d'un traitement tertiaire allant jusqu'à

⁵⁵ Pour comparaison, l'activité de l'eau de mer est de l'ordre de 40 Bq/l

⁵⁶ Dans son avis n°2018-AV-0300 du 11/01/2018 relatif au DOS présenté par l'Andra pour le projet Cigéo, l'ASN émet des doutes sur la représentativité de cette modélisation hydrogéologique. > quels enjeux environnementaux ?

⁵⁷ Les eaux d'exhaure désignent les eaux pompées ou drainées des mines pour les maintenir hors d'eau malgré les infiltrations.

l'ultrafiltration et la désinfection aux UV. *A contrario*, la définition du traitement des eaux de ruissellement des versants n'est pas aboutie. Il était nécessaire de préciser la nature de ces traitements, sachant que ce ruissellement peut entraîner les polluants naturels contenus dans les argilites dont l'arsenic et l'uranium.

Avant traitement, toutes les eaux pluviales sont stockées dans un bassin dimensionné pour recevoir des pluies de deux heures d'intensité de fréquence biennale. Ces bassins peuvent servir de rétention en cas de pollution accidentelle. Ce dimensionnement est insuffisant, car il signifierait que les eaux de ruissellement seraient rejetées au milieu en moyenne plus d'une fois tous les deux ans, sans traitement, avec vraisemblablement une infiltration rapide vers la nappe.

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

2.3.1.5.2 Incidences résiduelles et besoins de compensation

Le dossier considère que l'incidence résiduelle ne reste notable que sur les nappes au droit de la zone de dépression piézométrique de la nappe des calcaires du Barrois. Il n'en est pas attendu sur les eaux superficielles, si ce n'est en cas d'incident ayant un impact sur l'environnement. L'Andra indique que des compensations des usages affectés seront mises en place au cas par cas, avec le gestionnaire de la ressource et les services de l'État. Pour l'Ae, il s'agit dès lors qu'aucune incidence résiduelle n'est retenue, de mesures d'accompagnement et non de compensation.

2.3.1.5.3 Mesures de suivi

Les modalités de suivi des mesures ERC comprennent le contrôle de la performance des dispositifs de gestion et de traitement des eaux. Un réseau est prévu pour le suivi des eaux superficielles, des zones d'expansion de crues, de l'hydromorphologie des cours d'eau et de la qualité des eaux recyclées. Le dossier renvoie pour la définition précise des protocoles aux prescriptions de l'arrêté d'autorisation de création et à celles des futurs dossiers de demandes d'autorisation environnementale (points de suivi, nature, fréquence...). Il est donc difficile d'émettre un avis à ce stade.

2.3.1.5.4 Conclusions de l'Ae sur la prise en compte de l'eau et des milieux aquatiques

Les informations produites restent qualitatives et parfois incomplètes, que ce soit sur les impacts, les mesures ERC ou le suivi. Les précisions attendues (volumes, performances, protocoles ...) sont renvoyées aux étapes ultérieures. Il manque des évaluations chiffrées, notamment sur les besoins en eau, les ruissellements, les rejets. C'est une difficulté majeure pour juger des impacts, de la qualité des mesures ERC et de leur suivi et établir le caractère engageant pour le pétitionnaire de son étude d'impact.

L'impact du ruissellement, mais surtout de la percolation sur et dans les versants n'est qu'à peine évoqué, sans précision sur le type de traitement ni information sur les mesures d'évitement et de suivi de la pollution possible des nappes par percolation.

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 versants.

Le projet s'est appuyé sur des moyens d'étude considérables et présente des solutions techniques de bon niveau. L'Ae s'est cependant interrogée sur les possibilités d'amélioration de la démarche

ERC, sans mobilisation de moyens supplémentaires conséquents, par approfondissement de certaines études : dimension des bassins de réception des eaux pluviales, osmose inverse en lieu et place de l'ultrafiltration, meilleure exploitation du modèle de nappe (simulation de nouveaux scénarios en particulier).

Ainsi, les possibilités d'infiltration vers la nappe d'eaux non polluées ou traitées en excédent ne sont pas étudiées. Bien entendu, cette possibilité devrait s'accompagner des études, des technologies, des mesures de sécurité et des contrôles adaptés⁵⁸. Il s'agirait là non seulement d'une mesure de compensation du rabattement de la nappe des calcaires du Barrois, mais d'une amélioration de la gestion globale de l'eau sur un site en tête de bassin versant. Il en va de même des possibilités de production d'eau potable en circuit fermé sur site, soit à partir de forages sur la nappe réalimentée, soit à partir de traitements plus poussés de certaines eaux excédentaires.

Les possibilités de limitation des surfaces imperméabilisées ne sont que citées. Or, 100 ha imperméabilisés représentent de l'ordre de 250 000 m³ perdus pour la recharge annuelle des nappes et de l'ordre de 800 000 m³ de ruissellement annuel supplémentaire, avec un ruissellement de plusieurs dizaines de milliers de m³ pour les orages les plus violents.

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.

2.3.1.6 Milieux terrestres et humides

2.3.1.6.1 Descenderie et liaison intersites

La descenderie est implantée en milieu essentiellement agricole où elle occupera une surface de 269 ha. Les principaux enjeux se situent à l'ouest dans la vallée de l'Orge ainsi qu'au niveau de la rivière Bureau. Les mesures d'évitement intègrent la préservation d'une bande de 24 ha de milieux cultivés et prairiaux au bord de l'Orge et une bande périphérique de 14 ha en bordure de clôture de l'ensemble de la descenderie. En matière de réduction, des mesures de prévention des risques de pollution du chantier sont prévues, ainsi que la réduction de l'éclairage, la création de passages à faune, l'enlèvement des caches à reptiles et amphibiens, ainsi que le traitement des espèces exotiques envahissantes qui sera réalisé sans utilisation de pesticides. Le dossier identifie des incidences résiduelles fortes après évitement et réduction seulement sur les éléments structurants du paysage autour de l'Orge, toutes les autres sont considérées comme faibles à très faibles. Aucune incidence résiduelle moyenne à très forte n'est identifiée sur la liaison intersites.

2.3.1.6.2 Zone puits

L'implantation de la zone puits dans le bois Lejuc nécessite le défrichement de 230 ha entraînant la destruction de près de la moitié de 527 ha de forêts. Les incidences résiduelles sont importantes notamment pour les oiseaux, les mammifères terrestres et chauves-souris. Le dossier souligne que les enjeux concernant les reptiles étant concentrés sur les lisières, les incidences seront moyennes. Les incidences sur les amphibiens seront également moyennes du fait de l'absence d'emprise sur la vallée de l'Ormançon. Enfin, les stations de flore à enjeu sont situées en dehors des emprises.

