



DOCUMENT

3bis

Document relatif aux
effets sur l'environnement
associés à l'exploitation du
réacteur pour les dix
années suivantes

Enquête publique
sur le rapport du
4^e réexamen
périodique

Centrale Nucléaire de Gravelines
Réacteur n°4

	Pages
Introduction	P.2
1. L'exploitant de la centrale de Gravelines et le contexte du réexamen périodique	P.3
1.1. L'exploitant de la centrale de Gravelines	P.3
1.2. Contexte du réexamen périodique et cadre réglementaire	P.4
2. Poursuite du fonctionnement des réacteurs de Gravelines	P.7
2.1. La centrale nucléaire de Gravelines	P.7
2.2. Fonctionnement de la centrale	P.8
2.3. La poursuite du fonctionnement	P.10
3. Procédure d'enquête publique relative au réexamen périodique	P.13
3.1. Procédure réglementaire en France	P.13
3.2. Consultation internationale	P.14
3.3. Calendrier de la procédure réglementaire	P.15
4. Sûreté de la centrale nucléaire	P.16
4.1. Radioprotection	P.16
4.2. Sûreté nucléaire en fonctionnement	P.17
4.3. Maîtrise du vieillissement et de l'obsolescence	P.24
4.4. Sûreté nucléaire, réacteur en mise à l'arrêt définitif	P.25
5. Évaluation des effets de l'exploitation sur l'environnement	P.26
5.1. Démarche	P.26
5.2. Méthodes d'évaluation des impacts	P.27
5.3. Incertitudes liées à l'évaluation des impacts	P.30
5.4. Données utilisées dans l'évaluation	P.30
5.5. État actuel de l'environnement	P.31
5.6. Interactions de la centrale de Gravelines avec l'environnement	P.39
5.7. Projection sur 10 ans des effets sur l'environnement	P.49
6. Évaluation des effets transfrontaliers	P.63
6.1. Exigences en matière de conséquences radiologiques	P.64
6.2. Conséquences radiologiques	P.66
6.3. Mesures de maîtrise des risques radiologiques	P.72
7. Surveillance de l'environnement	P.81
7.1. Mesures de surveillance associées au fonctionnement normal	P.81
7.2. Mesures de surveillance associées aux risques radiologiques	P.84
8. Conclusion	P.85
Glossaire	P.87

INTRODUCTION



Vue aérienne du CNPE de Gravelines, Nord
Copyright Burnod Jean-Louis, Happy Day

En France, la création d'un réacteur nucléaire est autorisée par décret du ministre chargé de la sûreté nucléaire. Cette autorisation ne comporte pas de limitation de durée de fonctionnement. Pour autant, l'exploitant est tenu de procéder à un réexamen périodique effectué tous les 10 ans pour apprécier la situation de l'installation au regard des règles qui lui sont applicables et d'actualiser l'appréciation des risques et inconvénients que l'installation présente pour la sécurité, la santé et la salubrité publiques ou la protection de la nature et de l'environnement, appelés les intérêts protégés.

Les six réacteurs à eau pressurisée de 900 MWe de la centrale nucléaire de Gravelines, exploités par Electricité de France (EDF, www.edf.fr), font l'objet de leur 4^e réexamen périodique.

À l'issue de chacun de ces réexamens, EDF établit un rapport de réexamen (RCR) présentant ses conclusions du réexamen et les dispositions envisagées pour améliorer la protection des intérêts protégés. Les rapports des réacteurs n°1 à 4 de la centrale de Gravelines ont été transmis au Gouvernement et à l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR, www.asnr.fr) respectivement les 10 septembre 2022, 16 mars 2024, 18 avril 2023 et 14 décembre 2024. Lors de la rédaction de ce document, les rapports des réacteurs n°5 et 6 restent à paraître.

Au-delà de la 35^e année de fonctionnement, le rapport de réexamen fait l'objet d'une enquête publique.

Le présent document est l'une des pièces du dossier de l'enquête publique réalisée dans le cadre du 4^e réexamen périodique des réacteurs de Gravelines. Il est commun aux six réacteurs du site de Gravelines.

Il est relatif aux effets sur l'environnement associés à l'exploitation de ces réacteurs pour les dix années suivant leur 4^e réexamen périodique, y compris les conséquences, radiologiques ou non, d'éventuels incidents ou accidents. Il décrit également dans ce cadre les éventuels effets transfrontaliers, puisqu'il est transmis, le cas échéant, lors d'une consultation d'un État étranger contiguë, ou d'un autre État membre de l'Union européenne ou partie à la convention sur l'évaluation de l'impact sur l'environnement dans un contexte transfrontière, signée à Espoo du 25 février 1991.

L'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection tient compte des résultats de l'enquête publique, y compris ceux concernant les effets sur l'environnement présentés dans ce document, dans son analyse du rapport de réexamen et dans les prescriptions qu'elle pourrait prendre concernant les réacteurs du site de Gravelines.

Vue aérienne du CNPE de Gravelines, Nord
Copyright Burnod Jean-Louis, Happy Day

1. L'EXPLOITANT DE LA CENTRALE DE GRAVELINES ET LE CONTEXTE DU RÉEXAMEN PÉRIODIQUE

1.1. L'exploitant de la centrale de Gravelines

EDF est l'exploitant de la centrale électronucléaire de Gravelines et à ce titre responsable des 4^e réexamens périodiques de ses réacteurs.

EDF est une société anonyme détenue à 100% par l'État français. Elle emploie près de 180 000 personnes dans le monde, dont plus de 100 000 en France. Acteur majeur de la transition énergétique, EDF est un énergéticien intégré, présent sur un ensemble de métiers : la production, la distribution, le négoce, les services énergétiques et la vente d'énergie. EDF a développé un mix de production diversifié basé principalement sur le nucléaire et les énergies renouvelables dont l'hydroélectricité.

EDF est le plus grand producteur d'électricité en Europe, avec une capacité installée totale de 117 GW en 2024. Avec plus de 94% de production décarbonée, EDF a une intensité carbone parmi les plus faibles au monde de 33 gCO₂/kWh à comparer avec une moyenne européenne de 230 gCO₂/kWh. En 2024, la production d'électricité du groupe EDF a été d'environ 520 TWh, dont 78 % proviennent de la production nucléaire.

EDF est le premier exploitant nucléaire mondial avec une capacité installée de 63 GWe. EDF exploite 57 réacteurs nucléaires répartis sur 18 sites en France.

En 2024, la centrale nucléaire de Gravelines a produit près de 32,7 milliards de kilowattheure d'électricité décarbonée ce qui représente la consommation électrique de près de 6,5 millions de foyers français, soit 9% de la production d'électricité française d'origine nucléaire. La centrale nucléaire de Gravelines soutient les objectifs climatiques de la France et de l'Union Européenne ainsi que la sécurité de l'approvisionnement en électricité.

La centrale de Gravelines est un acteur économique majeur de la région des Hauts-de-France. Elle est un des premiers employeurs industriels du territoire avec en moyenne 3800 personnes présentes sur le site. Elle s'implique fortement dans la formation des jeunes avec plus de 90 apprentis et 190 stagiaires accueillis en 2024. Elle est attentive à la vie du territoire et soutient de nombreuses initiatives et associations en faveur de l'environnement et de la biodiversité, du sport, et de l'insertion des jeunes.

1.2. Contexte du réexamen périodique et cadre réglementaire

1.2.1. La procédure du réexamen périodique

La centrale électronucléaire de Gravelines comprend six Réacteurs à Eau Pressurisée (REP) d'une puissance électrique unitaire de 900 MWe refroidis en circuit « ouvert ». Ces réacteurs ont été mis en service entre 1980 et 1985. Ils contribuent à la production d'électricité décarbonée de manière fiable depuis plus de 40 ans. EDF procède au 4^e réexamen périodique de chacun de ces six réacteurs en fonctionnement du site de Gravelines.

Afin d'identifier les améliorations à mettre en œuvre dans le cadre de ces réexamens, les thèmes abordés ainsi que les objectifs d'amélioration associés ont été précisés par EDF dans un Dossier d'Orientations du Réexamen (DOR), fin 2013. L'instruction de ce DOR a été menée par l'ASNR, qui a saisi son expertise technique, a consulté les groupes permanents d'experts (GPE)¹, puis a consulté le public avant de se prononcer. L'instruction de cette partie « orientations » du réexamen s'est conclue en avril 2016 par une prise de position de l'ASNR, assortie de demandes à l'exploitant EDF².

Pour le 4^e réexamen périodique des centrales nucléaires de 900 MWe, EDF a retenu comme orientation générale de tendre vers les objectifs de sûreté nucléaire des réacteurs de dernière génération dont le réacteur de référence EDF est l'EPR Flamanville 3.

Lors du réexamen périodique, les améliorations concernant les effets sur l'environnement des installations sont instruites suivant deux volets :

- un **volet « risques »** relatif à la prévention des événements incidentels ou accidentels et la limitation de leurs conséquences potentielles radiologiques (rejets radioactifs) ou non radiologiques (effets thermiques ou toxiques ou de surpression). On distingue 2 familles de risques :
 1. les **risques radiologiques**, liés à la présence de substances radioactives,
 2. les **risques conventionnels**³, liés par exemple à l'entreposage et l'utilisation de produits inflammables, de produits chimiques ou de produits faiblement radiologiques au sein des installations conventionnelles.
- un **volet « inconvénients »** relatif à la maîtrise des effets sur la santé et l'environnement occasionnés par l'installation en fonctionnement normal du fait des prélèvements d'eau et rejets, et des nuisances qu'elle est susceptible d'engendrer (dispersion de micro-organismes pathogènes, bruits et vibrations, odeurs ou envol de poussières). La gestion des déchets est rattachée au volet inconvénients.

Chacun de ces deux volets est divisé en deux parties :

- **Vérification de la conformité** de l'installation aux règles qui lui sont applicables.
- **Réévaluation de l'appréciation des risques ou inconvénients liés à l'installation** répondant à l'objectif d'améliorer autant que raisonnablement possible la protection des intérêts mentionnés à l'article L.593-1 du

¹ Pour préparer ses décisions les plus importantes relatives aux enjeux de sûreté nucléaire ou de radioprotection, l'ASNR s'appuie sur les avis et les recommandations de groupes permanents d'experts.

² ASNR – Orientations génériques du RP4 900 – CODEP - DCN-2016-007286 du 20 avril 2016.

³ Voir glossaire

code de l'environnement, c'est-à-dire la sécurité, la santé et la salubrité publiques ou la protection de la nature et de l'environnement.

Le quatrième réexamen périodique comporte un troisième volet relatif à la « poursuite du fonctionnement après 40 ans » qui couvre la **maîtrise du vieillissement** des matériels et le **maintien de la qualification** des matériels aux conditions accidentelles.

Le 4^e réexamen périodique des réacteurs de Gravelines s'est déroulé en deux phases :

- une première phase dite générique, où sont traités les sujets communs aux réacteurs de conception similaire du parc nucléaire français ainsi que le permet la réglementation française. Les réacteurs de Gravelines font partie du palier des réacteurs de 900 MWe de ce parc. Cette phase générique s'est achevée par la publication le 23 février 2021 de la décision n° 2021-DC-0706 de l'ASNR⁴ sur la phase générique du 4^e réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe assorti de prescriptions génériques qui ont fait l'objet au préalable d'une consultation du public ;
- une deuxième phase spécifique à chaque réacteur de Gravelines.

À l'issue du réexamen⁵, le RCR de chacun des 6 réacteurs de Gravelines est transmis par EDF au ministre chargé de la sûreté nucléaire et à l'ASNR. Ce rapport présente les conclusions du réexamen en regard de ses objectifs, une synthèse des méthodes mises en œuvre et des principaux résultats. Il identifie les dispositions envisagées par EDF pour l'amélioration de la sûreté nucléaire et de la protection de la santé et de l'environnement.

Ce rapport, dont l'échéance de réalisation est fixée par la réglementation, est en général élaboré après la visite décennale du réacteur concerné, pendant laquelle des opérations de contrôle et de maintenance sont réalisées, ainsi que des modifications répondant aux objectifs du réexamen. L'ensemble des dispositions relevant du réexamen fait l'objet d'un programme industriel de déploiement pendant la visite décennale et les arrêts suivants, ou via un programme spécifique, lorsque le réacteur est en fonctionnement (voir § 3.3).

Pour ce 4^e réexamen périodique des réacteurs de Gravelines, le rapport de réexamen fait l'objet d'une enquête publique.

L'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection tiendra compte des conclusions de l'enquête publique et des résultats de la consultation des États étrangers dans son analyse du rapport et, le cas échéant, dans les nouvelles prescriptions encadrant la poursuite du fonctionnement des réacteurs de Gravelines.

À l'issue du réexamen, la poursuite du fonctionnement de Gravelines contribuera, pour les dix années à venir, à la sécurité d'approvisionnement du pays en électricité, dans le respect des objectifs climatiques de la France et de l'Union Européenne.

1.2.2. Lien avec la procédure d'arrêt définitif d'un réacteur

Si les conditions de la poursuite du fonctionnement d'un réacteur, réévaluées lors des réexamens périodiques, ne pouvaient être réunies, EDF envisagerait son arrêt définitif, et serait tenu de procéder à son démantèlement. Dans ce cas, au moins 2 ans avant la date envisagée, l'exploitant déclare au ministre chargé de la sûreté nucléaire et à l'ASNR son intention d'arrêter définitivement son installation. Il transmet au Gouvernement son dossier de démantèlement qui précise, en particulier, les opérations de démantèlement envisagées ainsi que les dispositions prises pour en limiter les effets sur les personnes et l'environnement. Le démantèlement de l'installation est par suite prescrit par un décret, pris après avis de l'ASNR : le décret de démantèlement (DEM). Les étapes du démantèlement sont les suivantes :

⁴ Cette Décision a été modifiée le 19 décembre 2023 par la Décision 2023-DC-0774

⁵ L'article R.593-62 du code de l'environnement dispose que « l'obligation de réexamen périodique est réputée satisfaite lorsque l'exploitant remet au ministre chargé de la sûreté nucléaire et à l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection son rapport sur ce réexamen ».

Étape préliminaire : opérations de préparation au démantèlement (PDEM)

Cette étape, qui commence dès l'arrêt définitif, permet de :

- réduire les risques présents sur l'installation : évacuation des combustibles usés et neufs, des déchets et des effluents, vidange des circuits, décontamination de certains circuits. À ce stade, la majorité des substances radioactives est évacuée ;
- préparer l'installation pour les opérations de démantèlement : organisation des accès et zones de circulation, adaptation des fonctions supports notamment ventilation et manutention, évacuation de certains matériels ;
- affiner la connaissance de l'état de l'installation : inventaire des matières et substances dangereuses, repérage amiante, prélèvements pour analyses radiologiques.

Étape 1 : le démantèlement électromécanique

Cette étape, qui nécessite l'entrée en vigueur du décret de démantèlement, consiste à déposer et découper tous les équipements présents et à les conditionner en déchets. Ne sont laissés en place que les matériels nécessaires au déroulement des travaux d'assainissement en étape 2. Dans chaque bâtiment, les travaux de démantèlement électromécanique se décomposent en grandes opérations. Cela concerne :

- le Bâtiment Réacteur (BR) avec le découpage et l'évacuation de gros composants, et le démantèlement des boucles du circuit primaire, des internes de cuves, de la cuve et des autres circuits et fonctions supports ;
- le bâtiment combustible (BK) avec le démantèlement des compartiments de la piscine, des différents équipements, et des fonctions supports ;
- les Bâtiment des Auxiliaires Nucléaires (BAN) et bâtiment périphérique (BW) avec le découpage et l'évacuation de gros composants, et le démantèlement des équipements en deux phases, en commençant par les fonctions qui ne sont pas requises pour le démantèlement, puis les derniers équipements présents.

Étape 2 : l'assainissement des structures

Cela concerne uniquement les locaux nucléaires. La radioactivité (activation, dépôt ou migration de contamination) susceptible d'être présente au niveau des parois du local est retirée. Les travaux d'assainissement d'un local peuvent débuter dès la fin de l'étape de démantèlement électromécanique de ce même local et après accord de l'ASNR sur la méthodologie d'assainissement.

A l'issue des travaux d'assainissement et des campagnes de mesures de vérification, un dossier de déclaration de déclassement des zones concernées est transmis à l'ASNR. Lorsque l'ensemble d'une zone de locaux est traité, les éléments restants sont alors considérés comme des déchets conventionnels.

Étape 3 : la démolition des bâtiments.

Pour les bâtiments conventionnels devant être démolis, la démolition peut commencer lorsque ces bâtiments n'ont plus d'utilité pour le démantèlement. Cette démolition classique ne sera pas obligatoirement précédée d'une phase de retrait des équipements situés dans les bâtiments.

Pour les bâtiments nucléaires, la démolition sera réalisée après l'envoi à l'ASNR du dossier de déclaration pour le déclassement de ces locaux. Au sein d'un bâtiment nucléaire, certaines zones de locaux éventuellement non assainis peuvent faire l'objet d'une démolition nucléaire préalable.

Étape 4 : la réhabilitation du site de l'installation

Elle consiste à s'assurer de la compatibilité entre l'état des sols et l'usage futur. Les éventuelles zones présentant un marquage chimique ou radiologique font l'objet de mesures de gestion adaptées. A l'issue de la phase de réhabilitation du site de l'installation, une demande de déclassement sera soumise à décision de l'ASNR.



2.1. La centrale nucléaire de Gravelines

La centrale électronucléaire EDF est implantée sur la commune de Gravelines, dans le département du Nord, en limite du département du Pas-de-Calais, dans la région des Hauts-de-France. Elle se situe en bordure de la mer du Nord, à mi-chemin entre Dunkerque et Calais, au cœur d'un tissu industriel riche.

Les villes les plus importantes situées à proximité de la centrale sont Dunkerque (17 km), Calais (21 km) et Boulogne-sur-Mer (47 km).

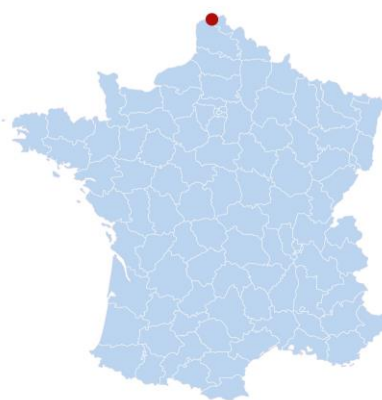
Elle est à proximité d'un parc naturel régional, de deux réserves naturelles, de zones NATURA 2000, et d'espaces appartenant au Conservatoire du Littoral.

La centrale nucléaire de Gravelines comprend six Réacteurs à Eau Pressurisée (REP), mis en service entre 1980 et 1985, qui sont concernés par les 4^e réexamens périodiques.

CENTRALE NUCLEAIRE DE GRAVELINES (NORD)



Les grandes villes
et axes de communication



- Préfecture de région
- Préfecture départementale
(BELGIQUE : chef-lieu de province /
PAYS-BAS : chef-lieu de province /
ROYAUME-UNI : chef-lieu de comté)
- Sous-préfecture
(BELGIQUE : chef-lieu d'arrondissement /
ROYAUME-UNI : chef-lieu de district)
- Autre ville

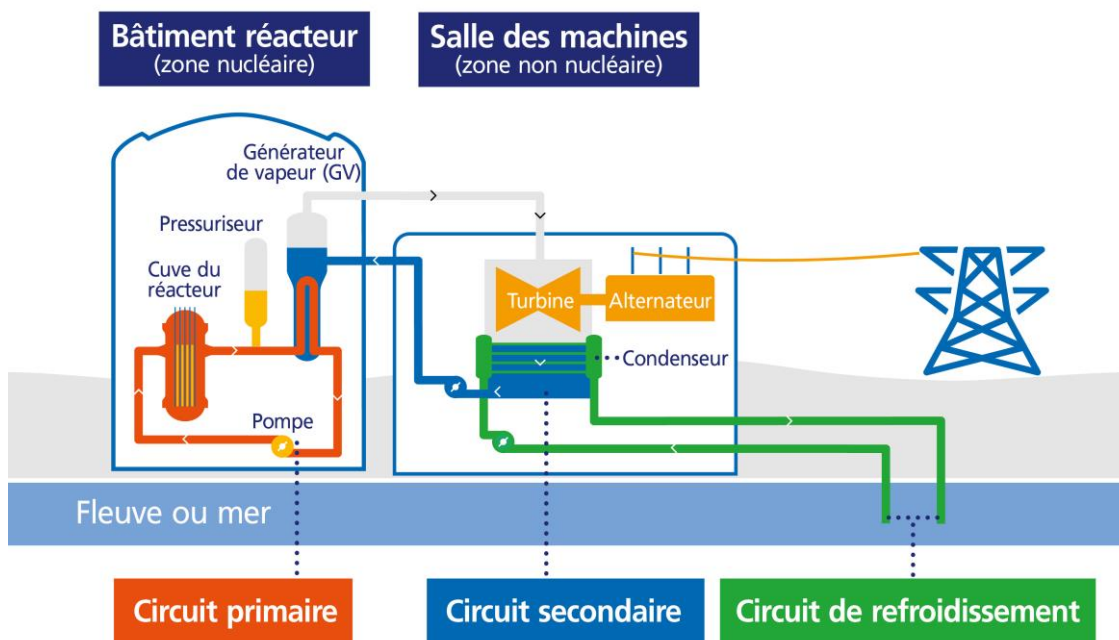
2.2. Fonctionnement de la centrale

Dans une centrale de type thermique classique ou nucléaire, le mode de production de l'électricité est identique : un combustible produit de la chaleur qui transforme de l'eau en vapeur et met ainsi en mouvement une turbine et un alternateur qui produit de l'électricité. Dans une centrale thermique classique, la chaleur provient de la combustion d'un combustible fossile (charbon, fioul, ...). Dans un réacteur nucléaire, la chaleur provient de la fission d'atomes d'uranium.

La centrale nucléaire de Gravelines comprend six réacteurs à eau pressurisée d'une puissance électrique unitaire de 900 MWe refroidis en circuit ouvert. Le fonctionnement d'un réacteur nucléaire à eau pressurisée s'articule autour de trois circuits indépendants et étanches les uns par rapport aux autres (voir schéma ci-dessous).

LA CENTRALE NUCLÉAIRE

Principe de fonctionnement, sans aéroréfrigérant



1. Le **circuit primaire** : dans le réacteur, la fission des atomes d'uranium produit une grande quantité de chaleur qui chauffe l'eau qui circule autour des assemblages de combustible à 320°C. L'eau est maintenue sous pression pour l'empêcher de bouillir. Elle transmet sa chaleur à l'eau d'un deuxième circuit fermé.
2. Le **circuit secondaire** : l'échange de chaleur entre l'eau du circuit primaire et l'eau du circuit secondaire se fait par l'intermédiaire de générateurs de vapeur dans lesquels l'eau du circuit secondaire est vaporisée. La pression de cette vapeur fait tourner une turbine qui entraîne un alternateur. Ce dernier produit un courant électrique alternatif. Un transformateur élève la tension du courant électrique produit pour qu'il puisse être plus facilement transporté à grande distance dans les lignes très haute tension.
3. Le **circuit de refroidissement** : à la sortie de la turbine, la vapeur du circuit secondaire est à nouveau transformée en eau, grâce à un condenseur dans lequel circule de l'eau froide, en provenance de la mer ou d'un cours d'eau. Ce troisième circuit est appelé circuit de refroidissement. Pour la centrale de Gravelines, l'eau de ce 3^e circuit est issue de la mer du Nord.

En 2024, la centrale nucléaire de Gravelines a produit près de 32,7 milliards de kilowattheure d'électricité décarbonée ce qui couvre la consommation électrique de l'ordre de 6,5 millions de foyers, soit 9% de la production d'électricité française d'origine nucléaire.

2.3. La poursuite du fonctionnement

« Construire un avenir énergétique neutre en CO₂ conciliant préservation de la planète, bien-être et développement, grâce à l'électricité et à des solutions de service innovants » est la raison d'être d'EDF ; elle contribue à l'objectif de neutralité carbone fixé en 2050 par l'Union Européenne et repris en France dans la stratégie française pour l'énergie et le climat. Dans ce cadre, les centrales électronucléaires d'EDF jouent un rôle majeur dans la fourniture d'une électricité décarbonée, pilotable et compétitive.

Ainsi, EDF entend poursuivre le fonctionnement de ses réacteurs en prenant les dispositions nécessaires au respect des exigences de sûreté applicables.

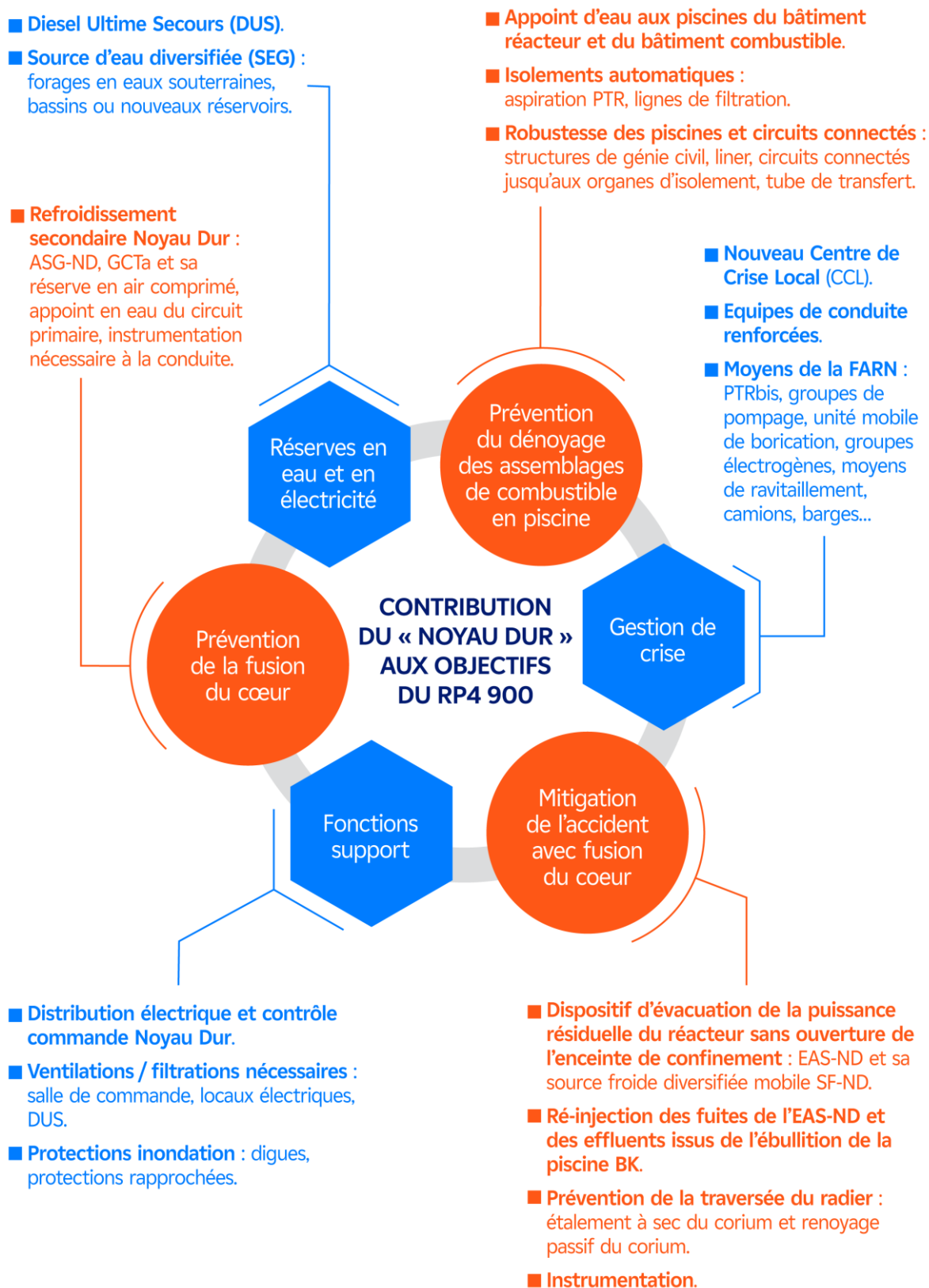
2.3.1. Les dispositions proposées

Au regard des objectifs d'amélioration définis pour le 4^e réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe, la poursuite du fonctionnement sur 10 ans s'accompagne de la mise en œuvre de dispositions proposées par EDF dans le rapport de réexamen, complétées par les prescriptions de l'ASNR qui encadre les conditions de la poursuite du fonctionnement.

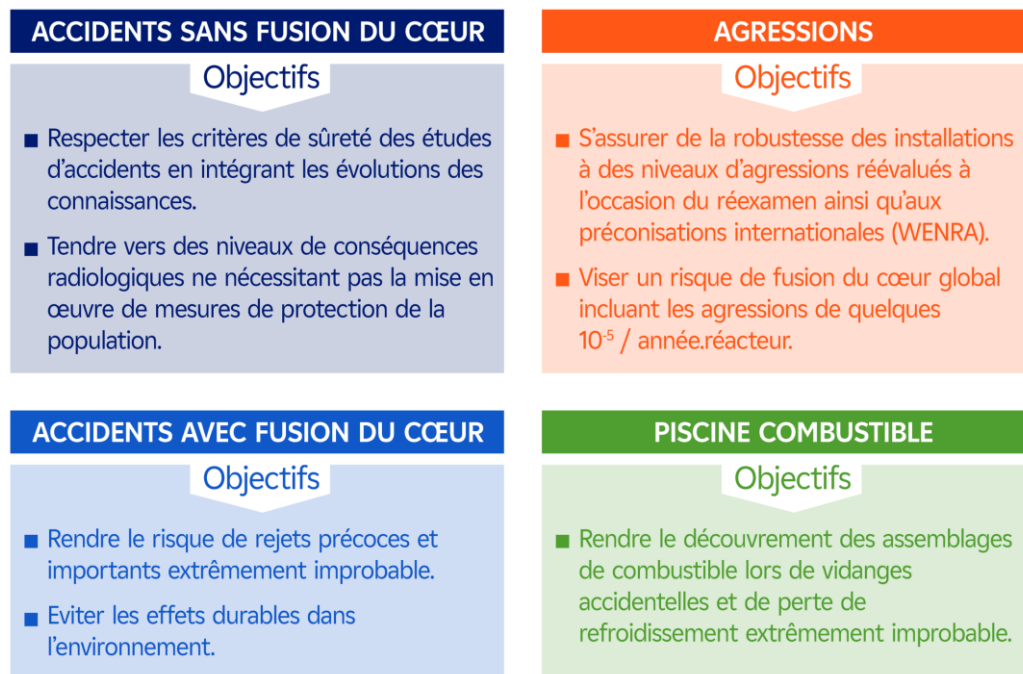
Les dispositions d'amélioration consistent, d'une part, à prendre en compte dans la démonstration de sûreté des réacteurs les moyens mis en place pour intégrer le retour d'expérience de l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi survenu en mars 2011. Ce faisant, ces moyens sont renforcés à la suite du réexamen en un ensemble de dispositions appelées « Noyau Dur ».

Le Noyau Dur est un ensemble de moyens matériels fixes et robustes complétés par des moyens mobiles visant à éviter des rejets radioactifs massifs et des effets durables dans l'environnement pour des situations consécutives à une agression naturelle externe extrême. Il s'agit principalement de situation de séisme, d'inondation externe et des phénomènes associés (foudre, grêle, grands vents, pluies de forte intensité), ou encore de la tornade.

Principales dispositions « Noyau Dur » (ND) reprises par grandes thématiques de sûreté



D'autre part, les autres dispositions d'amélioration du 4^e réexamen périodique de Gravelines répondent à l'orientation générale de ce réexamen de tendre vers les objectifs de sûreté nucléaire des réacteurs de dernière génération dont le réacteur de référence EDF est l'EPR-Flamanville 3, et qui se décline en quatre thématiques :

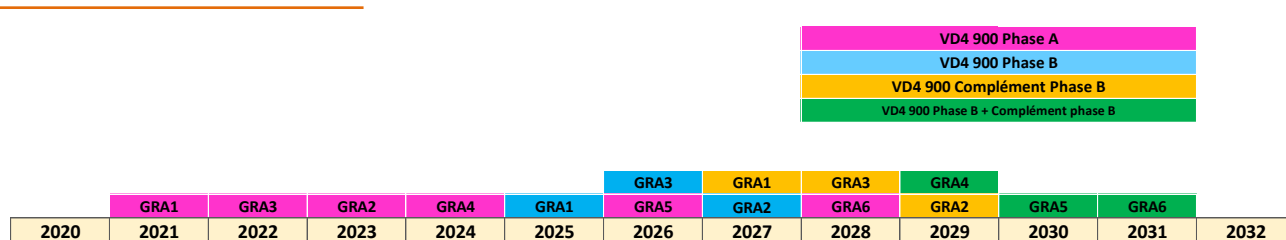


2.3.2. Programme industriel issu du 4^e réexamen périodique

Le programme industriel du 4^e Réexamen Périodique du palier 900 se décline en trois phases tenant compte de l'ampleur des actions et des impacts induits pour les personnes et les organisations en place sur les sites nucléaires⁶ :

- La **Phase A** correspond aux opérations réalisées en Tranche En Marche ou durant les arrêts de type Visite Décennale. Ces opérations s'accompagnent d'une mise à jour de la documentation d'exploitation ;
- La **Phase B** correspond aux opérations réalisées en Tranche En Marche ou durant les arrêts de Tranche au plus tard 6 ans après la remise du rapport de réexamen ;
- Le **Complément Phase B** comprend le déploiement de certaines actions issues de l'instruction du quatrième réexamen périodique par l'ASNR qui, compte tenu de leur nature (comme par exemple la nécessité de qualifier un nouveau matériel à des conditions ambiantes très sévères), nécessitent un délai d'instruction d'environ 5 ans. Elles sont réalisées en Tranche En Marche ou durant les arrêts de Tranche au plus tard 8 ans après la remise du rapport de réexamen.

