



Autorité environnementale

**Avis délibéré de l’Autorité environnementale
sur la modification substantielle du réacteur n°4
du centre nucléaire de production électrique
(CNPE) de Paluel (76)**

n°Ae : 2022-84

Avis délibéré n° 2022-84 adopté lors de la séance du 22 décembre 2022

Préambule relatif à l'élaboration de l'avis

L'Ae¹ s'est réunie le 22 décembre 2022 en visioconférence. L'ordre du jour comportait, notamment, l'avis sur le projet de modification substantielle du réacteur n°4 du centre nucléaire de production électrique (CNPE) de Paluel (76).

Ont délibéré collégalement : Nathalie Bertrand, Barbara Bour-Desprez, Marc Clément, Virginie Dumoulin, Bertrand Galtier, Christine Jean, Philippe Ledenvic, François Letourneux, Serge Muller, 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 Sylvie Banoun, Karine Brulé, Louis Hubert, Jean-Michel Nataf.

N'a pas participé à la délibération, en application de l'article 4 du règlement intérieur de l'Ae :

* *

L'Ae a été saisie pour avis par le préfet de la région Normandie, préfet de la Seine -Maritime, l'ensemble des pièces constitutives du dossier ayant été reçues le 30 septembre 2022.

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

Conformément aux dispositions de ce même article, l'Ae a consulté par courriers du 12 octobre 2022,

- le préfet de la région Normandie et de Seine-Maritime qui a transmis une contribution en date du 22 novembre 2022,
- le directeur général de l'Agence régionale de santé (ARS) de Normandie,
- le délégué territorial de l'Autorité de sûreté nucléaire de Normandie qui a transmis une contribution en date du 28 octobre 2022,

Sur le rapport de Daniel Berthault, Henri Kaltembacher et Alby Schmitt qui ont rencontré le pétitionnaire et effectué une visite sur site le 7 décembre 2022, 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 de l'Inspection générale de l'environnement et du développement durable (IGEDD).

Synthèse de l'avis

Le centre nucléaire de production électrique de Paluel (CNPE) est situé sur la commune de Paluel (76). Il comprend quatre réacteurs nucléaires d'une puissance de 1 300 MWe, refroidis en circuit ouvert à l'eau de mer. Le projet consiste en l'introduction, à titre de pilote industriel, de quatre éléments combustibles contenant du combustible Mox (mélange d'oxydes d'uranium et de plutonium) dans le réacteur n°4. Certains réacteurs 900 MWe utilisant du Mox étant fermés ou pouvant fermer quand la capacité de retraitement des combustibles usés sera maintenue, la programmation pluriannuelle de l'énergie prévoit le « moxage » de réacteurs de 1300 We pour continuer à utiliser le Mox produit. La réalisation de ce projet, expérimental, nécessite une modification du décret d'autorisation de la centrale dans un premier temps pour tester ce nouveau combustible.

Pour l'Ae, les principaux enjeux de ce projet portent sur la protection de la santé et la sécurité des populations ainsi que sur la préservation du milieu et de la biodiversité au regard des risques radiologique et chimique.

Le dossier considère que le projet ne modifie pas les effets du CNPE sur l'environnement. En conséquence, l'étude d'impact évalue les seules incidences de son fonctionnement actuel et ne vise pas une amélioration de ses performances environnementales. L'Ae ne partage pas cette position et, s'agissant d'une « *modification substantielle* », recommande à EDF d'accompagner son projet de nouvelles mesures d'évitement et de réduction de ses impacts. Elle recommande par ailleurs à l'autorité compétente d'établir dès à présent des normes d'encadrement de l'activité d'EDF garantissant l'absence d'impacts sur l'environnement puis d'adapter ces normes aux nouvelles performances susceptibles d'être atteintes par la mise en œuvre des meilleures techniques disponibles.

Les impacts du CNPE sont souvent limités pour les polluants chimiques et négligeables pour les polluants radiologiques. Ils sont mal appréciés pour les rejets en milieu marin des organohalogénés, des produits générés par l'électrochloration ou des polluants bioaccumulables, ainsi que pour les émissions de polluants par les groupes électriques de secours. Il convient de préciser ces impacts.

Le « moxage » du réacteur 4 ne se traduira pas par une augmentation des rejets et des impacts directs du site. Il peut générer cependant des émissions accrues de gaz de fission du combustible « moxé » usé, dans la centrale et dans les établissements d'entreposage et de stockage. En l'absence de filière de gestion des combustibles « moxés » usés, la question de la durabilité et de la sécurité de son entreposage est posée.

L'Ae appuie les recommandations de l'avis de l'IRSN sur le rapport de sûreté en ce qu'elles s'appliquent à l'environnement et à la santé humaine et recommande de faire figurer dans l'étude des risques conventionnels l'ensemble des informations attendues selon la circulaire du 10 mai 2010 portant sur les études de dangers.

L'ensemble des observations et recommandations de l'Ae sont présentés dans l'avis détaillé.

Sommaire

1.	Contexte, présentation du projet et enjeux environnementaux	6
1.1	Contexte et présentation du centre nucléaire de production électrique	6
1.2	Présentation du projet	7
1.3	Fonctionnement du CNPE et émissions	9
1.3.1	Fonctionnement du CNPE	9
1.3.2	Prélèvements d'eau.....	9
1.3.3	Rejets de radionucléides	10
1.3.4	Rejets liquides	11
1.3.5	Effluents chimiques atmosphériques	13
1.4	Procédures relatives au projet.....	13
1.5	Principaux enjeux environnementaux du projet relevés par l'Ae.....	14
2.	Analyse de l'étude d'impact.....	14
2.1	Pollution radiologique.....	16
2.1.1	État initial et surveillance.....	16
2.1.2	Évaluation des incidences – mesures d'évitement, de réduction et de compensation ..	16
2.2	Eaux, milieux aquatiques et milieux marins.....	19
2.2.1	État initial et surveillance.....	19
2.2.2	Évaluation des incidences – mesures d'évitement, de réduction et de compensation ..	20
2.3	Air et pollutions atmosphériques	23
2.3.1	État initial et surveillance.....	23
2.3.2	Évaluation des incidences – mesures d'évitement, de réduction et de compensation ..	23
2.4	Production de déchets	24
2.4.1	État initial	24
2.4.2	Évaluation des incidences – mesures d'évitement, de réduction et de compensation ..	25
2.5	Biodiversité et milieux naturels.....	25
2.6	Population et santé humaine.....	26
2.6.1	État initial	26
2.6.2	Évaluation de l'impact dosimétrique sur l'homme	27
2.6.3	Évaluation des risques sanitaires liés aux rejets chimiques, biologiques et autres nuisances	28
2.7	Risques naturels et technologiques	28
2.8	Énergie, atténuation du changement climatique, vulnérabilité du projet.....	29
3.	Évolution des incidences avec le moxage du réacteur 4.....	29
3.1	Déchets.....	30
3.2	Atténuation du changement climatique	31
3.3	Analyse de la recherche de variantes et du choix du parti retenu	31
3.4	Impacts cumulés avec d'autres projets	31
3.5	Évaluation des incidences Natura 2000.....	32

4.	Résumé non technique	33
5.	Étude de dangers et sécurité des populations.....	33
5.1	Accidentologie	34
5.2	Analyse et maîtrise du risque à la source	34
5.2.1	Agressions et scénarios d'accident	34
5.2.2	Les modes de fonctionnement dégradés et les phases de transition	35
5.3	Analyse des enjeux et des conséquences des accidents.....	36
5.4	Approches déterministe et probabiliste de l'analyse de risque.....	36

Avis détaillé

1. Contexte, présentation du projet et enjeux environnementaux

1.1 Contexte et présentation du centre nucléaire de production électrique

Le centre nucléaire de production électrique de Paluel (CNPE) est situé sur la commune de Paluel dans le département de la Seine maritime. Il se situe à l'aval de la vailleuse² du Fond des Communes.

Le CNPE occupe une surface de 160 hectares (ha), presque entièrement anthropisée. Il est accessible par les routes départementales RD 79 et la RD 10. Deux voies ferrées passent à proximité.

L'implantation du CNPE a nécessité un élargissement de la vailleuse, de façon à constituer deux plates-formes de 12 ha chacune, calées aux altitudes de 25,3 m (ilots nucléaires) et 14,3 m (salles des machines).

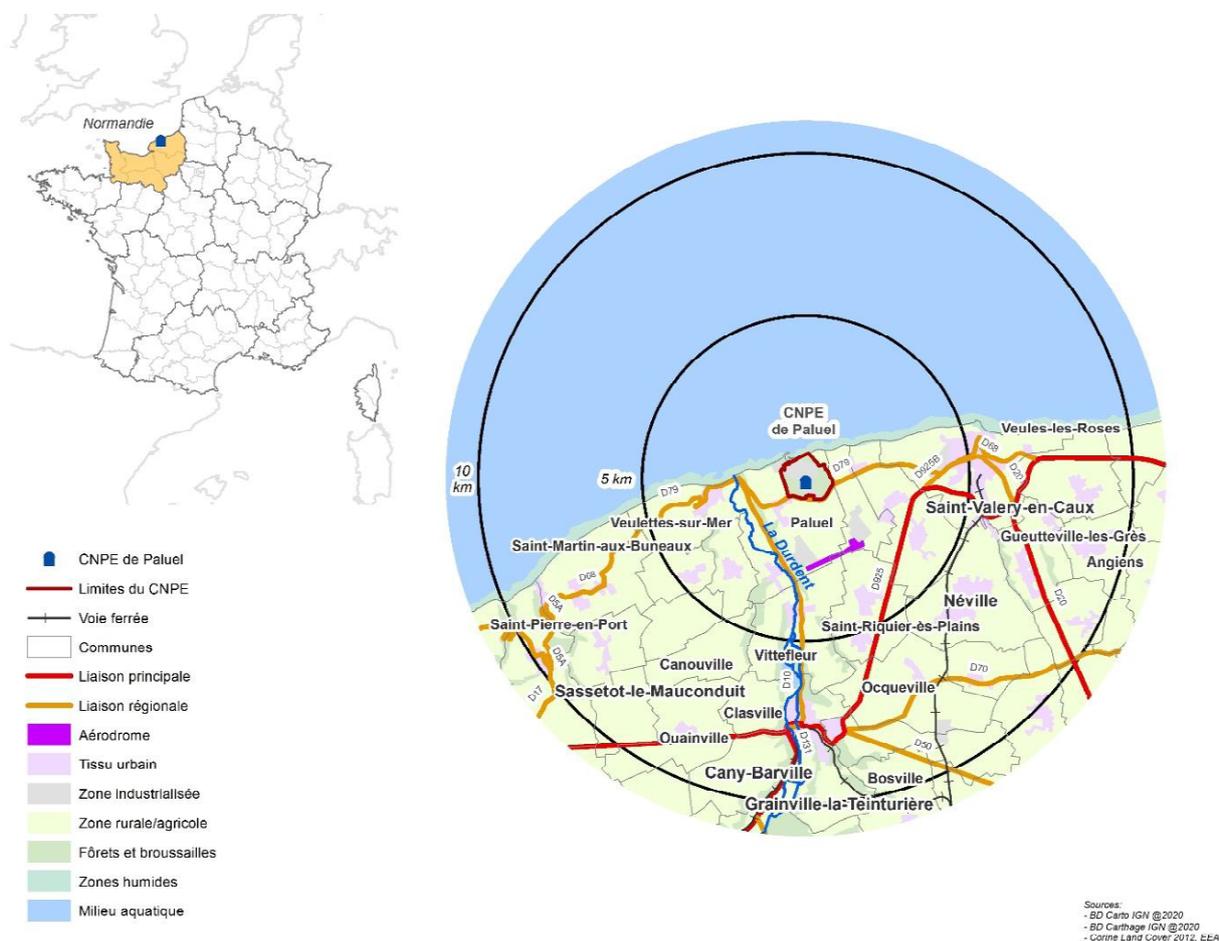


Figure 1 : Localisation du CNPE de Paluel – Source : dossier

² Petites vallées perchées ou débouchant sur les plages, typiques du littoral du Pays de Caux

Le CNPE comprend quatre réacteurs nucléaires³ de type « à eau pressurisée » (« REP »), d'une puissance de 1 300 MWe⁴, refroidis en circuit ouvert à l'eau de mer. Les réacteurs ont été mis en service entre décembre 1985 et juin 1986.



Figure 2 : Vue générale du centre nucléaire de production d'électricité de Paluel – Source : dossier



Figure 3 : Vue détaillée d'une centrale nucléaire 1300 MWe – Source : dossier

1.2 Présentation du projet

Le projet consiste en l'introduction, à titre expérimental, sur une durée de un à trois cycles de fonctionnement du CNPE (chargement/déchargement), de quatre éléments combustibles contenant du combustible Mox⁵ dans le réacteur n°4.

Le parc électronucléaire d'EDF compte 22 réacteurs de 900 MWe utilisant du combustible Mox sur les 56 réacteurs en exploitation. Le combustible standard des réacteurs nucléaires d'EDF est le combustible « Uranium naturel enrichi (UNE) »⁶. À l'issue de son utilisation en réacteur, ce combustible va contenir environ 1 % de plutonium qui est une matière nucléaire valorisable et qui peut être recyclée.