⁵⁸ Il pourrait d'ailleurs être démontré, par modélisation ou calcul simple, que jusqu'à un certain débit, cette infiltration au droit du cône de rabattement de la nappe s'effectue sans que cette eau n'atteigne un captage.

2.3.1.6.3 Installation terminale embranchée

L'installation terminale embranchée évitera les zones humides et préservera la végétation sur les espaces en remblai. L'installation ne sera pas clôturée afin de permettre la circulation de la faune. Les incidences résiduelles sont néanmoins importantes avec les destructions suivantes sur 269 ha :

- habitats naturels communautaires non prioritaires ;
- trois stations de Mélisse ciliée, espèce végétale protégée en Lorraine ;
- habitats d'intérêt fort et moyen pour les insectes (Flambé, Cuivré des marais, Azuré bleu céleste, Mélitée des digitales, Œdipode germanique, Zygène de la coronille) ;
- habitats d'intérêt moyen à fort pour les reptiles ;
- habitats pour les chauves-souris (30 arbres gîtes potentiels détruits).

2.3.1.6.4 Zones humides

Plusieurs zones humides pourraient être asséchées pendant les travaux et le fonctionnement du centre de stockage du fait des rabattements de nappe qui seront opérés notamment sur la zone de descenderie. Plusieurs constructions sont susceptibles de se trouver dans des zones humides, ou de les affecter partiellement, notamment en phase travaux. Le maître d'ouvrage du projet a pris soin de respecter le devenir des eaux dans chacun des bassins versants ce qui devrait contribuer à réduire les effets sur les zones humides. L'accompagnement des chantiers par un écologue est prévu afin de repérer les éventuels impacts des travaux sur les zones humides, identifiées dont l'identification devra être approfondie en phase ultérieure, et de mettre en place les mesures d'évitement, de réduction et de compensation appropriées.

2.3.1.6.5 Continuités écologiques

Les circulations dans les milieux ouverts pourront être perturbées par les infrastructures linéaires comme la liaison intersites ou l'installation terminale embranchée. La mesure de réduction proposée consiste à créer des ouvrages de franchissement sous les voiries en lien avec le réseau hydraulique.

D'après le dossier, l'incidence du projet sur le corridor forestier régional au nord de la zone puits ne sera effective que vers les années 2070 dans la mesure où la valorisation des versants n'aurait pas abouti. Cette interprétation est contestable car la destruction du bois Lejuc aura inévitablement un impact sur la fonctionnalité de ce corridor et du réservoir de biodiversité que représente ce boisement. De plus, un « effet entonnoir » risque d'être induit par la concentration de la circulation des espèces au nord du bois. Il est difficile de restreindre la fonction corridor à la partie nord du bois Lejuc sans imaginer que le réservoir de biodiversité constitué par l'ensemble du bois est utilisé par les espèces lors de leurs déplacements. Ainsi l'incidence sur les continuités écologiques traversant le bois Lejuc doit être considérée comme forte dès le début des travaux de défrichement et non pas, comme le déclare le dossier, dans une hypothétique étape ultérieure.

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.

2.3.1.6.6 Mesures de compensation

Le dossier procède à l'estimation de la dette écologique sur la base de l'ensemble des incidences résiduelles sur chacun des habitats concernés par le projet. La méthode utilisée, intitulée « Méthode miroir », consiste à évaluer « en miroir », d'une part la dette écologique liée aux incidences du projet

sur les habitats et les espèces, d'autre part le gain écologique des mesures de compensation proposées. La qualification des habitats est réalisée par les bureaux d'étude en charge du volet faune-flore de l'étude d'impact. L'Ae suggère que compte-tenu de l'ampleur exceptionnelle du projet, les avis d'experts soient validés par un conseil scientifique. Cela permettrait également de statuer sur l'intérêt écologique du bois Lejuc qui est considéré dans le dossier comme relativement banal bien qu'il soit situé en Znieff (cf. § 2.1.2.3 et § 2.2.6).

La méthode utilisée est conceptuellement proche de la méthode préconisée par le ministère de la transition écologique (MTE)⁵⁹ dans le cadre de la mise en œuvre de la [loi pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages du 8 août 2016](#). Cette méthode de réparation du préjudice écologique concerne les préjudices graves, ce qui est le cas de Cigéo étant donné l'étendue des emprises sur les milieux naturels et la durée du projet.

Plusieurs éléments de la méthode préconisée par le ministère diffèrent de la méthode employée par l'évaluation environnementale du projet Cigéo, notamment :

- les habitats pris en compte sont ceux de la nomenclature européenne Eunis (4^e et 5^e niveau) et non ceux de la classification Corine Biotopes⁶⁰, en particulier les habitats de type grande culture ne sont pas retenus ;
- les notions de succession et de trajectoire écologique présentes dans la méthode du MTE sont absentes de la méthode miroir ;
- le facteur multiplicateur utilisé par le MTE varie entre 1 et 5⁶¹, il prend notamment en compte la connectivité des écosystèmes ;
- la méthode du MTE utilise un facteur d'actualisation qui est de 3 % pour les gains obtenus après un délai de 10 à 50 ans, ce qui appliqué à une forêt qui est mature en trente ans revient à lui affecter une valeur unitaire aujourd'hui de 0,4.

Les zones humides seront compensées par des mesures spécifiques ; l'Andra s'engage à compenser les impacts avec un ratio surfacique double. L'Ae observe que des outils fondés sur l'analyse des fonctionnalités existent et que la méthode MTE peut aussi être utilisée.

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 ;***
- ***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.***

⁵⁹ [Thema décembre 2018. Comment réparer les dommages écologiques graves ?](#)

⁶⁰ Une correspondance est disponible sur le [site du Muséum national d'histoire naturelle](#)

⁶¹ Il est égal à la somme de 1 + facteur d'enjeu écologique (0 à 0,5) + fiabilité (0 à 0,5) + équivalence géographique (0 à 1,5) + connectivité (0 à 1,5)

2.3.2 Milieu humain

2.3.2.1 Services écosystémiques

Les mécanismes envisagés pour la compensation agricole et sylvicole sont réservés aux deux départements de la Haute-Marne et de la Meuse. Ainsi, les surfaces à vocation agricole ou sylvicoles du département des Vosges, plus proches que beaucoup de parcelles des deux départements concernés sont exclues de la compensation. L'Ae considère que le découpage administratif n'a pas lieu d'être un critère de choix des parcelles de compensation, choix qui doit rester motivé par des considérations de géographie physique et d'environnement.