Le schéma suivant présente l'échéancier annuel des modifications liées au 4^e réexamen des réacteurs de Gravelines :



⁶ Pour élaborer le calendrier, EDF tient également compte du contexte industriel très chargé en France, compte tenu des visites décennales à effectuer également sur les autres paliers. A cette fin, EDF s'est organisée en mode projet pour mener le réexamen, au sein du programme baptisé « Grand Carénage ».

3. PROCÉDURE D'ENQUÊTE PUBLIQUE RELATIVE AU RÉEXAMEN PÉRIODIQUE

3.1. Procédure réglementaire en France

Conformément à l'article L.593-18 du code de l'environnement, EDF réalise un réexamen périodique de ses réacteurs tous les dix ans afin « *d'apprécier la situation de l'installation au regard des règles qui lui sont applicables et d'actualiser l'appréciation des risques ou inconvénients que l'installation présente pour les intérêts mentionnés à l'article L. 593-1, en tenant compte notamment de l'état de l'installation, de l'expérience acquise au cours de l'exploitation, de l'évolution des connaissances, dont celles sur le changement climatique et ses effets, et des règles applicables aux installations similaires. Cette appréciation des risques tient compte des conséquences du changement climatique sur les agressions externes à prendre en considération dans le cadre de celle-ci.* »

L'article R.593-62 du code de l'environnement dispose que « *l'obligation de réexamen périodique est réputée satisfaite lorsque l'exploitant remet au ministre chargé de la sûreté nucléaire et à l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection son rapport sur ce réexamen* ».

Ce rapport comporte « *les conclusions de l'examen prévu à l'article L. 593-18 et, le cas échéant, les dispositions qu'il envisage de prendre pour remédier aux anomalies constatées ou pour améliorer la protection des intérêts mentionnés à l'article L. 593-1.* » (Article L.593-19 du code de l'environnement)

Conformément à l'article L.593-19, « *pour les réexamens au-delà de la trente-cinquième année de fonctionnement d'un réacteur électronucléaire, le rapport mentionné au premier alinéa du présent article fait l'objet d'une enquête publique.* »

Dans ce contexte, les articles R.593-62-2 à R.593-62-9 du code de l'environnement clarifient la procédure à suivre pour cette enquête publique.

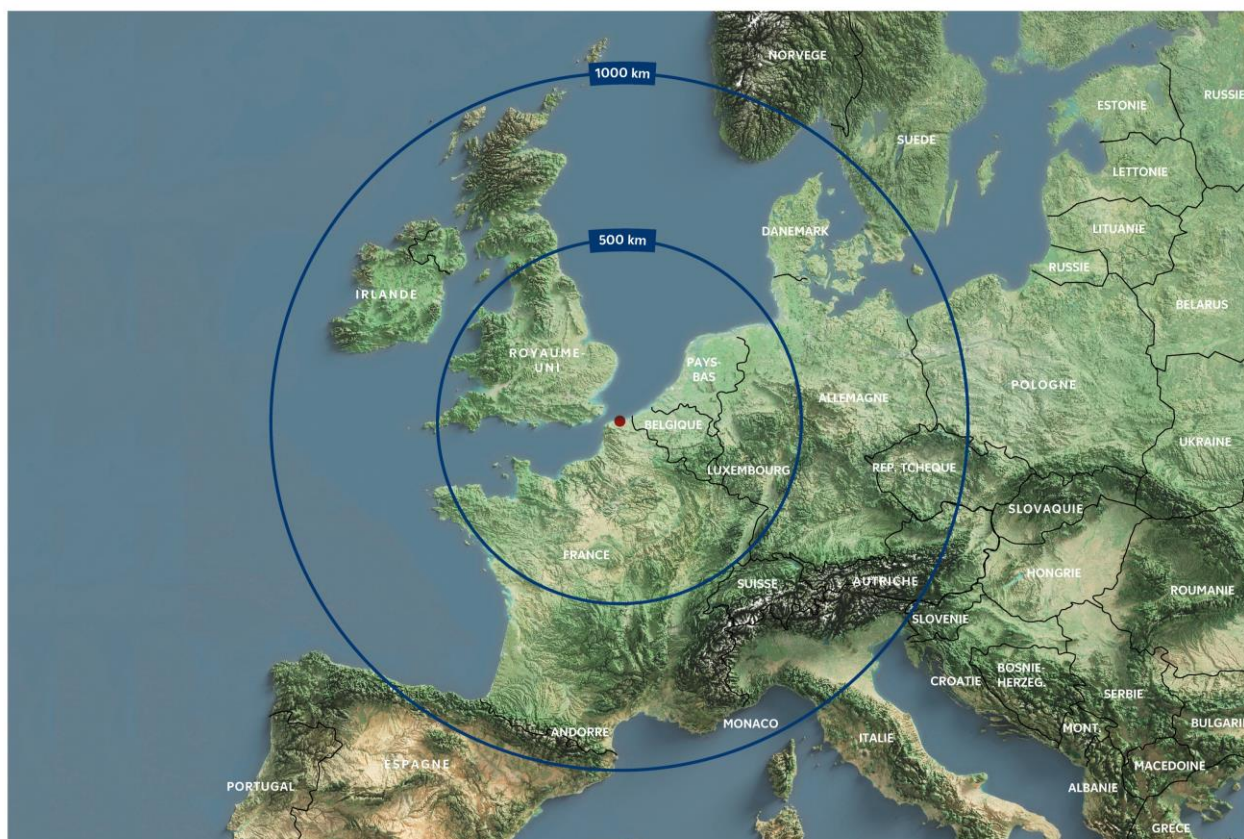
3.2. Consultation internationale

Dans le cadre de cette enquête publique portant sur le RCR, l'article R.593-62-6 du code de l'environnement prévoit une procédure de consultation des États étrangers. Lorsqu'une partie du territoire d'un État étranger est contiguë au périmètre de l'enquête publique, ou lorsque la condition de contiguïté n'est pas remplie mais que le préfet estime, de sa propre initiative ou à la demande des autorités d'un autre État membre de l'Union européenne ou partie à la convention sur l'évaluation de l'impact sur l'environnement dans un contexte transfrontière, signée à Espoo du 25 février 1991, que le fonctionnement du réacteur est susceptible d'avoir des incidences notables sur l'environnement de cet État :

- Le préfet notifie à cet État l'arrêté d'ouverture de l'enquête publique et lui transmet, en particulier, un exemplaire du dossier d'enquête.
- La notification de l'arrêté d'ouverture d'enquête fixe le délai dont disposent les autorités de cet État pour manifester leur intention de participer à l'enquête publique. L'enquête publique ne peut alors commencer avant l'expiration de ce délai.
- Le dossier est transmis par le préfet au ministre des affaires étrangères.

La carte ci-dessous permet de localiser la centrale de Gravelines et d'apprécier sa distance aux États voisins de la France, au moins jusqu'à 1000 kilomètres.

CENTRALE NUCLEAIRE DE GRAVELINES (NORD)

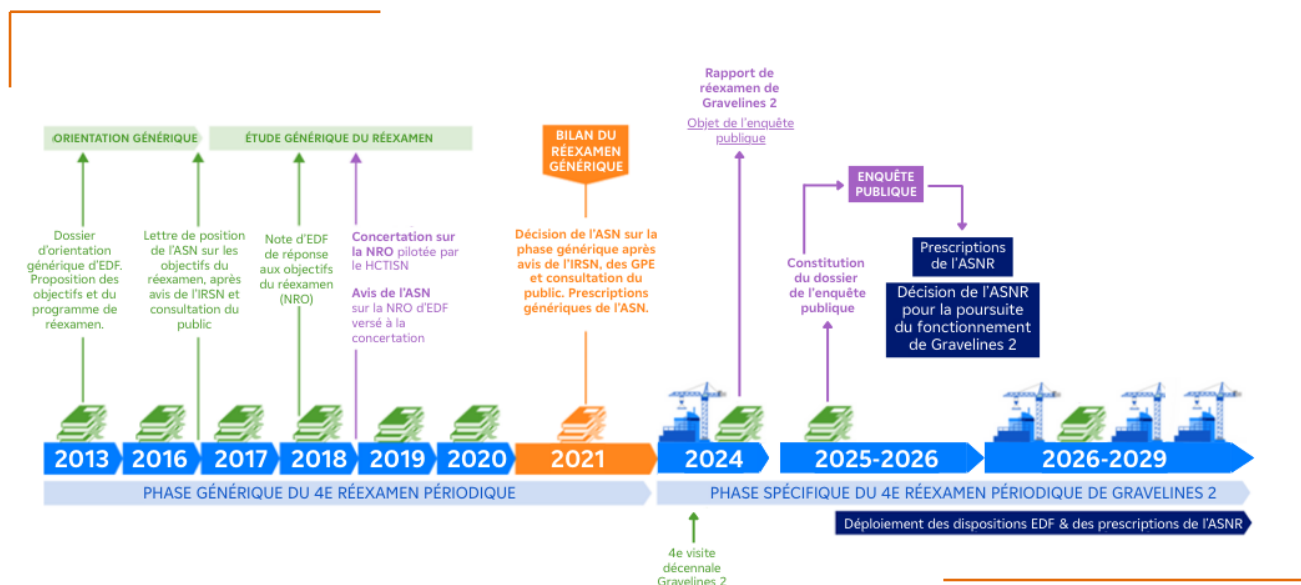


Localisation de la centrale de Gravelines au regard des États étrangers

3.3. Calendrier de la procédure réglementaire

Le préfet du département du Nord détermine notamment la date d'ouverture de l'enquête et sa durée (Article R.123-9 du code de l'environnement).

Le déroulement du réexamen périodique est rappelé ci-dessous pour le réacteur n°2 de Gravelines.



Actuellement, les enquêtes publiques des réacteurs n°2 et 4 pourraient se tenir entre fin 2025 et jusqu'à mi-2026, et celles des réacteurs n°5 et 6 de Gravelines se dérouleront entre 2030 et 2031.

4. SURETÉ DE LA CENTRALE NUCLÉAIRE

La centrale nucléaire de Gravelines, Nord
Copyright EDF

4.1. Radioprotection

La **radioprotection** est l'ensemble des règles, des procédures et des moyens de prévention et de surveillance visant à empêcher ou à réduire les effets nocifs des rayonnements ionisants produits sur les personnes, directement ou indirectement, y compris par les atteintes portées à l'environnement. Elle repose sur trois grands principes : la justification, l'optimisation et la limitation des doses.

- **Justification** : toute activité humaine susceptible d'entraîner une exposition de l'homme aux rayonnements ionisants doit être justifiée par les avantages qu'elle procure. Ses bénéfices doivent être supérieurs à ses inconvénients.
- **Optimisation** : pour une source donnée, l'objectif général est de maintenir les valeurs de doses individuelles et collectives, au niveau le plus bas qu'il est raisonnablement possible d'atteindre, compte tenu de l'état des techniques et des facteurs socio-économiques. C'est le principe ALARA (As Low As Reasonably Achievable⁷).
- **Limitation des doses** : l'exposition d'une personne aux rayonnements ionisants résultant d'une « activité nucléaire » ne peut porter la somme des doses reçues au-delà des limites fixées par voie réglementaire, sauf lorsque cette personne est l'objet d'une exposition à des fins médicales ou de recherche biomédicale

Dans la suite du document, les informations liées aux émissions radioactives, à leur impact et à leur surveillance, sont relatives au fonctionnement normal des réacteurs ou aux situations d'accident.

⁷ Aussi bas que raisonnablement possible.

4.2. Sûreté nucléaire en fonctionnement

En tant qu'installation industrielle, une centrale nucléaire comporte intrinsèquement des risques susceptibles de porter atteinte à la santé et à l'environnement. Le réacteur nucléaire renferme des substances radioactives ; l'installation contient des substances dangereuses (telles que des bouteilles de gaz, des matières inflammables ou des produits chimiques) utiles à son fonctionnement.

La conception et l'exploitation des centrales nucléaires visent à maîtriser l'ensemble des risques en réduisant à la fois la probabilité d'apparition de défaillances de l'installation par des mesures de prévention, et les conséquences de ces défaillances à l'extérieur du site par des mesures de protection. Plus les effets identifiés peuvent être importants, plus la probabilité de l'événement initiateur doit être rendue faible afin que le niveau de risque soit aussi bas que raisonnablement possible dans des conditions économiquement acceptables.

La maîtrise des risques est intégrée dans la démarche de sûreté nucléaire mise en œuvre tout au long de la vie des installations nucléaires ; elle consiste à interposer plusieurs lignes de défense successives pour atteindre un haut niveau de maîtrise.

Le recensement des risques prend en compte les défaillances de la partie nucléaire de l'installation mais aussi des autres équipements qui sont nécessaires à son bon fonctionnement. Pour chaque risque sont définis :

- les événements initiateurs : dysfonctionnement d'un équipement ou agression de cause interne (ex : rupture de tuyauterie) ou externe (ex : séisme),
- les conséquences potentielles à l'extérieur du site et sur le fonctionnement de l'installation elle-même.

Tous ces risques font l'objet de dispositions de conception et d'exploitation au titre de la sûreté nucléaire et de la protection de l'environnement qui permettent par l'interposition de parades successives :

- de réduire l'occurrence d'incident et d'accident sur l'installation,
- de surveiller et de maintenir l'installation dans un état sûr,
- de limiter les conséquences des incidents et accidents sur l'installation et dans l'environnement.

Compte tenu de leurs spécificités, on distingue 2 familles de risques :

1. **les risques radiologiques**, liés à la présence de substances radioactives,
2. **les risques conventionnels**, liés par exemple à l'entreposage et l'utilisation de produits inflammables, de produits chimiques ou de produits faiblement radiologiques.

Les risques radiologiques sont de deux types :

- l'exposition directe aux rayonnements, appelée exposition externe,
- l'exposition aux rayonnements par ingestion et/ou inhalation de produits radioactifs, appelée exposition interne.

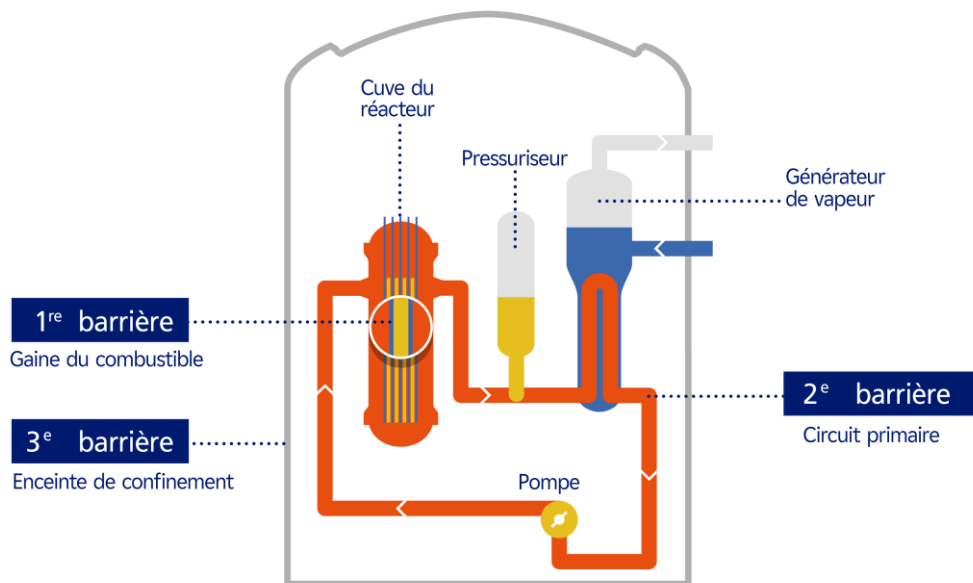
4.2.1. Maîtrise des risques radiologiques

Les matières radioactives sont placées dans des enceintes étanches équipées d'écrans de protection (ou « protections biologiques ») adaptées au rayonnement afin de se prémunir des risques radiologiques d'exposition et de dissémination. Les frontières de ces enceintes sont appelées barrières de confinement. Ces barrières sont emboîtées les unes dans les autres selon le principe des poupées gigognes. Ces barrières, à la fois étanches, résistantes et indépendantes, s'interposent en série entre le combustible et l'environnement.

Ainsi, trois barrières physiques, résistantes, étanches et indépendantes concourent au confinement de la radioactivité :

- la gaine des crayons de combustible,
- l'enveloppe du circuit primaire,
- l'enceinte de confinement.

LES TROIS BARRIÈRES DE CONFINEMENT



La méthode d'analyse des risques consiste à rechercher les causes possibles de dispersion de produits radioactifs hors des barrières de confinement, et à définir des dispositions permettant de réduire l'occurrence et la gravité des conséquences de tels événements, à des niveaux les plus faibles possibles.

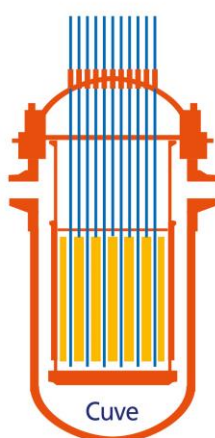
Afin de maintenir l'efficacité dans le temps et dans toutes les situations des barrières de confinement, des matériels et systèmes sont conçus pour assurer en permanence les trois « fonctions de sûreté ».

LES TROIS FONCTIONS DE SÛRETÉ

1

Contrôler la réaction en chaîne

- Position des grappes de commande
- Concentration du bore dans l'eau

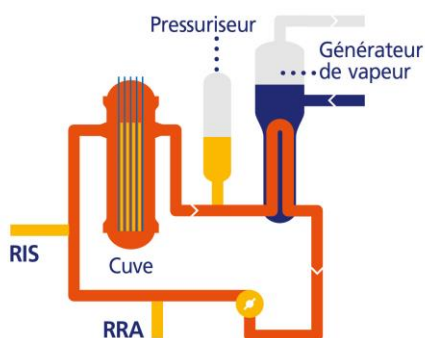


2

Refroidir le combustible

Évacuation de la chaleur :

- par les générateurs de vapeur en fonctionnement normal,
- par le circuit de réfrigération à l'arrêt du réacteur (RRA),
- par les systèmes d'injection de sécurité (RIS).

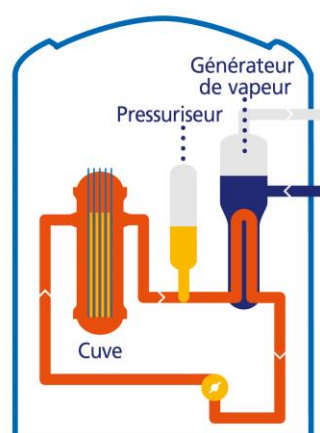


3

Confiner la radioactivité

Par les trois barrières :

- gaine du combustible
- circuit primaire
- enceinte de confinement



Les dispositions mises en œuvre pour assurer ces trois fonctions fondamentales de sûreté permettent **d'assurer la protection des personnes et de l'environnement contre les rayonnements ionisants**, et donc de prendre en compte cette quatrième fonction de sûreté introduite par l'arrêt du 7 février 2012 modifié fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base, dit « arrêté INB ».

L'état « sûr » d'un réacteur se caractérise par la maîtrise des trois fonctions de sûreté :

- contrôle de la réaction nucléaire en chaîne dans le réacteur,
 - refroidissement du combustible,
 - confinement des substances radioactives,
- ainsi que le bon fonctionnement des systèmes nécessaires pour le maintien de ces conditions.

Afin de garantir un haut niveau de sûreté de la centrale, la conception et l'exploitation des réacteurs repose sur l'application du concept de défense en profondeur, qui conduit à prévoir des moyens supplémentaires pour protéger ces barrières et limiter les conséquences d'un accident à un niveau acceptable sur les personnes et l'environnement. Des lignes de défense successives, aussi fiables et indépendantes que possible, sont ainsi prévues par la mise en place de dispositions techniques, humaines ou organisationnelles supplémentaires, permettant d'éviter ces accidents ou d'en limiter les conséquences.

À la conception et en exploitation, la défense en profondeur se décline en cinq niveaux :

- 1. la prévention (niveau 1) :** éviter que la défaillance ne se produise ;
- 2. la surveillance ou la détection (niveau 2) :** anticiper l'apparition de la défaillance par des contrôles, des tests, ou détecter la défaillance dès qu'elle survient pour rétablir une situation de fonctionnement normal ;
- 3. les moyens d'actions (niveau 3) :** maîtriser les conséquences de la défaillance ou à défaut limiter leur aggravation en reprenant la maîtrise de l'installation (procédures incidentelles et accidentelles) ;
- 4. l'atténuation (niveau 4) :** gérer les situations de façon à limiter les conséquences radiologiques pour l'environnement et les personnes (procédures ultimes) ;
- 5. la protection des populations (niveau 5).** Ce 5^e niveau de la défense en profondeur est du ressort des pouvoirs publics et correspond à la mise en œuvre du Plan Particulier d'Intervention (PPI) (mise à l'abri, prise de pastilles d'iodes, évacuations, ...).

La démonstration de la maîtrise des risques radiologiques des réacteurs de Gravelines, retranscrite dans leur rapport de sûreté, consiste à vérifier que les objectifs généraux de sûreté sont respectés dans toutes les séquences incidentelles et accidentelles. Pour ce faire, de nombreux scénarios incidentels et accidentels ont été retenus et classés en catégories selon leurs fréquences d'occurrence. La conception des installations doit également permettre de garantir une protection appropriée contre les scénarios induits par un cumul de défaillances, ou toute agression interne ou externe susceptible de nuire aux fonctions fondamentales de sûreté. À l'occasion de leur 4^e réexamen périodique, les réacteurs de Gravelines intègrent dans leur référentiel une conception robuste aux accidents avec fusion du cœur. Les scénarios étudiés conduisent à la mise en place de dispositions⁸ pour limiter les conséquences de ces accidents en préservant l'intégrité de la 3^e barrière de confinement.

Les études de sûreté sont réalisées avec une démarche conservative, c'est-à-dire en pénalisant les hypothèses ou paramètres influents, vis-à-vis de l'état des systèmes et de leur fonctionnement, et des phénomènes physiques associés aux scénarios. Au besoin, des hypothèses de découplage sont prises pour prendre en compte les incertitudes. Cela garantit des marges de conception vis-à-vis des situations redoutées. Ainsi, aucune lacune de connaissance identifiée n'est de nature à remettre en cause les conclusions de ces études.

L'étude des conséquences radiologiques de tous ces scénarios vise à vérifier le bien-fondé des dispositions prises à la conception et en exploitation pour assurer l'intégrité des barrières de confinement des substances radioactives (gainage du combustible, enveloppe du circuit primaire et enceinte du bâtiment réacteur). Cela permet également de vérifier que les relâchements de produits radioactifs à l'extérieur de la centrale, consécutifs à ces incidents/accidents, entraînent des conséquences limitées pour les personnes du public et l'environnement.

On distinguera :

- les conséquences radiologiques des incidents et accidents de dimensionnement (retenus à la conception),
- les conséquences radiologiques des accidents du domaine dit complémentaire, non prévus initialement à la conception et correspondant à des scénarios de cumul de défaillances. Ces accidents sont étudiés afin de réduire les risques liés à l'installation en intégrant dans le référentiel d'exigences des dispositions complémentaires. C'est le cas en particulier de l'accident de Rupture de Tuyauterie Vapeur (RTV) cumulée à de multiples Ruptures de Tube de Générateurs de Vapeur (RTGV),
- les conséquences radiologiques des accidents avec fusion du cœur hypothétiques.

⁸ Un certain nombre d'améliorations sont applicables au palier 900 MWe, ce qui conduit parfois à évoquer cela dans la suite du document.

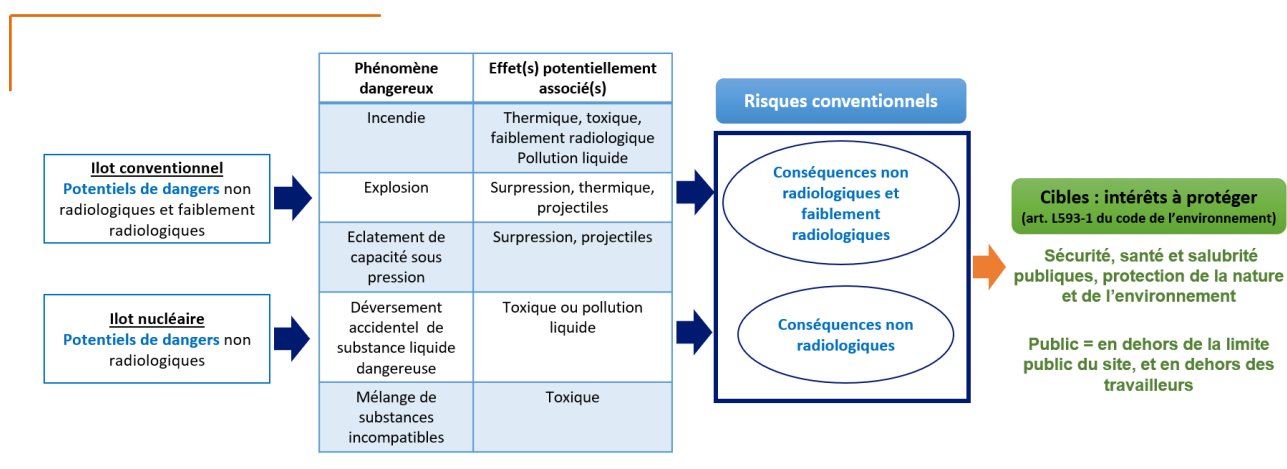
4.2.2. Maîtrise des risques conventionnels

4.2.2.1. Méthodologie de l'analyse de risques

Les risques conventionnels sont liés par exemple à l'entreposage et l'utilisation de produits inflammables ou de produits chimiques ou de produits faiblement radiologiques au sein des installations conventionnelles.

La démonstration de sûreté vise à démontrer que ces risques conventionnels sont acceptables vis-à-vis des intérêts à protéger :

- la population : le périmètre d'analyse prend en compte toutes les zones accessibles au public, au-delà des limites du site ;
- l'environnement naturel.



Les effets potentiellement induits à l'extérieur du site par ces risques conventionnels de nature non radiologique ou faiblement radiologique sont les suivants :

- Des effets par voie aérienne :
 - effets thermiques liés à l'incendie, à un jet enflammé et à l'explosion,
 - effets toxiques provenant de la dispersion atmosphérique de fumées d'incendie, de l'évaporation de nappe d'un produit toxique, de la fuite d'un gaz toxique ou du mélange de substances incompatibles,
 - effets de surpression dus à une explosion ou à un éclatement de capacité,
 - effets faiblement radiologiques provoqués par la dispersion de radionucléides en cas d'incendie d'une installation faiblement radiologique,
 - effets liés à l'émission de projectiles issus de machines tournantes, résultant d'une explosion ou de l'éclatement d'une capacité.
- Des effets par voie liquide : effets liés au déversement de substances liquides dangereuses ou faiblement radioactives dans l'environnement.

Les potentiels de dangers sont identifiés et caractérisés au travers des effets qu'ils peuvent engendrer sur les intérêts à protéger. Les potentiels de dangers identifiés englobent les potentiels de dangers associés aux produits mis en œuvre ou entreposés ainsi que les potentiels de dangers associés aux activités.

La maîtrise des accidents conventionnels est obtenue par l'application du principe de défense en profondeur et par la maîtrise des fonctions de sûreté suivantes :

- le confinement des substances dangereuses et faiblement radioactives,

- la protection des personnes et de l'environnement contre les effets toxiques, les effets de surpression, les effets thermiques et les effets liés à l'impact de projectiles.

L'analyse est menée d'une manière itérative jusqu'à démontrer l'acceptabilité du risque en agissant sur les leviers suivants :

- réduction du risque à la source : recherche de la possibilité de réduire les quantités de produits ou d'utiliser des produits de substitution si les contraintes d'exploitation le permettent,
- identification et valorisation de mesures de maîtrise des risques (prévention, surveillance, mitigation) en vue de diminuer l'occurrence et/ou les conséquences du scénario d'accident.

Toutes les installations comprenant des activités à risques ou entreposant des produits dangereux sont soumises à des contrôles périodiques. Des opérations de maintenance préventive sont réalisées en conformité avec les prescriptions des constructeurs ou selon le retour d'expérience acquis sur le matériel. Toute anomalie constatée fait l'objet d'une action corrective de remise en état.

L'incendie fait l'objet d'une prise en compte particulière (Plan d'Action Incendie et Projet Maîtrise du Risque Incendie), et d'une analyse actualisée au fil du retour d'expérience dans le cadre de la démarche d'amélioration continue. La maîtrise des risques liés à l'incendie s'appuie sur la prévention des départs de feu, la détection rapide des départs de feu et leur extinction, la limitation de l'aggravation et de la propagation d'un incendie.

Pour les effets par voie liquide liés au déversement accidentel de substances liquides dangereuses ou faiblement radioactives, la maîtrise des risques est assurée par la mise en place de dispositifs assurant le **confinement** des substances déversées. Certains de ces dispositifs constituant l'ultime barrière pour la protection de l'environnement sont définis comme des Eléments Importants pour la Protection des intérêts (EIP) avec les exigences associées pour leur bon fonctionnement. **Le respect par l'exploitant de ces exigences fait l'objet de dispositions particulières (surveillance, contrôle, maintenance) garantissant ainsi la maîtrise des risques.**

Pour les effets par voie aérienne, une analyse préliminaire permet d'identifier les scénarios d'accident enveloppes susceptibles d'avoir un effet à l'extérieur du site ainsi que les dispositions prises pour maîtriser ces risques. Pour chacun de ces scénarios d'accident une analyse approfondie est menée afin de déterminer la probabilité d'occurrence d'un tel accident ainsi que la gravité des conséquences. Les mesures identifiées pour démontrer la maîtrise des risques conventionnels sont alors définies comme des Activités ou des Eléments Importants pour la Protection des intérêts (EIP et AIP) avec des exigences associées mises en œuvre pour le bon fonctionnement et dont le respect par l'exploitant fait l'objet de dispositions particulières (surveillance, contrôle, maintenance).

Ces mesures font l'objet d'un suivi en exploitation.

4.2.2.2. Synthèse pour Gravelines

■ **Risques par voie aérienne**

Les risques par voie aérienne des scénarios accidentels envisagés, à l'exception des scénarios cités ci-après, n'ont pas d'effets à l'extérieur des limites de site. L'analyse de risques menée pour la centrale de Gravelines a mis en évidence cinq scénarios d'accidents conventionnels susceptibles d'impacter les intérêts à protéger :

- Sur l'aire d'entreposage de déchets très faiblement actifs (TFA), un scénario d'incendie généralisé mettant en jeu la totalité des potentiels de dangers présents sur cette installation pourrait générer des effets thermiques ;
- Sur le parc à gaz GNU, un scénario d'éclatement de bouteille d'azote sous pression suite à une fuite pourrait générer des effets de surpression ;
- A la station d'électrochloration, une perte de confinement d'un récipient d'acide chlorhydrique sur l'aire de dépotage pourrait conduire à une dispersion toxique d'acide chlorhydrique ;

- Sur l'aire de dépotage⁹ de la station de décarbonatation, où plusieurs produits peuvent être dépotés par camions citernes, un scénario de dispersion d'un nuage toxique de chlore suite à un mélange incompatible intra-installation est susceptible de survenir pendant une opération de dépotage ;
- Une confusion d'aire de dépotage d'un camion citerne en livraison entre la station de décarbonatation, les installations d'électro-chloration et la station de déminéralisation pourrait également conduire à un mélange incompatible inter-installations de substances dangereuses et à la dispersion atmosphérique d'un nuage toxique de chlore.

Les nombreuses mesures de prévention mises en place permettent d'éviter la survenue de tels accidents : formation des intervenants, mise en œuvre de procédures détaillées, mise en œuvre de signalétiques visuelles et détrompeurs afin de limiter les risques d'erreur de raccordement, mise en œuvre des pratiques de fiabilisation humaine des activités, etc...

Le scénario d'incendie généralisé sur l'aire d'entreposage de déchets très faiblement actifs présente un niveau de risque acceptable. Sa probabilité d'occurrence est associée à un événement très improbable (moins d'1 fois tous les 10 000 ans).

Le scénario d'éclatement de bouteille d'azote sous pression sur le parc à gaz GNU présente un niveau de risque acceptable. Sa probabilité d'occurrence est associée à un événement improbable (moins d'1 fois tous les 1000 ans).

Pour le scénario de dispersion toxique d'acide chlorhydrique, des mesures de prévention spécifiques sont mises en œuvre afin de réduire la probabilité d'occurrence. Ces mesures de maîtrise des risques sont définies comme des Activités Importantes pour la Protection des Intérêts (AIP) et sont spécifiques à chaque scénario. Ces mesures de prévention, devant se réaliser avant le dépotage, sont les suivantes :

- la présence d'un agent EDF pour autoriser les opérations de dépotage et notamment vérifier l'absence de fuite et le raccordement du flexible avant de donner l'autorisation du dépotage ;
- un arrêt d'urgence du dépotage sur le camion ou depuis les moyens de pompage par action du livreur.

Le scénario de dispersion toxique d'acide chlorhydrique, compte tenu des dispositions mises en place, présente une probabilité d'occurrence associée à un événement très improbable (moins d'1 fois tous les 10 000 ans).