Le traitement des combustibles usés d'EDF à l'usine de La Hague permet le recyclage, par séparation des 4 % de déchets de fission des 96 % d'uranium et de plutonium⁷. Ce recyclage permet, selon le dossier, une économie annuelle de 10 % des ressources naturelles en uranium utilisées par EDF, une réduction du flux de combustibles usés à entreposer d'un facteur 10 et une réduction du volume des déchets d'un facteur 5.

³ Les INB n°103, n°104, n°114 et n°115. Les INB, ou installations nucléaires de base, sont des installations définies par l'article L.593-2 du code de l'environnement, qui de par leur nature ou en raison de la quantité ou de l'activité des substances radioactives qu'elles contiennent doivent être autorisées par décret pris après enquête publique et avis de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN). La conception d'une INB, sa construction son exploitation (en fonctionnement et à l'arrêt) et son démantèlement sont réglementés.

⁴ MWe : mégawatt électrique. On distingue la puissance électrique (exprimée en mégawatt électrique) et la puissance thermique (exprimée en mégawatt thermique ou MWt). Dans une centrale de type thermique, pour faire de la vapeur, faire tourner une turbine et entraîner un alternateur, il faut environ 3 unités d'énergie primaire (combustible) pour produire 1 unité d'énergie électrique utile.

⁵ Le combustible Mox (Mélange d'oxydes) est fabriqué à partir du plutonium issu du traitement du combustible usé (10 tonnes de plutonium produit par le traitement d'environ 1 000 tonnes de combustible usé par an), et de l'uranium appauvri, résidu issu de l'étape d'enrichissement de l'uranium. Ce combustible est formé d'oxydes mixtes UO₂-PuO₂.

⁶ Les 22 réacteurs, sur les 32 réacteurs 900 MWe que compte le parc nucléaire français, consomment l'intégralité du plutonium issu du recyclage du combustible UNE usé.

⁷ Pourcentage exprimé en masse.

La programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE), adoptée le 21 avril 2020, prévoit la pérennisation de la gestion du cycle combustible français avec le « moxage » d'un nombre suffisant de réacteurs 1 300 MWe pour compenser les fermetures de réacteurs 900 MWe déjà « moxés ».

L'introduction de combustible Mox sur des réacteurs 1 300 MWe passe par une étape pilote d'introduction de quatre assemblages combustibles précurseurs Mox pour s'assurer de la maîtrise industrielle de la fabrication et du transport des assemblages et pour valider leur comportement dans un réacteur.

Le réacteur n°4 du CNPE de Paluel appartient au palier 1 300 MWe et est retenu pour cette première introduction d'assemblages pour des raisons de configuration du bâtiment combustible et de planning favorable d'arrêt de réacteur.

Le combustible, qu'il soit UNE ou Mox, est conditionné sous la forme de petites pastilles cylindriques (7 grammes pour environ un centimètre de diamètre et de hauteur) empilées et encapsulées dans des tubes en alliage de zirconium scellés aux deux extrémités. Cet ensemble est appelé « crayon » combustible. Ces crayons, d'une longueur d'environ quatre mètres, sont ensuite réunis pour constituer un assemblage de combustibles. Chaque assemblage comporte outre des crayons combustibles, des tubes guides pouvant accueillir les crayons d'une grappe de commande⁸, pour contrôler la réaction de fission nucléaire, et d'un tube d'instrumentation. Le cœur du réacteur n°4 du CNPE de Paluel est composé de 193 assemblages.

L'assemblage précurseur Mox possède la même structure, les mêmes caractéristiques et les mêmes performances énergétiques que l'assemblage UNE. Seule la composition des crayons est différente. Les tubes constitutifs des crayons constituent la première barrière de confinement du combustible neuf ou utilisé.

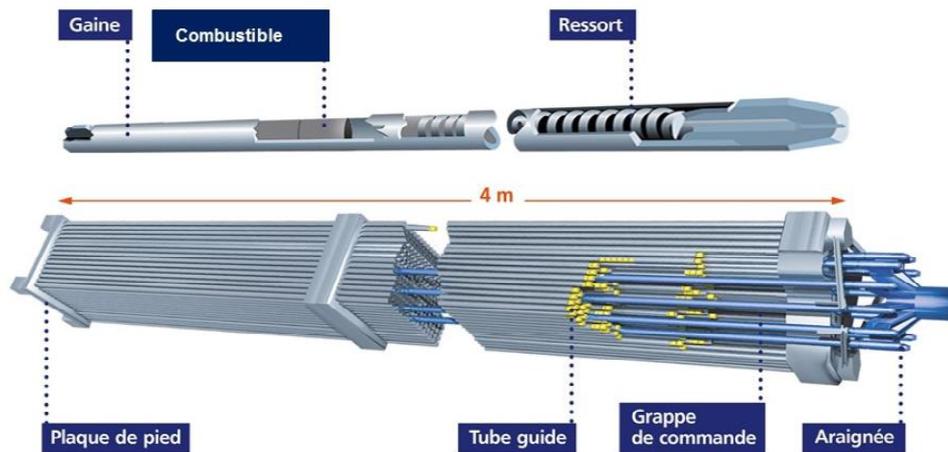


Figure 4 : Assemblage de combustibles – Source : dossier

Les seuls travaux prévus dans le réacteur concernent la modification d'un pont de manutention et se déroulent en totalité dans le bâtiment combustible.

⁸ Système permettant d'ajuster la puissance du réacteur en fonction de la demande du réseau. En l'insérant moins profondément dans le cœur du réacteur, l'absorption des neutrons diminue, le nombre de fissions dans le cœur diminue ce qui entraîne une baisse de la puissance thermique du cœur.

1.3 Fonctionnement du CNPE et émissions

1.3.1 Fonctionnement du CNPE

Dans une centrale nucléaire, l'énergie libérée par un combustible sous forme de chaleur est transformée en énergie mécanique, puis électrique. La chaleur provient de la fission des noyaux d'uranium ou de plutonium. L'eau sous pression est le fluide caloporteur qui assure le transfert de la chaleur du réacteur au générateur de vapeur. La vapeur actionne la turbine, puis est condensée au niveau du condenseur du circuit de refroidissement.

Le fonctionnement des réacteurs s'articule autour de trois circuits d'eau indépendants et étanches :

- le circuit primaire est un circuit fermé d'eau sous pression, installé dans une enceinte étanche en béton qui constitue le bâtiment réacteur. Ce circuit sert à extraire la chaleur produite dans le cœur du réacteur pour la transférer au circuit secondaire ;
- le circuit secondaire sert à produire de la vapeur à partir de cette chaleur du circuit primaire : la vapeur va entraîner la turbine de l'alternateur et produire de l'électricité ;
- le circuit de refroidissement sert à évacuer la chaleur de condensation de la vapeur du circuit secondaire. Chaque réacteur du CNPE est équipé d'un circuit de refroidissement du condenseur de type ouvert. L'eau est prélevée dans un canal d'amenée depuis la mer. Elle circule dans les tubes du condenseur où elle se réchauffe.

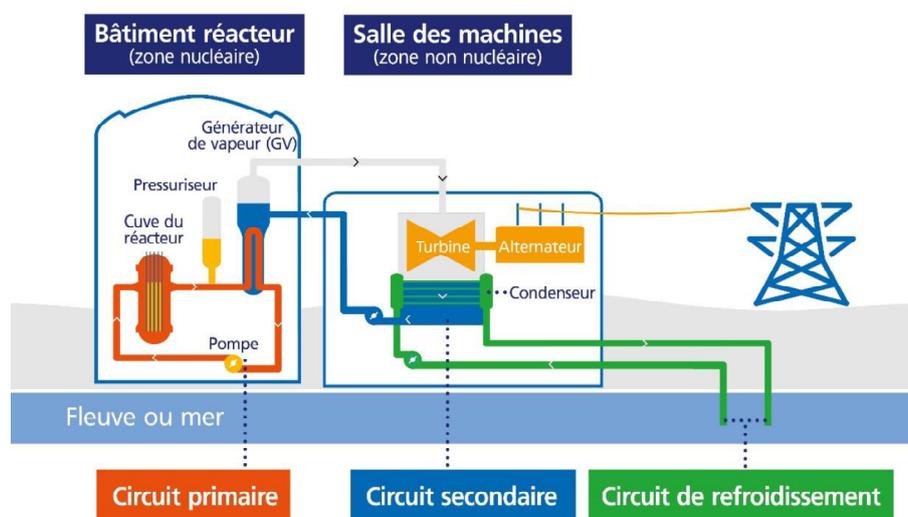


Figure 5 : Fonctionnement d'un réacteur à eau pressurisée refroidie en circuit ouvert – Source : dossier

1.3.2 Prélèvements d'eau

Pour ses besoins en eau, le CNPE de Paluel a recours à trois ressources : la Manche, le fleuve Durdent (cf. 2.1.1) et le réseau public d'eau potable.

L'eau de mer est prélevée via un canal d'amenée et une station de pompage pour alimenter en eau brute les circuits de refroidissement des condenseurs. Chaque réacteur a sa propre station. Un tambour filtrant permet d'éviter l'aspiration d'objets et d'organismes de plus de 3 mm. Pour un réacteur, le prélèvement est de l'ordre de 45 m³/s, soit environ 180 m³/s pour l'ensemble des quatre réacteurs. L'intégralité de l'eau de mer pompée est restituée au milieu.



Figure 6 : Canal d'amenée du CNPE de Paluel – Source : dossier

L'eau de la Durdent est utilisée pour répondre aux besoins en eau industrielle. Une station de déminéralisation produit l'eau déminéralisée nécessaire aux circuits primaire et secondaire. Deux réservoirs de capacité totale 36 000 m³ peuvent alimenter en eau le CNPE pour l'évacuation de la puissance thermique résiduelle du réacteur en cas de problème sur les circuits d'eau (apport ultime).

Le réseau urbain est utilisé pour la restauration et l'alimentation des laveries et sanitaires.

1.3.3 Rejets de radionucléides

Outre la radioactivité de l'uranium (et du plutonium pour le Mox) contenu dans le combustible, le réacteur nucléaire est le siège de la formation d'autres radionucléides par fission nucléaire, par activation des substances présentes du fait de l'irradiation des neutrons produits par la fission et par désintégration radioactive⁹. Une partie des radionucléides se retrouve dans les effluents gazeux et dans les effluents liquides du fait des purges du circuit primaire :

- le carbone 14 est produit essentiellement par activation de l'oxygène 17 et de l'azote 14 ;
- le tritium est produit par fission et par activation du bore 10 et du lithium 6 présents dans l'eau primaire du fait de son conditionnement ;
- les gaz rares et l'iode, produits par fission, restent en majorité confinés dans les crayons du combustible ;
- sous forme d'aérosols dans les effluents atmosphériques, les autres produits de fission¹⁰ (« autres PF ») ou d'activation¹¹ (« autres PA »), émetteurs bêta¹² ou gamma.

⁹ D'après Wikipédia, la capture neutronique est le processus par lequel un noyau capture un neutron sans se désintégrer (et émet un rayonnement gamma pour évacuer l'énergie en excès)

¹⁰ Exemples : césiums 134 et 137, produites et confinées dans le crayon mais qui peuvent migrer

¹¹ Exemples : cobalts 58 et 60, manganèse 54, antimoine 124

¹² Les émissions beta sont des électrons (β^-) ou des positrons (β^+) émis respectivement par transformation d'un neutron en proton ou d'un proton en neutron. Les émissions γ sont des rayonnements électromagnétiques.

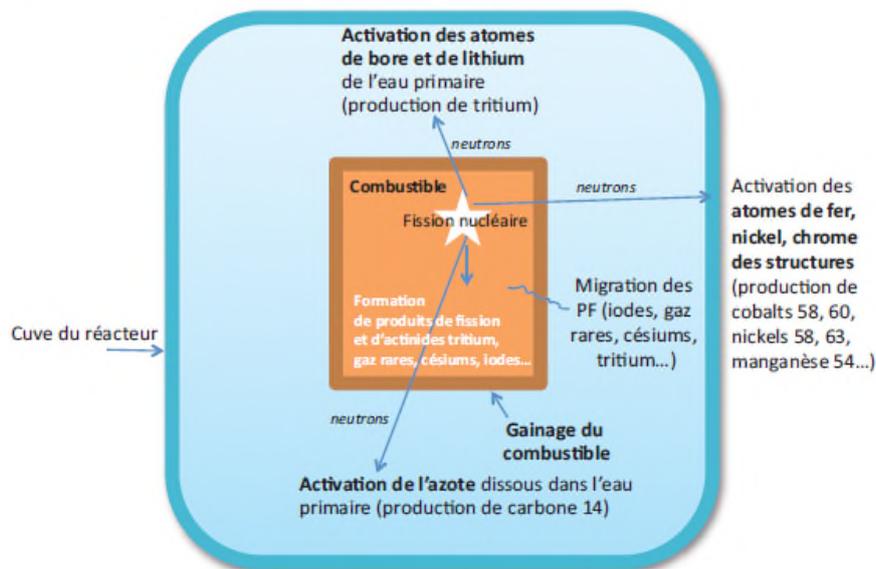


Figure 7 : Schéma de formation des produits d'activation et des produits de fission – Source : EDF

1.3.4 Rejets liquides

Les rejets en mer se font grâce à des galeries sous-marines débouchant à environ 800 m du rivage et terminées par un diffuseur. Ces ouvrages, au nombre de quatre pour les eaux de refroidissement et les effluents radioactifs liquides non recyclés, sont toujours recouverts par la mer (6,50 m environ pour les plus basses mers) et sont séparés d'environ 150 m.