La compensation agricole telle que mise en œuvre dans le projet, que l'on peut analyser comme une compensation de la perte de services écosystémiques de production alimentaire végétale et animale, est financière. Elle consiste à financer des projets d'intensification de la performance agricole sans accroître la surface exploitée. En tenant compte des espaces consommés par la compensation écologique, la surface agricole à compenser s'élève à 580 ha. La perte économique annuelle correspondante est estimée entre 370 000 € et 440 000 €. Un fonds sera créé afin de soutenir les projets de compensation innovants des départements de la Meuse et de la Haute-Marne permettant une augmentation de la valeur ajoutée agricole. Sont ainsi envisagés des projets visant la modernisation de l'industrie laitière et fromagère, la diversification des productions agricoles, la production de biomasse et d'agro-matériaux.

Le dossier ne mentionne pas de conditionnalité environnementale associée à ces projets. L'Ae observe que la compensation agricole du projet Cigéo, y compris du fait des surfaces agricoles consommées par les mesures compensatoires écologiques, pourrait engendrer des impacts environnementaux, par exemple du fait de l'éventuel usage de fertilisants ou de pesticides ou de tout autre effet d'exploitations intensives, qui ne sont pas évalués par le dossier.

La compensation sylvicole est conçue comme devant privilégier des projets de travaux de boisement ou de reboisement et d'amélioration de parcelles à vocation sylvicole dégradées. Le versement d'une soulte au fonds stratégique de la forêt et du bois est également prévu. Les surfaces de compensation seront ajustées au fur et à mesure des défrichements ; pour la première phase une surface de 275 ha est envisagée, soit le double de la surface défrichée. Si les surfaces concernées sont situées de préférence à proximité du site, seuls les boisements des départements de la Meuse et de la Haute-Marne sont concernés.

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.

2.3.2.2 Risques sanitaires

Le dossier comporte une évaluation des risques sanitaires sous forme d'un volume séparé. Cette évaluation examine les effets des nuisances physiques, chimiques et radioactives. Comme indiqué en tête du chapitre 2.3 les conséquences sanitaires de situations accidentelles ne sont pas évaluées.

2.3.2.2.1 Nuisances physiques

Les bruits du chantier, sur une dizaine d'années, seront liés au fonctionnement des engins de terrassement et de creusement et à la circulation des camions. En phase de fonctionnement les bruits principaux seront liés aux systèmes de ventilation, aux transformateurs électriques et à la centrale à béton utilisée pour la poursuite du creusement des alvéoles. La circulation des engins est également susceptible de produire des vibrations. Enfin, l'alimentation électrique à haute tension engendrera des champs électriques et magnétiques de très basse fréquence.

Plusieurs mesures d'évitement et de réduction sont prévues, outre l'éloignement du site à 500 m des habitations les plus proches, l'installation de merlons et d'écrans acoustiques en zone descendante, l'utilisation d'un convoyeur semi enterré, le blindage des liaisons électriques enterrées, l'éclairage focalisé à la demande et la réalisation des travaux uniquement en période diurne de 7h à 22h.

Les niveaux sonores maximaux calculés par modélisation sont les plus élevés au droit de l'hôtel de Bindeuil, des habitations de Saudron et de Gillaumé. Pour ces trois sites, les émergences réglementaires sont dépassées en période diurne (Saudron 6,6 dB, Gillaumé 8,2 dB) et pour l'hôtel de Bindeuil (10 dB) en période nocturne. La mise en place d'un merlon acoustique, proposée comme mesure de réduction, devrait permettre de réduire les émergences au niveau requis par la réglementation. L'étude des risques sanitaires souligne que ces niveaux « *peuvent représenter une gêne et éventuellement un peu de stress pour les résidents* » mais qu'« *ils ne perturberont pas leur sommeil* ». L'Ae considère ce constat insuffisant ; les niveaux de bruit résiduels devraient respecter les préconisations de l'Organisation mondiale de la santé.

Les champs électriques et magnétiques liés à la ligne électrique aérienne à 400 kV sont largement inférieurs aux valeurs limites réglementaires respectivement de 5 000 V/m et 100 µT. Cependant, au droit de la ligne, le champ électrique atteint 4 950 V/m. Il en est de même pour la liaison électrique souterraine à 90 kV.

2.3.2.2.2 Nuisances chimiques

Les émissions de substances toxiques en milieu liquide comprennent des substances minérales contenues dans les verses, dont la composition n'est pas précisée (cf. § 2.1.1.4), des hydrocarbures du fait de la présence d'engins, des matières en suspension, de l'azote, du phosphore, du cuivre, du zinc, du plomb, du cadmium, des hydrocarbures aromatiques polycycliques, des sulfates. Les émissions de substances en phase gazeuse sont, pour le chantier, des poussières, oxydes d'azote, oxydes de soufre, monoxyde de carbone et hydrocarbures dont des composés organiques volatils. En phase d'exploitation, les poussières emportées par érosion éolienne des verses, les gaz émis par les véhicules et diverses substances émises par les installations.

Les mesures de réduction concernent le traitement des eaux, qui est spécifique à chaque installation, leur contrôle avant rejet, la végétalisation des verses et diverses mesures de chantier comme la limitation de vitesse et l'arrosage des pistes. Ces mesures conduisent le maître d'ouvrage à considérer que le risque sanitaire lié aux rejets en milieu liquide n'est pas significatif. Cette conclusion est acceptable sous réserve de prise en compte de la recommandation de l'Ae concernant la composition chimique des verses émise au chapitre 2.1.1.3.

L'évaluation des risques sanitaires liés au milieu aérien porte sur les substances suivantes : oxydes d'azote, oxydes de soufre, PM₁₀ et PM_{2,5}, composés organiques volatils et monoxyde de carbone. Les populations prises en compte sont celles des villages les plus proches. Les quotients de dangers et les excès de risque individuels sont tous très inférieurs aux valeurs repère de risque utilisées en évaluation de risque sanitaire⁶². Pour les substances pour lesquelles on ne dispose pas de valeurs toxiques de référence mais seulement d'objectifs de qualité, ceux-ci sont largement respectés.

2.3.2.2.3 Radioactivité

L'exposition radioactive naturelle annuelle des personnes en France est en moyenne de 2,9 millisievert (mSv). La réglementation limite à un total de 1 mSv l'exposition annuelle aux rayonnements ionisants liée aux activités nucléaires dans l'environnement, toutes sources confondues. La limite fixée pour les émissions spécifiques à Cigéo est de 0,25 mSv, cette limite étant supposée pérenne pour les générations futures.