Enfin, pour le scénario de mélanges incompatibles, des mesures de prévention spécifiques sont mises en œuvre afin de réduire leur probabilité d'occurrence. Ces mesures de maîtrise des risques sont définies comme des Activités Importantes pour la Protection des Intérêts (AIP) et sont spécifiques à chaque scénario. Ces mesures de prévention, devant se réaliser avant le dépotage, sont les suivantes :

- une escorte systématique des camions depuis l'entrée du site jusqu'aux aires de dépotage où ils sont attendus, et ce afin de limiter la probabilité de confusion d'aire de dépotage ;
- un contrôle du bon raccordement du flexible / bras de chargement aux bouches de connexion et de l'immobilisation de la capacité à dépoter (camion arrêté / bloqué, état visuel du flexible, absence de fuite, raccords correctement enclenchés / vissés) par l'agent responsable du dépotage ;
- un contrôle du produit livré par échantillonnage pour s'assurer physiquement que le produit reçu est conforme au produit attendu ;
- un contrôle par une tierce personne permettant de s'assurer de l'autorisation de dépotage par une action physique (telle que déconsignation de vanne).

⁹ Le dépotage est l'action de décharger un camion dont le réservoir contient des matières liquides ou gazeuses dans une bache.

Les scénarios de mélanges incompatibles, compte tenu des dispositions mises en place, présentent une probabilité d'occurrences associée à un évènement extrêmement peu probable (moins d'1 fois tous les 100 000 ans).

A l'issue de la démarche de défense en profondeur et l'identification de plusieurs leviers de maîtrise des risques, les scénarios d'accidents sont tous maîtrisés pour les intérêts à protéger.

■ **Risques par voie liquide**

Vis-à-vis des risques par voie liquide, pour se prémunir des déversements accidentels de substances dangereuses ou faiblement radioactives liquides dans l'environnement, le confinement des liquides déversés est assuré par la mise en place de dispositifs adaptés. Les scénarios de déversement liquide n'ont donc pas d'effets sur l'environnement.

Les risques conventionnels que présente la centrale de Gravelines vis à vis des intérêts à protéger sont donc maîtrisés.

4.3. Maîtrise du vieillissement et de l'obsolescence

La démarche de maîtrise du vieillissement et du traitement de l'obsolescence pour les réacteurs en fonctionnement d'EDF s'appuie sur :

- la maîtrise du vieillissement des systèmes, structures et composants,
- la maintenance,
- le traitement de l'obsolescence des matériels et pièces de rechange.

Les principales dispositions prises ou proposées par l'exploitant dans ce domaine répondent à 2 objectifs :

- démontrer l'aptitude des matériels non remplaçables à assurer leur fonction après 40 ans :
 - Concernant la cuve des réacteurs de Gravelines,
 - l'épreuve hydraulique est réalisée lors de la visite décennale pour la requalification complète du Circuit Primaire Principal (CPP) ;
 - des dossiers de synthèse sont constitués pour démontrer sa tenue en service selon une démarche déterministe conservatrice (neutronique, matériaux, mécanique, ...). Ils traitent à la fois de l'étude théorique du plus gros défaut générique hypothétique non détectable (couvrant toute les cuves des centrales 900 MWe) et des études spécifiques à chaque cuve selon les résultats des contrôles réalisés lors de la 4^e visite décennale (VD4) ;
 - l'introduction d'hafnium, un matériau absorbeur de neutrons, dans les assemblages de combustible des réacteurs de Gravelines, en face des zones de cuve les plus irradiées par les neutrons, permet de réduire la fluence neutronique (flux de neutrons intégré dans la durée de fonctionnement du réacteur) vue par la cuve.
 - Concernant les enceintes de confinement, leur état de performance mécanique fait l'objet d'un suivi en continu par les dispositifs d'auscultation (mesure de déformation par exemple) et d'une épreuve en pression de l'enceinte réalisée à chaque visite décennale.
- démontrer l'aptitude des matériels remplaçables à assurer leur fonction après 40 ans ou procéder soit à leur remplacement soit à leur rénovation.

Les composants dont les performances sont susceptibles de diminuer du fait de leur vieillissement et dont la défaillance peut avoir un impact sur la sûreté font l'objet d'un suivi documenté et mis à jour périodiquement : fiche d'analyse du

vieillessement par matériel et dossier de synthèse d'aptitude à la poursuite du fonctionnement par réacteur. A ce titre, des inspections ainsi que des contrôles et actions de maintenance sont réalisés lors de la VD4 des réacteurs de Gravelines sur les différents systèmes, structures et composants suivants : structure de génie civil, contrôle commande, câbles électriques qualifiés en ambiance nucléaire, traversées électriques, matériels mécaniques et électromécaniques, matériels électriques et instrumentation.

4.4. Sûreté nucléaire, réacteur en mise à l'arrêt définitif

A chaque étape du démantèlement, est associé un référentiel de sûreté nucléaire permettant d'exécuter les opérations de ladite étape.

Tant que le combustible nucléaire est présent dans l'installation, certains objectifs de sûreté nucléaire décrits dans le Référentiel de Sûreté d'Exploitation de l'installation sont maintenus, en particulier ceux liés à la piscine du bâtiment combustible :

- Le contrôle de la réactivité des assemblages de combustible usé est assuré à l'aide des râteliers d'entreposage qui maintiennent la sous-criticité du combustible en incorporant des matériaux absorbant les neutrons, et par de l'eau borée.
- Si le refroidissement des piscines est interrompu, l'élimination de la puissance résiduelle du combustible n'est pas compromise à court terme en raison de la très faible puissance de chaleur résiduelle du combustible et de la grande quantité d'eau dans les piscines. Bien que la restauration du refroidissement soit l'objectif principal, la chaleur résiduelle pourrait également être éliminée en laissant l'eau bouillir et en alimentant les piscines en eau. L'appoint en eau dans la piscine est possible par différents systèmes de la centrale, dont de nouveaux moyens d'appoint mise en place à la suite de l'accident de Fukushima Daishi, puis intégrés dans le référentiel de sûreté du 4^e réexamen.

Une fois le combustible usé évacué, la sûreté nucléaire repose sur la maîtrise des risques de dissémination des matières et substances dangereuses (solides, liquides ou gazeuses) et d'exposition aux phénomènes dangereux (effets toxiques par dispersions liquides et/ou aériennes, effets thermiques, de surpression, projectiles, exposition radiologique de faible ampleur).

Les choix techniques à retenir sont ceux qui appliquent le principe de défense en profondeur en empêchant toute dispersion majeure de substances radioactives hors du site et limitant l'exposition des personnes du public. Ils seront déclinés dans l'étude de maîtrise des risques qui est à joindre dans le dossier de démantèlement requis par l'article R. 593-67 du code de l'environnement.

5. ÉVALUATION DES EFFETS DE L'EXPLOITATION SUR L'ENVIRONNEMENT

Vue aérienne du CNPE de Gravelines, Nord
Copyright Burnod Jean-Louis, Happy Day

5.1. Démarche

Le Paragraphe 5 présente l'évaluation des effets de l'exploitation de la centrale de Gravelines sur l'environnement, dans l'état actuel et pour les 10 ans à venir.

Les premiers sous paragraphes présentent :

- les méthodes retenues pour l'évaluation des effets sur l'environnement (§ 5.2),
- les incertitudes liées à l'évaluation des impacts (§ 5.3),
- les données utilisées dans l'évaluation (§ 5.4),
- l'état actuel de l'environnement (§ 5.5).

Le sous paragraphe 5.6 présente les interactions de l'exploitation de la centrale de Gravelines avec l'environnement, actuellement et pour les 10 ans à venir.

Le sous paragraphe 5.7 présente les impacts de l'exploitation de la centrale de Gravelines sur l'environnement, actuellement et pour les 10 ans à venir. Les impacts d'un arrêt définitif de la centrale sont présentés au paragraphe 5.7.10.

5.2. Méthodes d'évaluation des impacts

Les méthodes d'évaluation des impacts, présentées par domaine, visent à évaluer les conséquences du fonctionnement de la centrale de Gravelines sur la santé et l'environnement et à justifier son caractère acceptable.

■ **Air et facteurs climatiques**

L'analyse des incidences du fonctionnement de la centrale de Gravelines sur le climat s'appuie sur l'analyse du cycle de vie (ACV) du kWh du nucléaire, pour le parc actuel en exploitation d'EDF. Elle a été réalisée par EDF selon une méthode normalisée et a fait l'objet d'une revue critique par un panel d'experts indépendants. Elle repose sur l'inventaire des flux de matière et d'énergie pour les différentes phases du cycle de vie du produit, de l'extraction des matières premières jusqu'à la gestion des déchets.

L'analyse des incidences sur la qualité de l'air s'appuie sur une comparaison des concentrations des substances rejetées avec les normes de qualité de l'air définies dans le code de l'environnement (R. 221-1).

■ **Eaux de surface**

L'évaluation des incidences des rejets d'effluents chimiques liquides sur la qualité des eaux de surface repose sur :

- une analyse rétrospective de l'incidence des rejets chimiques liquides passés et actuels à partir des données issues de la surveillance chimique et hydroécologique réalisée à l'amont et à l'aval du site ;
- une évaluation quantitative substance par substance de l'incidence des rejets chimiques liquides basée sur la comparaison des concentrations calculées dans le milieu avec des valeurs de référence (seuils, valeurs-guides, données écotoxicologiques...).

■ **Sols et eaux souterraines**

L'évaluation des incidences sur les sols et les eaux souterraines se base sur :

- la réalisation d'un état des sols et des eaux souterraines de la centrale, établi à partir d'une analyse des éléments historiques et d'un bilan de la surveillance piézométrique mise en oeuvre au droit du site, complétés par des campagnes de mesure ;
- la comparaison à des données de référence pour les sols : données de qualité des sols environnants (hors zones potentiellement influencées par l'installation), données issues d'études spécifiques ou de programmes nationaux ;
- la comparaison à des seuils de qualité d'eau relatifs aux eaux souterraines (arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine, arrêté du 17 décembre 2008 établissant les critères d'évaluation et les modalités de détermination de l'état des eaux souterraines, Directives sur la qualité de l'eau de boisson de l'OMS de 2017, et directive 2013/59/EURATOM du 5 décembre 2013 fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire contre les dangers résultant de l'exposition aux rayonnements ionisants).

■ **Radioécologie**

L'évaluation des incidences des rejets d'effluents radioactifs liquides et atmosphériques sur l'environnement repose sur :

- une analyse rétrospective de l'incidence des rejets effectués jusqu'à ce jour en considérant les résultats de l'état de référence initial, les bilans décennaux et les suivis annuels ;
- une analyse prospective réalisée avec l'outil européen ERICA (Environmental Risks from Ionising Contaminants : Assessment and management) d'évaluation du risque radiologique sur les écosystèmes terrestre et aquatique lié aux rejets d'effluents radioactifs du site de Gravelines, en considérant les limites de rejets autorisées.

Le principe de cette évaluation repose sur une comparaison du débit de dose induit par les rejets radioactifs avec une valeur de débit de dose sans effet pour chaque organisme de référence. Cette comparaison se traduit par le calcul d'un indice de risque. Si l'indice de risque est inférieur à 1, il peut être conclu que le risque est négligeable.

■ Biodiversité

L'analyse des incidences du fonctionnement de la centrale de Gravelines sur la biodiversité repose sur :

- l'étude des espaces naturels, des habitats, de la faune, de la flore et des fonctionnalités écologiques présents au niveau de l'aire d'étude (études bibliographiques et investigations de terrain) ;
- l'analyse de l'effet de chaque interaction de la centrale de Gravelines avec les espaces naturels, la faune, la flore et les fonctionnalités écologiques.

■ Population et santé humaine

L'impact dosimétrique des rejets d'effluents radioactifs prend en compte l'exposition interne et externe associée aux rejets d'effluents radioactifs liquides et à l'atmosphère.

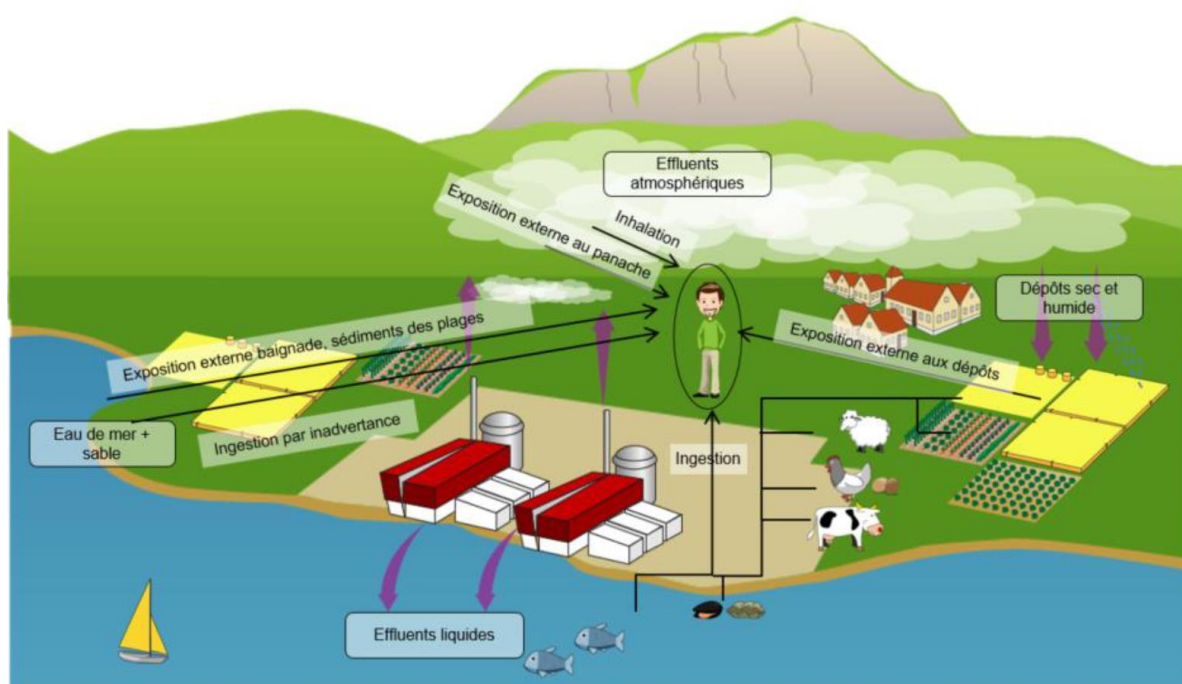
Les voies d'exposition prises en compte sont les suivantes (cf. Figure ci-après) :

- exposition externe aux effluents radioactifs atmosphériques, aux dépôts atmosphériques radioactifs sur les sols, aux dépôts issus de l'irrigation des sols, aux sédiments sur les rives ;
- exposition interne par inhalation, par ingestion de denrées alimentaires.

Pour évaluer l'impact dosimétrique sur la population des rejets d'effluents radioactifs liés au fonctionnement des centrales nucléaires, EDF dispose d'un outil développé par l'Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN) (aujourd'hui Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection - ASNR).

L'évaluation est réalisée selon les étapes suivantes :

- caractérisation des rejets d'effluents radioactifs ;
- caractérisation de l'environnement autour du site ;
- évaluation des transferts des radionucléides rejetés dans les différents compartiments de l'environnement jusqu'à l'homme : milieu atmosphérique, milieu fluvial, milieu agricole (végétaux, animaux, sols) ;
- évaluation de l'exposition des populations riveraines ;
- présentation des résultats avec comparaison de la dose efficace totale reçue par la personne représentative, à la valeur limite réglementaire de 1 mSv/an.



Voies d'exposition aux rejets d'effluents radioactifs ©EDF

Concernant **l'évaluation des risques sanitaires** liée aux rejets de substances chimiques liquides, la méthodologie suivie se réfère au guide méthodologique de l'Institut National de l'Environnement et des RISques (INERIS) « Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires ». La démarche s'articule en deux étapes :

- l'Interprétation de l'État des Milieux (IEM), réalisée sur la base des données de surveillance et de mesures spécifiques ;
- l'Évaluation Prospective des Risques Sanitaires (EPRS), basée sur la modélisation des rejets attribuables au site de Gravelines. L'EPRS est structurée en cinq étapes :
 - bilan des substances rejetées,
 - bilan des enjeux et des voies d'exposition,
 - identification des dangers, évaluation des relations dose-réponse et identification des traceurs de risque sanitaire,
 - évaluation de l'exposition des populations,
 - caractérisation des risques.

Les risques sanitaires liés aux rejets chimiques à l'atmosphère sont évalués de manière qualitative compte tenu des faibles quantités de rejets chimiques à l'atmosphère, de leur courte durée, de leur faible occurrence ou de l'absence de valeur toxicologique de référence (VTR).

L'évaluation de **l'impact sonore** de la centrale de Gravelines repose sur des campagnes de mesures acoustiques dans l'environnement, au niveau de Zones à Émergence Réglementée et en limite de l'établissement. Ces campagnes s'appuient sur une méthodologie issue de la norme NF S 31-010 relative à la caractérisation et au mesurage des bruits de l'environnement.

■ **Activités humaines**

L'évaluation des incidences sur les activités humaines est réalisée à partir des enjeux environnementaux :

- en s'appuyant sur des données publiques et validées (par exemple : données relatives au trafic routier, à l'occupation des sols, aux usages de l'eau) ;
- en s'appuyant sur les évaluations des incidences des rejets de la centrale sur la santé.

■ **Gestion des déchets**

L'incidence des déchets produits s'appuie essentiellement sur l'analyse des dispositions mises en œuvre en matière de zonage déchets, de caractérisation, de tri, de traitement, de conditionnement et de contrôle.

La quantification des déchets produits et l'estimation des quantités prévisionnelles de déchets à produire dans les années à venir se basent sur les données issues des bilans annuels de gestion des déchets établis par la centrale. Ces bilans fournissent les données quantitatives et qualitatives des déchets produits par la centrale et précisent les filières vers lesquelles les déchets ont été dirigés.

5.3. Incertitudes liées à l'évaluation des impacts

Les méthodes d'évaluation des impacts, présentées au paragraphe précédent, sont à l'état de l'art et élaborées à partir des résultats scientifiques disponibles.

Les progrès scientifiques permettent d'enrichir au fur et à mesure la surveillance de l'environnement et le développement des hypothèses et des outils de calcul.

Des conservatismes sont intégrés dans les évaluations d'impact. Le principal conservatisme est de considérer des interactions avec l'environnement raisonnablement enveloppes des interactions qui seront effectivement observées. D'autres conservatismes sont intégrés dans les différentes évaluations, notamment dans les scénarios d'exposition. Par exemple, il est considéré que les populations riveraines consomment exclusivement de l'eau du robinet provenant du captage le plus proche, sans prise en compte de phénomènes de dégradation des substances.

5.4. Données utilisées dans l'évaluation

Les données utilisées pour évaluer l'impact du fonctionnement de la centrale de Gravelines sont les suivantes :

- des données relatives aux interactions de la centrale avec l'environnement, détaillées au paragraphe 5.6 ;
- des données relatives à l'état actuel de l'environnement, acquises en grande partie par les études environnementales réalisées par la centrale de Gravelines. Ces données sont présentées au paragraphe 5.5 et concernent :
 - la qualité de l'air ;
 - la météorologie ;
 - la qualité des eaux de surface ;
 - l'état des sols et des eaux souterraines ;
 - l'état radiologique de l'environnement ;
 - la biodiversité ;
 - la population et les activités humaines.

La centrale de Gravelines communique régulièrement les données relatives à la surveillance de ses rejets et de l'environnement :

- Les résultats de la surveillance de l'environnement autour de la centrale sont transmis au Réseau National de Mesures de la radioactivité dans l'environnement, développé sous l'égide de l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection. Les données sont disponibles sur le site internet du Réseau National de Mesures (<https://www.mesure-radioactivite.fr/>).
- Une communication mensuelle des données relatives à la surveillance des rejets et de l'environnement est réalisée par la centrale sur [son site internet](#).
- Un rapport annuel de surveillance de l'environnement est également mis à disposition sur [le site](#).

Pour aller plus loin, le [guide « centrales nucléaires et environnement »](#) présente les interactions des centrales nucléaires avec l'environnement et les modalités de surveillance associées.

5.5. État actuel de l'environnement

5.5.1. Air et facteurs climatiques

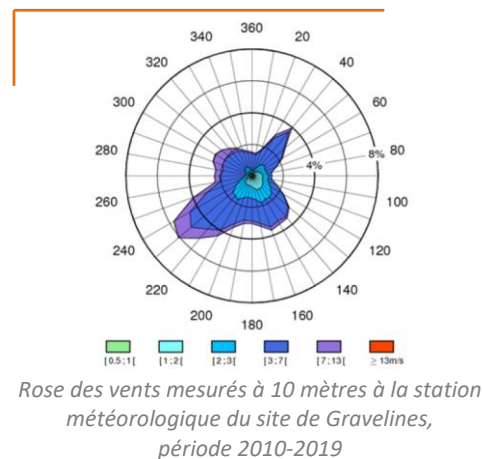
■ Climat

La région du site de Gravelines est sous l'influence d'un climat océanique marqué. Les épisodes de forte chaleur et les vagues de froid sont rares, tandis que des épisodes de gelées peuvent être régulièrement observés au cours de l'hiver. Le territoire est fortement soumis aux vents pendant toute l'année, ce qui rend le temps très changeant.

Sur la période 2010 à 2019, les moyennes mensuelles de température à Gravelines sont comprises entre 4,9°C (en février) et 18°C (en juillet et août) ; il pleut en moyenne 190,5 jours par an ; les vents dominants sont de secteurs sud-ouest.

■ Qualité de l'air

La qualité de l'air autour du site de Gravelines est considérée comme globalement bonne, malgré quelques dépassements pour l'ozone.



5.5.2. Eaux de surface

■ Hydrologie

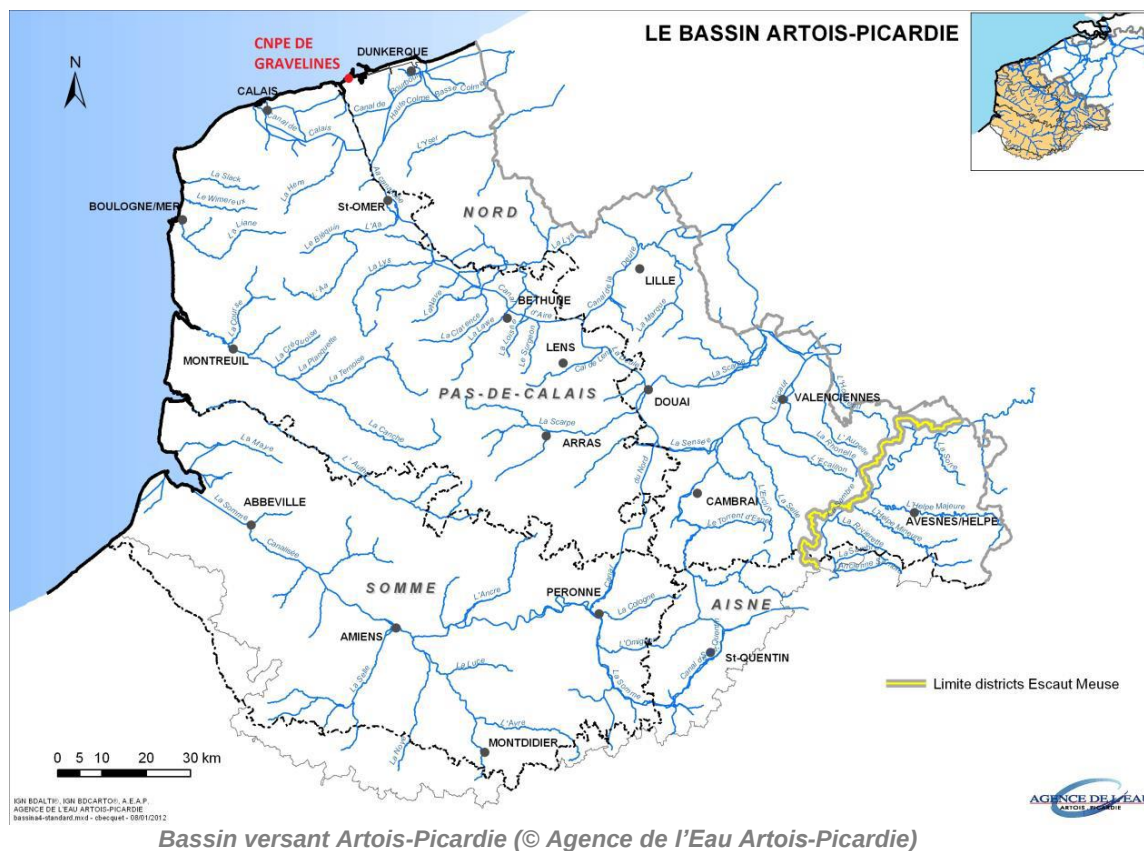
La centrale de Gravelines est située à l'ouest de la mer du Nord, à proximité du Détroit du Pas-de-Calais. Cette situation, alliée à la faible profondeur des eaux, a pour conséquence un hydrodynamisme important. L'onde de marée est du type semi-diurne. Les courants de marée sont alternatifs et parallèles à la côte.

L'apport continental le plus proche de la Centrale est constitué par l'Aa, petit fleuve côtier qui draine l'arrière-pays et la plaine maritime. En raison de la très faible altitude de cette plaine, les écoulements à la mer sont contrôlés par des écluses. Il en est de même pour les deux autres exutoires de la région : Dunkerque (canal Exutoire) et Calais (canaux de Marck, de la Rivière Neuve et de Saint-Omer). La dérivation du canal de Bourbourg est utilisée en période de crue pour évacuer des volumes d'eau importants par le Port Est de Dunkerque..

Les débits moyens estimés de ces apports en eau douce sont les suivants :

- canal de Dunkerque : 4,6 m³/s ;
- fleuve Aa : 6,1 m³/s ;
- canaux de Calais : 3,0 m³/s.

En raison de leur faible débit, l'influence de ces cours d'eau n'est pas prépondérante sur la qualité de l'eau de mer transitant par la centrale.



■ Régime thermique

Le régime thermique de la mer du Nord aux abords de la Centrale de Gravelines est caractérisé par des variations temporelles influencées par les conditions naturelles :

- L'amplitude des variations infra-journalières de la température à la prise d'eau est faible et reste inférieure à 1°C en moyenne.
- La température de la mer présente une variation saisonnière avec une température moyenne mensuelle en août de 19,7°C (mois le plus chaud) et de 7,0°C en février (mois le plus froid), et une plage de valeurs délimitée par des extrêmes mesurés variant de 0,1°C à 22,0°C.
- La température moyenne annuelle est de 13,0°C sur la période 1997-2020. La température moyenne annuelle montre une légère tendance à la hausse sur cette période. Toutefois, la chronique de température sur cette période (24 ans) ne permet pas de dégager de tendance statistique significative d'évolution climatique.

■ **Qualité physico-chimique et biologique**

Les masses d'eau concernées par des prélèvements d'eau et des rejets chimiques liquides de la Centrale de Gravelines sont les deux masses d'eau FRAT04 (masse d'eau de transition « Port de Dunkerque ») et FRAC02 (masse d'eau côtière « De Malo à Gris Nez »). L'évaluation de l'état écologique et chimique de ces masses d'eau a été réalisée par l'Agence de l'Eau du bassin Artois-Picardie en 2019. La masse d'eau

FRAC02 présente un état écologique moyen et un état chimique bon. La masse d'eau FRAT04 est considérée en bon potentiel écologique et a atteint un bon état chimique en 2019.

Les résultats de la surveillance hydroécologique et chimique sur la période 2011-2020 font ressortir une qualité satisfaisante du milieu aquatique, que ce soit au niveau des paramètres physico-chimiques ou des indicateurs biologiques.

L'état écologique d'une masse d'eau de surface au sens de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) est défini à partir de l'agrégation de plusieurs critères : des éléments de physico-chimie générale soutenant la biologie, des polluants spécifiques, des éléments relatifs à l'hydromorphologie et des éléments de biologie (indices biologiques pour les macroinvertébrés, les poissons, les macrophytes et les diatomées).

L'état chimique d'une masse d'eau de surface est déterminé selon sa concentration en certains polluants (substances chimiques) dans différentes matrices (eau, biote et/ou sédiments), comparée aux Normes de Qualité Environnementales (NQE).

5.5.3. Sols et eaux souterraines

■ **Géologie**

La centrale de Gravelines est construite sur des formations quaternaires récentes, on distingue :

- les sables et limons quaternaires, sur une trentaine de mètres d'épaisseur ;
- l'argile des Flandres d'âge tertiaire, sur plus d'une centaine de mètres d'épaisseur.

Le terrassement de la Centrale a conduit à la construction d'une plate-forme générale réalisée par remblaiement hydraulique de sable extrait de l'avant-port de Dunkerque. Au droit des îlots nucléaires et des salles des machines, le sable a été substitué dans sa quasi-totalité par une dalle de répartition en béton afin de limiter les tassements du sol. Les principales installations de la Centrale sont situées à l'intérieur d'enceintes géotechniques (une enceinte par paire de réacteurs), qui constituent une barrière aux écoulements des eaux souterraines.

■ **Hydrogéologie**

Au droit de la Centrale de Gravelines, le principal aquifère est celui des formations sableuses et limoneuses du quaternaire, ces dernières présentent une structure stratifiée avec pour conséquence la subdivision de l'aquifère en plusieurs nappes distinctes dans trois niveaux sableux, intercalés de lentilles limoneuses peu perméables. Les écoulements se font en direction de l'avant-port de Dunkerque, d'abord en direction sud-ouest/nord-est le long du flanc sud-est des installations, puis en direction sud/nord à l'approche de l'avant-port.

Le comportement de la nappe à l'extérieur des enceintes géotechniques diffère de celui à l'intérieur des enceintes. Les enceintes géotechniques ancrées dans l'argile des Flandres, qui isole les ouvrages des îlots nucléaires et les sept cents derniers mètres des canaux d'amenée/rejet, constituent une barrière à un écoulement direct vers la mer. À l'intérieur des enceintes, les flux d'alimentation (par la nappe extérieure) et de drainage (par le canal d'amenée) sont limités.

Selon le SDAGE Artois-Picardie (2022-2027), l'objectif de la masse d'eau souterraine présente au droit du site (FREAG314 « Sables du Landénien des Flandres ») est le maintien du bon état chimique et quantitatif atteint en 2015.

■ **État des sols**

L'état initial des sols au droit de la centrale est déterminé à partir de bases de données nationales, de sondages « témoins » réalisés dans le périmètre de la centrale, hors d'atteinte de potentiels marquages liés aux activités de la centrale, et de mesures radioécologiques dans l'environnement.

5.5.4. Radioécologie

L'environnement au voisinage du site a fait l'objet d'études radiologiques destinées d'une part à identifier les principaux radionucléides présents dans les différentes matrices de l'environnement terrestre et aquatique avant l'exploitation de la centrale, et d'autre part à évaluer sur le long terme dans quelle mesure les rejets d'effluents du site contribuent à l'apport de radioactivité dans l'environnement au regard des autres sources identifiées.

■ **Origine de la radioactivité dans l'environnement**

L'exploitation des mesures de radioactivité nécessite de distinguer les radionucléides produits naturellement dans l'environnement (origines cosmique et tellurique) de ceux produits artificiellement lors de réactions nucléaires de fission ou d'activation (essais nucléaires atmosphériques, accidents nucléaires, rejets d'effluents radioactifs industriels et hospitaliers).

■ **État radiologique de l'environnement**

L'analyse des résultats de la surveillance radioécologique réalisée par l'exploitant au voisinage de la centrale de Gravelines met en évidence la composante majoritairement d'origine naturelle de la radioactivité.

La radioactivité d'origine artificielle provient principalement de la rémanence des retombées atmosphériques des essais nucléaires aériens, de l'accident de Tchernobyl, et dans une moindre mesure de celui de Fukushima et des rejets d'effluents de la centrale de Gravelines et des autres installations nucléaires côtières (usine de retraitement de La Hague et autres centrales nucléaires).

5.5.5. Biodiversité

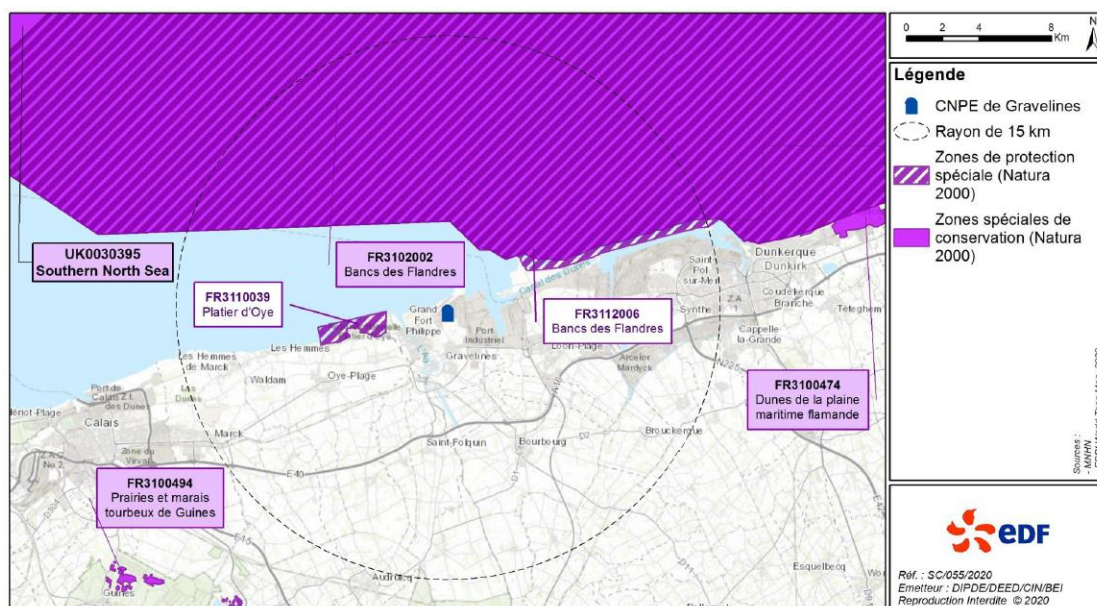
L'analyse des enjeux écologiques autour de la centrale de Gravelines a été réalisée :

- dans un premier temps en décrivant les espaces naturels remarquables et fonctionnalités écologiques dans un périmètre de 15 km autour de la centrale ;
- dans un deuxième temps, en réalisant une étude des incidences sur **l'aire d'étude** définie comme la superposition d'une zone d'influence de la centrale sur le milieu continental (cercle de rayon 6 km) et d'une zone d'influence sur le milieu marin (zone enveloppe de l'échauffement thermique de 1°C et d'un cercle de rayon 6 km).