Deux émissaires supplémentaires (un à l'est et l'autre à l'ouest du CNPE) assurent divers rejets : les eaux pluviales, de lavage et d'exhaure des stations de pompage, les eaux sanitaires du CNPE traitées par une station « boues activées » à aération prolongée d'une capacité de 2 000 équivalents habitant, les eaux issues des salles des machines et pouvant contenir des hydrocarbures (« eaux huileuses »), après traitement par déshuileurs, et les effluents de la station de déminéralisation (lavage des filtres, décanteurs de prétraitement, effluents de régénération des résines échangeuses d'ions) qui sont regroupés dans une fosse de neutralisation avant rejet en mer.

Rejets chimiques

Les polluants chimiques ont plusieurs origines :

Le traitement biocide de l'eau de mer par électrochloration

L'électrochloration a pour objectif de limiter le développement des organismes colonisateurs tels que les moules sur les parois internes de la station de pompage et le développement de biofilm dans les échangeurs thermiques, et de protéger les galeries sous-marines des rejets des réacteurs. Il a été indiqué oralement aux rapporteurs que le développement de microorganismes pathogènes (amibes et légionnelles) n'avait jamais été signalé dans les eaux marines de refroidissement.

L'électrochloration produit du chlore actif directement à partir du chlorure contenu dans l'eau de mer. Elle est à l'origine de la production d'autres éléments chimiques comme le brome, l'iode et leurs dérivés (hypobromites, hypochlorites, bromates...) mais aussi de formes très oxydées d'ions métalliques. Chlore et brome réagissent sur les composés organiques contenus dans l'eau de mer

pour donner des organohalogénés variés (bromoforme, etc.). Les oxydants résiduels continuent à agir sur les composés organiques après rejet en mer. Mélangés avec les produits de conditionnement des circuits de refroidissement, ils peuvent former d'autres composés. Ces produits sont toxiques. Les eaux des circuits de refroidissement intermédiaires sont conditionnées par des phosphates.

Le dossier ne donne pas la liste des produits pouvant être générés par l'électrochloration, ou par la réaction des oxydants produits sur les matières organiques et sur les autres éléments chimiques contenus dans les effluents de la centrale¹³.

L'Ae recommande de dresser la liste des substances générées par l'électrochloration, ainsi que des substances issues de l'oxydation des matières organiques et des autres éléments chimiques contenus dans les eaux marines et les effluents du CNPE.

Le conditionnement des eaux des circuits primaires et secondaires – corrosion des circuits et échangeurs

Les produits de conditionnement des eaux des circuits primaires et secondaires assurent leur protection contre la corrosion. Lors des purges de ces circuits, ils rejoignent, ainsi que leurs produits de dégradation, les autres effluents de l'usine.

L'acide borique et la lithine¹⁴ du circuit primaire permettent de contrôler la réaction nucléaire et de limiter la corrosion des matériaux. L'hydrazine est injectée dans les circuits primaire et secondaire pour réduire l'oxygène dissous dans l'eau et minimiser la corrosion des métaux. Les produits de conditionnement des eaux du circuit secondaire sont l'ammoniaque, l'éthanolamine et la morpholine. Beaucoup de ces produits sont toxiques. Les eaux des circuits de refroidissement intermédiaires sont conditionnées aux phosphates.

Outre ces produits, les purges de circuits rejettent des nitrates, nitrites et ammonium, issus de la dégradation des produits de conditionnement, et des métaux toxiques issus de la corrosion des circuits et des échangeurs thermiques (plomb, cuivre, chrome, nickel et zinc).

Les autres sources d'effluents liquides

L'eau déminéralisée est produite à partir de l'eau de la Durdent¹⁵ par prétraitement puis déminéralisation par passage sur charbon actif et résines échangeuse d'ions. La régénération des chaînes de déminéralisation se fait par lavage à l'acide sulfurique et à la soude. Les effluents sont neutralisés à la chaux. Outre le rejet des éléments initialement présents dans les eaux de la Durdent, cette unité de déminéralisation constitue la principale source de rejet de cuivre.

Les eaux pluviales et les eaux usées sont collectées via des réseaux dédiés. Les eaux usées traitées sont caractéristiques d'une station d'épuration des eaux domestiques.

Des détergents sont par ailleurs utilisés pour les opérations d'exploitation courantes telles que le

¹³ Il a été indiqué aux rapporteurs que des études avaient été réalisées pour déterminer ces produits.

¹⁴ Lithine : hydroxyde de lithium, composé basique qui est utilisé pour neutraliser l'acidité de l'acide borique.

¹⁵ Le prélèvement dans le fleuve Durdent est effectué, en rive droite du fleuve, à 2 km environ au sud-ouest du CNPE.

lavage des tenues utilisées en zone nucléaire et le lavage du sol.

Rejets thermiques

Le refroidissement des condenseurs du CNPE est réalisé avec l'eau de la Manche. Les rejets thermiques sont réglementés. La température au rejet ne doit pas dépasser de 15°C celle du prélèvement¹⁶. La température des eaux de refroidissement en sortie de galerie ne doit pas dépasser 30°C de novembre à mai et 35°C de juin à octobre, sauf lorsque l'échauffement dépasse 15°C. La température de l'eau de mer doit rester inférieure à 30°C au-delà d'un rayon de 50 m autour des points de rejet. EDF suit de manière continue la température au niveau de chaque exutoire, et une fois par jour au niveau de la prise d'eau en mer.

1.3.5 Effluents chimiques atmosphériques

Les rejets atmosphériques proviennent pour l'essentiel :

- du fonctionnement des groupes électrogènes de secours (essais périodiques) et de la turbine à combustion du CNPE (gaz d'échappement, principalement des oxydes d'azote) ;
- de l'évaporation des produits de conditionnement du circuit secondaire lors des phases d'arrêt du réacteur, lorsque la vapeur de ce circuit est déchargée à l'atmosphère (ammoniac, éthanolamine, morpholine) ;
- des rejets des quatre cheminées (une par réacteur) des bâtiments des auxiliaires nucléaires (BAN) : monoxyde de carbone, formol, ammoniac, etc.

1.4 Procédures relatives au projet

Le décret du 3 avril 1981, modifié par le décret n°2022-275 du 28 février 2022, autorisant la création des réacteurs n° 3 et n°4, prévoit que « *le cœur du réacteur sera formé d'éléments combustibles où la matière fissile sera constituée par de l'oxyde d'uranium légèrement enrichi en uranium 235* ». L'utilisation sur le réacteur n°4 du CNPE de Paluel de combustible contenant du plutonium, combustible Mox, nécessite une modification de ce décret.

Le dossier déposé par EDF concerne la demande de modification, considérée comme substantielle au titre de l'article R. 593-47 du code de l'environnement, du décret d'autorisation de création de l'INB n°115 en vue d'autoriser l'introduction de quatre éléments combustibles contenant du plutonium. Cette modification est instruite selon les mêmes modalités que la création d'une installation nucléaire de base, projet soumis de manière systématique à évaluation environnementale (rubrique 2 de la nomenclature annexée à l'article R. 122-2 du code de l'environnement).

Le dossier ne concerne que la première étape de l'expérimentation du moxage des réacteurs 1 300 MWe. Une nouvelle demande de modification sera sollicitée pour passer à la seconde étape (recharge complète d'un réacteur pour une quantité de combustible Mox représentant un tiers ou un quart du combustible total) avant une autorisation générique pour charger plusieurs réacteurs.

¹⁶ Cet écart peut cependant atteindre dans certaines situations particulières jusqu'à 21°C dans une limite de 20 jours par an. Au total, 28 jours (ou 177 heures) ont été comptabilisés comme situations « particulières » sur la période 2009-2018.

Le décret modificatif sera pris par la ministre de la Transition énergétique, chargée de la sûreté nucléaire. En application de la décision du 15 septembre 2022 de délégation du ministre de la transition écologique et de la cohésion des territoires, l'Ae est compétente pour rendre l'avis.

Conformément à l'article L. 414-4 du code de l'environnement, le dossier comprend une évaluation des incidences sur les sites Natura 2000¹⁷.

1.5 Principaux enjeux environnementaux du projet relevés par l'Ae

Les principaux enjeux de ce projet pour l'Ae portent sur la protection de la santé et la sécurité des populations ainsi que la préservation du milieu et de la biodiversité au regard des risques radiologique et chimique, dans une perspective de réduction de la production de déchets nucléaires et des émissions de gaz à effets de serre par une meilleure gestion du cycle combustible.

2. Analyse de l'étude d'impact

L'étude d'impact est claire, d'accès aisé. Elle reprend des parties d'autres études d'impact de CNPE, y compris de centrales arrêtées, sans toujours vérifier leur adéquation au site de Paluel. L'état initial présenté correspond à l'état de l'environnement avec la centrale actuelle en fonctionnement.

Le moxage prévu du réacteur n°4 est présenté comme une modification substantielle par EDF. Au vu de ce son caractère expérimental, de sa durée et de son étendue limitée (quatre éléments de combustible), ce dossier et l'expérimentation doivent permettre de mieux préparer l'étude d'impact à venir sur le moxage complet du réacteur s'il devait se concrétiser.

Selon le dossier, le projet ne modifie pas les effets du CNPE sur l'environnement. Le dossier en conclut qu'il ne nécessiterait pas d'évolution des limites de prélèvement et de consommation d'eau, et de rejets dans l'environnement des effluents applicables à l'INB n°115 fixées en application de l'article R. 593-38 du code de l'environnement¹⁸. L'Ae note cependant que les autorisations de rejet accordées par les pouvoirs publics sont bien supérieures à ce qu'il est d'ores-et-déjà possible de respecter. En outre l'Ae relève que, si les rejets atteignaient le niveau des autorisations, ils pourraient conduire à des impacts inacceptables sur le milieu. Il convient donc que les pouvoirs publics relèvent le niveau des exigences en matière de rejet au niveau permis par les meilleures techniques disponibles, ces normes n'ayant pas été modifiées depuis plusieurs décennies.

Le contenu de l'étude d'impact des installations nucléaires de base (INB) prévoit par les dispositions de [l'article R. 593-17 du code de l'environnement](#) des compléments au contenu défini à l'article

¹⁷ Les sites Natura 2000 constituent un réseau européen en application des directives 79/409/CEE « Oiseaux » (codifiée en 2009) et 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 faune flore » sont des zones spéciales de conservation (ZSC), ceux qui le sont au titre de la directive « Oiseaux » sont des zones de protection spéciale (ZPS).

¹⁸ [Décision n° 2019-DC-0676 de l'ASN du 9 juillet 2019](#) fixant les valeurs limites de rejet dans l'environnement des effluents des installations nucléaires de base n° 103, n° 104, n° 114 et n° 115 exploitées par Électricité de France (EDF) dans la commune de Paluel

[Décision n° 2019-DC-0677 de l'ASN du 9 juillet 2019](#) fixant les prescriptions relatives aux modalités de prélèvement et de consommation d'eau, de rejet d'effluents et de surveillance de l'environnement des installations nucléaires de base n° 103, n° 104, n° 114 et n° 115 exploitées par Électricité de France (EDF) dans la commune de Paluel

R. 122-5 du même code, dont la vérification que les performances environnementales du projet rejoignent celles des meilleures techniques disponibles. La production de l'étude d'impact doit donc être l'occasion de revoir les limites indiquées dans le décret d'autorisation, afin d'adapter les normes de rejet et d'impact aux rejets effectifs et de prendre en compte l'amélioration des connaissances sur les impacts et les nouvelles solutions techniques disponibles. Pour autant, l'étude d'impact n'identifie ni ne propose aucune amélioration au regard du fonctionnement actuel. Ces améliorations devraient être recherchées dès le stade de cette étude d'impact et mises en œuvre au plus tard lors de la quatrième visite décennale.

L'étude d'impact se réfère régulièrement aux seuils de rejet autorisés et non aux valeurs de rejet observées, parfois largement inférieures¹⁹ et souvent absentes du dossier. Les rapporteurs y ont eu accès par entretien avec EDF mais non par la lecture du dossier. Le mélange de ces deux notions crée des ambiguïtés :

- les rejets aux valeurs seuils sont parfois mis en perspective avec l'impact observé dans le milieu (voir chapitre sur les rejets liquides, radioactifs et chimiques. Cette mise en relation est erronée, la démonstration de l'absence d'impact ne peut s'interpréter que sur la base des rejets réels et non des seuils de rejets autorisés ;
- il est difficile de juger de l'importance respective des enjeux environnementaux : le rejet autorisé de 1 400 tonnes d'oxydants résiduels est considérable, un des tous premiers rejets français pour ces polluants, pouvant générer des quantités voisines d'organohalogénés (AOX), dont beaucoup sont toxiques et certains cancérigènes, ce qui nécessiterait une action forte de réduction ; le rejet observé, de quelques dizaines de tonnes, est bien plus faible.