Les émissions liées au transports des colis de déchets radioactifs sont jugées très faibles, elles concernent environ 76 trains par an en phase de fonctionnement. Les colis sont conditionnés de façon à ce que les surfaces accessibles ne contiennent pas plus de 4 Bq/m², et le rayonnement ne peut dépasser 2 mSv/h, limité à 0,1 mSv/h à 2 m de l'emballage. Une fois sur place, les émissions des colis, qui ne seront pas ouverts, sont liées à leur manutention. Il s'agit d'éventuelles contaminations de surface et d'émissions gazeuses des déchets MA-VL (3H, 14C, 85Kr). Les émissions sont présentées dans le chapitre 2.3.1.2 du présent avis. Le dossier mentionne également la présence, en très faible quantité, de déchets liés à « la récupération d'effluents des zones à production possible de déchets nucléaires », Il s'agit d'effluents liquides internes de 150 l/jour avec une contamination de l'ordre de quelques dizaines de Bq/l.

La conception des colis qui conduit aux normes de contamination et d'émission indiquées supra constitue une première mesure de réduction. Le système de ventilation du site avec des filtres à très haute efficacité constituent la deuxième de ces mesures. La hauteur des cheminées, 40 m en zone descendrière, forme la troisième.

Les risques sanitaires sont évalués à partir des concentrations dispersées dans l'air ambiant au niveau des zones d'habitation et du dépôt sur les denrées alimentaires susceptibles d'être ingérées par les habitants. L'exposition résultante est de l'ordre de 1 µSv/an, soit mille fois moins que la norme réglementaire.

2.3.2.3 Paysage

La construction du centre Cigéo comporte des modifications du relief, des défrichements, la construction de bâtiments et la mise en place d'infrastructures linéaires qui modifient significativement le paysage forestier et agricole qui caractérise le site aujourd'hui. Les mesures d'évitement comportent, outre le choix d'un site rural, le maintien de bandes boisées en bordure des sites, la réutilisation d'infrastructures existantes et la préservation des milieux ouverts au niveau de la descendrière. La réduction des impacts paysagers s'appuie sur le modelé des versées végétalisées et des différents espaces, conforme au terrain naturel, l'éloignement de la liaison intersites de Mandres-en-Barrois et de Bure et la plantation de masques boisés.

⁶² Le quotient de danger est le rapport de la dose d'exposition sur le seuil d'effet, l'excès de risque individuel est la probabilité de cancer du fait de l'exposition aux systèmes toxiques.

Le dossier est abondamment illustré avec des photomontages qui illustrent les modifications du paysage entre l'état actuel, la phase d'aménagements préalables et la phase de fonctionnement. Les photographies servant de support à ces photomontages semblent prises du même point de vue mais n'ont pas toutes le même angle de champ, ce qui rend difficiles certaines comparaisons.

2.4 Évaluation des incidences Natura 2000

Les sites Natura 2000 ont été recensés dans un rayon de 30 km autour du site de Cigéo (cf. carte figure 13) et à proximité de la ligne à 400 kV. Aucun site n'est directement recouvert par l'emprise du projet à l'exception de la voie ferrée et des pylônes de la ligne à 400 kV. La [ZPS FR2112001](#) « Herbages et cultures des vallées de la Voire, de l'Héronne et de la Laines » qui jouxte la réserve naturelle des étangs de la Horre et qui est située à 350 m au sud de la ligne à 400 kV sur la commune de Rives-Dervoises, n'est pas mentionnée.

L'Ae recommande de compléter l'analyse des enjeux des sites Natura 2000 en ajoutant la ZPS FR2112001 « Herbages et cultures des vallées de la Voire, de l'Héronne et de la Laines ».

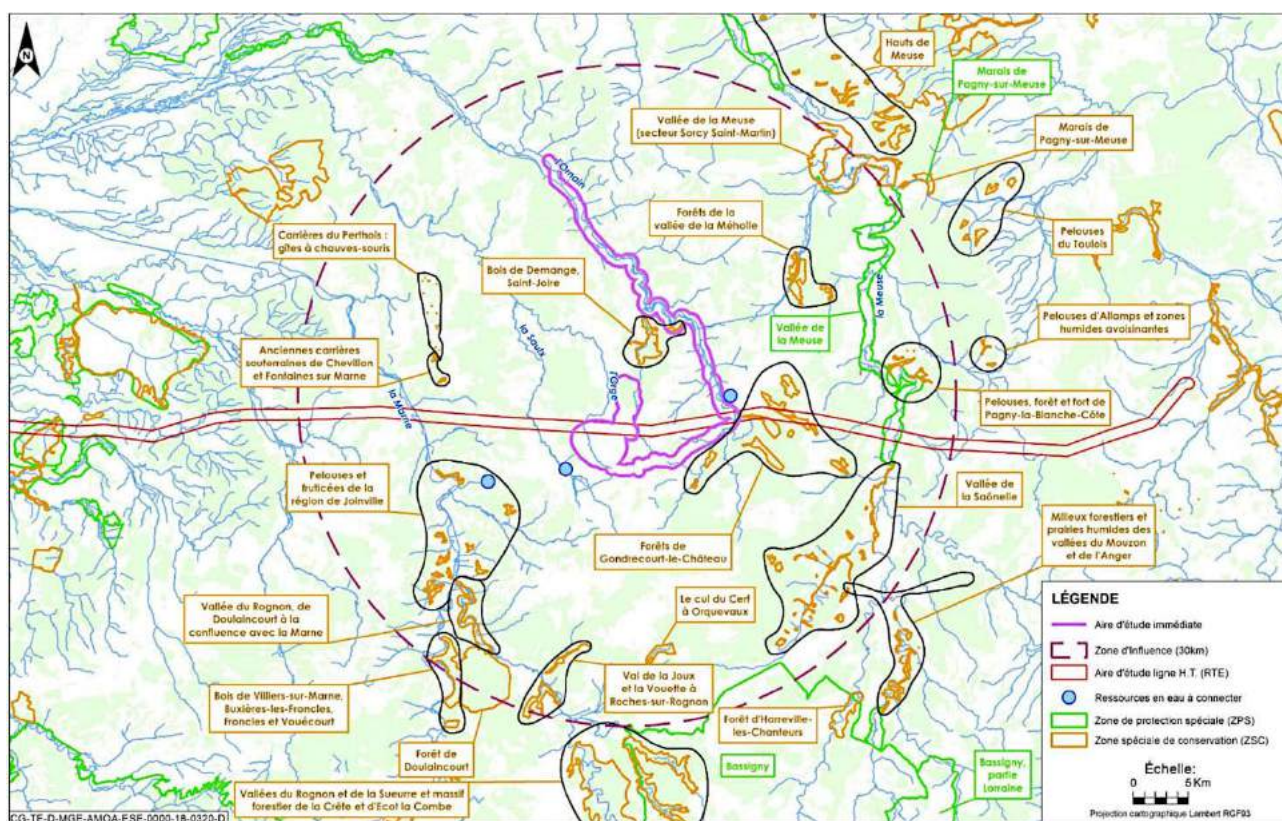


Figure 13 : Sites pris en compte par l'évaluation des incidences Natura 2000. Source dossier.