■ **Espaces naturels remarquables**

Les espaces naturels remarquables recensés dans un rayon de 15 km autour de la centrale de Gravelines sont les suivants :

- trois sites du réseau Natura 2000 : 2 Zones de Protection Spéciale (ZPS FR3110039 – Platier d'Oye et ZPS FR3112006 – bancs des Flandres) et 1 Zone Spéciale de Conservation (ZSC FR3102002 – Bancs des Flandres) ; à noter que : les sites Natura 2000 ZPS et ZSC « Bancs des Flandres » font également l'objet d'une désignation en tant que zone marine protégée de la convention OSPAR ;



Sites Natura 2000 localisés dans un rayon de 15 km autour de la centrale de Gravelines

- une Réserve Naturelle Nationale (RNN) et une Réserve Naturelle Régionale (RNR) ;
- un Parc Naturel Régional (PNR) ;
- trois espaces appartenant au Conservatoire du Littoral ;
- un Arrêté de Protection de Biotope (APB) ;
- huit Espaces Naturels Sensibles (ENS) ;
- dix Zones Naturelles d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF) de type I et une ZNIEFF de type II.

Les Zones Naturelles d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique, dites ZNIEFF correspondent à des secteurs du territoire d'intérêt écologique, abritant une biodiversité patrimoniale. Elles constituent un outil de connaissance des milieux naturels.

■ Habitats naturels

Dans l'aire d'étude, divers habitats sont répertoriés et appartiennent à deux grands ensembles : les habitats des milieux littoraux et marins qui accueillent une succession de milieux en lien avec les évolutions d'hygrométrie et de salinité, et les habitats continentaux constitués de plaines agricoles traversées par un réseau de canaux, cours d'eau, watergangs etc.

Les habitats les plus remarquables sont en grande majorité regroupés dans la moitié nord de l'aire d'étude, au niveau des milieux littoraux. L'intérieur des terres présente également des habitats remarquables, notamment au niveau des milieux humides tels que les marais, tourbières, roselières, etc.

■ Végétation

Plus de mille espèces floristiques ont été observées au niveau de l'aire d'étude, comprenant environ 250 espèces floristiques remarquables et une cinquantaine d'espèces exotiques envahissantes. Les peuplements phytoplanctoniques marins rencontrés semblent typiques de ceux généralement observés en Manche et mer du Nord.



Chou marin (protégé l'échelle nationale) – © Biotope – 2016

■ Faune

Les données bibliographiques complétées par des inventaires de terrain ont mis en évidence la présence potentielle d'environ trois-cent-cinquante espèces remarquables au niveau de l'aire d'étude compte-tenu de leur statut de protection et/ou de leur patrimonialité. Quelques espèces envahissantes ont également été identifiées.

À noter plus particulièrement la présence d'une colonie nicheuse à enjeu de Sterne pierregarin au nord de la centrale de Gravelines.



©Phoque veau-marin – Biotope - 2016



© Sterne pierregarin – Biotope - 2016

Illustrations photographiques d'espèces remarquables

■ Fonctionnalités écologiques

La centrale de Gravelines est située en bordure du littoral, et s'inscrit dans un espace anthropisé et clôturé. Il est cependant situé à proximité d'espaces identifiés dans le Schéma Régional d'Aménagement de Développement Durable et d'Égalité des Territoires (SRADDET) de la région Hauts-de-France, comme des réservoirs de biodiversité, des corridors écologiques ou des espaces à renaturer.

Au regard de l'enjeu de continuité écologique, l'Aa canalisée est classé en listes 1 et 2, et la rivière d'Oye est classée en liste 1 (article L. 214-17 du code de l'environnement).

Les **réservoirs de biodiversité** sont des espaces dans lesquels la biodiversité est la plus riche ou la mieux représentée, où les espèces peuvent effectuer tout ou partie de leur cycle de vie, et qui abritent des noyaux de populations d'espèces à partir desquels les individus se dispersent ou qui sont susceptibles de permettre l'accueil de nouvelles populations d'espèces.

Les **corridors écologiques** assurent des connexions entre des réservoirs de biodiversité, offrant aux espèces des conditions favorables à leur déplacement et à l'accomplissement de leur cycle de vie.

5.5.6. Population et santé humaine

■ Population

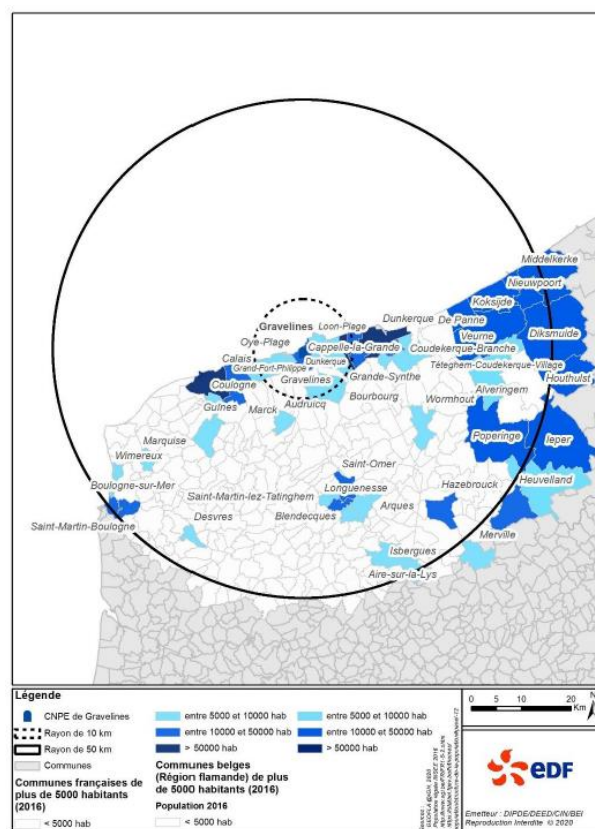
Le périmètre élargi d'étude de 50 km est destiné à présenter la répartition de la population autour du site de Gravelines alors que le périmètre local d'étude de 10 km s'attache à identifier les populations d'intérêt.

Dans le rayon de 50 km, la densité moyenne de population est d'environ 210 habitants/km² tandis qu'elle est d'environ 520 habitants/km² dans le rayon de 10 km, ce qui, pour les deux rayons, est largement supérieure à la valeur moyenne en France métropolitaine, de l'ordre de 120 habitants/km² (recensement de 2016).

Dans un rayon de 50 km, les communes les plus importantes sont : Dunkerque (88 108), Calais (74 978) Boulogne sur Mer (41 669).

Les populations sensibles les plus proches (établissements scolaires, établissements d'accueil du jeune enfant, établissements de santé publique, sociaux et médico-sociaux) sont localisées à environ 1,2 kilomètres au sud-ouest des limites foncières de la centrale.

Les habitations les plus proches du site sont localisées à moins d'un kilomètre au sud-ouest du site sur la commune de Gravelines.



*Communes de plus 5 000 habitants dans un rayon
de 50 km autour du CNPE de Gravelines en 2016*

■ Environnement sonore et lumineux

Une campagne de mesure des émissions sonores a été réalisée en 2015 sur la centrale de Gravelines.

Les émissions lumineuses au voisinage du site ont pour principales origines l'éclairage public de la commune de Gravelines.

5.5.7. Activités humaines

■ Usage des terres

Dans un périmètre de 10 kilomètres autour de la centrale de Gravelines, l'usage des terres est avant tout un usage agricole (environ 63 % de la zone d'étude) suivi par un usage artificialisé (22 % du territoire). Le reste de l'aire d'étude est principalement occupé par des zones humides (environ 9 %) et des forêts (environ 5 %).

■ Paysage et Patrimoine culturel

L'environnement autour de la centrale de Gravelines se caractérise par trois grandes entités paysagères :

- le port industriel qui s'étale sur 15 kilomètres de Dunkerque à la centrale de Gravelines ;
- la plaine maritime du Bliotland qui présente une forme triangulaire de delta dont la base se situe à Watten et l'extrémité Ouest à Sangatte, tandis que l'extrémité Est se situe en Belgique ;
- le littoral dunaire de la mer du Nord constitué de sable, de dunes riches de végétation mais peu arborées, de fermes isolées et de ports.

Deux monuments présentant un intérêt général du point de vue artistique, historique, scientifique, légendaire et pittoresque, sont recensés dans un rayon de 10 km autour de la centrale : le Moulin des Huttes (ou Moulin Lebriez), situé sur la commune de Gravelines et inscrit sur la liste des Monuments Historiques en 1986, et le Beffroi de Gravelines, également sur la commune de Gravelines, inscrit sur la liste des Monuments Historiques en 1948 et classé au Patrimoine Mondial de l'UNESCO depuis 2005.

■ **Usages de l'eau**

Dans un rayon de 10 km autour de la centrale de Gravelines, il n'y a pas de captage d'eau douce pour l'alimentation en eau potable ou pour un usage agricole (irrigation). Les prélèvements d'eau pour un usage industriel sont effectués soit de manière directe par les entreprises, soit par des intermédiaires qui gèrent un réseau d'eau industrielle à disposition des entreprises à proximité (cas de la centrale de Gravelines) avec puisage dans le canal de Bourbourg.

■ **Infrastructures et voies de communication**

L'accès à la centrale de Gravelines s'effectue par la Route des Enrochements. Les principaux axes routiers desservant les alentours sont constitués notamment par l'A16, la D601 de Ghyselde à Gravelines, la D940 de Calais à Gravelines, la D11 reliant Cassel et Gravelines, la N316 passant à 5 kilomètres au sud-est et la RD119 située à environ 3 kilomètres au sud-ouest du CNPE. Le principal axe ferroviaire est la ligne Calais-Dunkerque avec près de 7 trains par jour. Deux voies ferrées de transports de marchandises gérées par le Grand Port Maritime de Dunkerque génèrent un trafic d'environ 5 trains par jour. Une liaison ferroviaire existe avec la centrale pour l'évacuation du combustible usé.

Outre l'important trafic maritime de la mer du Nord, il y a deux voies navigables dans un périmètre de 10 km autour de la centrale de Gravelines : la dérivation de Mardyck et le canal de Bourbourg.

■ **Environnement industriel**

Le tissu industriel est très développé : on recense une cinquantaine d'Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) dans un rayon de 10 km, dont près d'un quart est classé **SEVESO**. Les principaux domaines d'activités de ces entreprises sont l'agro-alimentaire, la chimie et la pétrochimie, la construction et la métallurgie. La centrale fournit des eaux tièdes à la ferme aquacole implantée entre ses installations et la mer du Nord (cf. ci-après), ainsi qu'au terminal méthanier situé de l'autre côté de l'avant-port ouest de Dunkerque.

Depuis 2015, la directive 2012/18/UE du 4 juillet 2012 dite « directive Seveso 3 » impose aux États membres de l'Union européenne d'identifier les sites industriels présentant des risques d'accidents majeurs, appelés « sites **SEVESO** », et d'y maintenir un haut niveau de prévention.

■ **Espaces et activités de loisirs**

La chasse et la pêche de loisir sont pratiquées autour de la centrale de Gravelines. Les principales espèces chassées sont le petit et le grand gibier. Pour la pêche en eau douce, les principales espèces de poissons pêchées sont le brochet, le sandre, la truite fario, la truite arc-en-ciel et le black bass. La pêche maritime de loisir, ainsi que la pêche à pied sont également réalisées en bord de mer.

La région autour de la centrale de Gravelines propose des activités culturelles et touristiques (musées, parcs naturels...), des activités sportives et de loisirs telles que la randonnée, la marche aquatique, la natation, l'accrobranche, l'équitation ou le golf. Plusieurs zones de baignade sont localisées dans un rayon de 10 kilomètres autour de la centrale (plages, PArc des Rives de l'Aa, Parc Galamé).

■ **Autres usages**

Deux sociétés d'aquaculture (Aquanord Ichthus et Ecloserie Marine de Gravelines Ichthus) sont recensées dans un rayon de 10 kilomètres autour de la centrale. Une convention entre la centrale de Gravelines et Aquanord Ichthus permet la fourniture des eaux tièdes provenant des circuits de refroidissement de la centrale à la ferme aquacole.

La pêche professionnelle est une activité essentielle pour la région. Le nombre de bateaux de pêche immatriculés aux quartiers maritimes de Boulogne-sur-Mer et de Dunkerque est de l'ordre de 160 environ et variable en fonction des années.

■ **Consommation énergétique**

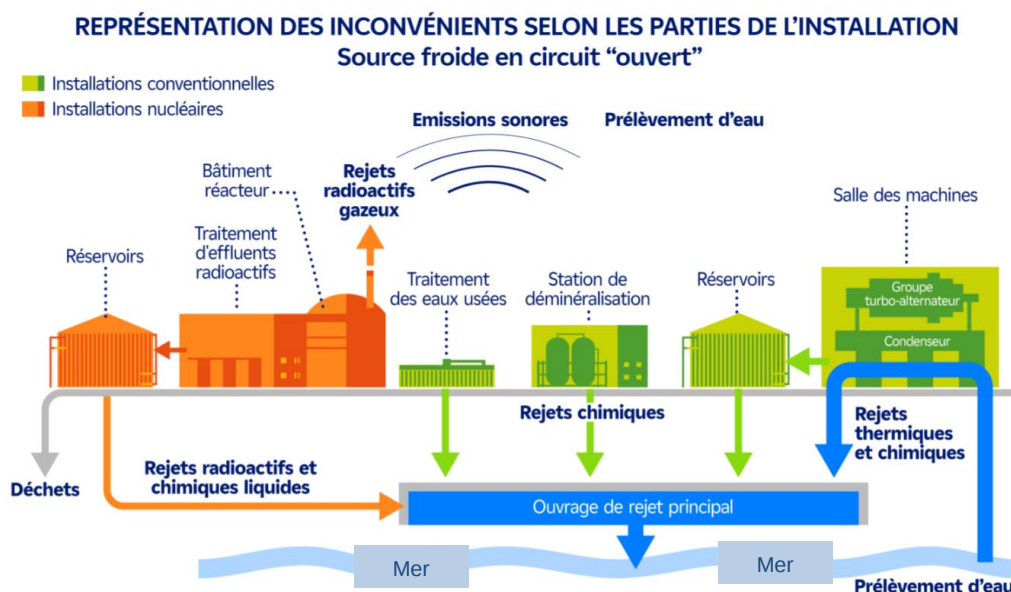
En 2024, la centrale nucléaire de Gravelines a produit 32,7 milliards de kilowattheure d'électricité bas carbone. La production annuelle de la centrale de Gravelines assure la fourniture des besoins pour sa propre consommation d'énergie électrique et représente 60% à 70% des besoins en électricité de la région Hauts-de-France.

5.6. Interactions de la centrale de Gravelines avec l'environnement

Ce sous paragraphe 5.6 présente les interactions de l'exploitation la centrale de Gravelines avec l'environnement, actuellement et pour les 10 ans à venir. Ces interactions sont schématisées sur la figure ci-dessous.

L'origine de ces interactions et leurs caractéristiques sont détaillées dans les sous paragraphes 5.6.1 à 5.6.8.

Le sous-paragraphe 5.6.9 présente l'évolution de ces interactions pour les dix ans à venir.



5.6.1. Prélèvements et consommation d'eau

Les différents besoins en eau de la centrale de Gravelines sont satisfaits par prélèvement en mer, en nappe ou par fourniture via les réseaux du Syndicat des Eaux du Dunkerquois (SED).

Les prélèvements d'eau dans la Mer du Nord sont réalisés pour assurer le refroidissement des condenseurs des groupes turbo-alternateurs et des circuits auxiliaires. Ces circuits fonctionnent en circuit dit « ouvert » et l'eau est intégralement restituée à son milieu d'origine.

L'eau de la nappe est principalement pompée afin :

- d'alimenter, lors des essais ou de la maintenance périodique, l'installation de la source d'appoint ultime en eau ;
- d'assécher une zone de travaux de génie civil ou de voirie et réseaux divers (VRD) située sous le niveau de la nappe et, éventuellement, d'assainir la nappe.

L'eau fournie par le SED, assure, pour l'ensemble de la centrale, les besoins en eau potable et en eau industrielle pour la production d'eau déminéralisée et les circuits d'incendie.

Les valeurs limites de prélèvement d'eau sont fixées réglementairement par l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection. Ces valeurs limites sont des valeurs maximales à ne pas dépasser, définies pour permettre le fonctionnement normal de la centrale en intégrant quelques aléas de fonctionnement et pour s'assurer de la protection de l'environnement. Nota : seuls les prélèvements en nappe font l'objet d'une valeur limite de prélèvement.

Les prélèvements réellement réalisés demeurent ainsi inférieurs aux limites réglementaires (décision n° 2018-DC-0647¹⁰).

Le tableau suivant présente les valeurs limites de prélèvements ainsi que le bilan des prélèvements réalisés sur dix ans. Pour les dix prochaines années, il n'est pas prévu d'évolution des prélèvements d'eau et il n'est ainsi pas prévu de demande de modification des limites réglementaires présentées ci-dessous.

Origine du prélèvement	Usage	Volume maximal	
		Limite réglementaire (volume annuel)	Volumes moyens annuels 2013-2022
Mer	Eaux de refroidissement	/	6 388 millions de m ³
Syndicat des eaux du Dunkerquois (Canal de Bourbourg)	Eaux industrielles (eau déminéralisée, eau incendie)	/	842 milliers de m ³
Nappe	Appoint ultime en eau	8 100 m ³ (pouvant être porté à 35 000 m ³ lors de la réalisation d'essais ou de travaux sur l'installation de pompage d'appoint ultime)	2 895 m ³ (*)

(*) : moyenne calculée sur année 2022-2023 (réalisation essais)

Tableau 1 : Limites réglementaires et bilan des prélèvements d'eau du site de Gravelines

5.6.2. Rejets d'effluents radioactifs liquides et gazeux

Le réacteur nucléaire est le siège de la formation de substances radioactives (radionucléides) dont une infime partie se retrouve dans les effluents. Ces effluents sont collectés de façon sélective puis orientés vers les systèmes de traitement et/ou d'entreposage appropriés avant d'être rejetés en mer pour les liquides, via le canal de rejet, ou à l'atmosphère pour les gaz, par l'intermédiaire des cheminées situées sur les bâtiments des auxiliaires nucléaires de la centrale.



© EDF

Cheminée d'un bâtiment des auxiliaires nucléaires de la centrale

¹⁰ Décision n° 2018-DC-0647 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 16 octobre 2018 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° 96, n° 97 et n° 122 exploitées par Électricité de France (EDF) dans la commune de Gravelines

La centrale rejette cinq catégories de radionucléides :

- Le carbone 14 est produit essentiellement par activation neutronique de l'oxygène 17 et de l'azote 14 présents dans l'eau du circuit primaire, et de l'oxygène 17 présent dans le combustible. Seule une faible partie du carbone 14 se retrouve dans les rejets d'effluents liquides, la majeure partie est retenue par les systèmes de traitement. Le carbone 14 rejeté sous forme gazeuse provient principalement du dégazage de l'eau du circuit primaire.
- Le tritium est produit par fission de l'uranium dans les crayons de combustible et par activation des produits de conditionnement (bore et lithium). Le tritium produit dans les crayons du combustible y reste en quasi-totalité confiné. C'est le tritium produit par activation qui se retrouve en majorité dans les effluents liquides et gazeux. À l'heure actuelle aucun moyen industriel ne permet techniquement et économiquement de l'éliminer de ces effluents en raison de sa faible activité volumique ; ainsi, au fil de sa production, le tritium est rejeté dans l'environnement du fait de son faible impact radiologique.
- Les iodes sont produits par fission de l'uranium et restent majoritairement confinés dans les crayons de combustible. Toutefois, une faible quantité peut migrer dans l'eau du circuit primaire en cas d'inétanchéité du gainage des crayons du combustible. Les iodes présents dans les effluents radioactifs liquides sont piégés par les systèmes de traitement et leurs périodes radioactives courtes font qu'ils disparaissent rapidement.
- Les autres Produits de Fission ou d'Activation (« autres PF/PA ») sont produits par fission comme les césiums 134 et 137 qui restent confinés dans le crayon mais peuvent migrer pour les raisons précitées, ou par activation comme les cobalts 58 et 60, le manganèse 54 et l'antimoine 124. Ces produits « autres PF/PA » présents sous forme d'aérosols dans les effluents gazeux sont traités par décroissance radioactive dans les réservoirs d'entreposage et/ou retenus par passage sur des pièges à iodes (charbon actif) et sur des filtres à très haute efficacité. Dans les effluents liquides, les « autres PF/PA » sont retenus en grande partie par les systèmes de traitement (filtres ou résines) du circuit de purification en continu de l'eau du circuit primaire et du circuit de traitement des effluents.
- Les gaz rares sont produits par fission et restent majoritairement confinés dans les crayons de combustible. Toutefois, une faible quantité peut migrer dans l'eau du circuit primaire pour les raisons précitées et se retrouver dans les effluents radioactifs gazeux. Ces effluents sont rejetés à l'atmosphère après décroissance radioactive suffisante dans des réservoirs d'entreposage.

L'activation neutronique est l'action de rendre radioactif un ou plusieurs éléments contenus dans une substance en l'irradiant par un flux de neutrons.

Les valeurs limites de rejets d'effluents radioactifs de la centrale de Gravelines sont fixées réglementairement par l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (décision n° 2018-DC-0646¹¹).

¹¹ Décision n° 2018-DC-0646 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 16 octobre 2018 fixant les valeurs limites de rejets dans l'environnement des effluents des installations nucléaires de base n° 96, n° 97 et n° 122 exploitées par Électricité de France (EDF) dans la commune de Gravelines

ARTICULATION ENTRE LIMITES DE REJETS ET REJETS REELS

Les limites de rejets sont fixées pour l'acceptabilité de leurs impacts sur l'environnement et sur la base des meilleures techniques disponibles dans des conditions techniquement et économiquement acceptables en prenant en considération les caractéristiques de l'installation, son implantation géographique et les conditions locales de l'environnement. Elles constituent les valeurs maximales à ne pas dépasser. De surcroît, l'exploitant définit chaque année une prévision optimisée des rejets en fonction des activités programmées et analyse la cohérence des rejets réels avec ces objectifs de performance et en tire le retour d'expérience en termes d'amélioration continue. Ainsi, l'évaluation de l'impact des rejets, réalisée sur la base des limites réglementaires, est enveloppe des rejets réels du site.

Les rejets prévus pour le fonctionnement de la centrale de Gravelines pour les dix années à venir resteront du même ordre de grandeur que durant la décennie précédente et dans tous les cas inférieurs aux limites de rejet.

Les tableaux suivants présentent un bilan des rejets radioactifs rejetés par la centrale de Gravelines sur une période de 10 ans (moyenne des rejets de 2013 à 2022).

■ Bilan des rejets radioactifs liquides rejetés de 2013 à 2022

	Limites annuelles (GBq/an)	Activité moyenne annuelle rejetée GBq/an
Tritium	120 000	62 300
Carbone 14	900	48,9
Iode	0,9	0,038
Autres produits de fission et d'activation	90	3,19

■ Bilan des rejets radioactifs gazeux rejetés de 2013 à 2022

	Limites annuelles (GBq/an)	Activité moyenne annuelle rejetée GBq/an
Tritium	12 000	2 337
Carbone 14	3 300	1 014
Gaz rares	108 000	3 563
Iode	2,4	0,094
Autres produits de fission et d'activation	2,4	0,0132

5.6.3. Rejets d'effluents chimiques liquides et gazeux

Le fonctionnement d'une centrale électronucléaire nécessite l'utilisation de substances chimiques et génère des rejets d'effluents chimiques liquides (issus des substances liées au conditionnement des circuits, de la station de déminéralisation et de la station d'épuration) et, dans une moindre mesure, des rejets à l'atmosphère (issus du fonctionnement des circuits et des équipements).

Sur les circuits de refroidissement dits « ouverts » comme Gravelines, des traitements sont nécessaires afin de :

- maîtriser le risque de dispersion de micro-organismes via l'entretien préventif des circuits et la mise en œuvre de **traitements biocides** par injection d'hypochlorite de sodium produit par électrochloration d'eau de mer.

■ Effluents chimiques liquides

Les effluents chimiques liquides issus des circuits primaires et secondaires sont collectés de manière sélective en fonction de leur origine et de leur composition, filtrés et traités le cas échéant, puis contrôlés avant d'être rejetés dans l'environnement.

Les principales substances chimiques rejetées par voie liquide sont les suivantes :

- de l'acide borique et de la lithine, utilisés pour le conditionnement du circuit primaire afin de respectivement contrôler la réaction nucléaire et limiter la corrosion des matériaux ;
- de l'hydrate d'hydrazine, injecté pendant la phase de démarrage pour éliminer l'oxygène de l'eau du circuit primaire et utilisé aussi dans le circuit secondaire pour maintenir un milieu réducteur et limiter la corrosion ;
- de l'éthanolamine, utilisées pour le conditionnement du circuit secondaire afin d'en limiter la corrosion ;
- des métaux issus de la présence d'impuretés dans les produits chimiques commerciaux et de la corrosion des circuits (aluminium, chrome, cuivre, fer, manganèse, nickel, plomb, zinc) ;
- du phosphate trisodique, utilisé pour le conditionnement des circuits de refroidissement intermédiaires ;
- des détergents provenant des opérations d'exploitation courantes telles que le lavage des tenues utilisées en zones nucléaires et le lavage du sol ;
- du fer, des sulfates, des matières oxydables (mesurées par la DCO – Demande Chimique en Oxygène) et des Matières en Suspension (MES) provenant de la station de déminéralisation ;
- du chlore actif, du bromoforme et des oxydants résiduels issus des traitements par électrochloration d'eau de mer.

De la même manière que pour les rejets radioactifs, des valeurs maximales de rejets des substances chimiques sont fixées pour l'acceptabilité de leurs impacts sur l'environnement et sur la base des meilleures techniques disponibles applicables à la centrale pour son fonctionnement. Ainsi, l'évaluation de l'impact des rejets, réalisée sur la base de ces valeurs maximales, est enveloppe des rejets réels du site.

Les rejets à venir devraient être du même ordre de grandeur que les rejets passés et dans tous les cas inférieurs aux valeurs maximales de rejet. Les résultats de l'évaluation de l'impact des rejets présentés dans ce document sont donc valables pour les dix années à venir.

Le tableau suivant présente les valeurs maximales de rejet en mer (issues des décisions limites et modalités actuellement en vigueur ou déterminées à partir de caractérisations complémentaires issus de données de REX ou de conception) ainsi qu'un bilan des rejets passés de substances chimiques provenant de l'exploitation de la centrale, à enjeu sur une période de 10 ans.

Substances	Flux annuel (kg)	
	Valeurs maximales de rejet	Quantité rejetée (moyenne 2013-2022)
Acide borique	43 500	21 920
Phosphates	1 404	308
Hydrazine	198	5,6
Éthanolamine	1 920	70(*)
Ammonium	23 210	4 619
Bromoformes	230 000	53 148
Oxydants résiduels	1 370 000	208 640

(*) Ethanolamine utilisée depuis 2016 (moyenne sur 6 ans)

■ **Effluents chimiques rejetés à l'atmosphère**

Les principales substances chimiques rejetées à l'atmosphère sont les suivantes :

- des gaz d'échappement issus des essais périodiques des groupes électrogènes de secours, contenant principalement des oxydes de soufre, d'azote et de carbone ;
- des émanations de formaldéhyde et de monoxyde de carbone, émises par les calorifuges neufs en laine de verre au cours de leur première montée en température ;
- de l'éthanolamine et de l'ammoniac provenant du conditionnement du circuit secondaire lors des phases d'arrêt de réacteur lorsque la vapeur d'eau du circuit secondaire est évacuée à l'atmosphère en contournant la turbine ;
- de l'ammoniac provenant du circuit d'extraction des incondensables du circuit secondaire lors du maintien sous vide du condenseur ;
- des émissions diffuses de fluides frigorigènes et de SF₆ utilisés respectivement dans les groupes frigorifiques (pour assurer la production d'eau glacée et pour la réfrigération des locaux techniques et administratifs) et au niveau des postes électriques d'évacuation d'énergie de la centrale. Ces émissions sont quantifiées lors des opérations de maintenance de ces installations.

5.6.4. Rejets thermiques

Le refroidissement des condenseurs de la centrale de Gravelines est effectué en circuit de type « ouvert » : l'eau de refroidissement est prélevée en mer via le canal d'amenée, avant d'être intégralement rejetée à la mer via le canal de rejet.

L'échauffement entre la prise d'eau et le rejet apporté par la centrale est en moyenne de 9,7 °C sur la période du 1^{er} novembre au 31 mai et de 8,7°C sur la période du 1^{er} juin au 31 octobre pendant la période 2011-2020, avec une valeur maximale relevée de 12°C.

La température à l'extrémité du canal de rejet est en moyenne de 21,1°C sur la période du 1^{er} novembre au 31 mai et de 28°C sur la période du 1^{er} juin au 31 octobre, avec une valeur maximale relevée de 34,6°C. La température au thermographe 7 est en moyenne de 11,5°C sur la période du 1^{er} novembre au 31 mai et de 18,8°C sur la période du 1^{er} juin au 31 octobre, avec une valeur maximale relevée de 28,3°C.

Les rejets thermiques sont encadrés par la réglementation qui limite l'échauffement de l'eau entre la prise d'eau et le rejet

Limites des rejets thermiques de la centrale de Gravelines

Echauffement entre prise d'eau et rejet (thermographe 11 situé à l'extrémité du canal)	≤ 12°C	
Température extrémité du canal de rejet	30°C du 01/11 au 31/05	35°C du 01/06 au 31/10
Température en mer (thermographe 7 situé à environ 700 m de la côte)	< 30°C	

5.6.5. Production de déchets

L'exploitation de la centrale de Gravelines génère des déchets radioactifs et des déchets conventionnels.

Les **déchets radioactifs** sont issus notamment du traitement des effluents radioactifs (filtres, charbons actifs, concentrats d'évaporation, résines échangeuses d'ions, boues...), des opérations de maintenance courante (pièces mécaniques actives rebutées, déchets de linge...), des opérations de manutention du combustible (grappes, étuis de crayon, squelettes d'assemblage...).

Les **déchets conventionnels** sont des déchets produits dans des zones ne contenant aucune substance radioactive. Ils sont composés de déchets inertes (gravats, terre...), de déchets non dangereux (bois, emballages, papier, carton, verre, plastique, métaux...) et de déchets dangereux (peintures, déchets hydrocarburés, amiante...).

Catégories de déchets radioactifs et filières de gestion associés

Période radioactive* Activité**	Vie très courte (VTC) (période < 100 jours)	Principalement vie courte (VC) (période ≤ 31 ans)	Principalement vie longue (VL) (période > 31 ans)
Très faible activité (TFA) < 100 Bq/g	 Gestion par décroissance radioactive	 Stockage de surface (Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage)	
Faible activité (FA) entre quelques centaines de Bq/g et un million de Bq/g		 Stockage de surface (centres de stockage de l'Aube et de la Manche)	 Stockage à faible profondeur à l'étude
Moyenne activité (MA) de l'ordre d'un million à un milliard de Bq/g			 Stockage géologique profond en projet (projet Cigéo)
Haute activité (HA) de l'ordre de plusieurs milliards de Bq/g	Non applicable	 Stockage géologique profond en projet (projet Cigéo)	

* Période radioactive des éléments radioactifs (radionucléides) contenus dans les déchets.

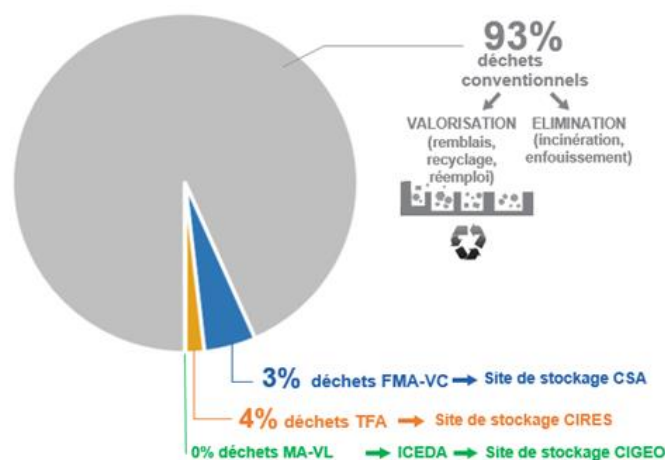
** Niveau d'activité des déchets radioactifs.