L'Ae recommande à EDF

- ***de compléter son étude d'impact en précisant les effets des modifications de combustible sur l'environnement ;***
- ***de faire ressortir clairement les données de rejets actuels de la centrale, en les séparant des valeurs seuils autorisées ;***
- ***d'identifier dès cette étude d'impact les solutions de réduction des impacts de la centrale sur l'environnement en recherchant les performances des meilleures techniques disponibles, pour les inscrire dans un calendrier de travaux dont les échéances devraient prendre en compte le moxage complet des réacteurs et la quatrième visite décennale.***

L'Ae recommande à l'autorité réglementaire d'établir dès à présent des normes d'encadrement de l'activité d'EDF garantissant l'absence d'impacts sur l'environnement puis d'adapter ces normes aux nouvelles performances susceptibles d'être atteintes par la mise en œuvre des meilleures techniques disponibles.

En l'absence des éléments disponibles sur les modifications des impacts sur l'environnement générées par le projet, le chapitre 2 analyse l'étude d'impact présentée, établie sur le seul fonctionnement actuel du CNPE et le chapitre 3 présente les principaux questionnements de l'Ae au regard des effets possibles des modifications de combustible sur l'environnement.

¹⁹ L'étude d'impact évoque ainsi des rejets d'oxydants résiduels de 1 400 tonnes par an dans le milieu marin, alors que la valeur maximale observée ces cinq dernières années est de 43 tonnes.

2.1 *Pollution radiologique*

2.1.1 *État initial et surveillance*

L'environnement au voisinage du CNPE de Paluel a fait l'objet d'études radioécologiques destinées à caractériser les niveaux de radioactivité naturelle et artificielle dans l'environnement terrestre et aquatique avant la mise en service du CNPE (état de référence initial réalisé entre 1978 et 1979), et à évaluer sur le long terme dans quelle mesure les rejets du site contribuent à l'apport de radioactivité dans l'environnement au regard des autres sources identifiées.

L'exploitation des mesures de radioactivité nécessite de distinguer les radionucléides produits naturellement de ceux produits lors de réactions nucléaires (essais nucléaires atmosphériques, accidents, effluents)²⁰. La radioactivité présente dans l'environnement du CNPE de Paluel est en majorité d'origine naturelle et due au potassium 40 et au béryllium 7 dont les niveaux d'activité sont stables au voisinage du CNPE depuis sa création.

Le CNPE de Paluel met en œuvre un programme de surveillance des effluents radioactifs au niveau :

- des cheminées de rejet des effluents atmosphériques du bâtiment des auxiliaires nucléaires (BAN) ;
- des réservoirs d'entreposage avant rejet des effluents atmosphériques ;
- des circuits de ventilation des locaux susceptibles d'être contaminés ;
- des réservoirs d'entreposage des effluents liquides avant rejet ;
- des eaux pluviales.

Le CNPE de Paluel met aussi en œuvre un programme de surveillance radiologique de l'environnement, établi en accord avec l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) : plan de surveillance réglementaire réalisé par le CNPE, études réalisées à l'initiative du CNPE, plan de surveillance et contrôles réalisés par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN). Il comprend des mesures dans l'air, les sols et sédiments, les eaux douces (eaux de boisson, pluie...) et marines, et la biosphère (lait, légumes, herbe, feuilles d'arbre, fruits, algues, poissons, crustacés, mollusques...).

2.1.2 *Évaluation des incidences – mesures d'évitement, de réduction et de compensation*

L'analyse des incidences des rejets radioactifs sur l'environnement est effectuée :

- à partir d'une analyse rétrospective détaillée par compartiment environnemental et période ;
- à partir d'une analyse prospective réalisée avec l'outil Erica²¹ en différents points sélectionnés en fonction leur intérêt écologique et des panaches de rejets radioactifs²² et en considérant l'ensemble des radionucléides présents dans les rejets.

Les activités mesurées des rejets ne sont pas indiquées. Seules sont indiquées les valeurs maximales autorisées.

²⁰ Tritium et carbone 14 sont des radionucléides d'origine naturelle et anthropique.

²¹ Méthode européenne d'évaluation du risque radiologique sur les écosystèmes terrestre et aquatique fondée sur un modèle conceptuel simplifié d'écosystème récepteur : l'exposition externe ou interne de chaque organisme de référence est établie en fonction de son milieu de vie (air/sol et air/eau)

²² En milieu marin, le coefficient de dilution retenu est de 13%

Rejets, mesures ERC et incidences résiduelles

Rejets atmosphériques

Les effluents gazeux sont traités sur des filtres à très haute efficacité et pour certains sur des pièges à iode à charbon actif. Les effluents hydrogénés sont préalablement entreposés dans des réservoirs pour décroissance radioactive. Le rejet de tritium sous forme liquide (eau) est privilégié à la forme gazeuse, réduisant les émissions atmosphériques qui génèrent plus d'impact que les rejets liquides.

Les rejets radioactifs s'effectuent par les quatre cheminées « BAN » (bâtiments des auxiliaires nucléaires). Ils sont estimés à moins de 0,1 % de la limite annuelle en tritium.

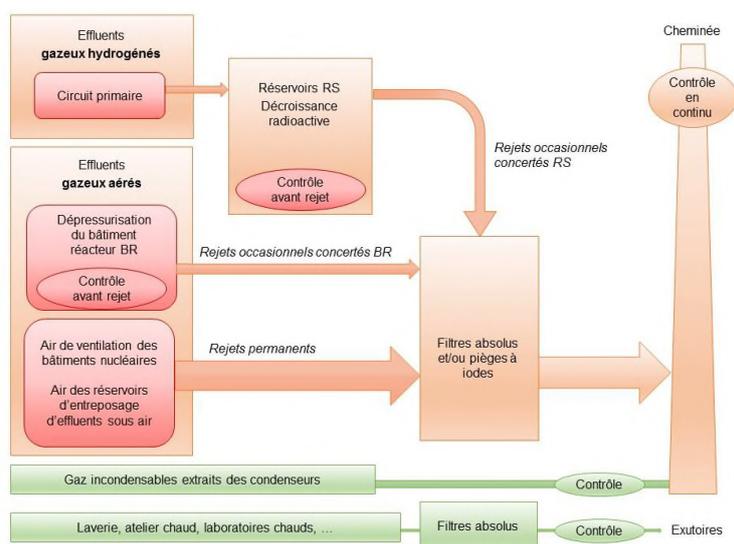


Figure 8 : Collecte, traitement et rejet des effluents radioactifs gazeux – Source : dossier

Paramètres	Limites en activité annuelle (GBq/an ²³)	Limites en débit d'activité (Bq/s) pour le CNPE
Carbone 14	2 800	–
Tritium	8 000	2,10 ⁶
Gaz rares ²⁴	48 000	1,8.10 ⁷
Iodes ²⁵	1,2	2,10 ²
Autres PF/PA ²⁶	0,2	2,10 ²

Figure 9 : Limites d'activités annuelles et de débits d'activité du CNPE pour les effluents radioactifs gazeux – Source : dossier

À l'exception d'un marquage ponctuel en tritium dans un échantillon d'herbes de prairie en 2016 et en carbone 14 dans certains végétaux prélevés entre 2015 et 2018, il n'est mis en évidence aucune contribution des rejets du CNPE aux activités mesurées dans l'environnement terrestre.

²³ Le Becquerel (Bq) est l'unité de mesures de l'activité d'une certaine quantité de matière, c'est à dire le nombre de désintégrations qui s'y produit par seconde. Un GigaBecquerel (GBq) représente un milliard de Bq.

²⁴ ⁴¹Ar, ^{131m}Xe, ¹³³Xe, ^{133m}Xe, ¹³⁵Xe, ⁸⁵Kr, ^{85m}Kr et ⁸⁸Kr.

²⁵ ¹³¹I, ¹³²I, ¹³³I, ¹³⁴I et ¹³⁵I.

²⁶ ⁵⁸Co, ⁶⁰Co, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs, ⁵¹Cr, ⁵⁴Mn, ⁹⁵Nb, ^{110m}Ag et ¹²⁴Sb.

Rejets liquides

Chaque type d'effluent radioactif subit un traitement spécifique, adapté à son marquage radiologique et à sa composition chimique (filtration, déminéralisation, concentration). Une partie de l'eau traitée est recyclée. Le reste est stocké et contrôlé avant rejet en mer par deux galeries qui aboutissent à environ 800 m de la plage.

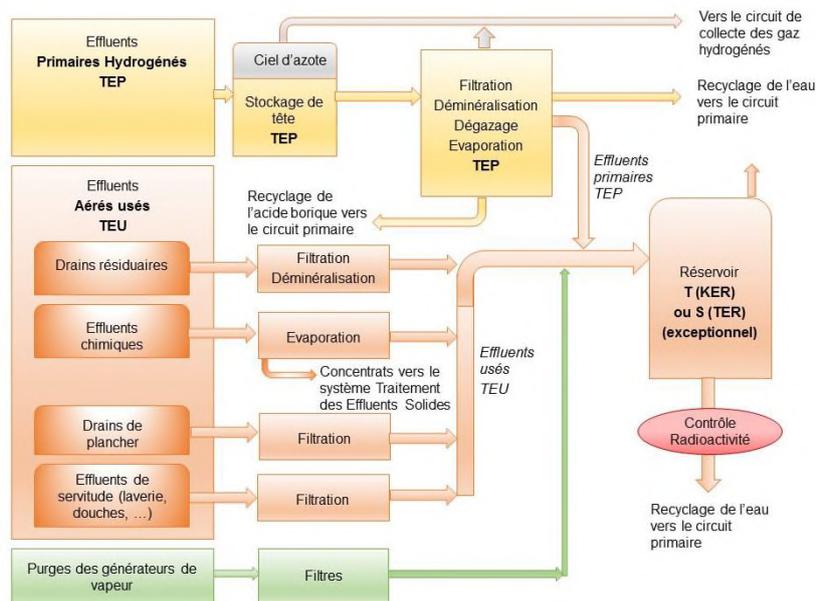


Figure 10 : collecte, traitement et rejet des effluents radioactifs liquides – Source : dossier

Les rejets et leurs impacts sont aujourd'hui considérés comme négligeables.

Paramètres	Limites en activité annuelle (GBq/an)	Limité en débit d'activité (Bq/s) pour le CNPE ²⁷
Carbone 14	380	-
Tritium	160 000	800 x D
Iodes	0,2	1 x D
Autres PF/PA	20	7 x D

Figure 11 : Limites d'activités annuelles et de débits d'activité pour le CNPE pour les effluents radioactifs liquides – Source : dossier

Les effluents liquides dont l'activité volumique n'excède pas 4 000 Bq/l en tritium et 4 Bq/l en activité bêta globale ne sont pas considérés comme des effluents radioactifs. C'est le cas en particulier des eaux d'exhaures issues de la salle des machines.

Conclusions

L'impact associé aux rejets radioactifs observés du CNPE sur l'environnement est jugé négligeable.

La méthode Erica est quant à elle mise en œuvre en appliquant les seuils de rejets radioactifs autorisés et non les rejets réels. Les indices de risque calculés sont tous inférieurs à 10^{-3} pour l'impact des rejets atmosphériques sur les organismes terrestres. Ils sont tous inférieurs à 0,1 pour

²⁷ Pour un débit D, exprimé en l/s, dans les ouvrages de rejet.

l'impact des rejets en mer sur les organismes marins. Ces valeurs sont donc toutes largement inférieures au seuil de discrimination de 1, ce qui permet de conclure à l'absence d'impact de ces rejets sur la biodiversité pour des valeurs atteignant les seuils autorisés.

2.2 Eaux, milieux aquatiques et milieux marins

2.2.1 État initial et surveillance

Eaux marines

À Paluel, les courants de marée littoraux et le courant permanent de la Manche portant au nord-est donnent au milieu marin une grande capacité de dilution et d'évacuation des polluants. La température de la mer varie en moyenne de 20°C en août à 7,5°C en février, avec des extrêmes mesurés de 1,2°C à 23,3°C.

L'état écologique de la masse d'eau côtière « Pays de Caux Sud » est bon et son état chimique est mauvais, avec un risque de non atteinte des objectifs environnementaux d'ici 2027. Les paramètres déclassants sont essentiellement les polychlorobiphényles (PCB), qui proviennent en majorité de la mobilisation de sédiments de la Seine, issus de pollutions historiques du fleuve.

Eaux de surface

La Durdent est un petit fleuve côtier de 26 km de long et de débit moyen 3,8 m³/s. Il se jette dans la Manche à Veulettes-sur-Mer, à 2 km à l'ouest du CNPE de Paluel. Il constitue une masse d'eau en bon état écologique, mais en mauvais état chimique, le paramètre déclassant étant les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), source régulièrement rencontrée de déclassement²⁸.

Eaux souterraines

La « nappe de la craie », principale nappe de la région, est alimentée par les précipitations sur le plateau cauchois et drainée par la mer le long de la côte.

Sur la base des résultats de janvier 2014 à mars 2016, l'étude d'impact, sans présentation de résultats, affirme qu'il n'a pas été mis en évidence de « *pollution significative* » des eaux souterraines, à l'exception d'une pollution localisée en hydrocarbures qui fait l'objet d'un traitement depuis 2013, et des concentrations en sulfates supérieures aux valeurs de référence sur un piézomètre.