Le dossier liste les types d'effets génériques sur les espèces et habitats naturels de sites Natura 2000 :

- Destruction des habitats naturels et habitats d'espèces ;
- Destruction des individus ;
- Altération biochimique des milieux ;
- Perturbation et dérangement ;
- Effet de lisière (coupe rase, aménagement en bordure de site) ;
- Dégradation des fonctionnalités écologiques.

Les mesures d'évitement et de réduction sont précisées : cinq mesures d'évitement et 15 mesures de réduction. L'analyse du dossier conduit à exclure l'existence d'incidences négatives significatives sur les habitats naturels et espèces ayant permis de désigner les sites Natura 2000 après mesures d'évitement et de réduction. Les incidences du renforcement de la ligne électrique à 400 kV sur les oiseaux notamment au niveau des pylônes situés dans les ZSC FR 2110091, FR 2100332 et FR 2112001 ne peuvent faire l'objet d'une conclusion certaine, les travaux sur ces ouvrages n'étant pas décrits avec suffisamment de précision pour juger de l'absence d'incidence significative. De même, les deux espèces Agrion de Mercure et Chabot qui ont permis la désignation de la ZSC FR 4100180 pourraient être affectées par les modifications du régime hydrologique et de la qualité des eaux de ruissellement car leurs habitats, s'ils ne font pas l'objet de changement physique direct, sont situés dans le bassin versant du bois Lejuc où des défrichements de grande ampleur auront lieu et qui accueillera les versées. Ces éléments conduisent l'Ae à ne pas souscrire, à ce stade des études, aux conclusions sur l'absence d'incidence significative sur les sites Natura 2000.

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.

2.5 Évaluation économique et sociale des infrastructures de transport

Le dossier comprend la réalisation de deux infrastructures de transport, ferroviaire et routière. Il comporte une évaluation économique et sociale de ces infrastructures dans un cahier séparé. Il souligne que l'enjeu économique est fort du fait d'une faible densité de population, d'une faible attractivité économique, d'un solde migratoire déficitaire, d'un nombre important de logements vacants et d'un taux de chômage légèrement supérieur à la moyenne nationale.

Toutes les infrastructures de transport sont listées dans le dossier avec le trafic qui les emprunte. Le cadrage économique est fondé sur les données de l'Institut national de la statistique et des études économiques et des études économiques et du Conseil d'orientation des retraites, soit une augmentation du produit intérieur brut de 1,5 % par an et une croissance démographique de 0,3 % par an. Les hypothèses d'évolution du trafic, du prix des carburants et de la consommation d'énergie sont celles des deux scénarios AME et AMS⁶³ de la Stratégie nationale bas carbone. Le coût du pétrole est estimé selon les projections de l'Agence internationale de l'énergie.

L'étude souligne l'effet positif de Cigéo sur l'économie du territoire. Les emplois devraient augmenter pendant la phase préalable jusqu'à 2000 personnes en phase de construction initiale. En fonctionnement, 370 emplois sont prévus à l'Andra avec un effet induit de 600 emplois chez les fournisseurs, prestataires et sous-traitants.

Le projet comporte la création ou la modification de plusieurs voies de communication : ligne ferroviaire, installation terminale embranchée, déviation de la départementale 60/960 et liaison inter-sites. L'effet de ces infrastructures sur les déplacements est évalué en temps et en distance en comparaison d'une situation où les voiries routières existantes seraient utilisées. Le projet permettra ainsi de diminuer les trajets annuels de 57 000 km en voiture et 250 000 km en poids-lourd ainsi que 15 000 km en convoi exceptionnel. En revanche, les distances parcourues par les trains de fret

⁶³ AME scénario « avec mesures existantes » (tendanciel), AMS scénario avec mesures spéciales supplémentaires (volontariste).

augmenteraient de 3 500 km/an. L'Ae observe que le scénario de référence ne saurait être le projet Cigéo sans infrastructures mais l'absence de projet Cigéo. Il convient de reprendre cette analyse dans ce sens.

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

Le calcul, en valeur de 2018, des avantages collectifs monétarisés a été effectué en utilisant les valeurs tutélaires des fiches outils du référentiel d'évaluation des coûts de transport de 2019. Le taux d'actualisation est celui préconisé par la direction générale des infrastructures de transport, soit 4 %. Les résultats des calculs sont présentés dans le tableau 3. L'essentiel des bénéfices se traduit par un moindre coût d'usage des véhicules. Le bilan global des infrastructures de transport du projet se traduit par une valeur actualisée nette de 36,8 millions d'euros. Les tests de sensibilité donnent une fourchette entre 30 et 42 millions d'euros pour cette valeur.

L'Ae observe que ce calcul, fondé sur les gains de temps et de distance sur les infrastructures et le report modal vers la voie ferrée ne prend pas en compte les effets induits sur le territoire qui devraient se traduire par des déplacements supplémentaires, les déplacements entre le siège ou les autres sites de l'Andra et le site ne sont pas non plus pris en compte.

Nature du coût ou de l'avantage	Valeur actualisée en millions d'€ de 2018
Investissement	-123,7
Entretien, exploitation et renouvellement	-20
Gain de temps des usagers de la route	8,1
Coût d'usage des véhicules routiers	171
Coût de transport ferroviaire	-1,7
Sécurité des transports	0,5
Congestion routière	0,1
Bruit des transports	0,02
Pollution atmosphérique	0,04
Émission de gaz à effet de serre	1,7
Coût d'opportunité des fonds publics	0,7
Valeur actualisée nette socio-économique	36,8

Tableau 3 : Valeur des coûts et avantages permettant le calcul de la valeur actualisée nette socio-économique. Source dossier.

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

Le dossier ne comporte pas de document regroupant l'ensemble des mesures de suivi. Certaines d'entre elles sont cependant présentées en regard des mesures d'évitement, de réduction ou de compensation. Le résumé non technique indique qu'un plan de surveillance sera mis en place afin de vérifier l'efficacité des mesures sur plusieurs compartiments de l'environnement. Cette surveillance sera assurée par un service compétent sous la surveillance d'une commission locale d'information.

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

2.7 Résumé non technique

Le résumé non technique de 148 pages est à l'image du reste du dossier : il est didactique et abondamment illustré. Il reprend pour chacun des enjeux la description de l'état actuel, des incidences et des mesures d'évitement, de réduction et de compensation. Il n'aborde cependant pas le choix

opéré parmi les solutions de substitution, ce qui est indispensable pour informer complètement le public.

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.