Un déchet peut parfois être classé dans une catégorie définie mais être géré dans une autre filière de gestion du fait d'autres caractéristiques (par exemple sa composition chimique ou ses propriétés physiques).

En France, la classification des déchets radioactifs s'appuie sur deux critères :

- le niveau de radioactivité : Haute Activité (HA) ; Moyenne Activité (MA) ; Faible Activité (FA) ; Très Faible Activité (TFA),
- la période radioactive, qui correspond au temps au bout duquel la radioactivité est divisée par deux : vie très courte (vtc) ; vie courte (vc) ; vie longue (vl).

Les activités liées au fonctionnement de la centrale de Gravelines produisent des déchets conventionnels (93 % des déchets produits) et radioactifs (7 % des déchets produits).



Proportions relatives de déchets et exutoires correspondants, issus de l'exploitation de la centrale de Gravelines

Le tableau suivant présente le bilan des déchets radioactifs produits sur 10 ans par la centrale de Gravelines et un prévisionnel pour les années à venir.

Globalement, la quantité de déchets radioactifs produits dans les 10 prochaines années par la centrale nucléaire de Gravelines est du même ordre de grandeur que la quantité de déchets produits sur la période de référence.

Déchets radioactifs	Volume moyen annuel de colis (m³) (moyenne 2013-2022)	Volume moyen annuel prévisionnel de colis (m³) (moyenne 2025-2028)
Déchets solides TFA à stocker au CIREs*	496	560
Déchets solides MA-VC à stocker au CSA**	525	494
Déchets solides FA-VC à stocker directement au CSA	225	302
Déchets solides FA-VC à traiter (fusion)	44	38
Déchets solides FA-VC à traiter (incinération)	680	740
Déchets liquides FA-VC à traiter (incinération)	7	6,5

5.6.6. Émissions sonores et vibratoires

La centrale de Gravelines fait l'objet de campagnes de mesure des émissions sonores tous les dix ans. La campagne de mesure des niveaux d'émission sonore réalisée en 2015 montre que les niveaux sonores respectent les objectifs fixés par la réglementation.

La centrale de Gravelines est susceptible de générer des vibrations liées à ses activités industrielles (machines tournantes, engins de chantier, transports, etc.). Celles-ci sont ressenties à l'intérieur des installations du site et ne le sont pas à l'extérieur du fait de la conception des bâtiments et de la constitution des sols.

5.6.7. Usages des terres

Il n'est pas envisagé d'évolution de la superficie foncière nécessaire à l'exploitation des 6 réacteurs de la centrale de Gravelines pour les dix prochaines années.

5.6.8. Autres interactions

Les autres interactions de la centrale de Gravelines avec son environnement étudiées sont : odeurs, émissions lumineuses, trafics routier et ferroviaire, consommation d'énergie, chaleur et radiation. Il n'est pas envisagé d'évolution de ces interactions pour les dix prochaines années.

5.6.9. Projection sur 10 ans des interactions de la centrale de Gravelines avec l'environnement

Les interactions passées et actuelles de l'exploitation de la centrale de Gravelines avec l'environnement ont été présentées dans les paragraphes 5.6.1 à 5.6.8 précédent.

Comme l'illustre le tableau suivant, les interactions de l'exploitation de la centrale de Gravelines avec l'environnement resteront similaires pour les dix prochaines années à celles de la décennie précédente.

Interaction avec l'environnement	Fonctionnement passé	Projection sur 10 ans
Prélèvements et consommation d'eau	Les différents besoins en eau de la centrale de Gravelines sont satisfaits par prélèvement en mer, en nappe ou par fourniture via les réseaux du Syndicat des Eaux du Dunkerquois. Les prélèvements réglementés (eau en nappe) sont toujours restés inférieurs aux limites réglementaires (décision n° 2018-DC-0647) ¹¹	Il n'est pas prévu d'évolution des modalités d'approvisionnement en eau. Les volumes prélevés prévus pour le fonctionnement de la centrale de Gravelines pour les 10 années à venir resteront du même ordre de grandeur que durant la décennie précédente et dans le respect des limites réglementaires.
Rejets d'effluents radioactifs liquides	Le point de rejet des effluents radioactifs est réalisé en mer via le canal de rejet. Les rejets sont encadrés par la décision n° 2018-DC-646 ¹² .	Il n'est pas prévu d'évolution de l'emplacement du point de rejet en mer Les rejets prévus pour le fonctionnement de la centrale de Gravelines pour les 10 années à venir resteront du même ordre de grandeur que durant la décennie précédente et dans le respect des limites réglementaires.
Rejets d'effluents radioactifs à l'atmosphère	Les effluents radioactifs atmosphériques sont rejetés par les cheminées des bâtiments des auxiliaires nucléaires. Les rejets sont encadrés par les décisions n° 2018-DC-0646 ¹² et n°2018-DC-0647 ¹¹ .	Il n'est pas prévu d'évolution des points de rejet à l'atmosphère. Les rejets prévus pour le fonctionnement de la centrale de Gravelines pour les 10 années à venir resteront du même ordre de grandeur que durant la décennie précédente et dans le respect des limites réglementaires.
Rejets d'effluents chimiques	Les rejets d'effluents chimiques liquides sont encadrés par les décisions 2018-DC-0646 ¹² et n°2018-DC-0647 ¹¹ .	Les rejets d'effluents chimiques liquides prévus pour le fonctionnement de la centrale de Gravelines pour les 10 années à venir resteront du même ordre de grandeur que durant la décennie précédente et dans le respect des limites réglementaires.
Rejets thermiques	Les rejets thermiques sont encadrés par la réglementation qui limite l'échauffement de l'eau entre la prise d'eau et le rejet, la température de l'eau à l'extrémité aval du canal de rejet et la température de l'eau de mer dans la zone de rejet	Il n'est pas prévu d'évolution des rejets thermiques qui s'inscriront dans le respect des limites réglementaires
Production de déchets radioactifs	Volumes annuels de déchets (m ³) Très faiblement actifs : 496 Faiblement actifs : 956 Moyennement actifs : 525	Les volumes de déchets radioactifs prévus seront globalement du même ordre de grandeur que les volumes des déchets produits au cours de la dernière décennie.

Interaction avec l'environnement	Fonctionnement passé	Projection sur 10 ans
Émissions sonores	La centrale de Gravelines fait l'objet de campagnes de mesure des émissions sonores tous les dix ans. La dernière campagne de mesure montre que les niveaux sonores sont conformes aux objectifs fixés par la réglementation	Pas de changements majeurs, mais des bruits et des vibrations temporaires peuvent être causés par d'éventuelles modifications et travaux de construction.
Usages des terres	La centrale de Gravelines s'étend sur une superficie de 152 hectares	Il n'est pas envisagé d'évolution de la superficie foncière nécessaire à l'exploitation des 6 réacteurs de la centrale de Gravelines pour les dix prochaines années
Autres interactions	Les autres interactions avec l'environnement sont : odeurs, émissions lumineuses, trafics routier et ferroviaire, consommation d'énergie, chaleur et radiation	Il n'est pas envisagé d'évolution de ces interactions pour les dix prochaines années.

5.7. Projection sur 10 ans des effets sur l'environnement

Ce paragraphe traite des effets réels et potentiels sur la santé et l'environnement que la centrale nucléaire de production d'électricité de Gravelines peut présenter en fonctionnement normal, au cours des dix prochaines années, du fait des prélèvements d'eau, des rejets et déchets ainsi que des nuisances qu'elle est susceptible d'engendrer (dispersion de micro-organismes pathogènes, bruits, émissions lumineuses, consommation énergétique, émission de chaleur et de radiations, trafic routier et ferroviaire, vibrations, odeurs ou envol de poussières). L'analyse intègre également les dispositions prises pour améliorer la protection des intérêts dans le cadre du 4^e réexamen périodique. Comme montré au paragraphe 5.6, les interactions de l'exploitation de la centrale de Gravelines avec l'environnement resteront similaires pour les dix prochaines années à celles de la décennie précédente.

Les effets sur l'environnement du fonctionnement de la centrale de Gravelines sont présentés par domaine (sous-paragraphe 5.7.1 à 5.7.8) ; ils sont locaux et concernent principalement les environs de la centrale selon le périmètre d'étude présenté au paragraphe 5.5.5. Il n'y a pas d'effet transfrontalier du fonctionnement normal de la centrale (cf. paragraphe pour les effets transfrontaliers des accidents). Les effets comparés sur le changement climatique de la poursuite du fonctionnement et de la mise à l'arrêt définitif (cf. paragraphe 1.2), sont présentés dans le paragraphe 5.7.10.

5.7.1. Air et facteurs climatiques

■ Incidences sur le climat

La production d'électricité d'origine nucléaire génère très peu de dioxyde de carbone (CO₂), principal **gaz à effet de serre**.

Chaque kWh produit par le parc nucléaire d'EDF en France émet l'équivalent de **4 grammes de CO₂**, selon l'étude de la R&D d'EDF « Analyse du cycle de vie ». Un chiffre qui confirme le caractère très bas carbone de cette énergie : [ACV du kWh nucléaire](#).

Les rejets gazeux associés à l'exploitation de la centrale de Gravelines ne modifient donc pas la situation actuelle vis-à-vis du climat.

L'analyse de la sensibilité au changement climatique (cf. page suivante) permet de conclure que l'incidence sur le climat des rejets gazeux associés à l'exploitation de la centrale est considérée comme négligeable également pour les 10 années à venir.

Les **gaz à effet de serre** d'origine anthropique sont responsables de l'accroissement de l'effet de serre.

Ce phénomène naturel est provoqué par la présence des gaz à effet de serre qui piègent dans la basse atmosphère une partie de la chaleur émise par la terre.

■ Incidences sur la qualité de l'air

Le code de l'environnement définit des normes de qualité de l'air dont l'objectif est d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble. Ces normes visent les substances atmosphériques présentes dans l'air ambiant extérieur qui représentent un enjeu pour la qualité de l'air : les oxydes de soufre et d'azote, l'ozone, le monoxyde de carbone, les particules, le plomb, le benzène et les métaux lourds. Ces substances sont principalement présentes dans les agglomérations, en raison de la concentration du trafic et de différentes activités humaines (chauffage, émissions industrielles).

Parmi les rejets chimiques à l'atmosphère de la centrale de Gravelines en fonctionnement normal, seuls les rejets d'oxydes d'azote et de soufre et les émanations de monoxyde de carbone font l'objet d'une norme de qualité de l'air. L'évaluation des incidences sur la qualité de l'air de ces rejets ne montre pas d'influence de la centrale sur la qualité de l'air. Concernant les substances non réglementées par une norme de qualité de l'air (telles que le formol, l'ammoniac, l'éthanolamine, les fluides frigorigènes et le SF₆), leurs concentrations dans l'environnement, attribuables à la centrale de Gravelines, ne sont pas susceptibles de dégrader la qualité de l'air.

Le fonctionnement de la centrale de Gravelines est compatible avec les mesures du Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA) interdépartemental du Nord-Pas-de-Calais et celles du SRADET des Hauts-de-France.

PLANS DE PROTECTION DE L'ATMOSPHERE (PPA)

Les Plans de Protection de l'Atmosphère (PPA) ont été introduits par la loi n° 96-1236 du 30 décembre 1996 modifiée le 14 juin 2006 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (dite « loi LAURE »). Ils doivent être élaborés dans trois cas de figure différents :

- la zone connaît des dépassements des valeurs limites et/ou des valeurs cibles de la qualité de l'air ;
- la zone risque de connaître des dépassements ;
- la zone englobe une ou plusieurs agglomérations de plus de 250 000 habitants.

Les PPA ont pour objectif de définir les mesures à prendre afin de veiller au respect des valeurs limites ainsi que les mesures d'urgence à mettre en place en cas de risque de dépassement des seuils d'alerte. Ils doivent être compatibles avec les objectifs régionaux pour la qualité de l'air (SRADDET).

Le PPA de l'interdépartemental du Nord-Pas-de-Calais a été approuvé par l'arrêté préfectoral du 1er juillet 2014. La centrale de Gravelines est concernée par ce PPA qui propose un plan d'action composé de 14 mesures réglementaires, de huit mesures d'accompagnement à mise en œuvre volontaire et de 4 études.

SCHEMA REGIONAL D'AMENAGEMENT, DE DEVELOPPEMENT DURABLE ET D'EGALITE DES TERRITOIRES (SRADDET)

La loi NOTRE du 7 août 2015 portant nouvelle organisation territoriale de la République crée un nouveau schéma de planification dont l'élaboration est confiée aux régions : le « Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires » (SRADDET).

Ce schéma doit respecter les règles générales d'aménagement et d'urbanisme à caractère obligatoire ainsi que les servitudes d'utilité publique affectant l'utilisation des sols. Il doit être compatible avec les Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion de l'Eau (SDAGE), ainsi qu'avec les Plans de Gestion des Risques d'Inondation (PGRI). Il doit prendre en compte les projets d'intérêt général, une gestion équilibrée de la ressource en eau, les infrastructures et équipements en projet et les activités économiques, les chartes des parcs nationaux sans oublier les schémas de développement de massif. Il se substitue ainsi aux schémas préexistants tels que le Schéma Régional Climat Air Énergie (SRCAE), le schéma régional de l'intermodalité, et le Plan Régional de Prévention et de Gestion des Déchets (PRPGD), le Schéma Régional de Cohérence Ecologique (SRCE).

La démarche de construction du SRADDET a été engagée fin 2016 et a abouti à « l'arrêté du projet » par le Conseil régional en janvier 2019 suivi de son approbation par arrêté préfectoral le 4 août 2020 après enquête publique. Le SRADDET Hauts-de-France comprend 3 partis pris déclinés en 13 orientations stratégiques qui portent les objectifs et les règles du SRADDET.

■ **Sensibilité au changement climatique**

Les projections locales des principaux facteurs climatiques réalisées par Météo-France montrent une tendance d'évolution à la hausse des moyennes annuelles des températures d'air envisagées, avec des évolutions pouvant dépasser + 3°C à horizon 2071-2100, par rapport à la période historique 1976-2005.

Hormis un besoin en refroidissement des locaux tertiaires et industriels légèrement plus important, les évolutions climatiques présentées ci-dessus ne sont pas susceptibles d'avoir un impact sur l'analyse d'incidence des rejets atmosphériques du CNPE de Gravelines sur la qualité de l'air et le climat.

5.7.2. Eaux de surface

■ **Incidences sur l'hydrologie**

La centrale de Gravelines est implantée en bord de mer, l'eau utilisée pour son fonctionnement transite par 2 canaux : le canal d'amenée et le canal de rejet. Ce mode de fonctionnement n'a pas d'influence notable sur l'hydrologie de la masse d'eau de transition « Port de Dunkerque » (FRAT04).

En ce qui concerne la masse d'eau côtière « De Malo à Gris Nez » (FRAC02), la centrale rejette une partie des eaux vannes et usées, après traitement, dans le watergang des Hemmes-Saint-Pol qui rejette dans la partie canalisée de l'Aa

proche de l'embouchure avec la mer du Nord. L'influence du fonctionnement de la centrale sur l'hydrologie de la partie canalisée de l'Aa est minime au regard des variations naturelles dues au marnage.

■ ***Incidences sur la température des eaux de surface***

Les variations de température en surface induites par le rejet de la centrale de Gravelines ont été analysées à l'aide de campagnes de thermographie infrarouge et d'un modèle numérique.

L'incidence des rejets thermiques sur les eaux de surface est limitée au regard des dimensions du milieu récepteur et des effets de marée. En effet, du fait de la variabilité spatiale du panache, les zones soumises aux rejets thermiques ne sont pas exposées en permanence. L'incidence des échauffements apportés par la centrale concerne principalement la surface, les zones plus profondes n'étant pas impactées.

■ ***Incidence sur la morphosédimentologie***

Le rejet des effluents liquides se fait après un transit dans le canal de rejet. L'influence du fonctionnement de la centrale sur la morphosédimentologie de la zone littorale est minime au regard des variations de courants naturelles dues au marnage. De plus, la centrale n'effectue aucun dragage aussi bien dans le canal d'amenée que dans le canal de rejet, et ne procède en conséquent à aucun relargage/clapage de sédiment dans le milieu naturel pouvant avoir une incidence sur la bathymétrie et/ou la qualité des habitats benthiques. Au regard de ces éléments, aucune incidence du fonctionnement de la centrale de Gravelines sur la morphosédimentologie n'est observée à l'échelle de la zone littorale.

■ ***Incidences sur la qualité des eaux de surface***

L'analyse rétrospective de l'ensemble des mesures réalisées dans l'environnement de la centrale sur la chimie, la physico-chimie et les différents compartiments biologiques ne met pas en évidence d'impact sur l'écosystème marin lié au fonctionnement de la centrale de Gravelines.

Le suivi des composés chimiques dans l'environnement de la centrale de Gravelines concerne les substances issues du traitement par électrochloration : le chlore résiduel, les haloformes (bromoforme, dichlorobromométhane, monochlorodibromométhane) et les bromophénols. L'analyse de l'ensemble de ces paramètres permet de conclure sur l'absence d'influence spatiale et temporelle notable résultant du fonctionnement de l'installation.

Le suivi physico-chimique concerne la salinité, les sels nutritifs azotés (ammonium, nitrates, nitrites, phosphates, silicates). L'analyse rétrospective sur la physico-chimie ne met pas en évidence d'impact sur l'écosystème marin.

La surveillance biologique portant sur le plancton (phytoplancton, zooplancton, vibrions halophiles), le benthos intertidal et le domaine halieutique (sprats, soles, crevettes grises) ne mettent pas en évidence d'influence du CNPE sur le milieu ou montre que l'influence du panache de rejet de la centrale reste toujours géographiquement limitée.

Nota : l'évaluation des effets des rejets radioactifs est présentée au paragraphe 5.7.4

5.7.3. Sols et eaux souterraines

■ ***Incidences sur les sols***

L'aménagement de la centrale a modifié la topographie et la géologie et a anthropisé l'ensemble de la surface du site. Une étude des données historiques et environnementales de la centrale de Gravelines a été réalisée en 2016.

Elle s'est appuyée sur des recherches documentaires, des témoignages de personnels et des visites des installations. Elle a permis de dresser un inventaire des activités historiques et actuelles, de localiser ces activités et de pouvoir évaluer leur niveau de risque vis-à-vis des milieux sols et eaux souterraines.

Des reconnaissances ont aussi été réalisées en 2016, à proximité du réservoir de l'eau des piscines du réacteur 5 concerné en 1986 par un déversement sur le sol de 600 m³ d'eau via une brèche dans le cuvelage de la rétention du réservoir. Elles ont mis en évidence un marquage résiduel dans le sol en cobalt 60 et en césium 137.

Faisant suite à l'étude des données historiques, des investigations de sol (sondages profonds pour analyses chimiques et radiologiques) ont été menées en 2019 sur les zones à risque mises en évidence.

Les contrôles radiologiques n'ont pas révélé de marquage au droit des zones investiguées. Les analyses chimiques ont montré que les échantillons prélevés étaient conformes au bruit de fond anthropique déterminé pour les paramètres recherchés. Néanmoins, des concentrations supérieures ont été mesurées au droit de quelques sondages pour des Eléments Traces Métalliques (métaux lourds). Les échantillons de sol des horizons sous-jacents ont révélé l'absence d'anomalie en profondeur. Il s'agit donc de dépassements locaux, isolés et sporadiques. Ces marquages ont entraîné la mise en œuvre de programmes de surveillance renforcés et de plans d'actions pour rétablir la situation et retrouver des

concentrations dans les eaux souterraines et les sols proches du bruit de fond du CNPE. Quelques piézomètres nécessitent de poursuivre les programmes de surveillance renforcée des eaux souterraines mis en place.

■ ***Incidences sur les eaux souterraines***

La construction d'installations et d'ouvrages a eu pour effet de modifier localement les écoulements des eaux souterraines (fondations profondes, enceintes géotechniques, ouvrages hydrauliques, etc).

Depuis sa mise en exploitation, la centrale de Gravelines fait l'objet d'une surveillance qualitative et quantitative de la nappe d'eau souterraine cible « nappe des sables quaternaire ».

La surveillance radiologique des eaux souterraines réalisée entre 2015 et 2020 montre des dépassements des seuils de surveillance à l'intérieur des enceintes géotechniques. Des reconnaissances complémentaires sur les eaux souterraines ont été lancées afin de déterminer ou confirmer l'origine des différents marquages radiologiques observés. Hors enceinte géotechnique, il n'a pas été observé de dépassement de seuil. Les mesures nécessaires sont mises en place afin de limiter l'impact environnemental lié à ces dépassements au droit de la centrale de Gravelines et à son aval hydrogéologique.

Les résultats des analyses chimiques ont montré que les échantillons prélevés étaient conformes au bruit de fond anthropique déterminé pour les paramètres recherchés

Des pompages d'eaux souterraines sont réalisés pour les essais et la maintenance périodique du pompage d'ultime secours. Toutefois, compte-tenu de la productivité de l'aquifère et du caractère ponctuel de ces pompages, ces derniers n'ont pas d'incidence significative sur la ressource en eau.

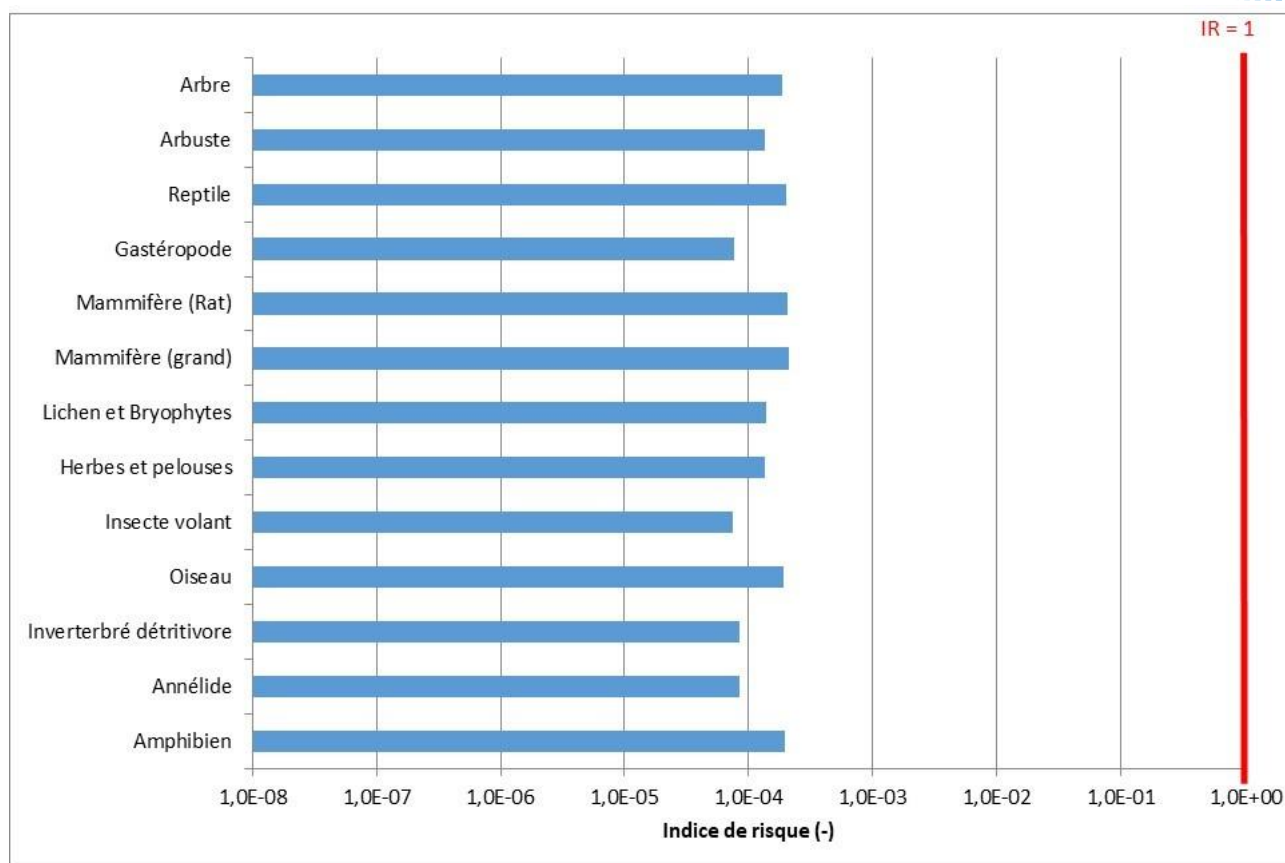
Dans le cadre de la mise en œuvre de travaux de génie civil, il peut être nécessaire de réaliser un pompage de l'eau en fond de fouille. De l'eau de nappe peut aussi être prélevée pour d'éventuels besoins en assainissement de la nappe. Au vu du caractère ponctuel de ces pompages, ils n'ont pas d'incidence significative sur la ressource en eau.

Compte tenu des écoulements des eaux souterraines dirigés vers la mer et de la protection apportée par les enceintes géotechniques, l'exploitation du CNPE n'a pas d'incidence sur les eaux souterraines à l'extérieur de l'emprise de la centrale. Il n'y a par ailleurs pas de captage d'alimentation en eau potable, ni de captage agricole ou industriel des eaux souterraines en aval hydrogéologique de la centrale de Gravelines.

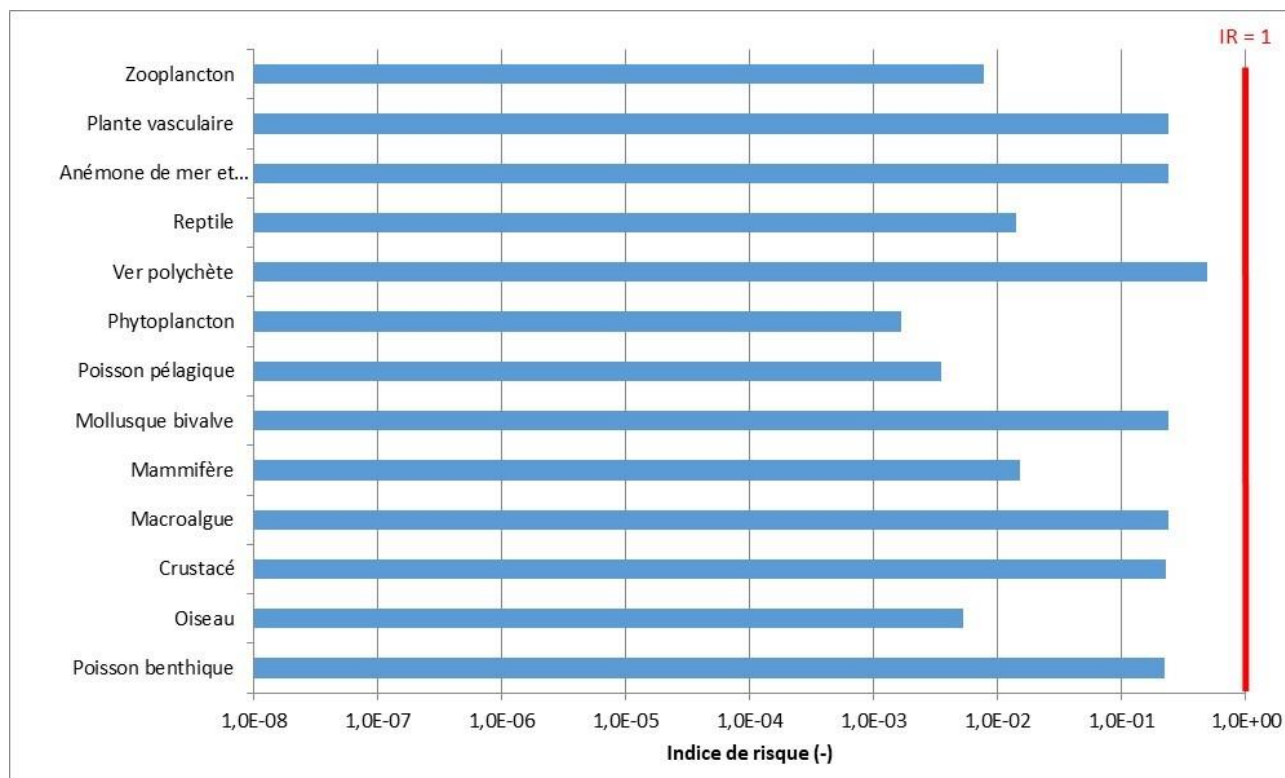
5.7.4. Radioécologie

Comme précisé au paragraphe 5.2, l'évaluation des effets sur l'environnement des rejets radioactifs repose sur une comparaison du débit de dose induit par les rejets radioactifs avec une valeur de débit de dose sans effet pour chaque organisme de référence. Cette comparaison se traduit par le calcul d'un indice de risque. Si l'indice de risque est inférieur à 1, il peut être conclu que le risque est négligeable.

Les graphiques ci-après rendent compte des indices de risque déterminés pour les organismes de références dans les compartiments terrestres et aquatiques.



Indices de risque calculés pour les organismes de référence de l'écosystème terrestre



Indices de risque calculés pour les organismes de référence de l'écosystème aquatique marin

Avec un indice toujours inférieur à l'unité, le risque environnemental associé aux rejets d'effluents radioactifs liquides et atmosphériques du site de Gravelines est négligeable, actuellement et pour les 10 années à venir.

5.7.5. Biodiversité

L'analyse des incidences du fonctionnement de la centrale de Gravelines sur l'air, les facteurs climatiques, l'état radiologique de l'environnement, le sol et le sous-sol, l'environnement aquatique de la mer du Nord présentée dans les paragraphes précédents ne met pas en évidence d'incidence notable de la centrale sur les caractéristiques écologiques nécessaires à l'expression de la biodiversité à l'échelle de l'aire d'étude.

Au vu de ces éléments et des mesures d'évitement, de réduction et de compensation mises en œuvre pour la colonie nicheuse de Sternes pierregarins dans le cadre de l'arrêté du 28 octobre 2019, l'analyse ne met pas en évidence d'incidence notable de la centrale de Gravelines sur les espaces naturels remarquables, la faune, la flore et les fonctionnalités écologiques. Par ailleurs, en l'état actuel des connaissances, le fonctionnement de la centrale ne remet pas en cause le bon accomplissement du cycle biologique des espèces d'invertébrés et de poissons du milieu marin identifiées dans l'aire d'étude.

Par ailleurs, la centrale de Gravelines ne remet pas en cause les objectifs définis dans les plans de gestion (DOCUMENT d'Objectifs -DOCOB) des sites Natura 2000.

5.7.6. Population et santé humaine

■ *Évaluation de l'impact dosimétrique sur l'homme*

L'impact global des rejets d'effluents radioactifs de la centrale de Gravelines prend en compte les expositions interne et externe associées aux rejets d'effluents liquides et à l'atmosphère. Il est déterminé pour les personnes représentatives, c'est-à-dire pour les personnes susceptibles d'être les plus exposées.

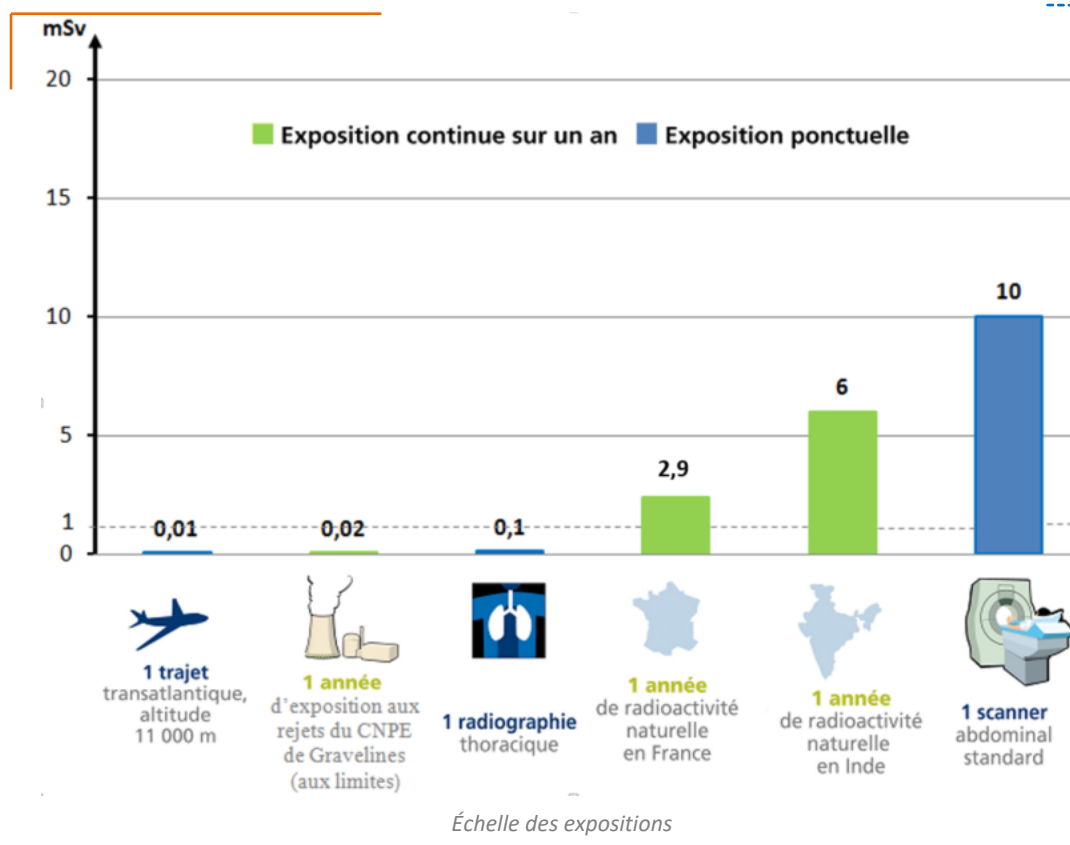
La dose efficace totale annuelle, liée à l'exposition interne et externe aux rejets d'effluents radioactifs du site, est évaluée :

- pour l'adulte, à 0,019 mSv/an ;
- pour l'enfant de 10 ans, à 0,01 mSv/an ;
- pour l'enfant de 1 an, à 0,001 mSv/an.