Surveillance

Le milieu fait l'objet d'une surveillance chimique et hydroécologique autour du CNPE dans et hors de sa zone d'influence. Le site de Paluel dispose de stations de mesures marines en sortie des rejets

²⁸ Les HAP sont issus de la combustion des carburants domestiques, du charbon, du bois, des aciéries ou des alumineries, ou encore des incinérateurs. Ces HAP sont émis dans l'air avant de se retrouver dans les eaux.

et dans le milieu témoin, ces dernières constituant des stations « références ».

Depuis 1978, le CNPE de Paluel fait également réaliser par l'Ifremer²⁹ un suivi chimique et écologique du milieu marin, afin de connaître les concentrations en polluants issus de la centrale et de « suivre l'évolution naturelle du milieu récepteur afin de déceler une évolution anormale qui proviendrait du fonctionnement de la centrale ».

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

Prélèvement et consommation d'eau

Les prélèvements ponctuels dans la Durdent représentent un débit instantané maximal de 170 l/s, pour un débit mensuel minimal du fleuve de récurrence 5 ans de 2 700 l/s, et 4,5 % du débit moyen du fleuve (1,5 million de m³ par an). Le CNPE prélève entre 38 000 m³ et 58 000 m³ chaque année sur le réseau d'eau potable.

Rejets thermiques

L'incidence des rejets thermiques sur les eaux de surface reste localisée du fait de la forte capacité de dilution liée aux courants de marée dans la zone des rejets. Elle concerne principalement la surface, les zones plus profondes n'étant pas atteintes de manière notable. Ces résultats sont corroborés par un suivi en thermographie infrarouge de l'impact thermique des rejets et par une modélisation tridimensionnelle de l'effet thermique³⁰.

Rejets chimiques

Les effluents liquides chimiques sont collectés dans des réservoirs d'entreposage où ils sont traités et contrôlés avant rejet dans le milieu naturel.

Paramètres	Émissaire de rejets en mer	Flux maximal 24 h (kg)	Flux annuel maximal (tonnes)
Phosphates (en P)	Ouvrages de rejet n°1 et 2 – émissaires est et ouest	200	4,6
Ammonium (en N)		180	27
Nitrates (en NO ₃ ⁻)		630	93
Total azote non organique (en N)		320	48
Acide borique	Ouvrages de rejet n°1 et 2	3 200	26
Hydrazine		2,5	0,018
Détergents		200	3,2
Morpholine	Ouvrages de rejet n°1 et 2 – émissaire ouest	120	1,6
Éthanolamine		39	0,82
Pyrrolidine	Ouvrages de rejet n°1 et 2	2,2	0,037
Nitroso-morpholine		5,9	0,10

²⁹ Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer.

³⁰ La modélisation thermique permet de déduire un coefficient de dilution utilisé pour d'autres effets (impact dosimétrique à l'homme lié aux rejets d'effluents radioactifs liquides et impact sanitaire lié aux rejets d'effluents chimiques liquides). Ainsi sur la plage de Veulettes-sur-mer, la première où les populations peuvent être exposées aux rejets du CNPE via la baignade, le coefficient de dilution est de 0,07. Pour la première station de surveillance de l'environnement (hors station rejet et canal d'aménée), située à environ 1 600 m des points de rejet, le coefficient est de 0,13.

Oxydants résiduels (en Cl ₂)	Ouvrages de rejet n°1 à 4	5 700	1 400
Bromoforme		715	175
Chrome, nickel, plomb, zinc	Ouvrages de rejet n°1 et 2	< 0,56	< 0,064

Figure 12 : Flux de rejets liquides maximum autorisés – Source : rapporteurs d'après dossier

Plusieurs des polluants rejetés sont toxiques (bromoforme, métaux, hydrazine, etc.) ou cancérigènes (bromoforme, etc.) et pour certains bioaccumulables (métaux essentiellement). Le tableau indique les valeurs seuils autorisées.

La qualité du milieu est décrite avec les rejets réels, bien plus faibles, mais non indiqués dans le dossier. Dans le milieu marin, les concentrations en nitrates restent à moins de 1,5 mg/l, et largement sous 0,1 mg/l pour l'ammonium ou les phosphates. La majorité des autres polluants présentent des concentrations voisines des concentrations naturelles dans la mer (exemple : le bore avec 4,5 mg/l), soit non quantifiables pour les polluants non présents naturellement (principaux organohalogénés, avec une limite de quantification à 1 µg/l). Seul le bromoforme est régulièrement quantifié à la station « rejet » (moins de 5 µg/l), mais à des valeurs bien inférieures à la PNEC³¹ aigüe du bromoforme (71 µg/l).

L'étude d'impact, à partir d'une analyse rétrospective de la surveillance réalisée, ne met donc pas en évidence d'incidence significative des rejets actuels sur le milieu marin.

L'étude d'impact analyse par ailleurs les concentrations ajoutées et cumulées³² calculées à partir des flux de polluants autorisés. L'analyse porte sur l'évaluation du risque d'écotoxicité par comparaison avec des valeurs prises pour référence, les PNEC ou à défaut des seuils de toxicité les plus bas de la bibliographie. L'Ae observe que dans le cas de seuils bibliographiques il convient d'y apporter des facteurs de sécurité, comme lors de l'établissement des PNEC :

- les concentrations moyennes ajoutée et cumulée en mer sont supérieures à la valeur de référence pour les paramètres ammonium, nitrates et phosphates³³. Les rejets d'azote et de phosphates autorisés³⁴ par décret ne permettent donc pas d'atteindre les valeurs de référence du bon état des eaux marines. Il conviendrait de les adapter ;
- la concentration cumulée en détergents est supérieure à la valeur de référence, mais du fait non d'une concentration ajoutée élevée mais d'une concentration initiale dans le milieu déjà supérieure à la valeur de référence ;
- Paluel est un des tous premiers sites français en volume de rejets de bromoforme (175 tonnes). Les valeurs indiquées sont cependant celles réglementées au rejet de l'usine et ne prennent pas

³¹ PNEC : Predicted No Effect Concentration. Concentration supposée sans effet établie à partir de concentrations sans effet observé auxquelles sont appliquées des facteurs de sécurité.

³² Les concentrations cumulées sont obtenues en additionnant les concentrations initiales moyennes observées dans le milieu marin non influencé par les rejets du CNPE, les concentrations « ajoutées », calculées au moyen des flux de polluants et du coefficient de dilution.

³³ Les concentrations « initiales » en nitrates et phosphates dans la Manche sont déjà supérieures aux valeurs de référence dans le secteur de Paluel.

³⁴ Pourtant beaucoup plus faibles que pour d'autres sites nucléaires : voir les avis de l'Ae sur [les rejets de la centrale nucléaire de Belleville-sur-Loire](#) et sur [les modifications des INB n°116 et 117 de l'usine Orano Cycle à La Hague](#)

en compte les possibilités de formation de bromoforme après rejet, par réaction des 1 400 tonnes d'oxydants résiduels autorisés sur les matières organiques contenues dans le milieu marin ou le rejet. L'indice de risque³⁵, s'il n'atteint pas le seuil de 1 (0,81) devrait être recalculé pour prendre en compte les polluants néoformés ; il n'est pas invraisemblable que l'indice de risque dépasse alors le seuil de 1 ;

- Les concentrations des autres paramètres pris en considération n'atteignent pas les valeurs de référence, que ce soit pour les concentrations ajoutées ou cumulées.

Paramètres	Flux annuel (tonnes)	Concentration initiale (mg/l)	Concentration ajoutée (mg/l)	Concentration cumulée (mg/l)	Valeur prise pour référence (mg/l)
Ammonium (N)	19	0,035	0,31	0,35	0,05
Nitrates (NO ₃ ⁻)	65	2,0	1,1	3,1	1
Phosphates (PO ₄ ³⁻)	1,4	0,097	0,024	0,12	0,06
Détergents	3,2	0,022	0,003	0,022	0,015

Figure 13 : Comparaison des concentrations moyennes trimestrielles initiales, ajoutées et cumulées avec les valeurs de référence du bon état des eaux marines au droit du CNPE – Source : dossier

Paramètres	Flux annuel (tonnes)	Concentration moyenne annuelle initiale (µg/l)	Concentration ajoutée (µg/l)	Concentration cumulée (µg/l)	Indice de risque cumulé
Bromoforme	175	0,92	5,5	6,4	0,81

Figure 14 : Comparaison des concentrations moyennes annuelles initiales, ajoutées et cumulées et indice de risque au droit du CNPE – Source : dossier

Les informations fournies n'incluent ni l'inventaire des produits générés par l'électrochloration³⁶, ni celui des produits de réaction des 1 400 tonnes d'oxydants sur la matière organique marine ou les polluants issus de la centrale. Sans connaissance de ces produits ni quantification de leur rejet direct ou néoformation dans le milieu marin, sans connaissance donc de leurs présences ou de leurs concentrations dans le milieu, il n'est pas possible d'évaluer l'impact des rejets sur le milieu marin.

Il n'est pas indiqué non plus quels sont les composés qui pourraient être bioaccumulables. La seule analyse de ces composés dans l'eau pourrait ne pas suffire à estimer leur impact et un suivi de leur imprégnation dans la biosphère (mollusques, etc.) serait nécessaire.

L'Ae recommande d'estimer les quantités totales de bromoforme et autres produits de dégradation des matières organiques par les oxydants générés par l'électrochloration, d'en déduire un indice de risque et de compléter la surveillance de la biosphère en y incluant le suivi des polluants bioaccumulables dans la chaîne trophique, le cas échéant.

Il n'est pas proposé de mesures d'évitement ou de réduction des rejets de polluants en mer, notamment pour les oxydants et les produits de dégradation des matières organiques. Seule est évoquée la possibilité de procéder à l'injection de morpholine dans le circuit primaire ou de passer à un conditionnement par les seules morpholine et hydrazine pour le circuit secondaire, sans que

³⁵ Rapport entre la concentration prévisible dans l'environnement (i.e. concentration cumulée calculée) et la concentration réputée sans effet prévisible sur l'environnement (PNEC).

³⁶ Le dossier fait référence à des travaux sur l'écotoxicité de ces produits à Gravelines, mais sans préciser la liste des produits générés, ni leurs autres impacts potentiels.

les impacts en soient évalués. Il conviendrait d'engager des travaux permettant d'évaluer les possibilités de réduire les rejets les plus importants (acide borique) et en particulier ceux des composés toxiques ou cancérigènes (acide borique, haloformes, nitrosamines, chloramines organiques).

L'Ae recommande à EDF, en cas d'identification d'une pollution notable par les substances chimiques rejetées ou générées dans le milieu marin par action des oxydants résiduels, d'étudier puis de mettre en œuvre les moyens pour éviter ou réduire ces pollutions, et à l'autorité administrative d'adapter dans ce cas les normes de rejet en conséquence.

2.3 Air et pollutions atmosphériques

2.3.1 État initial et surveillance

L'environnement est principalement rural et agricole. La station de surveillance de l'air de l'association Atmo Normandie la plus proche du CNPE est située à Fécamp à une distance de 20 km. Elle ne suit que l'ozone. La station de Dieppe comprend d'autres paramètres, comme les particules fines. Le dossier ne mentionne pas de suivi sur site par EDF.

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

Le fonctionnement du CNPE de Paluel génère des rejets atmosphériques de monoxyde de carbone, de formol, d'ammoniac, d'éthanolamine, de morpholine, d'oxydes de soufre (SOx) et d'azote (NOx). En dehors du rejet d'ammoniac qui est continu, les autres sont très ponctuels (essais périodiques ou arrêt de tranche). Les rejets les plus importants concernent les oxydes d'azote qui proviennent des gaz d'échappement des groupes électrogènes et des engins et camions (livraison et expéditions). Pour les seuls essais des moteurs de secours, ils représentent 145 tonnes par an, soit de l'ordre de 10 à 15 % d'une unité industrielle de type raffinerie³⁷. Le dossier ne donne pas de chiffres pour les particules, dont les émissions doivent cependant être importantes, les moteurs n'étant pas équipés de filtres. Pour limiter les émissions de gaz d'échappement des groupes électrogènes de secours, le CNPE de Paluel met en œuvre un programme de maintenance optimisé avec l'utilisation d'un carburant à très faible teneur en soufre et le maintien de la propreté des cylindres des moteurs.

L'étude d'impact précise, dans des chapitres distincts, les flux estimés et leurs normes applicables, sans que les unités retenues ne soient directement comparables. Au motif de durées de fonctionnement ne dépassant jamais quelques heures, l'étude d'impact conclut que les rejets ne conduisent pas au dépassement des niveaux critiques pour la protection de la végétation, les objectifs de qualité et les valeurs limites pour la protection de la santé humaine, exprimés en moyenne annuelle ou en percentile journalier. L'Ae observe que le respect des valeurs limites, d'ailleurs non démontré, ne saurait être assimilé à un impact négligeable. Seule l'observation de la pollution de l'air ambiant ou la modélisation du panache émis dans l'environnement peuvent, par comparaison avec les concentrations toxiques, par exemple les valeurs guide de l'OMS, permettre

³⁷ <https://expertises.ademe.fr/professionnels/entreprises/reduire-impacts/reduire-emissions-polluants/dossier/oxydes-dazote-nox/lexemple-raffinerie-esso>

Ou pour des données sur une unité en particulier <https://www.georisques.gouv.fr/risques/registre-des-emissions-polluantes/etablissement/donnees#/>

de conclure sur les risques pour la végétation ou la santé humaine.