3 Maîtrise des risques majeurs

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

Le dossier de déclaration d'utilité publique de Cigéo n'inclut pas spécifiquement de rapport de sécurité (ou étude de dangers, ou de sûreté au sens du code de l'environnement). Il fait cependant référence au dossier d'options de sûreté (DOS⁶⁴) remis en 2016, dont il rappelle les conclusions, ainsi qu'aux différents avis produits sur ce DOS, dont celui de l'ASN de 2018⁶⁵.

Le dossier de DUP ne présente pas les analyses de risque qui ont conduit à leur identification et à leur prévention.

Le code de l'environnement n'exige pas la production d'une étude de danger ou de sûreté en tant que telle pour la procédure de déclaration d'utilité publique⁶⁶. L'article R. 122-5 6° du code de l'environnement indique cependant que l'étude d'impact comporte « *une description des incidences négatives notables attendues du projet sur l'environnement qui résultent de la vulnérabilité du projet à des risques d'accidents ou de catastrophes majeurs en rapport avec le projet concerné. Cette description comprend le cas échéant les mesures envisagées pour éviter ou réduire les incidences négatives notables de ces événements sur l'environnement et le détail de la préparation et de la réponse envisagée à ces situations d'urgence* ». Le dossier ne comporte aucun volet dédié à cette prescription.

Pour l'Ae, la sûreté et la sécurité à court, moyen et long termes de ce projet sont des facteurs déterminants de son utilité publique : l'élément principalement redouté est l'accident ou l'erreur de conception du fait d'une appréciation initiale insuffisante du risque qui pourrait générer des impacts bien supérieurs aux impacts observés selon le fonctionnement « normal » projeté. L'Ae considère donc que les aspects de prévention des risques majeurs auraient mérité non seulement une synthèse des conclusions d'études précédentes, mais la présentation de la démarche d'analyse des risques qui a conduit à ces conclusions, et si possible dans un volet dédié. Sans la démarche d'analyse de risques, il est difficile de juger de la qualité et de la complétude de leur prise en compte dans le dossier et de leur maîtrise par le projet. Il est compréhensible que cette analyse ne soit pas complète pour une procédure qui intervient en amont de l'autorisation de création de l'installation, mais l'étude d'impact ne peut pas faire abstraction des éléments structurants et déterminants de cette analyse, nécessaires à l'appréciation du bilan des avantages et des incidences négatives notables, y compris potentielles, du projet.

⁶⁴ andra.fr/cigeo/les-documents-de-reference#section-3144

⁶⁵ asn.fr/Informer/Actualites/Avis-de-l-ASN-sur-les-options-de-surete-de-Cigeo

⁶⁶ Article R. 122-7 : « L'autorité compétente pour prendre la décision d'autorisation du projet transmet pour avis le dossier comprenant l'étude d'impact et le dossier de demande d'autorisation [la demande de déclaration d'utilité publique dans le cas d'espèce] aux autorités mentionnées au V de l'article L. 122-1 ».

Le dossier devrait également préciser le niveau d'impact de tels accidents à l'extérieur du site, voire à longue distance, comme ce pourrait être le cas avec une pollution des eaux dans la situation de Cigéo, en tête de bassin versant.

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.

3.2 Maîtrise du risque sur le projet Cigéo

Une partie importante des éléments reportés dans ce chapitre provient du dossier d'options de sûreté (DOS) et des avis qui ont été rendus sur ce dossier par l'ASN et l'IRSN. Ces informations issues du DOS ne sont donc pas toutes directement accessibles dans le dossier de DUP et n'ont fait l'objet que d'une analyse rapide des principes par les rapporteurs, sans entrer dans le détail des analyses, par ailleurs parfois indisponibles. Les descriptions et analyses en restent parfois au simple report des instructions et réglementations et à leur simple déclinaison formelle au cas de Cigéo par des indications du type « *la conception devra...* ».

Le concept de défense en profondeur s'applique à Cigéo comme pour toute installation nucléaire de base (INB) conformément à l'arrêté du 7 février 2012. Ce principe de sûreté doit garantir un niveau de sûreté et de sécurité conforme aux objectifs de sûreté et de radioprotection. Il consiste à interposer entre la source de danger (ex : la substance radioactive) et le public, les travailleurs ou l'environnement un nombre suffisant de dispositions techniques et organisationnelles éliminant ou limitant ses nuisances jusqu'à un niveau acceptable. Il prend en compte l'éventualité de défaillances techniques, organisationnelles et humaines ainsi que la mise en place de lignes de défense graduées à l'égard des dangers internes et externes à l'installation pour y faire face et en limiter les conséquences.

Selon l'ASN⁶⁷, le dossier d'options de sûreté montre que l'Andra a :

- correctement identifié et étudié les perturbations qui pourront affecter la roche hôte ainsi que les phénomènes qui se produiront pendant les phases transitoires (thermique, hydraulique, mécanique...) qui résulteront de l'implantation du stockage. Les résultats présentés tendent à indiquer que leur extension devrait être limitée par rapport à l'épaisseur de la roche hôte ;
- retenu des principes satisfaisants dans la démarche de sûreté en exploitation et après fermeture, cohérents avec le guide de sûreté de l'ASN de février 2008 et les travaux d'instances internationales ;
- mais que des incertitudes demeurent, inévitables et inhérentes à ce stade de développement du projet.

Elle souligne deux difficultés dans la conception du projet telle que présentée dans le DOS :

- des incertitudes demeurent concernant le comportement physico-chimique et thermique en stockage de certains colis, les colis de déchets bitumés, en particulier en situation d'incident

⁶⁷ Avis ASN n°2018-AV-0300 précité

ou d'accident conduisant à une élévation de température ; les colis bitumés représentent 18 % du nombre de colis de l'inventaire de référence ;

- les éléments présentés dans le DOS n'ont pas entièrement répondu à sa demande concernant le rétablissement des fonctions du stockage à la suite d'un accident ; la possibilité d'intervenir et le cas échéant, de réhabiliter l'installation, est pourtant une priorité ; un scénario d'effondrement⁶⁸ devra notamment être analysé en intégrant l'analyse du retour d'expérience.

L'Ae observe que le développement du projet Cigéo s'appuie, depuis son origine, sur des itérations périodiques entre connaissances scientifiques et technologiques, sûreté et conception. Cette mise à jour tient compte des avancées au niveau international avec un processus d'instruction piloté par l'ASN. L'évaluation de ce dossier par l'ASN est réalisée avec l'appui des experts en sûreté de l'IRSN et de groupes permanents d'experts pluralistes. En complément, des revues internationales permettent de confronter les évaluations de sûreté menées par l'Andra aux meilleures pratiques internationales. Trois revues internationales ont été menées sur le projet en 2001, 2005 et 2016 et sept itérations de sûreté ont été réalisées depuis 1991. Tous les dix ans, l'Andra devra procéder au réexamen de sûreté périodique de l'INB du centre de stockage Cigéo, en prenant en compte les meilleures pratiques internationales.