La **dose efficace** mesure l'effet biologique de la radioactivité. Elle s'exprime en Sievert (Sv) ou plus généralement en millisievert (mSv) ou en microsievert (μSv).

Chacune de ces doses représente moins de 2 % de la limite annuelle d'exposition pour une personne du public fixée à 1 mSv par l'article R. 1333-11 du code de la santé publique.

Afin de mettre en perspective ces doses par rapport à d'autres modes d'exposition, la figure ci-après présente des ordres de grandeur de dose résultant de situations courantes.



■ Évaluation des risques sanitaires liés aux rejets chimiques

Il a été montré que les rejets actuels de la centrale de Gravelines n'ont pas d'influence sur l'état chimique de la mer du Nord.

L'Évaluation Prospective des Risques Sanitaires (EPRS, cf. paragraphe 5.2) ne met pas en évidence de risque sanitaire dû aux rejets chimiques liquides attribuables à la centrale de Gravelines sur les populations avoisinantes potentiellement exposées aux substances, par la consommation de produits de la mer et l'ingestion par inadvertance d'eau de mer lors de la baignade, ni de risque sanitaire dû aux rejets chimiques atmosphériques sur les populations avoisinantes potentiellement exposées aux substances par inhalation.

■ Évaluation de l'impact des émissions sonores et vibratoires

Une campagne de mesure des niveaux d'émission sonore a été menée autour de la centrale en 2015 ; elle montre que les niveaux sonores respectent les objectifs fixés par la réglementation. Par ailleurs, le fonctionnement des installations est à l'origine de vibrations (machines tournantes essentiellement) ressenties seulement à l'intérieur des installations du fait de la conception des bâtiments et de la constitution des sols. Concernant les chantiers de génie civil et de voirie et réseaux divers, sources de vibrations, ils sont réalisés à l'intérieur du site, ont une durée limitée dans le temps et se déroulent en journée les jours ouvrables ce qui limite la gêne potentielle.

Pour les populations environnantes, il n'y a donc aucun risque de gêne lié aux installations existantes.

■ Évaluation de l'impact des émissions lumineuses

Les émissions lumineuses du site sont essentiellement liées à l'éclairage de sécurité du site (protection contre les intrusions, avertissement des engins aériens, etc.). Elles sont donc indispensables ; leur impact visuel à l'extérieur est minimisé par l'orientation de ces éclairages. L'impact de ces émissions lumineuses est négligeable.

5.7.7. Activités humaines

■ **Analyse des incidences sur l'usage des terres**

L'évaluation de l'impact sur la santé des rejets radioactifs et des rejets chimiques du site de Gravelines ne met pas en évidence de risque sanitaire attribuable au fonctionnement de la centrale sur les populations avoisinantes potentiellement exposées.

Ceci permet de conclure à l'absence d'incidence significative sur les usages des terres, en particulier les surfaces agricoles et les biens matériels (habitations, zones industrielles, etc.).

■ **Analyse des incidences sur le paysage et le patrimoine culturel**

La centrale de Gravelines est présente depuis plus de 40 ans et fait maintenant partie du paysage.

Le fonctionnement du site de Gravelines n'a pas d'incidence sur le paysage et le patrimoine culturel. Comme indiqué au paragraphe 5.6, il n'est pas prévu d'évolution de la centrale mettant en cause ces conclusions pour les 10 prochaines années.

■ **Analyse des incidences sur les usages de l'eau**

Le fonctionnement de la centrale de Gravelines s'accompagne de différents besoins en eau dont le plus important pour assurer le refroidissement des condenseurs. Cependant, l'eau prélevée en mer pour le refroidissement est intégralement restituée au milieu.

L'évaluation de l'impact sur la santé des rejets liquides radioactifs et chimiques (y compris lors de la baignade et par ingestion de produits de la pêche) ne met pas en évidence de risque sanitaire attribuable à la centrale de Gravelines sur les populations avoisinantes potentiellement exposées. Le fonctionnement de la centrale de Gravelines n'a ainsi pas d'incidence sur la disponibilité de la ressource en eau et les rejets ne sont pas de nature à remettre en cause les usages de l'eau à proximité de la centrale.

■ **Analyse des incidences sur les infrastructures et voies de communication**

Le trafic total généré par la centrale représente respectivement 61 % et 6 % (véhicules légers + poids lourds) du trafic total sur les routes N316 et A16. Le trafic de véhicules légers généré par la centrale de Gravelines représente ainsi une part significative du trafic sur les infrastructures routières passant à proximité. Toutefois les voies empruntées sont dimensionnées pour recevoir ce trafic.

Par ailleurs, la centrale de Gravelines est à l'origine d'environ 20 transports de marchandises par an (évacuation de combustible) par voie ferroviaire ce qui représente environ 1 % du trafic total sur le réseau ferroviaire du grand port maritime de Dunkerque (GPM).

Enfin, la centrale de Gravelines n'a jamais réalisé d'opération de dragage et n'a donc pas d'influence sur le trafic maritime.

■ **Analyse des incidences sur l'environnement industriel**

La centrale de Gravelines est implantée depuis plus de 40 ans dans une zone réservée au développement économique et industriel.

La centrale a contribué au développement de cette zone par la fourniture d'eaux tièdes aux sociétés voisines :

- Dunkerque LNG qui exploite le terminal méthanier de Dunkerque ;
- Aquanord Ichtus, propriétaire d'une ferme aquacole située le long du canal de rejet et d'une éclosierie marine de bars située à 0,6 kilomètre au sud-ouest de la centrale.

■ **Analyse des incidences sur les espaces et activités de loisirs**

L'évaluation de l'impact sur la santé :

- des rejets radioactifs liquides et atmosphériques (y compris par ingestion de denrées alimentaires, pratique de pêche, expositions externes et internes liées aux activités de baignade...),
- et des rejets chimiques liquides et atmosphériques (pratique de pêche ou de baignade),

ne met pas en évidence de risque sanitaire attribuable à la centrale de Gravelines sur les populations avoisinantes potentiellement exposées.

Par conséquent, le fonctionnement de la centrale de Gravelines n'a pas d'incidence sur les espaces et activités de loisirs.

■ **Analyse des incidences sur la consommation énergétique**

La centrale de Gravelines produit chaque année plus de 30 milliards de kWh d'électricité, soit 60 à 70% de la consommation d'électricité de la région des Hauts-de-France, ou la consommation de plus de 6 millions de foyers. Pour ses propres besoins, la centrale consomme moins de 5% de sa production soit de l'ordre de 0,3 % de la consommation régionale. Les activités de la centrale n'ont donc pas d'incidence sur la consommation énergétique.

5.7.8. Gestion des déchets

5.7.8.1. Déchets produits

Par ses activités de production d'électricité, de maintenance des installations, d'entreposage de déchets et de logistique, l'exploitation de la centrale de Gravelines génère des déchets de deux types : les déchets radioactifs et les déchets conventionnels.

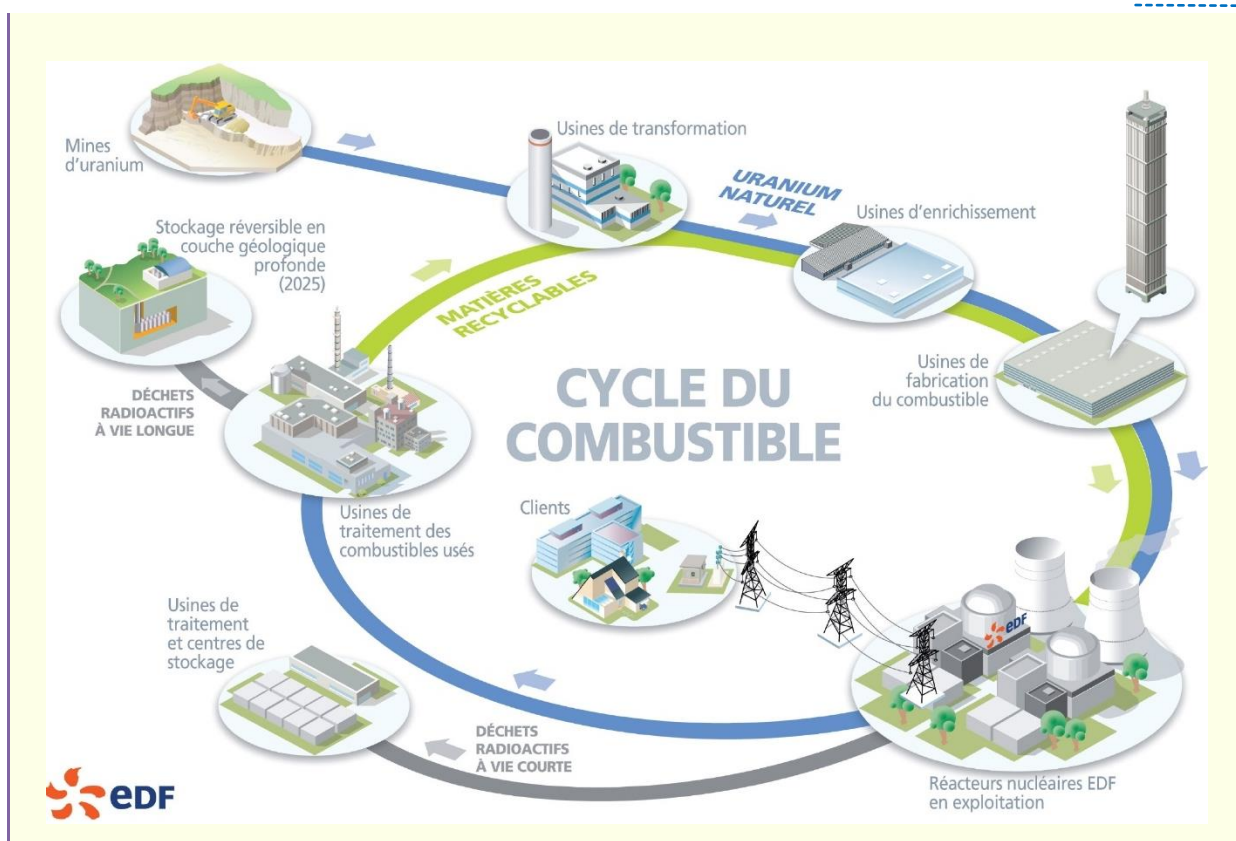
- Les déchets radioactifs sont classés selon le niveau d'activité et la durée de vie des radionucléides qu'ils contiennent. Ils peuvent être issus :
 - du traitement des effluents radioactifs : filtres, charbons actifs, concentrats d'évaporation, filtres à eau, résines échangeuses d'ions, boues... ;
 - des opérations de manutention du combustible : grappes, étuis de crayon, squelettes d'assemblage...
 - des opérations de maintenance courante : pièces mécaniques actives rebutées, outils, déchets de linge...
- Les déchets conventionnels sont des déchets produits dans des zones ne contenant aucune substance radioactive. Ils sont composés de déchets inertes (gravats, terre...), de déchets non dangereux non inertes (bois, emballages, papier, carton, verre, plastique, métaux...), et de déchets dangereux (peintures, déchets hydrocarbonés, amiante...).

POUR EN SAVOIR PLUS SUR ... LE CYCLE DU COMBUSTIBLE NUCLEAIRE EN FRANCE

Un réacteur nucléaire utilise comme principal combustible de l'uranium, ressource naturelle. Le « cycle du combustible » désigne l'ensemble des étapes industrielles associées au combustible, depuis l'extraction du minerai jusqu'au stockage des déchets radioactifs issus des combustibles usés.

Le cycle du combustible se décompose en trois étapes :

- L'amont du cycle : l'uranium est extrait du sol, converti sous forme gazeuse par procédé chimique et enrichi. Cette matière est intégrée sous forme de pastilles dans des tubes métalliques étanches, assemblés pour former des assemblages combustibles UNE (Uranium Naturel Enrichi).
- Le cœur du cycle : ces assemblages sont chargés dans les réacteurs et utilisés pendant quatre à cinq années pour produire de l'électricité.
- L'aval du cycle : après cette période, les assemblages sont déchargés puis entreposés dans la piscine de désactivation située dans le bâtiment combustible de la centrale pendant une première phase de décroissance thermique et radioactive. Ensuite, les assemblages sont recyclés après traitement, selon un « cycle fermé » consistant à extraire les matières énergétiques recyclables du combustible usé (plutonium et uranium) et à ne considérer comme déchets que ce qui n'est pas valorisable.
- Le choix fait par la France du recyclage en « cycle fermé » permet d'économiser des ressources et de diminuer le volume de déchets produits.



5.7.8.2. Modalités et filières de gestion des déchets

Les différentes étapes de la gestion des déchets ont pour objectif de garantir l'acceptabilité des déchets par la ou les filières auxquelles ils sont destinés et d'en limiter l'impact. Ces différentes étapes sont : le tri à la source, la collecte, le contrôle, le conditionnement et l'expédition.

■ **Déchets radioactifs**

Les déchets radioactifs sont triés à la source en fonction de leur Débit d'équivalent de Dose (DeD), inférieur ou supérieur à 2 mSv/h au contact, de leur état physique (solide ou liquide), de leur nature physique et de leur lieu de production. Ils sont collectés en différents points, contrôlés puis conditionnés afin de répondre aux exigences des spécifications de la filière à laquelle ils sont destinés (conditionnement en coque béton, en fût métallique ou plastique pour les déchets technologiques de faible activité, en big-bag ou en casier pour les déchets technologiques de très faible activité par exemple).

Les zones et installations d'entreposage, ainsi que les durées d'entreposage de référence des déchets radioactifs, tiennent compte de la nature et de l'activité des déchets ainsi que des caractéristiques des installations et zones d'entreposage associées.

Après entreposage, les déchets du site sont évacués selon leurs caractéristiques vers des filières dédiées de l'Agence Nationale pour la gestion des Déchets RADIOactifs (ANDRA) et de Cyclife France (CENTRACO), à savoir :

- la filière d'incinération de Cyclife France (**CENTRACO**), qui permet de traiter les déchets dits technologiques (vinyle, papier, chiffons, etc.), les résines échangeuses d'ions, les effluents aqueux, les concentrats borés, les huiles et les solvants ;
- la filière de fusion de Cyclife France (CENTRACO), qui permet de traiter les déchets métalliques ferreux et mélangés, ainsi que certaines pièces massives sous couvert d'une acceptation sur dossier ;
- les filières de stockage de l'ANDRA (Centre de Stockage de l'Aube - CSA ou Centre Industriel de Regroupement d'Entreposage et de Stockage CIRES), qui permettent de recevoir, traiter si besoin et stocker les déchets très faiblement à moyennement actifs.

CENTRACO (CENTre de TRAitement et de COnditionnement) est une installation industrielle dédiée au traitement des déchets très faiblement à moyennement radioactifs à vie courte.



©EDF

CENTRACO Cyclife - Découpe thermique avant fusion

■ **Déchets conventionnels**

Les déchets conventionnels sont collectés au plus près des lieux de production, certains sont regroupés et entreposés au niveau de l'aire de transit des déchets conventionnels du site puis évacués après un contrôle aux portiques C3 (appareil de contrôle radiologique permettant de vérifier l'absence de contamination en sortie de site).

Les filières employées par la centrale de Gravelines pour les déchets conventionnels sont de deux types, les filières d'élimination ou de valorisation.

Le choix de la filière prend en compte les trois principes suivants :

- la hiérarchie des modes de traitement des déchets consistant à privilégier, dans l'ordre, la réutilisation, le recyclage, toute autre valorisation (notamment la valorisation énergétique), puis l'élimination ;
- le principe de proximité ;
- l'adéquation avec les plans de prévention et de gestion des déchets locaux / régionaux / nationaux.

5.7.9. Mesures d'évitement et de réduction d'impact et mesures compensatoires

➤ MESURES ERC

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

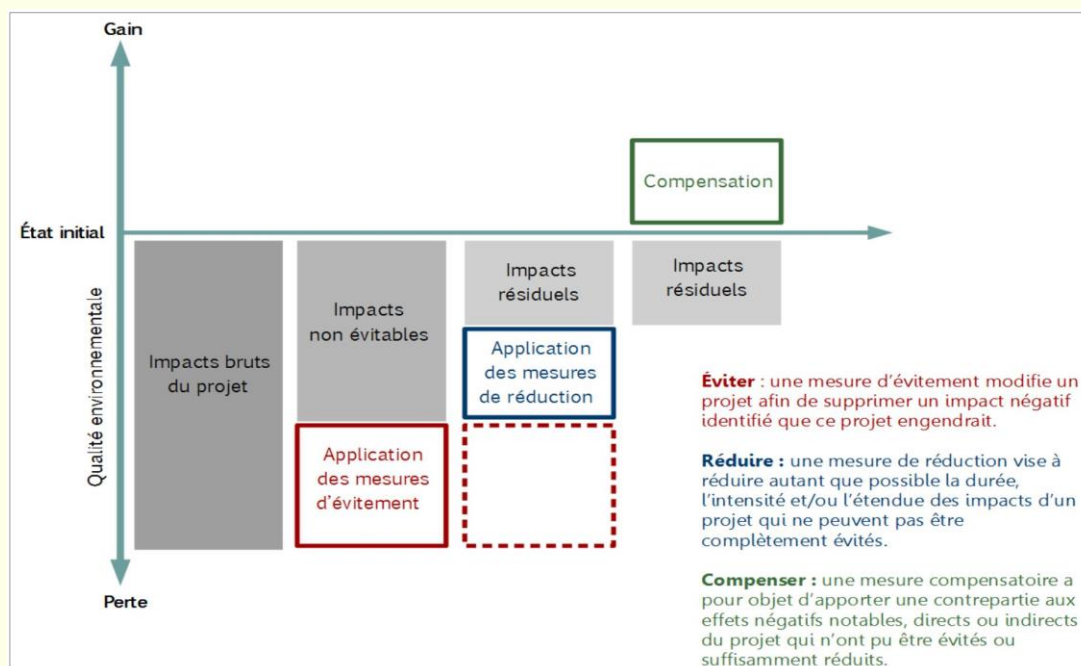


Illustration de la séquence ERC en droit français (Source : environnement.gouv.fr)

■ Air et facteurs climatiques

Des dispositions favorables à la limitation des rejets gazeux sont mises en place sur la centrale :

- Vis-à-vis du fonctionnement des moteurs diesel : application d'un programme de maintenance optimisé, utilisation d'un carburant à très faible teneur en soufre et d'un antigel à base d'eau et de glycol, limitation du fonctionnement au strict nécessaire.
- Vis-à-vis de la limitation des gaz à effet de serre :
 - liés à l'exploitation des installations : mise en œuvre d'un plan national de maîtrise des fuites de SF₆, un gaz utilisé comme isolant électrique dans des équipements électriques,
 - liés au transport du personnel : mise en place de lignes de bus pour transporter les agents de leur domicile à la centrale, mise à disposition d'une flotte de véhicules électriques pour les déplacements professionnels autour de la centrale, incitation des prestataires à se rendre sur la centrale avec des véhicules électriques, limitation de la circulation des véhicules sur la centrale.

■ Eaux de surface

La centrale de Gravelines mène des actions depuis plusieurs années pour diminuer sa consommation d'eau industrielle en optimisant l'utilisation d'eau déminéralisée pour les différents circuits de l'installation notamment lors des phases d'arrêt et redémarrage des réacteurs qui nécessitent d'importants volumes d'eau.

La centrale mène également des actions pour gérer ses effluents de façon optimisée en réduisant à la source leur production, en les collectant de façon sélective, en les traitant sur des installations performantes, en optimisant le

conditionnement des circuits afin de limiter les rejets de substances chimiques au strict nécessaire et s'assurant du respect des dispositions réglementaires et en maintenant l'implication des acteurs.

De plus, afin de réduire l'impact des rejets thermiques, l'exploitation des réacteurs est adaptée dans le respect des exigences réglementaires, notamment en situation climatique particulière comme les épisodes de canicules. La centrale procède si nécessaire à des baisses de puissance pour maintenir la température au rejet, la température dans le milieu et l'échauffement de la mer du Nord en dessous des limites réglementaires.

■ **Sols et eaux souterraines**

La centrale de Gravelines met tout en oeuvre pour limiter les risques de déversements dans les sols et les eaux souterraines de substances chimiques et d'hydrocarbures.

L'entreposage et l'utilisation des produits dangereux sont strictement réglementés et leur entreposage s'effectue en prenant toute précaution pour éviter leur écoulement intempestif dans l'environnement (bacs de rétention, transfert sur des aires étanches) et des kits environnement sont mis à disposition aux endroits stratégiques en cas de déversements.

■ **Radioécologie**

Les dispositions de conception et de fonctionnement mises en oeuvre permettent de maîtriser les rejets d'effluents radiologiques :

- en réduisant la quantité des effluents à la source (amélioration de l'étanchéité du gainage du combustible, et des circuits véhiculant des gaz radioactifs, mise en place de systèmes d'épuration continue du fluide primaire assurant un piégeage au plus près de la source des produits d'activation présents dans le fluide primaire, etc.) ;
- en effectuant une **filtration** ou un traitement spécifique avant rejet (résines échangeuses d'ions par exemple) ;
- en optimisant l'activité volumique des radionucléides présents dans les effluents en utilisant la **décroissance radioactive** de ces radionucléides ;
- en contrôlant les rejets.

La **filtration** consiste à piéger la majorité des radionucléides avant rejet. Les centrales nucléaires d'EDF sont équipées de filtres à Très Haute Efficacité (THE).

La **décroissance radioactive** correspond à la diminution de l'activité nucléaire d'une substance radioactive par désintégrations spontanées au cours du temps.

■ **Biodiversité**

Comme présenté précédemment, l'analyse des effets du fonctionnement de la centrale de Gravelines ne met pas en évidence d'incidence sur la faune, la flore et les habitats, avec des dispositions particulières pour la Sterne pierregarin. Concernant la Sterne pierregarin, la centrale met en oeuvre des mesures d'évitement, de réduction et de compensation spécifiques définies par l'arrêté préfectoral du 28 octobre 2019 : assistance environnement en phase chantier du projet de la centrale de protection contre les inondations (MS1), assistance environnement pour les activités de surveillance et de maintenance de la centrale (MS2), suivi écologique de la nidification de la Sterne pierregarin (MS3), et participation au comité de suivi de la nidification des Sternes pierregarins (MS4).

■ **Population et santé humaine**

Les mesures d'évitement et de réduction d'impact concernant les rejets à l'atmosphère et les rejets dans les eaux de surface sont explicitées précédemment.

Concernant les nuisances sonores, des dispositions sont mises en oeuvre dès la conception pour réduire les émissions sonores à la source et des mesures sont réalisées sur certains organes contribuant à la sûreté nucléaire lors des essais périodiques. Des dispositions sont prises pour limiter les nuisances sonores potentielles d'installations ou d'essais temporaires (choix des créneaux les moins gênants, des lieux de réalisation, choix du procédé ou des matériels, mise en place de protections sonores).

Concernant les émissions lumineuses des éclairages, des dispositions sont en place afin d'en limiter les nuisances : orientation préférentielle des projecteurs vers l'intérieur de la zone d'implantation de la centrale et vers le sol, limitation de l'éclairage au minimum requis pour la sécurité du périmètre de la centrale en et hors activités.

■ **Activités humaines**

La centrale de Gravelines est conçue afin d'éviter autant que possible les impacts sur les activités humaines environnant la centrale.

■ **Gestion des déchets**

La centrale de Gravelines est organisée pour assurer une gestion optimisée des déchets qui repose sur :

- la réduction à la source de la quantité et de la nocivité des déchets ;
- le tri et la collecte sélectifs ;
- la mise en œuvre de procédés de traitement et de conditionnement performants, qui répondent aux spécifications d'acceptation de la ou des filières auxquelles les déchets sont destinés.

5.7.10. Effet de la mise à l'arrêt de la centrale sur le changement climatique

Dans l'hypothèse de l'arrêt définitif de la centrale, ses interactions avec l'environnement seraient réduites notamment du fait de moindres prélèvements d'eau et de rejets. Comme vu précédemment, la conception, les améliorations continues apportées au cours de 40 années de production d'électricité, les actions en faveur de la biodiversité, la maîtrise de l'exploitation font que le fonctionnement normal de la centrale ne présente pas d'effets négatifs significatifs sur son environnement. Son arrêt n'apporterait ainsi pas de bénéfices sensibles à l'environnement. En revanche, l'arrêt de la centrale induirait une augmentation importante d'émissions de gaz à effet de serre.

En effet, la production d'électricité d'origine nucléaire émet très peu de gaz à effet de serre : 4 grammes d'équivalent CO₂ par kWh selon l'[ACV du kWh nucléaire](#) pour l'ensemble du cycle de vie du parc nucléaire français actuel, à comparer à une valeur moyenne de 275 g CO₂/kWh pour le mix énergétique européen (<https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/edition-numerique/chiffres-cles-du-climat-2024/fr/livre>).

La centrale de Gravelines produit en moyenne de l'ordre de 30 TWh/an d'électricité, en émettant moins de 120 000 tonnes de CO₂.

En cas d'arrêt définitif de la centrale nucléaire de Gravelines, les émissions de CO₂ pour produire la même quantité d'électricité par le mix énergétique européen augmenterait de plus de 8 millions de tonnes de CO₂¹².

¹² Sur la base d'une capacité d'absorption de CO₂ d'une forêt de feuillus de l'ordre de 4t CO₂/ha/an, il faudrait planter une forêt de plus de 2 millions d'ha (200 km sur 100 km) pour compenser ce supplément de CO₂ dans l'atmosphère.



En cas d'accident nucléaire, des substances radioactives susceptibles de porter atteinte à la santé pourraient se retrouver dans l'environnement.

Ce chapitre établit les effets sur l'homme et l'environnement des éventuels incidents et accidents radiologiques. En France, pour vérifier la conception des installations nucléaires, des valeurs de conséquences radiologiques maximales ou doses maximales sont définies suivant la fréquence des accidents. Ainsi par exemple, les incidents qui ont une fréquence modérée (un accident pour au plus 100 années d'exploitation) respectent les doses fixées par le code de la santé publique. Pour les accidents les plus sévères, ceux avec fusion du cœur, les plus hypothétiques, les conséquences doivent rester limitées dans l'espace et dans le temps, et compatibles avec la gestion de la situation par les pouvoirs publics, afin que les populations puissent être protégées. Ainsi, les incidents et accidents, y compris l'accident avec fusion du cœur, ont été pris en compte dans la conception et l'exploitation de la centrale afin que leurs conséquences puissent être réduites et limitées.

Des effets transfrontaliers ne sont susceptibles d'intervenir qu'en cas d'accident avec fusion du cœur. En effet, pour le fonctionnement normal ou les autres accidents ces effets sont négligeables. Un tel accident avec fusion du cœur est un événement extrême hautement improbable, qui ne pourrait survenir qu'après plusieurs défaillances des systèmes de protection et des moyens de conduite du réacteur. L'effet de la dispersion de substances radioactives jusqu'à 1000 km autour de la centrale a été étudié de façon pénalisante pour un accident avec fusion du cœur.

Après l'arrêt définitif du réacteur, le combustible usé sera retiré du réacteur et transféré vers la piscine d'entreposage, cas de la phase de préparation du démantèlement, après quoi un accident avec fusion du combustible ne sera plus possible.

6.1. Exigences en matière de conséquences radiologiques

6.1.1. Démarche d'évaluation des conséquences radiologiques

Afin de vérifier que les incidents et accidents de dimensionnement (répartis en 4 catégories), ou du domaine complémentaire, ou encore des accidents avec fusion du cœur conduisent à des conséquences radiologiques limitées sur la population, y compris dans un contexte transfrontière, les résultats des calculs de doses sont comparés à des limites de doses adaptées à la situation étudiée. En effet, les initiateurs envisageables sur une installation nucléaire ne présentant pas les mêmes probabilités d'occurrence, les conséquences radiologiques encourues devront être d'autant plus faibles que la probabilité de l'accident sera élevée.

Par ailleurs, ces limites de doses sont également considérées au regard de la période de temps considérée :

- la dose associée à la phase court terme de l'accident, calculée à 24 heures et à 7 jours,
- et la dose long terme, calculée pour la population la plus radiosensible sur une durée de 50 ans.

Ces doses sont évaluées à la distance correspondant aux habitations les plus proches des réacteurs sur l'ensemble du palier 900 MWe (650 m), ou aux distances conventionnelles de 2, 5 et 10 km. Les habitations les plus proches se trouvent à 900 m des réacteurs de Gravelines.

L'évaluation des conséquences radiologiques des accidents repose sur une évaluation raisonnablement pessimiste de rejets dans l'environnement tenant compte de toutes les voies de transfert depuis le combustible jusqu'aux limites de l'installation. Les doses consécutives aux rejets d'activité sont ensuite évaluées sur la base de scénarios réalistes sans tenir compte d'éventuelles actions de protection. Ces doses sont en particulier :

- la dose efficace totale (ou corps entier), court terme ou long terme,
- la dose équivalente à la thyroïde, estimée pour la phase court terme.

L'évaluation des doses efficaces prend en compte toutes les voies d'exposition internes et externes (panache, dépôts, inhalation et ingestion).

Afin de pouvoir apprécier de manière plus complète l'impact des rejets radioactifs sur l'homme et sur l'environnement, le calcul des doses est complété par une évaluation de la distance en-deçà de laquelle la contamination des denrées alimentaires (notamment du lait et des végétaux) dépasse les limites de commercialisation (Niveaux Maximaux Admissibles ou NMA) en vigueur dans l'Union Européenne.

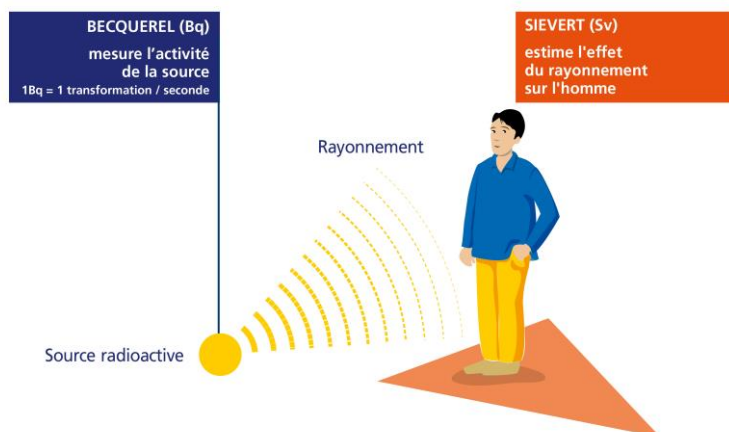
Toutes ces évaluations dosimétriques tiennent compte des incertitudes de connaissance. Aucune lacune dans les connaissances n'est apparue qui pourrait empêcher une détermination pertinente de ces doses, dont les principaux résultats sont présentés par la suite.

6.1.2. Exigences vis-à-vis des résultats

Les valeurs repères de conséquences radiologiques maximales sont :

- 1^{er} catégorie - fonctionnement normal : Respect des limites de doses fixées par le code de la santé publique ; le respect de ces valeurs est garanti par le respect des limites de rejets radioactifs fixées par les décisions de l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection.
- 2^e catégorie - incidents de fréquence modérée : Respect des autorisations annuelles de rejets de la centrale pour chacun des incidents de 2^e catégorie. Les effets de ces rejets ne dépassent pas 1 mSv/an de dose efficace en limite de site.
- 3^e catégorie (accidents à fréquence très faible) : dose efficace court terme < 10 mSv.
- 4^e catégorie (accidents hypothétiques) : dose efficace court terme < 50 mSv.
- domaine complémentaire : dose efficace court terme < 50 mSv.

RADIOACTIVITÉ ET UNITÉS DE MESURE Becquerel, Sievert



Ne sont illustrées ici que les deux unités les plus fréquemment employées :

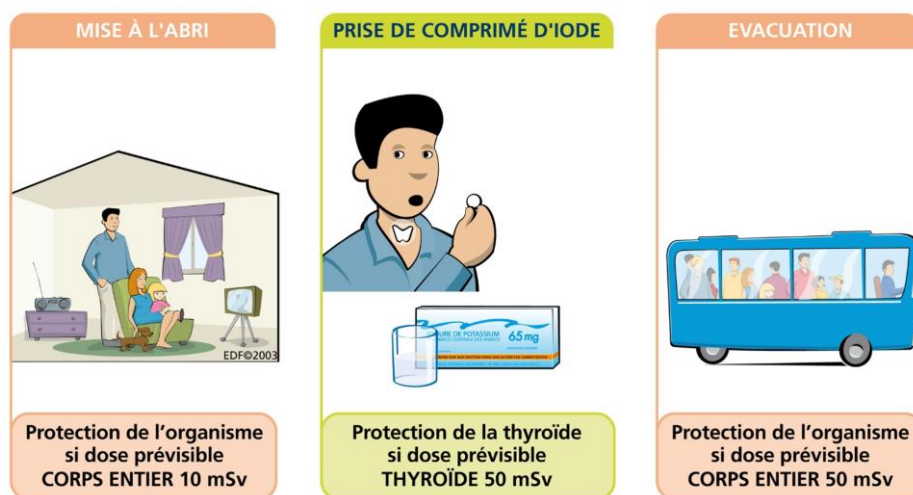
• **Le becquerel (Bq)** mesure l'activité de la source, c'est-à-dire le nombre de transformations radioactives par seconde. C'est une unité extrêmement petite : par exemple, la radioactivité du granit est de 1000 Bq/kg.