L'Ae recommande de produire les valeurs des émissions de l'ensemble des polluants visés par l'arrêté de prescriptions générales de la rubrique 2910, dont les particules, d'évaluer le transfert dans l'environnement des polluants de moteurs diesel, d'évaluer les risques sanitaires associés et de mettre en place, le cas échéant, des mesures d'évitement et de réduction de ces impacts.

Emissaire de rejet	Substance	Flux instantané de rejet maximum (g/s)	Durée de rejet	Flux annuel calculé par les rapporteurs
Moteurs diesels de secours	NO _x	203	50 h/an/moteur 8 pour le CNPE	81,2 t
	SO _x	0,036		9 kg
Turbine à combustion de secours	NO _x	274	50 h/an/moteur 1 pour le CNPE	13,7 t
	SO _x	0,025		1,26 kg
Moteurs diesel d'ultime secours	NO _x	252	50 h/an/moteur 4 pour le CNPE	50,4 t
	SO _x	0,0050		252 g
Total	NO _x	-		145 t
	SO _x	-		10,5 kg

Figure 15 : Rejets atmosphériques – Sources : rapporteurs d'après dossier

2.4 Production de déchets

2.4.1 État initial

L'exploitation du CNPE de Paluel génère deux types de déchets : conventionnels et radioactifs.

Les déchets radioactifs sont issus du traitement des effluents radioactifs (filtres, charbons actifs, concentrats, filtres à eau, résines échangeuses d'ions, boues, etc.), des opérations de maintenance courante (pièces mécaniques rebutées, linge, etc.) et des opérations de manutention du combustible (grappes, étuis de crayon, squelettes d'assemblage, etc.). Ils sont classés selon le niveau d'activité et la durée de vie des radionucléides qu'ils contiennent.

Le CNPE produit également des combustibles usés du fait de son fonctionnement. Au sens du code de l'environnement (5^e alinéa de l'article L. 542-1-1 du code de l'environnement), ils ne constituent pas des déchets car ils sont susceptibles de retraitement. Sur le site du CNPE, ils sont entreposés dans des piscines pour décroissance de leur activité, puis envoyés à Orano La Hague pour traitement et séparation entre les matières recyclables et les déchets de fission. 96 % de la masse de combustible usé sont ainsi recyclés sous la forme d'uranium appauvri et de plutonium. Dans l'état initial, ces matières ont vocation à être réutilisées pour constituer des assemblages Mox.

Les déchets conventionnels sont des déchets produits dans des zones ne contenant aucune substance radioactive. Ils sont composés de déchets inertes, de déchets non dangereux non inertes (bois, emballages, verre, métaux, etc.) et de déchets dangereux (bétons pollués, peintures, déchets hydrocarburés, amiante, etc.).

L'Ae recommande de présenter les flux de déchets produits pour chacune des catégories.

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

Les déchets radioactifs sont triés à la source en fonction de leur débit équivalent de dose (DeD), inférieur ou supérieur à 2 mSv/h au contact, de leur état, solide ou liquide, de leur nature et de leur lieu de production. Ils sont collectés, contrôlés puis conditionnés et évacués selon leurs caractéristiques vers des filières dédiées de l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra) pour leur stockage (Centre de stockage de l'Aube (CSA) ou Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (Cires)), et de Cyclife France (Centraco³⁸) pour leur incinération ou fusion.

Les déchets conventionnels du CNPE sont traités et éliminés dans les filières adaptées. Le choix de la filière prend en compte les trois principes suivants : hiérarchie des modes de traitement, proximité et adéquation avec les plans de prévention et de gestion des déchets.

Selon le dossier, la gestion des déchets est améliorée de façon continue grâce au retour d'expérience acquis sur les autres réacteurs et à la veille technique internationale mise en place par EDF. Elle permet de limiter la quantité et la nocivité des déchets produits, en optimisant le tri entre les déchets conventionnels et radioactifs sur la base du plan de zonage déchets.

Le dossier n'évoque pas la réduction à la source de la production de déchets.

2.5 Biodiversité et milieux naturels

L'étude d'impact traite aussi bien des milieux terrestres que marins.

En ce qui concerne la partie terrestre, si le chapitre « méthode » cite bien des inventaires de terrain de novembre 2019, la lecture de l'étude d'impact ne permet pas de comprendre si les données sont issues de la bibliographie ou réellement observées sur le terrain. Les effets sur le milieu terrestre sont principalement issus de la construction du CNPE il y a plusieurs dizaines d'années : impact du fait de sa surface totale (160 ha), de sa surface artificialisée et de sa clôture, infranchissable pour une majorité d'espèces animales. Aucune comparaison, ni quantitative, ni qualitative, entre une situation sans CNPE et la situation observée n'est proposée. L'étude d'impact à l'échelle du CNPE aurait pu être l'opportunité de qualifier l'efficacité des mesures d'évitement, de réduction et de compensation mises en œuvre.

Le littoral présente plusieurs habitats à enjeu écologique fort : bord de mer, récifs, plages de galets, groupement à Chou marin et falaises. La surveillance du domaine halieutique s'appuie sur le suivi permanent des pêches. Le littoral de la zone d'étude est considéré comme une zone fonctionnelle halieutique d'importance, abritant notamment une densité notable de frayères du merlan, ainsi qu'une zone de frayère pour la Sole commune. Aucune zone de nourricerie n'a été reconnue à proximité du CNPE de Paluel. La surveillance de la biodiversité par EDF est notamment réalisée à

³⁸ Centraco (Centre de traitement et de conditionnement) est une installation industrielle située sur le centre nucléaire de Marcoule (30) et dédiée au traitement des déchets très faiblement à moyennement radioactifs à vie courte.

travers celle des eaux de surface et la surveillance de l'état radiologique de l'environnement. Elle consiste en un suivi chimique et un suivi hydroécologique (suivi des paramètres physico-chimiques et hydrobiologiques). Son objectif est de « *suivre l'évolution naturelle du milieu récepteur et de déceler une évolution anormale qui proviendrait du fonctionnement de la centrale* ». La variabilité du phytoplancton et du zooplancton est similaire à celle des milieux côtiers de la Manche et de la baie sud de la mer du Nord.

Les études (« *sur la base du retour d'expérience* » et du « *dire d'expert* ») n'ont pas mis en évidence d'incidence notable du CNPE sur les caractéristiques écologiques du milieu qui sont déterminantes pour l'expression de la biodiversité à l'échelle de l'aire d'étude.

Le raisonnement des dires d'experts mériterait d'être explicité³⁹. Les nombreux renvois vers d'autres chapitres ne permettent pas de s'assurer de cette démonstration, notamment en l'absence de présentation de données d'observation.

L'étude d'impact présente les mesures actuelles de réduction des impacts de la centrale sur la biodiversité :

- la conception des ouvrages de prélèvements d'eau en mer et dans la Durdent permet de limiter l'aspiration des organismes du fait de faibles vitesses d'aspiration et de la protection des prises d'eau par un dispositif de grilles ;
- le CNPE de Paluel procède, tous les deux ans, à un transfert de 20 000 m³ de galets de l'estran de l'ouest vers l'est afin de rétablir le transit naturel⁴⁰ des galets qui se sont accumulés à l'ouest des ouvrages de prélèvement en eau de mer.

D'autres mesures pourraient être certainement proposées en faveur de la valorisation de certains espaces entre la centrale et sa clôture, sur la surveillance de la biodiversité, etc.

L'Ae recommande d'expliciter les « dires d'experts » et de compléter l'analyse des impacts du CNPE sur la biodiversité, notamment sur les conséquences de son implantation et des ruptures de continuités, et, sur cette base, de faire des propositions de renforcement des mesures d'évitement, de réduction et de compensation de ces impacts, voire des mesures d'accompagnement.

2.6 Population et santé humaine

2.6.1 État initial

Dans le rayon d'étude de 50 km, la densité moyenne de population est d'environ 174 habitants/km² et de 91 habitants/km² dans un rayon de 10 km. Les communes les plus importantes sont Le Havre (170 000 habitants), Dieppe (30 000 habitants) et Fécamp (19 000 habitants). Les populations

³⁹ Le principal argument avancé tient dans l'absence de modification des paramètres du milieu par le fonctionnement prévu du CNPE.

⁴⁰ Le long du littoral haut-normand, la côte est fréquemment bordée, en haut de plage, par un cordon de galets produits par l'érosion des falaises. Sous l'action des conditions hydrodynamiques, les galets se déplacent le long du littoral, d'ouest en est entre le Cap d'Antifer et la baie de Somme. Le dossier précise que ce rétablissement est exigé par l'Autorisation d'occupation temporaire du domaine maritime dont bénéficie EDF.

sensibles les plus proches (établissements scolaires et de santé publique, médico-sociaux et sociaux) sont localisées à 2 km au sud-ouest du CNPE. Les habitations les plus proches sont à environ 50 m au sud-ouest des limites du CNPE.

2.6.2 Évaluation de l'impact dosimétrique sur l'homme

L'évaluation des impacts des rejets d'effluents radioactifs sur le public prend en compte les expositions internes et externes associées aux rejets radioactifs liquides et gazeux⁴¹.

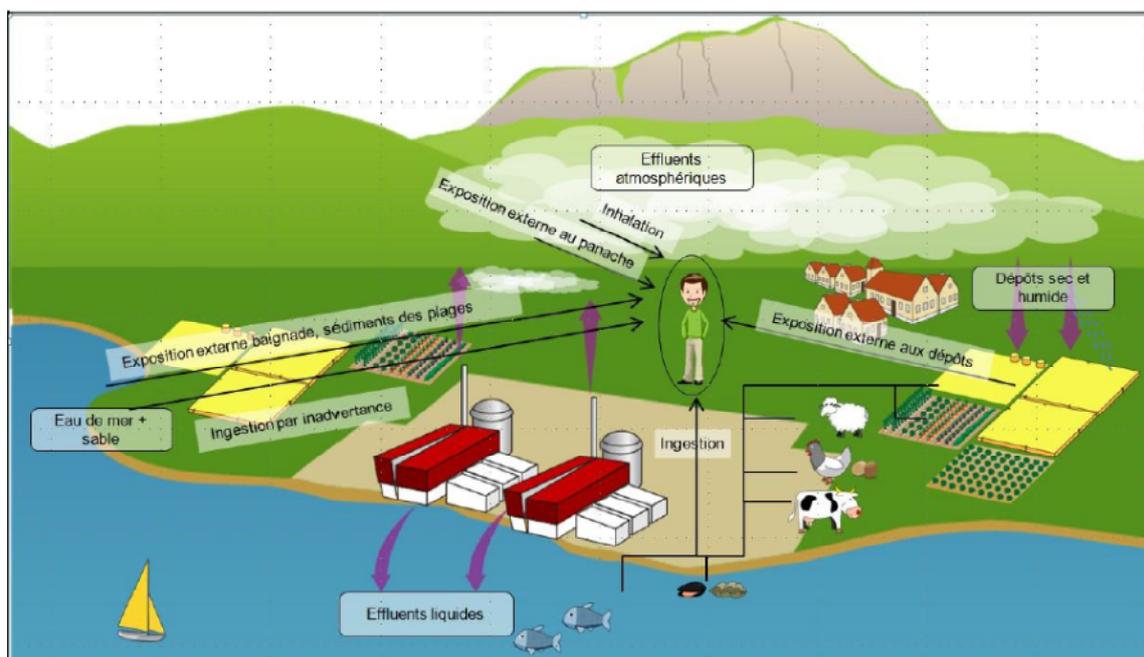


Figure 16 : Voies d'exposition aux rejets radioactifs – Source : EDF

L'impact associé aux rejets d'effluents radioactifs pour les limites autorisées de rejet du CNPE a été déterminé pour les personnes représentatives, situées dans un rayon de 5 km autour du site. La dose efficace totale annuelle, liée à l'exposition interne et externe aux rejets d'effluents radioactifs du projet, est évaluée à moins de 3 $\mu\text{Sv}/\text{an}$ ⁴² pour l'adulte, l'enfant de 10 ans et l'enfant de 1 an.

Par ailleurs, la dose par exposition externe du fait des rayonnements de l'installation est évaluée à moins de 70 $\mu\text{Sv}/\text{an}$ pour l'adulte, l'enfant de 10 ans et l'enfant de 1 an à comparer à la dose annuelle due à l'exposition naturelle dans le département de Seine-Maritime, de l'ordre de 570 $\mu\text{Sv}/\text{an}$.

Ces valeurs sont bien inférieures à la dose maximale ajoutée acceptable de 1 mSv/an et le dossier conclut à une absence de risque pour les populations exposées.