Le projet Cigéo constitue un établissement original voire unique dans le sens où il rassemble sur un même lieu des problématiques d'INB, d'installations industrielles à risques, de travaux souterrains (travaux « miniers ») et de stockages passifs de déchets, avec des problématiques différentes. Leur traitement nécessite d'ouvrir très largement les compétences et expertises mobilisées, ce qui lui semble opportun pour certains sujets selon l'analyse que les rapporteurs ont pu faire dans l'état actuel du dossier.

Le projet Cigéo est évolutif, avec des étapes clé qui présentent des aléas de natures et d'intensités différentes. L'Andra souligne la nécessité d'intégrer l'ensemble des étapes dans la conception du projet, y compris dans ses aspects de maîtrise des risques. Il a semblé important que la démarche de maîtrise des risques, intégrée, puisse dans un premier temps se focaliser sur la sécurité du seul site de stockage passif. Cette première étape devrait prendre en compte les différents scénarios, concernant à la fois la nature et le volume des déchets et les solutions techniques de stockage (dimensionnement et répartition surfacique des alvéoles, ...). C'est sur cette base que devrait alors se construire la conception et la maîtrise de la sécurité de la logistique d'approvisionnement du stockage passif.

La démarche présentée par l'Andra dans les dossiers consultés, le report de certaines vérifications sur les conditions de sécurisation du stockage, par exemple, laissent penser que cette logique n'est pas pleinement suivie.

La maîtrise des risques pour les travaux et le stockage souterrains doit pleinement s'appuyer sur une double approche déterministe et probabiliste, quel que soit l'aléa envisagé, en particulier pour les risques d'agression externe après fermeture du stockage, pour les risques naturels, pour la prise en compte des caractéristiques physiques du milieu ou des matériaux (conductivité thermique, résistance des matériaux, perméabilités...). Les conclusions de l'approche probabiliste doivent prendre en compte les durées de fonctionnement des installations qui peuvent être d'un à plusieurs ordres de grandeur supérieures à celles des installations à risques habituelles (INB, industries), en

⁶⁸ Vraisemblablement d'une partie des travaux souterrains

particulier pour la définition des situations de fonctionnement, en particulier des situations de dimensionnement du plan d'urgence interne (PUI), exclues ou extrêmes.

La possibilité de récupérer les colis constitue un élément clé, pour l'adaptabilité du projet à l'évolution des connaissances et à la définition de son utilité publique. Il est donc fondamental que le projet s'appuie sur une analyse approfondie des conséquences du risque de ne pas pouvoir les récupérer (Cf. Stocamine).

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.***

L'Ae souhaite soulever quelques points ciblés concernant le stockage souterrain :

Accidentologie

Parmi les éléments de connaissance, l'accidentologie représente un aspect important, en particulier pour ce qui concerne les travaux souterrains et le stockage. Elle doit couvrir l'éventail très large des risques présentés par le projet Cigéo (risques nucléaires, autres risques technologiques, risques miniers ou assimilés, risques naturels, voire conflits...) et devra intégrer les différents incidents ou accidents qui ont déjà eu lieu ou qui pourront avoir lieu sur le laboratoire souterrain, et demain sur Cigéo. Or, les documents mis à disposition ne comprennent qu'une analyse limitée et ne mentionnent pas les accidents qui ont eu lieu au sein du laboratoire souterrain du fait d'effondrements au cours des travaux de creusement. Ce point est important tant pour la stabilité du stockage, la possibilité de récupérer des colis de déchets mais également la sécurité des opérateurs pendant les travaux.

Évacuation de la puissance thermique des colis

Les colis stockés ayant une chaleur résiduelle encore importante, l'aspect thermique est un facteur majeur de la sûreté du stockage, alors que le projet représentera un dégagement d'énergie considérable pouvant aller jusqu'à 25 MW dans les premiers temps du stockage. Cette puissance est à la fois répartie sur une surface importante, de l'ordre de 10 km² de terrain, mais également concentrée sur des alvéoles de faibles diamètres et de faibles surfaces de contact. Au niveau de l'alvéole, les différents contacts entre colis, tubes d'acier, coulis de ciment et argilites peuvent constituer des obstacles au flux thermique et accroître la température à l'intérieur de l'alvéole et des colis. Une température trop élevée de l'argilite pourrait en modifier ses propriétés les plus intéressantes (perméabilité, fermeture des fissures...). Une température trop élevée des alvéoles pourrait en affecter les propriétés physiques et mécaniques et favoriser les phénomènes de corrosion.

Selon l'Andra, l'installation souterraine est conçue de façon à ce que l'évacuation de la chaleur dégagée par les colis de déchets placés dans les alvéoles de stockage puisse s'effectuer par conduction passive dans la roche. Selon le dossier, en tenant compte des hypothèses actuelles d'espacement entre alvéoles et d'agencement des colis, les évaluations préliminaires montrent que les limites de sécurité fixées ne seront pas atteintes pour la température de l'argilite au contact des alvéoles de stockage HA1/HA2, soit 90°C. Un graphe représentant les températures atteintes en différents points est présenté à l'appui de cette conclusion: cœur du verre, paroi de l'alvéole, entre-axe entre alvéole, toit de l'alvéole... En tout point hors des colis, la température ne dépasse jamais les 80°. Les températures s'élèvent progressivement dans l'argile avec l'arrivée du flux thermique pour atteindre un maximum de température (45/50°C après un millier d'années environ pour le toit et le mur des argilites) puis baisse du fait de la décroissance thermique des colis.

L'Ae s'interroge cependant sur les résultats des modèles et sur certains protocoles d'essais effectués dans le laboratoire souterrain pour en vérifier les calages : le délai de 10 années semble important pour atteindre le maximum thermique à cœur de verre des colis HA, alors même que la température maximale atteinte semble faible (95°C) ; la différence de maximum thermique entre le contact alvéole/argilite (70/75°C) et le demi-entraxe entre alvéoles (45/50°C) apparaît également faible. Les rapporteurs ont interrogé l'Andra sur ces différents points et sur la justification des hypothèses des conditions aux limites du modèle, mais n'ont pas obtenu à ce jour de réponses satisfaisantes.

Analyses des risques d'agressions d'origine anthropique

Le site a été choisi pour limiter les possibilités d'agressions d'origine anthropique liée à des possibilités d'exploitation des ressources naturelles, comme indiqué par le guide de sûreté relatif au stockage en formation géologique profonde (ASN 2008).