• **Le sievert (Sv)** estime l'effet du rayonnement sur l'homme. Les expositions s'expriment en général en millisievert (mSv) ou en microsievert (μSv).

À titre d'exemple : en France, l'exposition d'un individu à la radioactivité naturelle est de 3 mSv en moyenne par an.

En termes **d'amélioration continue**, les objectifs du 4^e réexamen périodique sont de tendre vers l'absence de mise en œuvre de mesure de protection de la population (mise à l'abri, évacuation, administration d'iode stable) pour l'ensemble des accidents de dimensionnement ou du domaine complémentaire. Ainsi, les résultats sont comparés à des valeurs repères, choisies égales aux niveaux d'intervention en situation d'urgence radiologique :

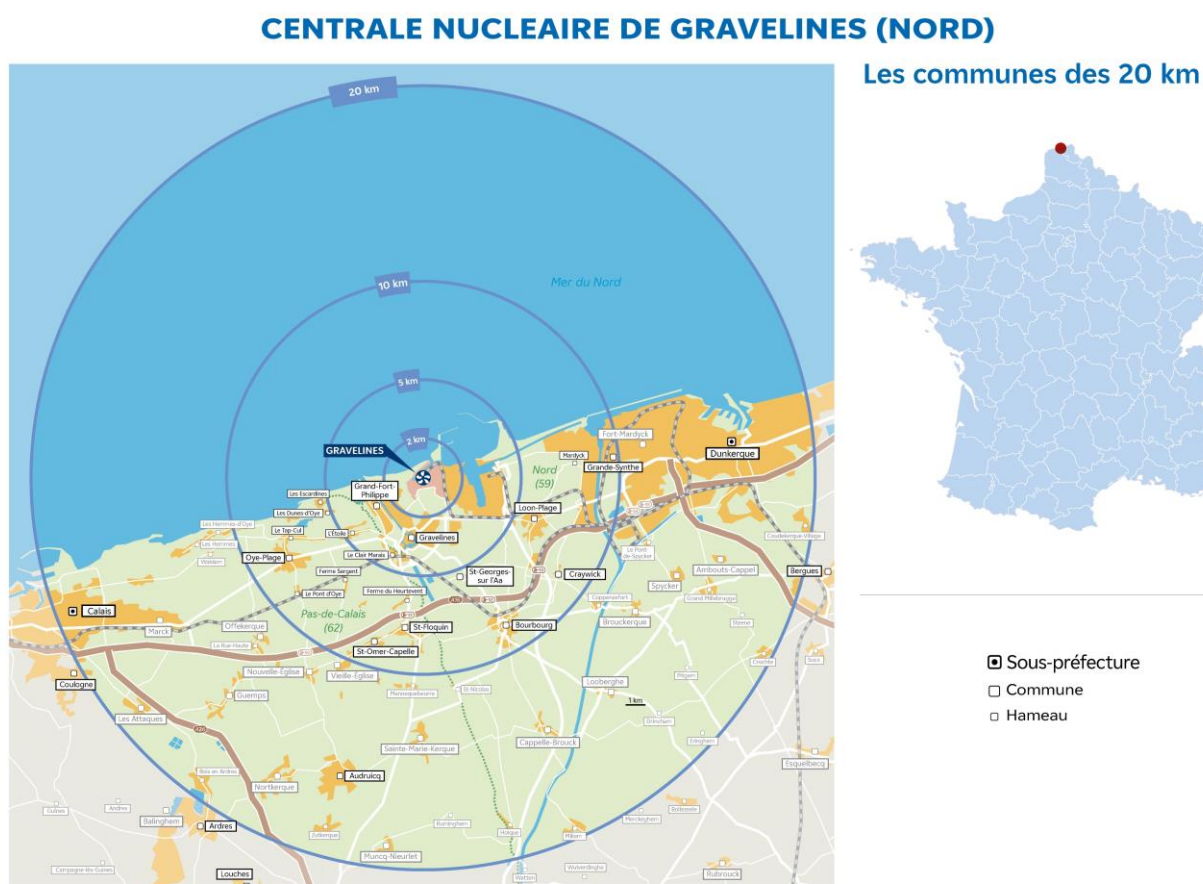
- une dose efficace de 10 mSv pour la mise à l'abri,
- une dose efficace de 50 mSv pour l'évacuation,
- une dose équivalente à la thyroïde de 50 mSv pour l'administration d'iode stable.



Pour les **doses efficaces totales à long terme** des accidents, la valeur de référence retenue correspond à la limite de dose figurant dans le code du travail soit 1 Sv (limite relative à la dose efficace totale reçue par un travailleur pour une durée de vie entière en cas de situation d'urgence radiologique, Article R4451-9).

6.2. Conséquences radiologiques

La carte ci-dessous permet d'apprécier les zones concernées par les distances citées dans ce paragraphe.



6.2.1. Conséquences radiologiques des accidents de dimensionnement

Résultats pour les incidents de 2^e catégorie

Les incidents de 2^e catégorie correspondent à des événements initiateurs de fréquence annuelle modérée au cours de la vie de la centrale (un incident pour au plus 100 années d'exploitation), entraînant la mise en œuvre d'un système de protection. Dans ces scénarios, l'intégrité des barrières de confinement est assurée.

Les valeurs des doses efficaces totales et des doses équivalentes à la thyroïde à court terme pour les populations les plus radiosensibles à une distance de 650 m (premières habitations pour l'ensemble du palier 900 MWe) sont de l'ordre de quelques dizaines de μSv , donc très inférieures à la valeur repère de 2^e catégorie. Les résultats court terme des études des conséquences radiologiques des accidents de 2^e catégorie sont résumés ci-après pour les scénarios enveloppes de cette catégorie :

	Dose efficace totale court terme (mSv)
Valeurs repères	1 mSv
Perte totale des Alimentations électriques externes	$5,0 \cdot 10^{-4}$ mSv

Ouverture intempestive d'une Soupape au Secondaire (OISS) ou Rupture d'une Tuyauterie Vapeur	1,5 10 ⁻³ mSv
--	--------------------------

Pour les incidents de 2^e catégorie, la dose efficace totale au niveau des premières habitations pour l'ensemble du palier 900 MWe est limitée à 5,3 10⁻² mSv/an.

Résultats pour les accidents de 3^e catégorie

Les accidents de 3^e catégorie correspondent à des événements initiateurs de fréquence annuelle faible au cours de la vie de la centrale (un accident pour 100 à 10 000 ans d'exploitation), pouvant conduire à des dommages limités sur un faible pourcentage d'assemblages combustibles. La structure géométrique du cœur est préservée, de sorte que le refroidissement du cœur est toujours assuré. L'intégrité de l'enceinte de confinement est préservée, seule la rupture d'un tube du générateur de vapeur conduit au bypass de la 3^e barrière.

Les conséquences radiologiques à court terme de ces accidents de 3^e catégorie pour les populations les plus radiosensibles à une distance de 650 m (premières habitations pour l'ensemble du palier 900 MWe) sont les suivantes :

	Dose efficace totale (mSv)	Dose équivalente Thyroïde (mSv)
Valeurs repères	10 mSv	50 mSv
Perte de réfrigérant primaire (petite brèche de diamètre inférieur ou égal à 25 mm)	5,7 10 ⁻³ mSv	1,0 10 ⁻¹ mSv
Retrait d'une seule Grappe de régulation en Puissance	9,1 10 ⁻¹ mSv	6,9 mSv
Rupture du réservoir de contrôle volumétrique et chimique	3,1 10 ⁻² mSv	3,0 10 ⁻⁴ mSv
Rupture du réservoir de stockage des effluents gazeux	1,9 10 ⁻¹ mSv	2,0 10 ⁻² mSv
Rupture d'un tube de générateur de vapeur (RTGV)	8,9 10 ⁻¹ mSv	7,9 mSv

Par ailleurs, les conséquences radiologiques long terme sont évaluées pour l'adulte, à 2 km du point de rejet, sur une durée de 50 ans après l'accident. Les doses obtenues pour l'accident de 3^e catégorie le plus pénalisant respectent les valeurs repères : en cas de rupture d'un tube de générateur de vapeur de 3^e catégorie, la dose efficace totale est évaluée à environ 4 mSv.

Résultats pour les accidents de 4^e catégorie

Les accidents de 4^e catégorie correspondent à des événements initiateurs hypothétiques (un accident pour 10 000 à 1 000 000 ans d'exploitation). Ces accidents représentent les accidents enveloppes de conception qui peuvent conduire à des dommages sur les assemblages combustibles. La structure géométrique du cœur n'est cependant pas détériorée, de sorte que le refroidissement du cœur reste convenablement assuré, et les systèmes dont la fonction est de limiter les conséquences de l'accident restent disponibles.

Les conséquences radiologiques à court terme de ces accidents pour les populations les plus radiosensibles à une distance de 650m (premières habitations pour l'ensemble du palier 900 MWe) sont les suivantes :

	Dose efficace totale (mSv)	Dose équivalente Thyroïde (mSv)
Valeurs repères	50 mSv	50 mSv
Accident de manutention du combustible	2,6 mSv	1,3 mSv
Rupture Importante d'une Tuyauterie Vapeur	2,0 10 ⁻² mSv	1,4 10 ⁻¹ mSv
Rotor Bloqué d'une Pompe Primaire	4,0 10 ⁻¹ mSv	3,6 mSv
Ejection d'une grappe de régulation	1,2 mSv	10 mSv
Rupture d'un tube de générateur de vapeur cumulée avec une soupape bloquée ouverte (RTGV catégorie IV)	7,2 mSv	100 mSv
Accident de Perte Réfrigérant Primaire (APRP)	3,5 mSv	35 mSv

L'accident de rupture d'un tube de générateur de vapeur amène à une dose équivalente à la thyroïde inférieure à 50 mSv au-delà d'1 km. Afin de limiter le dépassement de la valeur repère de la dose équivalente thyroïde, des mesures de maîtrise des risques ont été prises. Il s'agit notamment de l'abaissement de la limite de radioactivité de l'eau du circuit primaire et de la modification de la conduite de cet accident (voir § 6.3.1).

Par ailleurs, les conséquences radiologiques long terme sont évaluées pour l'adulte, à 2 km du point de rejet, sur une durée de 50 ans après l'accident. Les doses obtenues pour l'accident de 4^e catégorie le plus pénalisant respectent les valeurs repères : en cas de RTGV de 4^e catégorie, la dose efficace totale est évaluée à moins de 30 mSv à l'organisme entier.

Conclusions pour le domaine de dimensionnement

Pour les accidents de 2^e catégorie, les conséquences radiologiques au niveau des premières habitations sont faibles (dose efficace à court terme très inférieure à 1 mSv).

Pour les accidents de 2^e catégorie, la contamination des denrées alimentaires à destination de l'alimentation humaine ne dépasse pas les seuils de commercialisation au-delà de 1 km, et est inférieure à ce seuil au bout d'un an.

Les objectifs relatifs aux conséquences radiologiques des accidents de 3^e et 4^e catégories sont atteints. Les résultats de la RTGV de 4^e catégorie sont améliorés par des dispositions de maîtrise de risque en réponse au dépassement observé sur la valeur repère concernant la dose équivalente thyroïde à moins de 1 km des réacteurs pour ce scénario. Les mesures de maîtrise des risques sont présentées au § 6.3.1.

Pour les situations de 3^e et 4^e catégories, seul le scénario de RTGV de 4^e catégorie conduit à une contamination des denrées alimentaires dépassant les seuils de commercialisation au-delà de 10 km à 7 jours. Cette situation serait limitée dans le temps : au bout de 2 ans, quel que soit l'accident considéré, il n'y a plus de dépassement des Niveaux Maximaux Admissibles (NMA).

■ Incidence transfrontière des accidents de dimensionnement

Au regard des distances associées pour les effets estimés ci-dessus, en cas d'accident de dimensionnement aucune incidence particulière n'est envisagée pour les Etats voisins, ni à court terme, ni par effet de cumul à long terme.

6.2.2. Conséquences radiologiques des accidents du domaine complémentaire

Les études du domaine complémentaire n'étaient pas prévues au moment de la conception initiale des réacteurs de Gravelines. Ces études traitent les scénarios de cumul indépendant de défaillances considérés comme plausibles, bien que très peu fréquents (au moins un accident tous les ~5 000 000 ans d'exploitation). Les scénarios sont identifiés par leur fréquence d'occurrence, établie grâce aux études probabilistes de sûreté (EPS). Ensuite, afin de sécuriser ces situations de cumul de défaillances, une disposition complémentaire est définie et des exigences de sûreté lui sont associées, pour garantir sa disponibilité fonctionnelle et réduire ainsi la fréquence de ce scénario. Cette démarche a permis d'identifier plus de 30 dispositions d'amélioration non prévues à la conception.

Les études des conséquences radiologiques des accidents du domaine complémentaire ont pour but de démontrer la sûreté nucléaire de l'installation, et de vérifier que leurs conséquences radiologiques respectent, compte tenu de leur fréquence d'occurrence, les valeurs repères de la 4^e catégorie des accidents de dimensionnement.

L'objectif des calculs de conséquences radiologiques des accidents du domaine complémentaires est de démontrer que les relâchements de produits radioactifs à l'extérieur de la centrale, ont, compte-tenu de la mise en œuvre des dispositions complémentaires retenues, des conséquences limitées pour les personnes du public et l'environnement.

Les résultats des études des conséquences radiologiques des accidents du domaine complémentaire sont résumés ci-après. Pour les accidents non mentionnés, les conséquences radiologiques sont enveloppées par celles présentées.

Les conséquences radiologiques à court terme de ces accidents pour les populations les plus radiosensibles à une distance de 650 m (premières habitations pour l'ensemble du palier 900 MWe) sont les suivantes :

	Dose efficace totale (mSv)	Dose équivalente Thyroïde (mSv)
Valeurs repères	50 mSv	50 mSv
Accident de perte du RRA réacteur à l'arrêt	$2,3 \cdot 10^{-1}$ mSv	3,8 mSv
Perte de refroidissement de la piscine du bâtiment combustible	$8,5 \cdot 10^{-3}$ mSv	$1,5 \cdot 10^{-1}$ mSv
Accident de Perte Totale des Alimentations Electriques (PTAE) ou perte des tableaux LH	$3,6 \cdot 10^{-2}$ mSv	$2,2 \cdot 10^{-1}$ mSv

Par ailleurs, les conséquences radiologiques à long terme sont évaluées pour l'adulte, à 2 km du point de rejet, sur une durée de 50 ans après l'accident. Les doses obtenues pour l'accident du domaine complémentaire le plus pénalisant respectent les valeurs repères : en cas de perte du RRA réacteur à l'arrêt, la dose efficace totale est évaluée à moins de 1,0 mSv à l'organisme entier.

Les doses obtenues respectent les valeurs repères du domaine complémentaire, et aucune mesure de protection de la population n'est nécessaire.

Pour les situations du domaine complémentaire, la contamination des denrées alimentaires à destination de l'alimentation humaine ne dépasse pas les seuils de commercialisation au-delà de 5 km à 7j, et est inférieure à 1km au bout d'un an.

■ ***Incidences transfrontière des accidents du domaine complémentaire***

Au regard des distances associées pour les effets estimés ci-dessus, en cas d'accident du domaine complémentaire aucune incidence particulière n'est envisagée pour les États voisins, ni à court terme, ni par effet de cumul à long terme.

6.2.3. Conséquences radiologiques des accidents hypothétiques avec fusion du cœur

Les dispositions prises lors de la conception initiale du réacteur ainsi que celles mises en œuvre durant l'exploitation notamment lors des réexamens périodiques (voir § 6.3.4), rendent hautement improbable l'occurrence d'un accident avec fusion du cœur du réacteur qui supposerait l'échec des moyens de prévention mis en œuvre. Néanmoins, les conséquences d'un tel « accident avec fusion du cœur hypothétique » sont étudiées au titre des niveaux 4 et 5 du concept de défense en profondeur (voir § 4.2.1). Pour ces études, il est postulé qu'un accident avec fusion du cœur est intervenu, c'est-à-dire qu'une séquence d'événements a conduit à une fusion au moins partielle du cœur et qu'au-delà de la perte de la première barrière (les crayons de combustible), il peut conduire à la perte de la deuxième barrière (le circuit primaire dont la cuve).

Phénomènes associés à la fusion du cœur en lien avec la perte des deux premières barrières de confinement

La perte prolongée du refroidissement du cœur du réacteur peut conduire en l'absence d'eau dans la cuve à des accidents avec fusion du combustible. En effet, le combustible en cuve pourrait atteindre des températures conduisant à la fusion du métal le constituant (pastilles et gaines), mais également du métal avoisinant (grappes de contrôle, ou structures), jusqu'au percement du fond de la cuve.

L'agglomérat de métal sous forme d'un liquide visqueux issu de ce processus s'appelle **le corium**.

Les accidents avec fusion du cœur mettent en jeu des phénomènes physiques complexes et sont susceptibles de conduire à des rejets de substances radioactives dans l'environnement. Notamment, certains phénomènes physiques dans ces situations pourraient conduire, en cas d'absence de disposition adaptée, à la dégradation de l'intégrité de la troisième barrière.

Les rejets susceptibles de résulter de ces accidents avec fusion du cœur vont dépendre d'un grand nombre de paramètres dont l'inventaire du cœur combustible en produits de fission, la cinétique de relâchement des radionucléides dans l'enceinte, leur nature (gaz ou aérosols), leur comportement dans l'enceinte (agglomération, réaction chimique, dépôt), les débits de fuite vers l'environnement. Pour évaluer l'activité rejetée lors d'un accident avec fusion du cœur, il est retenu un ensemble de paramètres qui majore les rejets dans l'environnement et une fusion totale du cœur. Ainsi, des marges sont prises pour s'assurer du caractère pénalisant des calculs.

Les conséquences radiologiques à **court terme** (7 jours) de ces accidents pour les populations les plus radiosensibles sont les suivantes :

Dose efficace totale à 2 km (mSv)	Dose efficace totale à 5 km (mSv)	Dose équivalente thyroïde à 10 km (mSv)
28,5 mSv	4,7 mSv	13,4 mSv

Considérant les seuils associés aux mesures de protection des populations (voir §6.1.2), ces résultats montrent que pour un tel accident avec fusion du cœur les mesures de protection de la population à 7 jours ne sont pas nécessaires au-delà de 2 km pour l'évacuation, au-delà de 5 km pour la mise à l'abri et de 10 km pour la prise d'iode stable.

Par ailleurs, les conséquences radiologiques **long terme** évaluées pour l'adulte, à 10 km du point de rejet, sur une durée de 50 ans après l'accident sont de 18,7 mSv.

Enfin, dans la situation extrême d'accident de fusion du cœur, les évaluations montrent que les dispositions prises à la conception pour réduire les conséquences sur l'environnement (voir § 6.3.4) limitent la contamination des surfaces agricoles dans l'espace et dans le temps (inférieur à 20 km au bout d'un an).

■ Incidence transfrontière des accidents avec fusion du cœur

Les effets transfrontaliers liés à la dispersion atmosphérique de substances radioactives sont à apprécier au regard des conséquences radiologiques, spécifiques à chaque pays, que l'on exprime en dose efficace totale (ou corps entier), long terme (50 ans) pour les enfants et les adultes. Ainsi, le tableau ci-dessous illustre ces effets pour les pays jusqu'à une distance de 1000 km de la centrale de Gravelines, en présentant les résultats les plus pénalisants observés pour chaque pays.

Ces calculs de dispersion dans l'atmosphère à longue distance des émissions de la centrale de Gravelines sont estimés sur la base de coefficients de transfert atmosphérique issus d'observations météorologiques sur une période de 5 ans. Ces coefficients prennent en compte la topographie, les conditions météorologiques (principalement le vent) et l'appauvrissement des concentrations par les processus de dépôts à mesure de l'éloignement de la source.

Pays	Distance minimale à la source (km)	Dose efficace totale long terme enveloppe (mSv)			
		Très jeune enfant [1 an ; 2 ans [	Jeunes Enfants [2 ans ; 7 ans [	Enfant [7 ans ; 12 ans [	Adulte [17 ans et plus [
Belgique	30	2,03	2,01	1,86	1,71
Royaume-Uni	55	0,61	0,59	0,56	0,48
Pays-Bas	90	0,82	0,83	0,76	0,73
Allemagne	260	0,18	0,18	0,17	0,16
Luxembourg	280	0,16	0,16	0,15	0,15
Suisse	525	0,04	0,04	0,04	0,04
Irlande	595	0,05	0,05	0,05	0,04
Danemark	615	0,10	0,10	0,09	0,09
Autriche	665	0,03	0,04	0,03	0,03
Italie	670	0,02	0,02	0,01	0,01
Lichtenstein ¹³	680	0,03	0,03	0,03	0,03
République tchèque	705	0,05	0,05	0,05	0,04
Pologne	830	0,06	0,07	0,06	0,06
Suède	830	0,09	0,10	0,09	0,09
Norvège	850	0,09	0,09	0,08	0,09
Espagne	915	0,02	0,02	0,02	0,02
Slovénie	975	0,01	0,01	0,01	0,01
Croatie	1045	0,01	0,01	0,01	0,01

A titre de comparaison, en France, l'exposition d'un individu à la radioactivité naturelle est de 3 mSv en moyenne par an. La moyenne européenne est de 3,2 mSv par an ; elle varie suivant les pays entre 1,5 et 6,2 mSv par an.

La valeur de dose enveloppe est obtenue pour la Belgique et correspond à environ 2,0 mSv sur 50 ans pour le très jeune et le jeune enfant. En comparaison, la radioactivité naturelle de la Belgique est de 2,7 mSv par an.

Les doses radiologiques diminuant avec la distance, les conséquences radiologiques seraient moindres, pour des pays qui seraient plus éloignés que ceux déjà cités ci-dessus.

Au regard des résultats ci-dessus, en cas d'accident avec fusion du cœur de l'un des 6 réacteurs 900MWe du site de Gravelines, les effets transfrontaliers liés à la dispersion atmosphérique de substances radioactives seraient très limités, voire négligeables, à court terme, comme par effet de cumul à long terme.

¹³ Les estimations du Liechtenstein sont interpolées des résultats de la Suisse et de l'Autriche.

6.3. Mesures de maîtrise des risques radiologiques

Au regard de la démarche de sûreté expliqué au § 4.2.1, l'installation a été conçue avec de nombreuses dispositions mises en place dans l'objectif de réduire les risques associés aux conséquences radiologiques. Ces dispositions de conception ont été complétées par des dispositions complémentaires afin de réduire le risque de certains accidents liés à un cumul de défaillances. Les réacteurs de Gravelines ont déjà connu plusieurs réexamens périodiques, des retours d'expériences et des retombées d'amélioration continue qui ont complété ces dispositions visant à maintenir le réacteur dans un état sûr.

Les dispositions du 4^e réexamen périodique concernant la maîtrise des risques radiologiques sont nombreuses, eu égard aux objectifs ambitieux pris par EDF et fixées par l'ASNR dans le cadre de l'instruction de ces objectifs (voir §1.2 et 2.3.1).

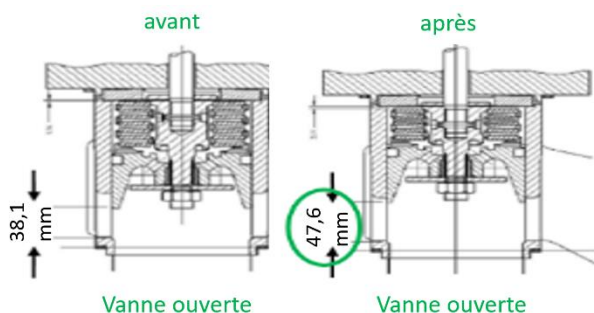
6.3.1. Principales mesures concernant les accidents sans fusion du cœur

Les principales dispositions d'exploitation et/ou de conception liées au 4^e réexamen périodique de Gravelines qui contribuent à l'objectif de réduction des conséquences radiologiques des accidents sans fusion du cœur sont :

- Augmentation des débits des vannes d'évacuation de vapeur

Description de la disposition

En situation accidentelle, afin de limiter la durée de l'accident et les éventuels rejets radioactifs associés, la capacité de décharge de la vapeur à l'atmosphère des vannes du circuit GCTa est accrue pour refroidir plus vite le réacteur. Pour ce faire, la structure interne de la vanne GCTa est modifiée.



Éléments de pédagogie

Le circuit dénommé GCTa sert à évacuer directement dans l'atmosphère la vapeur produite par les générateurs de vapeur ; il permet de piloter le refroidissement du réacteur par les GV quand la vapeur produite est insuffisante pour entrainer la turbine ou quand la turbine est indisponible. Il est ainsi utilisé à chaque arrêt ou démarrage. Il est aussi utilisé en situation incidente ou accidentelle pour refroidir le réacteur.

- Abaissement de la limite de radioactivité de l'eau du circuit primaire

Description de la disposition

Les réacteurs de Gravelines intègrent dans leurs spécifications d'exploitation un abaissement de la limite d'activité du circuit primaire en équivalent Iode 131 lors des transitoires de puissance en fonctionnement normal de 150 à 80 GBq/t. L'objectif est d'exploiter les réacteurs avec un niveau de propreté radiologique accru de l'eau du circuit primaire afin de réduire en particulier les conséquences radiologiques de l'accident de RTGV de 4^e catégorie. Cette disposition permet de réduire l'activité des éventuels rejets radioactifs et leurs conséquences radiologiques (dose efficace et

Éléments de pédagogie

L'eau du circuit primaire est faiblement chargée en activité du fait des limites technologiques de conception des gaines du combustible. Les exigences de propreté radiologique du circuit primaire assurent également une surveillance de l'intégrité des assemblages combustibles.

équivalente à la thyroïde à court terme et dose efficace moyen et long terme) de tous les accidents sans rupture de gaine de combustible dont l'accident de rupture de tube de générateur de vapeur, le plus pénalisant.

- Modification de la conduite de l'accident de RTGV 4.

Description de la disposition

EDF a engagé une évolution de la conduite du transitoire de RTGV 4, visant à améliorer les conditions d'arrêt de l'Injection de Sécurité. Cette évolution, qui répond également à une prescription de l'ASNR au vu des conclusions de la phase générique du 4^e réexamen, permet de réduire de plusieurs dizaines de m³ le volume de rejets liquides dans l'étude RTGV 4 du Rapport de Sûreté.

De plus, des dispositions ont déjà été mises en œuvre pour limiter le volume de rejets liquides :

- Isolement automatique de l'appoint en eau par le système d'alimentation de secours des Générateurs de Vapeur (ASG) vers le générateur de vapeur défaillant, qui évite d'accroître le risque de rejets liquide.
- Vidange par l'opérateur du générateur de vapeur défaillant en utilisant le système des purges des Générateurs de Vapeur (APG).

- Mise en œuvre du dispositif EAS-ND en substitution des systèmes RIS/EAS.

Description de la disposition

En cas de défaillance des systèmes RIS/EAS utiles à la gestion d'un Accident par Perte de Réfrigérant Primaire (APRP), l'utilisation du système d'appoint EAS-ND permet de maintenir l'inventaire en eau du circuit primaire, et ainsi éviter des rejets associés à un accident avec fusion du cœur. Les conséquences radiologiques de la situation dite « H4 » (APRP avec défaillance du RIS ou de l'EAS en recirculation) s'améliore pour se rapprocher de l'événement initiateur d'APRP tel qu'étudié dans le domaine de dimensionnement (cf. § 6.2).

Les exigences d'exploitation sont adaptées pour valoriser cette disposition complémentaire

Éléments de pédagogie

L'injection de sécurité est un système d'appoint au circuit primaire visant à compenser les pertes en eau, en situation accidentelle de rupture du circuit primaire ou de tubes d'un générateur de vapeur. Son démarrage est la plupart du temps automatique. Son arrêt est une action de l'opérateur qui se fait sur des critères en lien avec une bonne maîtrise de l'inventaire en eau du circuit primaire.

Éléments de pédagogie

Le dispositif EAS-ND fait partie d'un ensemble de nouveaux systèmes destinés à la gestion de scénarios d'agressions externes extrêmes de type « Noyau Dur » (voir §6.3.2).

6.3.2. Principales mesures concernant les agressions

Les agressions considérées sont celles identifiées dans la réglementation (arrêté INB) :

- les agressions internes : incendie, explosion, inondation, défaillance d'équipements sous pression, collision et chute de charge, interférences électromagnétiques, émissions de substances dangereuses, actes de malveillance,
- les agressions externes (naturelles ou d'origine humaine) : séisme, conditions météorologiques ou climatiques extrêmes (inondation, neige, canicule, grands froids, grands vents, tornades), agression venant du cours d'eau ou de la mer (frasil, prise en glace, colmatants, nappe d'hydrocarbures, ensablement, étiage, crue), foudre et interférences électromagnétiques, incendie, risques industriels de proximité (explosion, substances dangereuses), chute accidentelle d'avion, actes de malveillance.

Les dispositions d'exploitation et/ou de conception du 4^e réexamen périodique de Gravelines qui contribuent à l'objectif de réduction des conséquences radiologiques des accidents liés aux agressions visent à s'assurer que les systèmes

devant assurer les trois fonctions de sûreté (contrôle de la réaction nucléaire en chaîne dans le réacteur, refroidissement du combustible, confinement des substances radioactives) restent disponibles pour assurer le maintien du réacteur dans un état sûr en cas d'agression. Il s'agit donc principalement de mesures de protection ou de renforcement des systèmes vis-à-vis de l'agression. Ainsi, ces dispositions contribuent principalement à réduire les risques associés à des conséquences de fusion du cœur dont les effets sur l'environnement sont précisés en § 6.2.3.

À titre d'exemple les dispositions liées à l'incendie, principal risque industriel, sont précisées ci-dessous.

Incendie

Les dispositions relatives à l'incendie visent à l'amélioration de la résistance au feu d'éléments de sectorisation :

Description de la disposition

Les dispositions envisagées permettent d'améliorer la résistance au feu de certains composants (portes coupe-feu, éléments de sectorisation incendies, protection incendie de câbles électriques...) ou de diminuer l'ampleur ou l'intensité d'un éventuel incendie. Ces dispositions consistent notamment à remplacer des éléments de sectorisation incendie (portes coupe-feu par exemple) par des éléments dotés d'une résistance au feu plus importante. Elles consistent également à protéger des câbles avec un enrubannage résistant au feu, ou encore à diminuer les charges calorifiques. Ce faisant ces matériels contribuent à éviter la fusion du cœur du réacteur et les rejets potentiellement associés pour certains incendies.

Éléments de pédagogie

La **démarche de sectorisation** consiste à définir des zones, un secteur, où la propagation du feu ne remet pas en cause le principe de redondance des fonctions de sûreté, et à assurer qu'un feu initié dans un secteur reste confiné dans ce secteur.

Situations d'agression externe extrême

Par ailleurs, dans le cadre du réexamen périodique de Gravelines, le déploiement du « Noyau Dur » permet de faire face à des agressions naturelles externes à l'installation et d'intensité extrême, allant, au titre de la démonstration de sûreté, au-delà des niveaux d'exigence retenus jusqu'ici.

Le Noyau Dur est un ensemble de moyens matériels fixes et robustes complétés par des moyens mobiles visant à éviter des rejets radioactifs massifs et des effets durables dans l'environnement pour des situations extrêmes consécutives à une agression naturelle externe extrême. Il s'agit principalement de situation de séisme, d'inondation externe et des phénomènes associés (foudre, grêle, grands vents, pluies de forte intensité), ou encore de la tornade.

Pour faire face à ces situations extrêmes, sur chaque réacteur de Gravelines des dispositions d'approvisionnement en eau et en électricité, robustes aux agressions, indépendantes des installations existantes, et diversifiées, ont été installées :

- une source électrique de secours supplémentaire : **le Diesel d'Ultime Secours (DUS)**,
- **une source d'eau diversifiée (SEG).**



Diesels d'Ultime Secours (DUS) de 3 MWe

Source d'eau diversifiée (SEG)

Côté réacteur, ces situations extrêmes peuvent conduire à des pertes de fonctionnement de certains matériels, comme ceux liés aux sources électriques et/ou aux systèmes de refroidissement associés à la source froide (mer du Nord). Ce sont alors les matériels du Noyau Dur qui continuent à assurer les fonctions de sûreté : une partie de l'alimentation de secours des générateurs de vapeur est qualifiée et robuste aux conséquences de ces situations extrêmes pour assurer la fonction de **Refroidissement secondaire du Noyau Dur (ASG-ND)**. L'alimentation électrique se fait par le **Diesel d'Ultime Secours (DUS)**, via un tableau de basculement de source dédié installé dans le cadre de la disposition, et associé à la **source d'eau diversifiée (SEG)**, qui joue alors le rôle de source froide de substitution.

Tous ces matériels contribuent à éviter la fusion du cœur du réacteur et les rejets potentiellement associés dans ces situations extrêmes.