⁴¹ Pour évaluer l'impact dosimétrique sur la population des rejets d'effluents radioactifs, EDF dispose d'un outil développé par l'IRSN qui l'évalue selon les étapes suivantes :

- caractérisation des rejets d'effluents radioactifs et de l'environnement autour du site ;
- évaluation des transferts des radionucléides émis dans l'environnement jusqu'à l'homme (milieu atmosphérique, milieu fluvial, milieu agricole...) et de l'exposition des populations riveraines ;
- présentation des résultats avec comparaison de la dose efficace totale reçue par la personne susceptible d'être la plus exposée au sein de la population, à la valeur limite réglementaire de 1 mSv/an.

⁴² μSv : microsievert ; mSv : millisievert.

2.6.3 Évaluation des risques sanitaires liés aux rejets chimiques, biologiques et autres nuisances

La surveillance des incidences du CNPE sur la santé des populations avoisinantes est réalisée à travers la surveillance des incidences sur l'air, sur la qualité des eaux de surface, des sols et des eaux souterraines et sur la radioécologie de l'environnement. L'étude ne met pas en évidence de risque sanitaire dû aux rejets chimiques, qu'ils soient gazeux ou liquides.

Ces conclusions souffrent des insuffisances relevées dans l'évaluation des rejets par l'étude d'impact :

- absence d'inventaire et de quantification précise des éléments chimiques produits par électrochloration ou par l'oxydation de la matière organique contenue dans le milieu ;
- absence de suivi des émissions de particules fines et de la qualité de l'air sur la centrale ;
- absence de suivi des polluants bioaccumulables éventuels dans la biosphère marine.

Dans ces conditions, l'Ae considère prématuré de conclure à l'absence d'impact sanitaire des rejets chimiques.

L'Ae recommande de reprendre l'évaluation des risques sanitaires une fois qu'auront été complétées comme recommandé la description des rejets chimiques et l'évaluation de leur impact sur le milieu, y compris pour les substances bioaccumulables.

Les émissions sonores font l'objet d'une surveillance périodique. Des dispositions sont prises dès la conception pour les réduire à la source et pour limiter les nuisances sonores d'installations ou d'essais temporaires. Une campagne de mesure a été menée autour du CNPE en 2014 qui a montré que les niveaux sonores du CNPE respectaient la réglementation.

2.7 Risques naturels et technologiques

Immédiatement à l'est des ouvrages, la falaise s'est érodée depuis la construction du CNPE à une vitesse de l'ordre de 50 cm par an. Cette érosion doit être surveillée afin de préserver les installations situées en haut de falaise, d'autant que ce recul pourrait s'accélérer avec la montée des eaux marines.

Le sous-sol karstique sur lequel le CNPE a été construit est particulièrement altéré. Les vides karstiques ont été traités par des injections de coulis de ciment lors de la construction, sauf sous les deux bassins de stockage d'eau brute. Ce comblement de vides et de cavités a permis de stopper l'évolution des karsts. Un fontis⁴³ est cependant apparu en 1991, en dehors de la zone de fondation des bassins. Une campagne de reconnaissance a été menée au cours de l'automne 2005 qui a permis de confirmer l'absence de cavités ou fontis remontant sur au moins 15 mètres de profondeur sous l'emprise des bassins de stockage d'eaux brutes du CNPE.

Le rapport de sûreté (volet site) décrit comment sont pris en compte le risque de submersion (niveau de pleine mer, surcote millénale), réévalué à trois reprises (en 1998, 2001 et 2011) et le risque de tsunamis en 2002 (des tsunamis issus de séismes lointains induiraient une élévation d'environ 2 m

⁴³ Un fontis est un effondrement du sol en surface, au droit d'une cavité souterraine dont le toit s'effrite progressivement.

du niveau de la mer). L'élévation du niveau de la mer est estimée à 1 m par siècle. Il conclut que les niveaux des plateformes sur lesquelles est implanté le CNPE sont une ligne de défense suffisante (la plate-forme des îlots nucléaires est à plus de 17 m au-dessus de la cote marine majorée de sécurité).

2.8 Énergie, atténuation du changement climatique, vulnérabilité du projet

Le fonctionnement du CNPE de Paluel a pour vocation la production d'électricité : 19,5 TWh (2016) ; 21,2 TWh (2017) ; 32,0 TWh (2018). La consommation propre du CNPE représente moins de 0,1 % de l'électricité produite. La consommation annuelle en combustible pour les essais périodiques des groupes électrogènes diesel de secours s'élève à près de 200 m³ de gazole non routier.

En ce qui concerne l'atténuation du changement climatique, l'étude d'impact rappelle que la production d'électricité d'origine nucléaire génère très peu de CO₂ dans l'atmosphère, gaz à effet de serre (GES).—Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Giec) estime qu'en moyenne la production d'électricité d'origine nucléaire génère 12 g eq.CO₂/kWh. Selon le bilan d'émissions de GES du groupe EDF, la filière nucléaire ne génère que 4 g eq.CO₂/KWh, sans justifier ce résultat au regard de celui du Giec ni en préciser le mode de calcul. Même si l'électricité produite sur le CNPE génère peu d'émissions de GES, il conviendrait d'avoir une vision précise du bilan de GES de la production d'électricité à Paluel, incluant l'amont de la filière (production du combustible depuis la mine...) et l'aval (retraitement des déchets et du combustible, entreposage et stockage des matières et déchets nucléaires...).

Le dossier ne mentionne ni ne quantifie la chaleur produite par les réacteurs, actuellement intégralement rejetée en mer⁴⁴. L'exploitant a justifié oralement aux rapporteurs l'absence d'alternative par la faible température des rejets (autour de 30°, jusqu'à 35°). L'Ae recommande de préciser les quantités de chaleur fatale produites par l'ensemble des réacteurs du site et de conduire une étude visant à la valoriser, soit directement soit indirectement.

L'adaptation au changement climatique n'est prise en considération qu'au regard de son impact sur l'évolution du risque de submersion marine. Le recul, éventuellement accéléré, du trait de côte n'est pas pris en compte.

L'Ae recommande d'approfondir l'analyse du recul du trait de côte du fait du changement climatique.

3. Évolution des incidences avec le moxage du réacteur 4

Le dossier n'évoque pas ou peu l'évolution des incidences du réacteur 4 du fait de son moxage, considérée comme nulle. L'utilisation des assemblages Mox n'entraîne pas de modification des procédés ni des flux de produits et d'énergie dans la centrale. Le seul élément modifié est le combustible au sein du crayon, qu'il soit neuf ou usagé. L'étanchéité du crayon doit garantir

⁴⁴ Compte tenu d'une valeur approximative des rendements des réacteurs, cette quantité de chaleur serait de l'ordre de deux fois la production d'énergie électrique. Même si ceci ne concerne pas la production d'énergie thermique, l'Ae souligne que la récente loi n°2021-1485 du 15 novembre 2021 visant à réduire l'empreinte environnementale du numérique en France prescrit désormais aux centres de données de valoriser la chaleur fatale qu'ils produisent. Il serait intéressant de comparer les volumes de chaleur des deux types d'installation.

l'absence de diffusion d'éléments du combustible neuf ou usé et de produits de fission, dans le circuit primaire.

Les rejets chimiques et radiologiques de la centrale ne devraient effectivement pas évoluer ni donc leurs impacts sur la biodiversité et la santé des populations. Le projet ne nécessite pas de besoins en eau supplémentaires, que ce soit d'eau de mer ou d'eaux douces. Les conditionnements et traitement d'eau consommés restent inchangés et la nature et les flux de produits chimiques rejetés ne sont pas modifiés. Les performances énergétiques restant identiques, les rejets thermiques seront également inchangés. Il en va de même des autres effets physiques (bruit, vibration, besoins énergétiques...). Compte tenu des emballages de combustible utilisés, le projet est également considéré sans effet sur l'irradiation externe directe.

Selon le dossier, il n'y aura pas de nouveaux radionucléides émis car ce seront les mêmes éléments, déjà présents, qui subiront la fission ou l'activation⁴⁵. Le dossier se doit d'être plus précis sur les produits de fission générés par le combustible Mox notamment en matière d'actinides mineurs⁴⁶. Les combustibles usés, s'ils comprennent les mêmes éléments qu'ils soient issus de combustible UNE ou Mox, ne les génèrent en effet pas dans les mêmes quantités.

Il apparaît que :

- la production de gaz de fission issue du combustible Mox est plus importante que pour le combustible UNE, ce qui est d'ailleurs évoqué à propos de la conception des crayons Mox et de leur étanchéité ;
- certains produits de fission sont générés en quantité bien plus importante avec l'utilisation du Mox qu'avec celle du UNE⁴⁷.

L'Ae recommande de préciser dès ce stade les différences entre les produits de fission générés par l'usage du combustible Mox ou du combustible UNE et plus largement les incidences spécifiques du cycle de combustible Mox.

3.1 Déchets

Aujourd'hui, il n'existe pas de filière de retraitement des combustibles Mox usés, même si des recherches sont en cours sur leur valorisation. Pour autant, ils sont pour l'instant considérés comme des matières nucléaires. Les assemblages usés sont entreposés par EDF d'abord sur site, en piscine, en vue d'une décroissance de l'activité et par la même de la puissance calorifique à dissiper, plus forte que les combustibles UNE ; ils sont ensuite dirigés vers la Hague.

Le dossier n'évalue pas les risques de déconfinement du combustible usé sur le long terme, accrus du fait des dégagements de gaz de fission, ni leurs effets radiologiques.

⁴⁵ Le plutonium est créé lors de l'utilisation du combustible UNE, par capture neutronique de l'uranium ²³⁸U

⁴⁶ Les actinides sont des métaux lourds dont le numéro atomique est compris entre 89 (actinium) et 103 (lawrencium). Ils comprennent principalement l'uranium, le thorium et le plutonium mais également des éléments produits par les réacteurs nucléaires en moindre quantité et qu'on qualifie à ce titre de « mineurs » : le neptunium (93), l'américium (95) et le curium (96).

⁴⁷ Production de quatre fois plus d'américium et dix fois plus de neptunium et curium – Source : [IRSN](#)

L'Ae recommande de présenter les différences de conception des crayons Mox par rapport aux crayons UNE qui permettent de garantir leur étanchéité, sur la base des études et du retour d'expérience des paliers 900 MWe.

EDF poursuit des recherches sur le retraitement de ces combustibles et provisionne les moyens financiers d'un éventuel stockage au cas où ce combustible usé deviendrait un déchet au sens de la réglementation.

En l'absence de filière de gestion des combustibles « moxés » usés en France, les seuls débouchés des déchets de fission et des combustibles Mox irradiés sont des entreposages de surface dont il conviendrait de préciser les capacités et les conditions de sécurité à long terme.

L'Ae recommande de préciser

- ***les perspectives de valorisation des combustibles Mox usés et les capacités du projet à diminuer la production de déchets radioactifs des réacteurs de 1300 MW,***
- ***les moyens de limiter les émissions de gaz de fission dans l'atmosphère tout au long de la filière de traitement, voire d'élimination des combustibles usés ainsi que les conditions d'entreposage à court, moyen et long termes des combustibles usés et des déchets de fission en l'absence de stockage autorisé en couche profonde.***

3.2 Atténuation du changement climatique

Le combustible Mox ne suit pas le même processus de fabrication que le combustible UNE. Le combustible UNE usé est par ailleurs retraité alors que le Mox ne l'est pas. Il n'y a donc pas de raison que le contenu en GES de l'électricité produite avec le Mox soit identique à celui de celle produite avec l'UNE.

L'Ae recommande de produire un calcul détaillé des émissions de gaz à effet de serre de la production d'électricité par un combustible UNE et par un combustible Mox.

3.3 Analyse de la recherche de variantes et du choix du parti retenu

Au-delà des choix d'implantation du CNPE à Paluel du fait de la disponibilité d'une source froide abondante, la mer, et de l'essai de moxage sur ce site et qui a été d'abord une question d'opportunité au regard du calendrier des prochaines revues décennales de la centrale, le dossier ne justifie pas ses choix. Il ne présente pas en particulier de solutions techniques alternatives quant au confinement du combustible Mox dans le crayon ou sur l'application de nouvelles techniques d'évitement et de réduction des pollutions du site.

3.4 Impacts cumulés avec d'autres projets

Le dossier procède à l'analyse des impacts cumulés de la centrale avec d'autres projets, conformément à l'article R. 122-5 du code de l'environnement, projets qui, lors du dépôt du dossier de demande, ont été réalisés (projets existants) ou ont fait l'objet d'une décision leur permettant d'être réalisés (projets approuvés). Sont compris également les projets qui ont fait l'objet d'une étude d'incidence environnementale au titre de l'article R. 181-14 et d'une consultation du public

ou d'une évaluation environnementale et pour lesquels un avis d'ae a été rendu public.

La zone retenue pour l'identification des projets à étudier correspond à l'aire d'étude définie pour l'analyse des incidences sur la biodiversité. Cette aire est insuffisante pour s'assurer de l'identification des projets ayant des impacts dans cette zone du fait de l'exutoire du fleuve Durdent et des courants marins.

La présence dans la zone d'étude de certains radionucléides rejetés par l'usine Orano La Hague (distante d'environ 180 km) a néanmoins conduit à inclure les projets susceptibles de modifier les rejets radioactifs de cette usine. Trois projets ont été recensés : les démantèlements partiels des INB n°33 et n°38 et la modification des INB n°116 et n°117. Les études d'impact de ces trois projets concluent qu'ils ne sont pas susceptibles de faire évoluer de façon significative les rejets radioactifs de l'usine Orano La Hague. Ils ne sont donc pas susceptibles de faire évoluer l'état radiologique de l'environnement du CNPE de Paluel.