Le dossier mentionne ainsi que les possibilités d'exploitation géothermique du sous-sol sont relativement banales et impliqueraient l'amélioration des technologies d'exploitation des gisements à forte salinité. Néanmoins, une étude indépendante⁶⁹, réalisée par le laboratoire suisse Géowatt, à la demande du comité local d'information et de suivi, souligne les insuffisances des études de l'Andra, et conclut à l'inverse « *que les ressources géothermiques au Trias dans la région de Bure peuvent aujourd'hui être exploitées de manière économique avec l'emploi de techniques et de matériel appropriés* ». Compte-tenu de l'importance de ce sujet qui conditionne l'éventuelle faiblesse du risque d'exploitation du sous-sol à l'avenir, cette question devra être sérieusement approfondie pour les autorisations ultérieures.

D'autres agressions d'origine anthropique sont également envisageables et n'ont pas été prises en compte dans le dossier, et notamment :

- la sismicité locale peut être accrue par l'exploitant lui-même, par ses travaux souterrains, ses autres travaux ou le fonctionnement général des installations ;
- la sismicité locale peut être également accrue par d'autres activités, même à distance du site : l'actualité en a fait état pour l'exploitation de forages géothermiques profonds, dans les régions de Strasbourg et de Bâle ; plus directement lié au site de Bure, l'exploitation du gaz « coussin » dans d'anciens stockages en gisement « déplété⁷⁰ » peut également générer des

⁶⁹ Badoux V. 2013. [Rapport D1320/01 Revue du déroulement des opérations du forage géothermique au Trias réalisé par l'Andra, avis critique et seconde opinion sur l'évaluation du potentiel géothermique.](#)

⁷⁰ épuisé

séismes, comme cela a été le cas en Espagne⁷¹ ; des études sont en cours pour exploiter ainsi le gaz résiduel de l'ancien gisement de Trois Fontaines–l'Abbaye, à une trentaine de km de Bure.

Les possibilités d'agressions d'origine anthropique du stockage et des travaux souterrains méritent donc d'être complètement inventoriées et nécessitent d'en quantifier le risque et de définir des critères de compatibilité avec l'exploitation de Cigéo. Cet aléa, avec les incertitudes nées de la durée de dangerosité du site, justifierait de définir des périmètres de protection, où ces activités à risques seraient interdites ou réglementées sur le long terme.

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 ;*
- *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.*

4 Mise en compatibilité des documents de planification

Le dossier comporte trois volumes consacrés à la mise en compatibilité des documents suivants :

- Schéma de cohérence territoriale (Scot) du pays Barrois ;
- Plan local d'urbanisme intercommunal (PLUI) de la Haute-Saulx qui concerne les communes de la Meuse : Gondrecourt-le-Château, Bonnet, Horville-en-Hornois, Houdelaincourt, Saint-Loire, Bure, Mandres-en-Barrois et Ribeaucourt et de la Haute-Marne : Cirfontaines-en-Ornois, Gillaumé, Saudron ;
- Plan local d'urbanisme (PLU) de Gondrecourt-le-Château.

Ces documents identifient précisément les documents existants et soulignent les modifications proposées. Ils comportent chacun un chapitre valant rapport d'évaluation environnementale qui reprend les éléments issus de l'évaluation environnementale du projet. Une annexe commune comporte l'évaluation des incidences sur les sites Natura 2000 sur ces territoires.

Le tableau 4 récapitule des incompatibilités et les solutions proposées dans le cadre de la mise en compatibilité de ces documents. La dernière colonne rappelle succinctement les observations et recommandations de l'Ae dont les détails sont explicités dans les chapitres précédents du présent avis.

⁷¹ cfmr-roches.org/sites/default/files/manifestations/12-SSEE-Hevin-Storengy.pdf

Document de planification	Dispositions incompatibles	Modifications proposées	Observations de l'Ae
Scot du pays Barrois	Limitation à 50 ha de l'emprise des équipements structurants	Sortir Cigéo explicitement de cette règle	RAS
	Éviter le mitage hors de l'enveloppe urbaine		
	Identification du bois Lejuc comme réservoir de biodiversité d'intérêt local à classer en zone N ou A	Classement de la zone puits en 1AUYc au titre de projet d'intérêt général avec conditions environnementales et mesures ERC	L'Ae souligne dans l'avis la sous-évaluation de l'importance écologique du bois Lejuc comme réservoir et corridor de biodiversité. La recherche de solutions alternatives n'a pas été complète sur ce point.
	Identification du bois Lejuc comme réservoir de biodiversité d'intérêt national et régional à classer en zone N ou A		
	Identification du bois Lejuc comme corridor de biodiversité dans la trame verte et bleue à classer en zone N ou A	Permettre cette ouverture moyennant des mesures ERC	L'Ae souligne l'importance de ce corridor qui a été sous-estimée par le dossier
	Justifier que les zones constructibles ne nuisent pas au bon fonctionnement des exploitations agricoles et forestières	Compensation agricoles et forestières négociées avec les acteurs concernés	L'Ae souligne la nécessité d'évaluer les impacts environnementaux des mesures de compensation agricole et forestières.
	La carte identifiant la zone d'activité économique concernant Cigéo est, d'après le dossier, erronée en ce qu'elle est restreinte à la zone d'intérêt pour la reconnaissance approfondie, ce qui exclut la descenderie.	Corriger la carte	L'Ae recommande de mieux justifier la position de la descenderie hors de la zone d'intérêt pour la reconnaissance approfondie
PLUI de la Haute-Saulx	Les affouillements et exhaussements de sol sont interdits ainsi que les nouvelles constructions hors activité déjà en place	Création des zones 1AUYc et UYcg et reclassement d'une partie du secteur N en Nc pour l'accueil de Cigéo notamment en matière d'eau et d'assainissement où seule la législation en vigueur doit être respectée	L'Ae recommande de quantifier les impacts potentiels et résiduels sur la ressource en eau et de préciser les mesures ERC, leurs objectifs de résultats et les protocoles de suivi. en particulier pour ce qui concerne la recharge de la nappe, la réduction de l'artificialisation et l'alimentation en eau potable
	Interdiction des constructions hors résidences démontables du chantier en zone UYc		
	Raccordement obligatoire de toute construction au réseau d'eau potable et d'assainissement		
	Interdiction de faire obstacle à l'écoulement des eaux pluviales		
PLU de Gondrecourt-le-Château	Limitation de constructibilité en zone A et N où l'installation terminale embranchée doit être construite	Emplacement réservé pour l'installation terminale embranchée de Cigéo excluant les zones inondables	RAS

Tableau 4 : Liste des principales modifications des documents de planification et commentaires correspondants de l'Ae.