Aucune incidence notable ne résultera du cumul des émissions du CNPE avec celles issues d'autres projets existants ou approuvés.

3.5 Évaluation des incidences Natura 2000

Deux sites Natura 2000 sont présents dans l'aire d'étude :

- ZSC « Littoral Cauchois », qui s'étend sur près de 120 km, avec ses falaises crayeuses et une zone marine au large du littoral cauchois et son platier rocheux immergé hébergeant une flore et une faune variées ;
- ZPS « Littoral seino-marin » qui s'étend sur un peu plus de 70 km de littoral qui comprend les deux principales colonies d'oiseaux marins nicheurs de Haute-Normandie, et accueille huit espèces d'intérêt communautaire comme le Faucon pèlerin ou le Fulmar boréal.

L'aire d'étude retenue pour l'évaluation des incidences au titre de Natura 2000 est identique à celle retenue pour l'appréciation des incidences sur la biodiversité. Elle correspond à la superposition des zones d'influences potentielles sur le milieu continental et le milieu marin. Les habitats et espèces ayant justifié la désignation des deux sites Natura 2000 et pouvant être concernés par le projet sont cinq habitats (dont les récifs), une espèce d'insectes (Lucane cerf-volant), quatre espèces de poissons (dont la Lamproie marine), quatre espèces de mammifères (dont le Phoque gris), six espèces de chauve-souris et dix-huit espèces d'oiseaux. Au regard de l'analyse des incidences du CNPE, ce dernier ne remet pas en cause leur état de conservation.

Le CNPE de Paluel ne remet pas en cause les objectifs de gestion définis dans le document d'objectifs du site « Littoral cauchois ». De ce fait, il n'est pas proposé de mesure spécifique pour éviter ou réduire les incidences du CNPE.

L'évaluation des incidences au titre de Natura 2000 mériterait d'être complétée par l'appréciation d'un effet indirect du CNPE sur les « Végétations des hauts de cordons de galets (1220-1) » du fait du déplacement régulier de galets au niveau de l'ouvrage de protection de la prise d'eau de mer.

4. Résumé non technique

Comme l'étude d'impact, le résumé non technique présente le projet comme une modification du décret d'autorisation de construction du CNPE alors qu'il s'agit ici de la modification, très partielle, de son alimentation en combustible.

Le résumé non technique après avoir affirmé l'absence d'incidence du projet, traite des incidences du fonctionnement actuel du CNPE. Il reprend successivement les différents chapitres de l'étude d'impact, sans prise en compte de la proportionnalité des enjeux. Il est général et très qualitatif, ce qui le rend de fait très accessible à un public non averti. Il mériterait d'être complété par des grandeurs caractéristiques des différents prélèvements et rejets.

Il n'est pas possible de comprendre quels sont les nouveaux engagements d'EDF en matière de mesures ERC. Il sera nécessaire de préciser si ces mesures sont déjà mises en place et donc concourent déjà aux observations relayées par l'étude d'impact, ou si elles serviront à améliorer la situation.

Des documents spécifiques au RNT sont produits, avec régulièrement au fil du texte des explications de termes techniques, ce qui rend le document très didactique.

5. Étude de dangers et sécurité des populations

Le dossier considère que la modification n'est pas censée engendrer de dangers ou de risques nouveaux. Le dossier comprend une étude de maîtrise des risques et un rapport de sûreté, lui-même composé de deux volets :

- Un volet « palier 1 300 MWe », commun à l'ensemble des réacteurs de 1300 MWe (avec quelques variantes dont le palier P4 spécifique au réacteur n° 4 objet de la demande).
- Un volet « site », spécifique au site de Paluel.

L'étude de maîtrise des risques est claire et lisible et remplit correctement son rôle de présentation non technique de l'approche de sûreté. *A contrario*, le rapport de sûreté est d'une lecture délicate pour le grand public du fait de son niveau de complexité et de son caractère incomplet, puisqu'il n'est présenté qu'en version publique, avec la suppression de nombreuses données et informations, pour des raisons de sécurité.

La modification de l'étude de maîtrise des risques se limite à la prise en compte des quatre assemblages Mox notamment sur les niveaux limites de taux de combustion, la manutention de ces assemblages et à la vérification de la marge d'anti-réactivité (capacité d'interruption de la réaction en chaîne).

Ces documents traitent à la fois des accidents aux conséquences radiologiques et non radiologiques. Les premiers sont liés aux accidents et incidents pouvant survenir dans l'« îlot nucléaire » et ses annexes. Les accidents non radiologiques sont liés aux matières dangereuses non radioactives utilisés sur le site, en particulier pour les traitements d'eau.

Les études produites et les scénarios d'accident se réfèrent au rapport de sûreté dans sa version 3,

dernière version à jour et déposé à l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) en août 2020, et intègrent les modifications issues de l'introduction des 4 assemblages précurseurs Mox. Ces documents ont été soumis au préalable à l'ASN et à l'IRSN conformément à la réglementation. L'IRSN a rendu son [avis](#) sur le dossier de modification⁴⁸. Son avis ne montre pas de modifications majeures par rapport au rapport de sûreté et porte des recommandations sur la protection des travailleurs ainsi que sur les méthodes de suivi de l'expérimentation. Notamment l'IRSN estime nécessaire la mise en place d'un programme de mesure expérimentale du fléchissement des crayons pour les assemblages.

L'Ae appuie les recommandations de l'avis de l'IRSN en ce qu'elles s'appliquent à l'environnement et à la santé humaine.

5.1 Accidentologie

L'accidentologie est uniquement développée dans la partie « étude des risques ». Le volet accident radiologique se concentre sur les trois grands accidents de références (Three Mile island, Tchernobyl et Fukushima) et sur deux incidents en France (Blayais et Fessenheim).

Les retours d'expériences tirés de ces accidents nécessiteraient d'être développés⁴⁹. En particulier, il n'est pas expliqué comment l'exploitant a mis en place des mesures d'amélioration de la sécurité sur la base de cette analyse. Notamment l'Ae s'étonne de ne pas voir figurer l'analyse du retour d'expérience de l'utilisation des combustibles Mox dans les réacteurs du palier 900 MWe. A titre d'exemple, on peut citer cet évènement classé au niveau 1 sur des anomalies liées aux assemblage Mox⁵⁰. Enfin, les problèmes de corrosion rencontrés sur le parc nucléaire français ne sont pas évoqués.

L'accidentologie « conventionnelle » est peu traitée et les accidents et les incidents pris en compte ne sont pas cités, alors même que l'accidentologie en matière notamment de traitement de l'eau est malheureusement riche et bien documenté dans la base [Aria](#)⁵¹. L'étude de maîtrise des risques se limite à cette indication : « *La consultation du REX externe a permis de conforter l'exhaustivité des scénarios considérés dans l'étude.* »

5.2 Analyse et maîtrise du risque à la source

5.2.1 Agressions et scénarios d'accident

Les agressions et les scénarios d'accident radiologiques pris en compte n'ont pas évolué depuis l'accident de Fukushima :

- Les agressions d'origines naturelles en lien avec l'emplacement de la centrale : conditions météorologiques extrêmes, submersion, mer anormalement basse, foudre et vent violent, séismes...

⁴⁸ Avis n°2021-00212 du 22 décembre 2021.

⁴⁹ L'Ae formulait déjà la même remarque sur l'accidentologie dans son [avis délibéré n°2021-106 du 22 décembre 2021](#) concernant l'installation nucléaire de base n°167 – Flamanville 3 (réacteur EPR) – EDF (50).

⁵⁰ <https://www.asn.fr/l-asn-controle/actualites-du-controle/installations-nucleaires/avis-d-incident-des-installations-nucleaires/reclassement-au-niveau-1-de-l-echelle-ines-d-un-evenement-significatif-affectant-le-combustible-mox>

⁵¹ Base de données sur les accidents industriels de la Direction générale de la prévention des risques.

- Les agressions d'origines anthropiques, les accidents aéronautiques essentiellement, l'emplacement de la centrale la mettant à l'abri des accidents industriels ou de transport.

Les évènements initiateurs des accidents radiologiques recensés sont classés en fonction de leur probabilité d'occurrence. À ces évènements initiateurs sont associés des dimensionnements définissant des mesures de maîtrise des risques. Il s'agit de garantir au mieux les trois fonctions fondamentales de la sûreté à savoir le contrôle de la réaction en chaîne, le refroidissement du combustible et le confinement de la radioactivité.

En matière de scénario conventionnel, l'étude s'appuie sur les méthodes de recensement en vigueur en matière d'installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Comme déjà souligné dans son avis concernant l'installation nucléaire de base n°167 – Flamanville 3 (réacteur EPR), l'Ae déplore l'absence de « *l'ensemble des informations attendues selon la circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, en particulier les scénarios les plus défavorables de la matrice de maîtrise des risques et la cartographie de leurs effets potentiels.* ».

Certains scénarios sont écartés sur la base du retour d'expérience interne alors même que le retour d'expérience externe montre que leurs probabilités d'occurrence sont non négligeables. Après échanges avec le porteur de projet, il apparaît que certains de ces risques ont bien été pris en compte sans être explicités dans le dossier. C'est le cas en particulier des scénarios de mélanges entre produits dangereux incompatibles.

L'Ae recommande de faire figurer, dans l'étude de maîtrise des risques conventionnels, l'ensemble des informations prévues par la circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, en particulier les raisons qui conduisent à écarter certains scénarios, les scénarios les plus défavorables de la matrice de maîtrise des risques et la cartographie de leurs effets potentiels.

L'étude des risques décrit de manière précise la méthode appliquée. Elle permet de déterminer les éléments de dimensionnement à partir des évènements initiateurs en matière radiologique et des scénarios en matière conventionnelle. En matière d'accident radiologique, l'étude de sûreté décrit pour chaque évènement retenu les moyens techniques et opérationnels mis en place. Ces descriptions restent au niveau systémique (enclenchement de tel ou tel circuit / pompes ...) sans rentrer dans le détail. Les calculs correspondants sont la plupart du temps occultés pour des raisons de confidentialité.

Les deux scénarios « conventionnels » retenus relèvent du risque incendie et sont de ce fait couverts par la gestion du risque « global » incendie, bien plus graves.

5.2.2 Les modes de fonctionnement dégradés et les phases de transition

Les modes de fonctionnement dégradés et de transition en fonctionnement dit « normal », ne sont pas analysés dans le dossier. Les événements incidentels, au même titre que les événements accidentels, font l'objet dans le rapport de sûreté d'une étude détaillée en matière de réponse piloté par les automatismes du système de contrôle commande ou d'intervention manuelle des opérateurs.

5.3 Analyse des enjeux et des conséquences des accidents

Les conséquences des accidents radiologiques sont étudiées en fonction de leur probabilité d'occurrence. Pour chaque scénario, les débits de dose⁵² susceptibles d'être reçus à court terme (7 jours) seront calculés à une distance conventionnelle de 500 m et également au niveau des plus proches habitations (800 m pour Paluel). À long terme (50 ans) la distance est étendue à 2 km (la ville la plus proche, Paluel, est située à 3 km de la centrale). L'analyse est complétée par le calcul du débit équivalent à la thyroïde.

Enfin, les débits de dose sont comparés aux valeurs de référence en fonction de la catégorie d'évènement et si effectivement il y a relâchement de radioactivité. Dans ce cadre et pour l'ensemble des scénarios retenus, aucun scénario ne conduit à un dépassement des valeurs limites retenues pour la catégorie concernée.

Enfin en matière de risque conventionnel aucun scénario retenu ne débouche sur des risques significatifs en dehors des limites du site.

5.4 Approches déterministe et probabiliste de l'analyse de risque.

Les approches varient en fonction de la nature du risque étudié

S'agissant du risque « radiologique » les évènements initiateurs font l'objet d'un classement en quatre classes de probabilité d'occurrence :

- le fonctionnement normal ;
- les incidents, de fréquence moyenne comprise entre 1 fois par an et une fois par siècle ;
- les accidents, de fréquence moyenne comprise entre une fois par siècle et une fois par période de 10 000 ans ;
- les accidents hypothétiques, de fréquence encore inférieure.

Cette probabilité d'occurrence croisée avec les conséquences, éventuellement réduites par des parades, donne la définition d'un domaine de fonctionnement acceptable.

Les conséquences sont exprimées en fonction de la dose reçue par des personnes extérieures au site. Les conclusions du volet sûreté comme de l'étude des risques radiologiques statuent sur le respect du domaine acceptable ainsi défini.

L'analyse du risque « conventionnel » suit la méthode prônée en matière d'ICPE à savoir une étude des dangers permettant de déterminer la liste exhaustive des accidents susceptibles de se produire et leur classement dans une matrice de gravité et probabilité d'occurrence pour les accidents susceptibles d'avoir des conséquences à l'extérieur du site. Le classement dans la matrice est revu au regard des mesures de maîtrise des risques adoptées.

⁵² Le débit de dose mesure la dose absorbée par unité de temps.