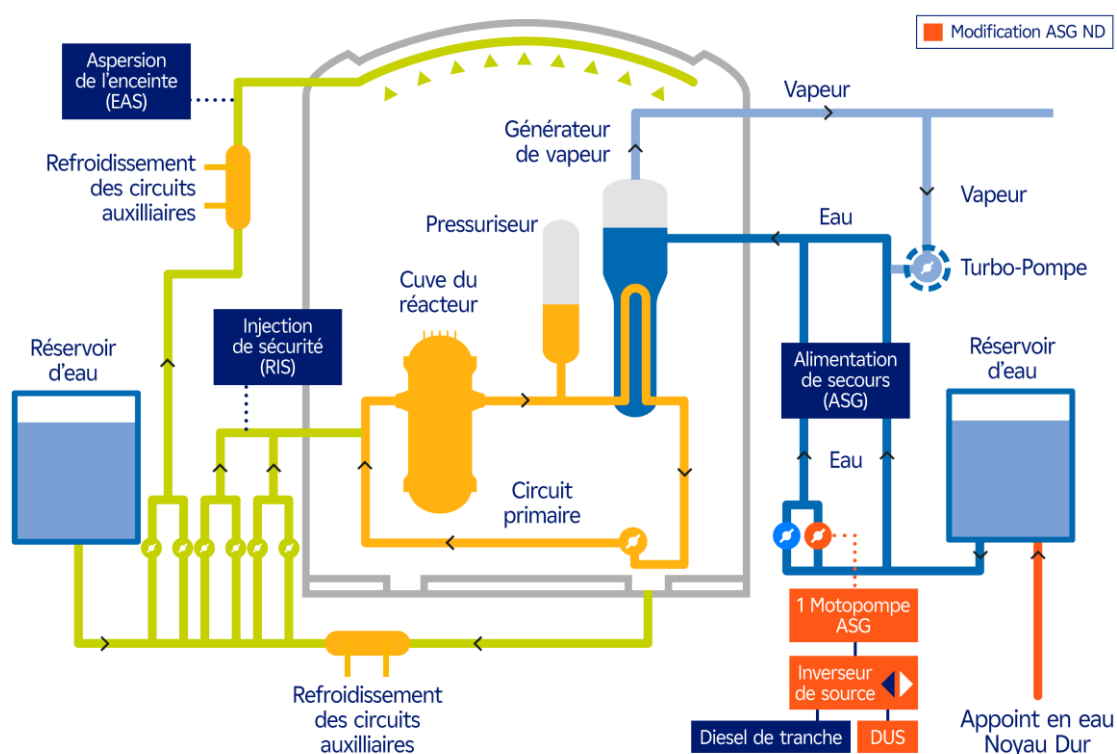


Schéma de principe de la disposition ASG-ND

6.3.3. Principales mesures concernant l'entreposage des assemblages combustibles

Les principales dispositions d'exploitation et/ou de conception liées au 4^e réexamen périodique de Gravelines qui contribuent à l'objectif de réduction des conséquences radiologiques des accidents liés à l'entreposage des assemblages combustibles dans le bâtiment combustible sont :

Incendie

En cas d'incendie, afin d'éviter la perte des 2 voies de refroidissement, EDF a prévu l'ajout d'un dispositif pare-flamme permettant d'écarter le risque de propagation d'un incendie d'une pompe du circuit de refroidissement à l'autre.

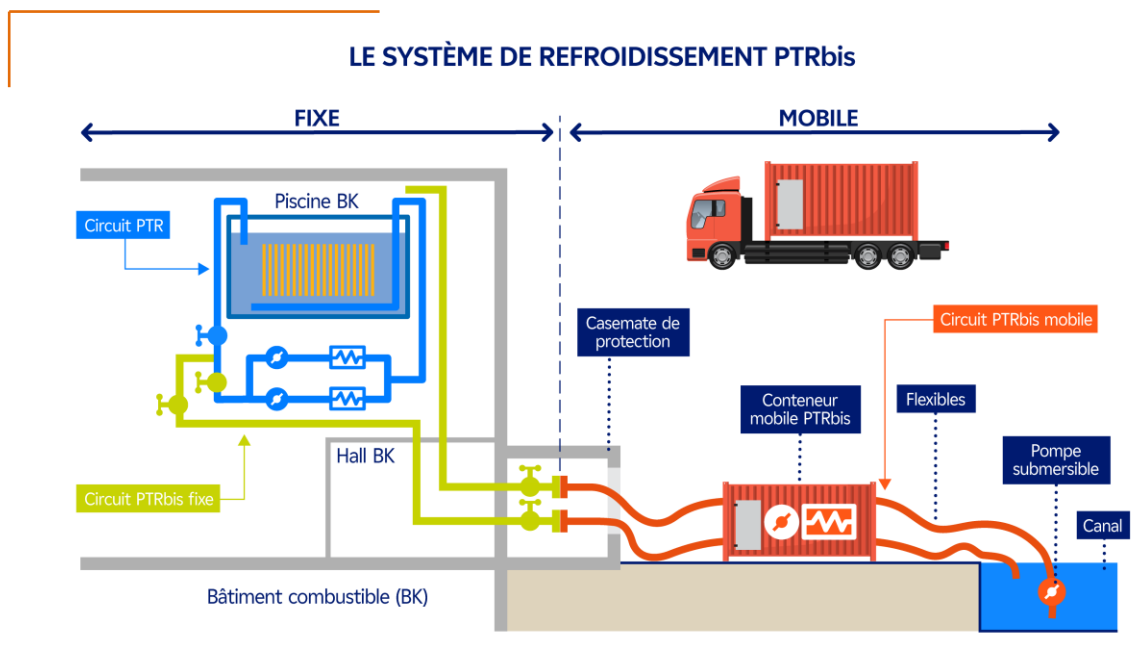
Transposition des situations d'accident sur l'EPR FLA3 aux centrales du palier 900 MWe

L'évaluation du comportement des piscines combustible des centrales 900 MWe, dont les réacteurs de Gravelines font partie, vis-à-vis des scénarios accidentels retenus pour l'EPR Flamanville 3 et non pris en compte à la conception initiale, a montré leur bon niveau de robustesse actuelle. Pour l'améliorer encore, le doublement du dispositif d'isolement automatique de la ligne d'aspiration du circuit de refroidissement normal de la piscine est proposé.

Situations d'agression externe extrême

Côté entreposage du combustible, ces situations extrêmes peuvent conduire à des pertes de fonctionnement de certains matériels, potentiellement associés à une situation de perte totale de refroidissement. Ce sont les matériels du Noyau Dur, qualifiés et robustes aux conséquences de ces situations extrêmes, qui continuent alors à assurer les fonctions de sûreté. Dans ces situations extrêmes :

- la **source d'eau diversifiée (SEG)** permet de compléter les moyens d'appoint aux piscines du bâtiment réacteur et du bâtiment combustible. Cet appoint permet de compenser l'évaporation et de maintenir le refroidissement des assemblages de combustible en les maintenant sous eau ;
- à long terme, le **système de refroidissement supplémentaire (PTR-bis)** permet le retour à une situation de refroidissement de la piscine d'entreposage du bâtiment combustible avec arrêt de l'ébullition.



6.3.4. Principales mesures concernant les accidents avec fusion du cœur

Les principales dispositions d'exploitation et/ou de conception du 4^e réexamen périodique de Gravelines qui contribuent à l'objectif de réduction des conséquences radiologiques des accidents avec fusion du cœur sont issues d'une démarche de conception dédiée à ces accidents, inspirée de la conception de l'EPR. Dans cette situation, les deux premières barrières de confinement sont considérées endommagées et l'objectif de sûreté est alors de préserver l'étanchéité de la 3^e barrière, l'enceinte de confinement, pour éviter la dispersion de produits radioactifs dans l'environnement.

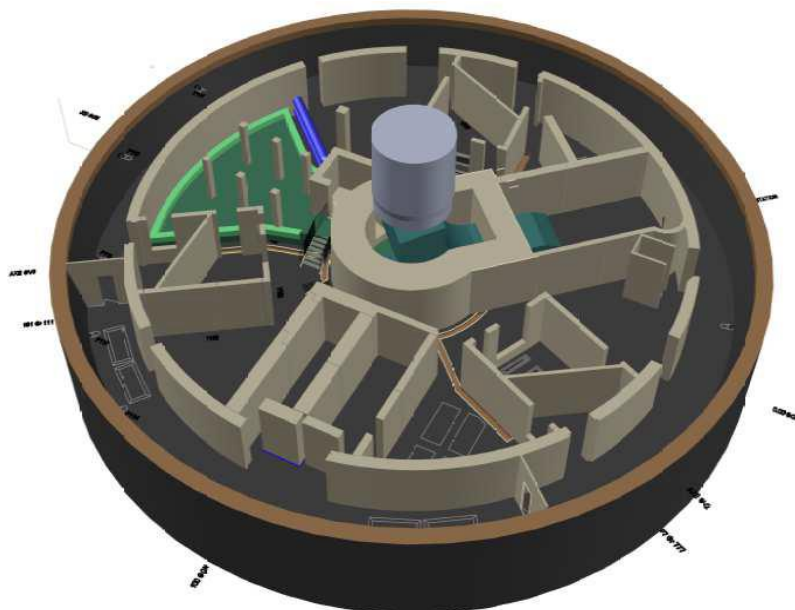
La gestion des accidents avec fusion du cœur vise à laisser le corium s'étaler « à sec », c'est-à-dire sans eau, sur le fond du bâtiment réacteur, le radier. Ainsi étalé, il offre une surface d'échange importante et peut être stabilisé par un apport d'eau borée, qui va le refroidir et à terme rendre solide toute la couche de corium étalée. Cette stratégie permet de :

- garantir l'absence de percée du radier du bâtiment réacteur. En effet le corium, s'il n'est pas stabilisé, provoque un phénomène d'érosion du radier ;
- limiter la pressurisation lente de l'enceinte, et donc exclure l'ouverture de l'évent filtré de l'enceinte pour sa décompression ;
- maîtriser des phénomènes physiques en accident avec fusion du cœur (risque de combustion hydrogène notamment).

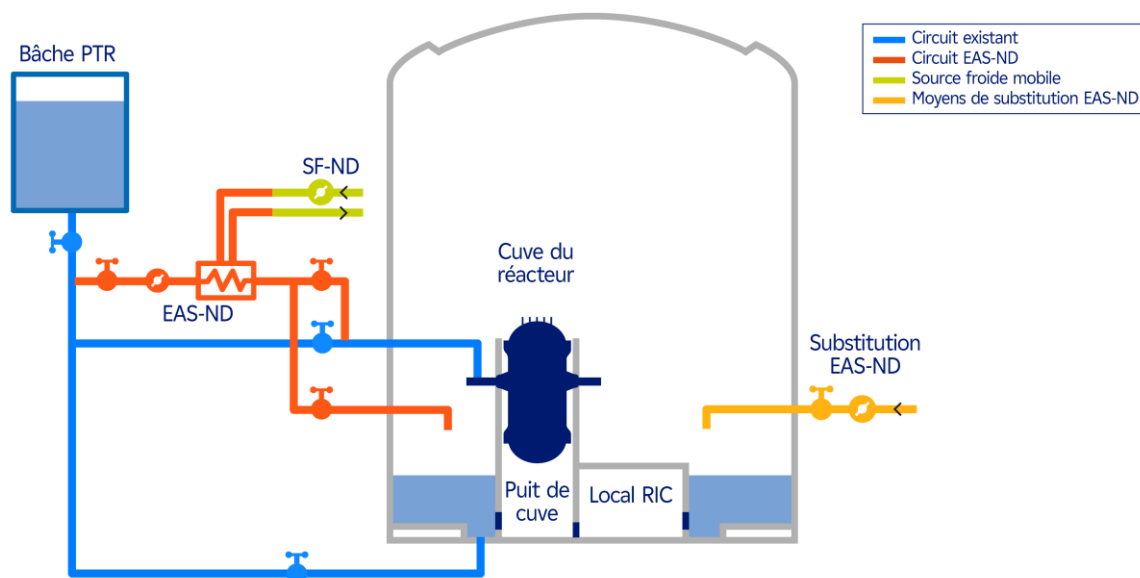
Ainsi, les dispositions mises en œuvre dans le cas d'un accident avec fusion du cœur sur un réacteur de Gravelines sont :

- **La création d'une aire d'étalement à sec du corium** au sein d'une zone de récupération dédiée située sous la cuve du réacteur : zone « Puits de Cuve » et Local d'Instrumentation du Cœur situé dans le prolongement.
- **La mise en place du système passif de noyage du corium** constitué d'un dispositif de trappes passives libérant l'eau préalablement injectée dans les puisards du bâtiment réacteur par le système d'aspersion de l'enceinte EAS secouru par les deux groupes électrogènes de secours, ou, pour les situations d'agressions extrêmes, le nouveau dispositif « Noyau Dur » EAS-ND secouru par le Diesel d'Ultime Secours (DUS).
- **La mise en place d'un système de refroidissement du corium**, associé au système EAS-ND, qui permet d'évacuer la puissance résiduelle du corium sans ouverture du filtre de décompression de l'enceinte de confinement.
- La ré-injection dans le bâtiment réacteur d'hypothétiques fuites d'eau du dispositif EAS-ND.
- **La décontamination de l'eau du bâtiment réacteur** grâce à une unité mobile de traitement des eaux contaminées.

Locaux utilisés pour l'étalement du Corium
(puits de cuve et local d'instrumentation du cœur)



REFROIDISSEMENT EN SITUATION DE FUSION DU CŒUR

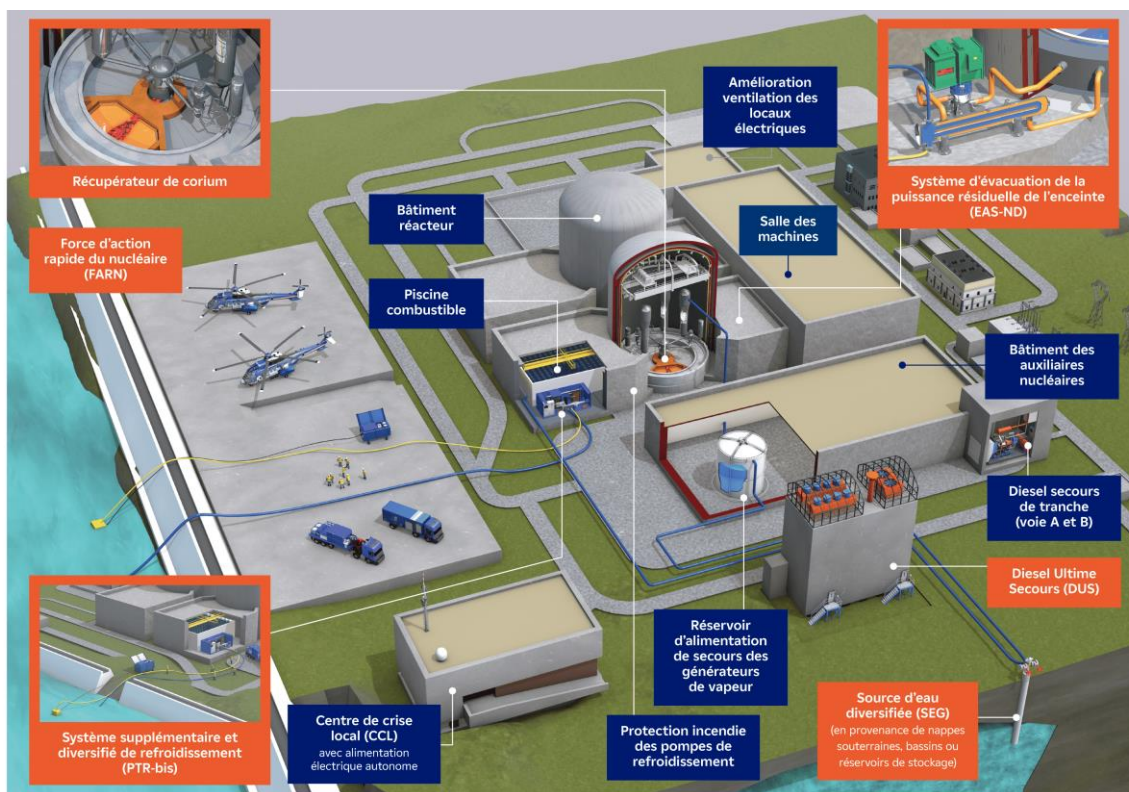


La disposition « EAS-ND » met en œuvre :

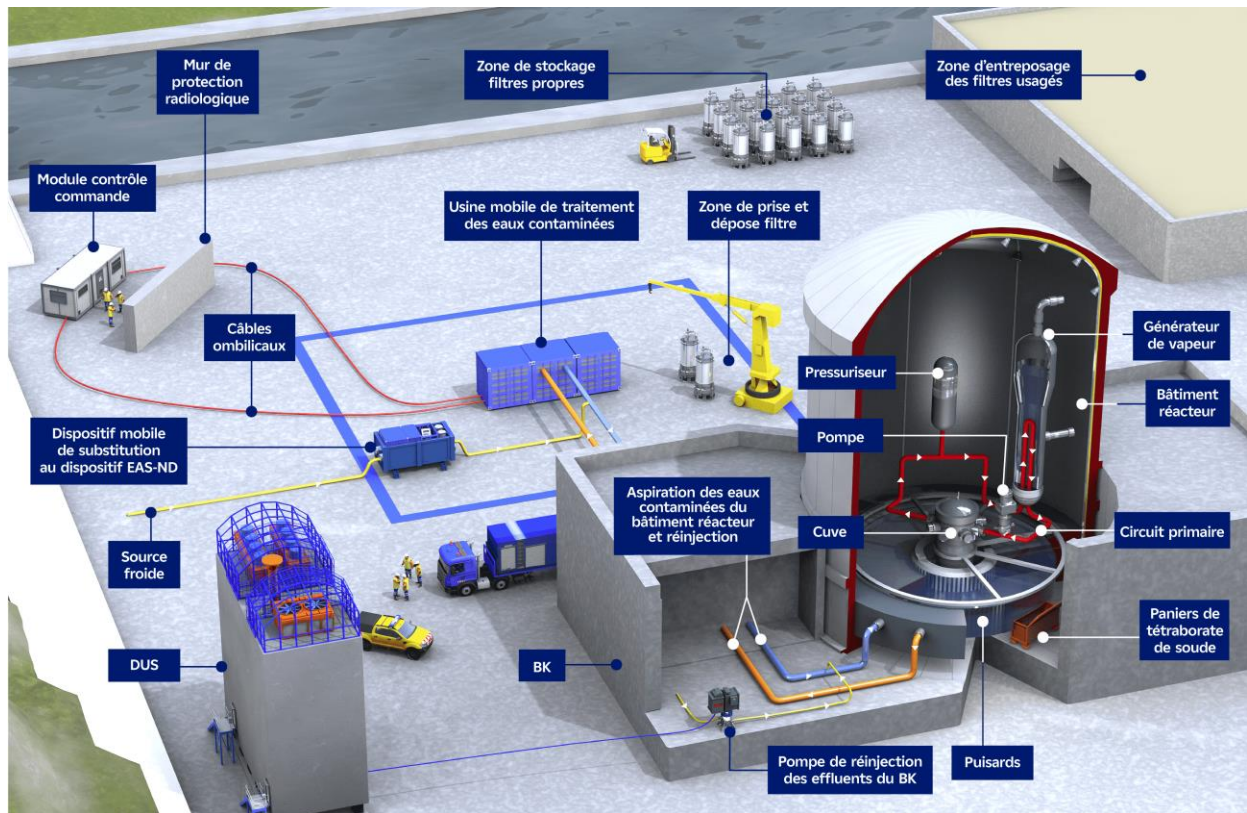
- une pompe (alimentée par le diesel DUS),
- un échangeur qui permet l'évacuation de la chaleur contenue dans l'enceinte,
- une source froide Noyau Dur (SF-ND) composée d'un moyen de pompage mobile.

Les matériels mobiles des systèmes du Noyau Dur sont mis en œuvre par la **Force d'Action Rapide du Nucléaire (FARN)**. Issue du retour d'expérience de l'accident de la centrale de Fukushima Daiichi, la FARN est composée de 300 agents EDF formés et prêts à intervenir sur tout site nucléaire français le nécessitant, au plus tard 24 heures après le début de l'accident.

Principales dispositions du Noyau Dur



Décontamination de l'eau du bâtiment réacteur après un accident avec fusion du cœur



7. SURVEILLANCE DE L'ENVIRONNEMENT

Vue aérienne du CNPE de Gravelines, Nord
Copyright Burnod Jean-Louis, Happy Day

7.1. Mesures de surveillance associées au fonctionnement normal

EDF dispose de différents programmes de surveillance de l'environnement. Il n'est pas envisagé d'évolution notable des inconvénients que la centrale de Gravelines présente pour les intérêts protégés dans les dix prochaines années, aussi, les programmes de surveillance de l'environnement se poursuivront de la même manière qu'aujourd'hui. Les mesures de surveillance sont décrites dans la suite de ce paragraphe.

■ **Air et facteurs climatiques**

Les rejets d'effluents chimiques à l'atmosphère du site font l'objet d'une estimation annuelle, jointe au rapport environnement annuel. :

- les rejets d'oxydes de soufre établis notamment à partir de la consommation de combustible des groupes électrogènes de secours, du type de combustible utilisé, de la nature de l'équipement et des conditions d'exploitation ;
- les rejets de formol et de monoxyde de carbone liés au remplacement des calorifuges ;
- les rejets des substances volatiles liées au conditionnement des circuits secondaires (éthanolamine, ammoniac);
- les émissions de gaz à effet de serre et de fluides frigorigènes.

Une surveillance météorologique est aussi effectuée par la centrale de Gravelines au moyen d'une station automatique (acquisition des mesures de température et pluviométrie) et d'un sondeur acoustique (mesures de direction, de vitesse du vent et de turbulence en altitude).



© EDF

Exemples d'équipements pour les mesures de pluviométrie, température et vent ©EDF

■ **Eaux de surface**

La centrale de Gravelines assure une surveillance de ses rejets chimiques en majorité par des prélèvements et des analyses au niveau des réservoirs d'entreposage avant rejet, des exutoires de rejet dans l'environnement, de la station de déminéralisation et des stations d'épuration.

- La centrale de Gravelines réalise une surveillance chimique, physico-chimique et écologique du milieu aquatique afin de connaître la concentration dans l'eau des substances chimiques rejetées, de suivre l'évolution naturelle du milieu récepteur et déceler toute évolution anormale.



© EDF

Surveillance des effluents liquides

- Le contrôle et la surveillance des rejets thermiques sont réalisés avec des thermographes situés dans les canaux d'amenée et de rejet, et en mer : ils mesurent en continu la température à différentes profondeurs.
- Des bathymétries sont réalisées régulièrement au niveau de la plage de Gravelines, afin de contrôler l'impact éventuel du rejet des eaux de refroidissement de la centrale sur le littoral.

■ **Sols et eaux souterraines**

La centrale de Gravelines met en oeuvre un programme de surveillance de la qualité des eaux souterraines d'un point de vue chimique et radiologique avec pour objectif de détecter un éventuel marquage en lien avec l'exploitation des installations.

La centrale dispose d'un réseau de surveillance des eaux souterraines composé de piézomètres disposés à l'intérieur et à l'extérieur des enceintes géotechniques. Les prélèvements et analyses des eaux souterraines sont réalisés conformément à la norme NF EN IS/EC17025.

- Plusieurs dispositifs sont également mis en place afin de contrôler les volumes d'eau prélevés en nappe et s'assurer du respect des limites réglementaires autorisées.

■ **Radioécologie**

La centrale de Gravelines met en œuvre un programme de surveillance des effluents radioactifs au niveau :

- des cheminées de rejet des effluents atmosphériques ;
- des réservoirs d'entreposage avant rejet à l'atmosphère des effluents gazeux ;
- des circuits d'extraction des ventilations des locaux susceptibles d'être contaminés, afin de s'assurer de l'absence de radioactivité d'origine artificielle ;
- des ouvrages de rejets des effluents radioactifs liquides ;
- des eaux pluviales pour s'assurer de l'absence de radioactivité artificielle.



© EDF

Schéma de principe de la surveillance radiologique de l'environnement

La radioactivité dans l'environnement du site de Gravelines est suivie dans le cadre :

- d'un plan de surveillance radiologique réglementaire réalisé par la centrale, qui porte notamment sur :
 - l'atmosphère avec la surveillance radiologique du rayonnement gamma ambiant, des poussières atmosphériques, du tritium de l'air et des eaux de pluie ;
 - les eaux souterraines ;
 - le milieu terrestre avec des mesures réalisées sur le lait et les végétaux terrestres et les couches superficielles des terres et les productions agricoles ;
 - le milieu aquatique avec des mesures réalisées sur les eaux de surface, les sédiments, les végétaux aquatiques et la faune aquatique
- d'études radioécologiques réalisées à l'initiative de l'exploitant (suivis annuels, bilans décennaux, études particulières) ;
- d'un plan de surveillance radiologique que l'ASNR fait réaliser de façon systématique, pour son propre compte, par ses services du pôle "expertise".

■ Population et santé humaine

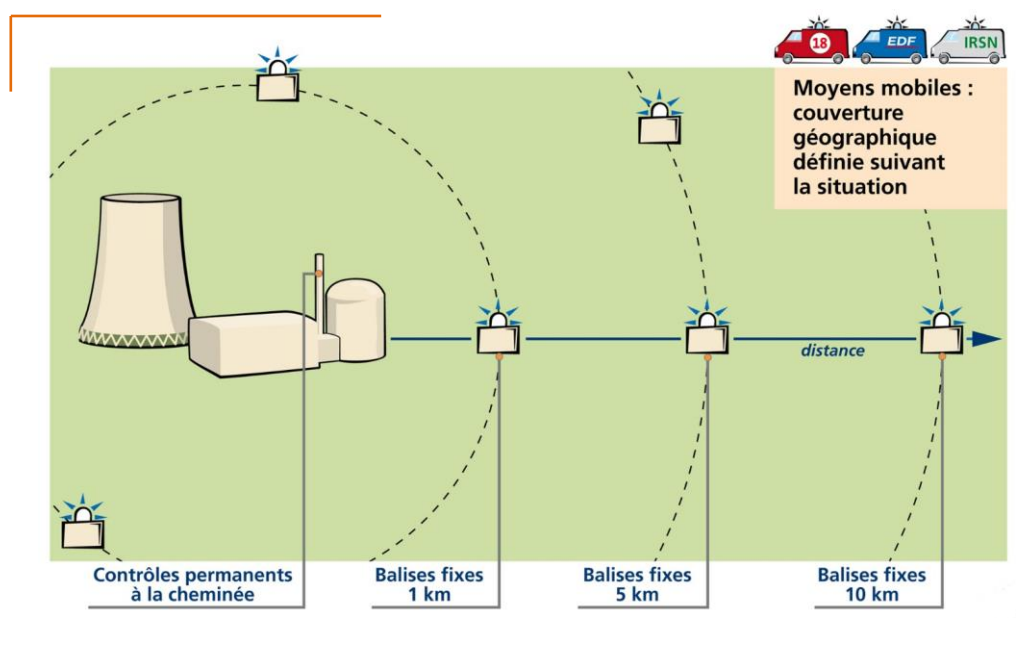
La surveillance des incidences du site de Gravelines sur la santé des populations avoisinantes est réalisée par la surveillance des compartiments atmosphérique, eaux de surface et radioécologique (cf. ci-avant).

Les émissions sonores font l'objet de campagnes périodiques de mesures visant à vérifier le respect de la réglementation.

7.2. Mesures de surveillance associées aux risques radiologiques

En situation accidentelle, des moyens de mesures fixes et mobiles permettent de contrôler/surveiller la radioactivité ambiante. Les moyens de mesure fixes, qui sont **opérationnels en permanence**, comprennent la surveillance des rejets à la cheminée, et des mesures du niveau de radioactivité dans l'air ambiant par des balises situées en limite de site, à 1 km, 5 km et 10 km.

Ces mesures sont renforcées en situation accidentelle par des balises mobiles situées sur des véhicules d'EDF, de l'expertise de l'ASNR et des pompiers, qui sillonnent la zone autour de la centrale.



8. CONCLUSION



Vue aérienne du CNPE de Gravelines, Nord
Copyright Burnod Jean-Louis, Happy Day

En France, la création d'une centrale électronucléaire est autorisée par le Gouvernement après avis de l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASN). Cette autorisation ne comporte pas de limitation de durée de fonctionnement. Pour autant, l'exploitant est tenu de réaliser un réexamen périodique approfondi tous les 10 ans pour réévaluer les conditions de fonctionnement de l'installation pour les 10 ans qui suivent. Il doit s'assurer que le fonctionnement de l'installation est conforme aux règles de sûreté qui lui sont applicables, et actualiser l'appréciation des risques et inconvénients que l'installation présente pour la sécurité, la santé et la salubrité publiques ou la protection de la nature et de l'environnement, appelés les intérêts protégés.

Les six réacteurs de 900 MWe de la centrale électronucléaire de Gravelines, exploités par Electricité de France (EDF), font l'objet de leur 4^e réexamen périodique.

À l'issue de chacun de ces réexamens, EDF établit un rapport présentant ses conclusions et les dispositions envisagées pour améliorer la protection des intérêts protégés. Au-delà de la 35^e année de fonctionnement, ce rapport de réexamen fait l'objet d'une enquête publique.

Le présent document est l'une des pièces du dossier de l'enquête publique réalisée dans le cadre du 4^e réexamen périodique des réacteurs de Gravelines. Il est commun aux six réacteurs de la centrale. Cette pièce est relative aux effets sur l'environnement associés à l'exploitation de ces réacteurs pour les dix années suivant leur 4^e réexamen périodique, y compris les conséquences, radiologiques ou non, d'éventuels incidents ou accidents.

Effets relatifs au fonctionnement normal

Les interactions du fonctionnement normal de la centrale avec l'environnement, c'est-à-dire les prélèvements d'eaux et les rejets, la production de déchets, les émissions sonores et les usages des terres, resteront similaires pour les dix prochaines années à celles de la décennie précédente.

L'analyse des effets de ces interactions sur les différents compartiments de l'environnement, que sont l'air et les facteurs climatiques, les eaux superficielles, les sols et les eaux souterraines, la radioécologie, la biodiversité, la population et la santé humaine, et les activités humaines, ne montre pas d'incidence significative du fonctionnement de la centrale dans l'état actuel et pour les dix années suivant le 4^e réexamen périodique.

Il n'est ainsi pas attendu d'effet transfrontalier.

Effets relatifs aux accidents

EDF a retenu comme orientation générale du 4^e réexamen périodique de ses réacteurs de 900 MWe de tendre vers les objectifs de sûreté nucléaire fixés pour les réacteurs de 3^e génération dont le réacteur de référence EDF est l'EPR de Flamanville (FLA3).

Des dispositions conséquentes d'amélioration de la sûreté nucléaire, présentées de manière synthétique dans ce document, ont ainsi été mises en œuvre au cours du 4^e réexamen selon 4 grandes thématiques :

- **accidents sans fusion du cœur** : baisse des conséquences radiologiques en dessous des seuils de mise en œuvre de mesures de protection d'urgence de la population,
- **agressions** : prise en compte d'agressions de niveaux supérieurs : notamment sécheresse, canicule, inondation, séisme, et mise en place d'équipements « Noyau Dur » pour renforcer la robustesse des installations aux agressions extrêmes de type séisme, tornade et inondation,
- **piscine combustible** : mise en place d'un moyen supplémentaire de refroidissement, indépendant des équipements existants,
- **accidents avec fusion du cœur** : ajout de dispositions, dont les équipements dits « Noyau Dur », pour rendre extrêmement improbables les rejets précoces et importants, et éviter les effets durables dans l'environnement.

La démarche de sûreté retenue pour ce 4^e réexamen, avec des évolutions importantes apportées à la conception et l'exploitation des réacteurs de Gravelines, réduit de manière notable des effets sur l'environnement associés aux risques radiologiques.

Comme présenté dans le document, les conséquences radiologiques des accidents les plus sévères avec fusion du cœur, les plus hypothétiques, seraient limitées dans l'espace et dans le temps, et compatibles avec les dispositions prévues pour la protection des populations. Les effets transfrontaliers liés à la dispersion atmosphérique de substances radioactives sont négligeables à court terme, comme par effet de cumul à long terme.

En procédant à leur 4^e réexamen périodique, EDF poursuit le fonctionnement de ses réacteurs de Gravelines jusqu'à 50 ans, contribuant ainsi au maintien d'une production d'électricité à faible empreinte carbone, avec moins de 4 g de CO₂ par kWh produit sur l'ensemble du cycle de vie de la centrale.

Il n'est pas attendu d'effet négatif significatif sur les différents compartiments de l'environnement du fonctionnement normal de la centrale de Gravelines pour les dix années à venir. Son arrêt n'apporterait ainsi pas de bénéfices sensibles à l'environnement. En revanche, il induirait une perte notable de production d'électricité décarbonée, équivalente à la consommation de plus de 6 millions de foyers. Les émissions de CO₂ pour produire, par le mix européen, l'électricité perdue, serait de plus de 8 millions de tonnes de CO₂/an.

GLOSSAIRE



La centrale nucléaire de Gravelines, Nord
Copyright EDF

Acronymes	Désignation
Accident conventionnel	Le terme « accident conventionnel » est utilisé pour parler d'un accident pouvant avoir des conséquences non radiologiques et/ou faiblement radiologiques.
ACV	Analyse du Cycle de Vie
APRP	Accident de Perte de Réfrigérant Primaire
ASG-ND	Système de refroidissement secondaire « Noyau Dur »
ASNR	Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection
CENTRACO	CENTre de TRAitement et de CONDitionnement
Cibles potentielles	Ce sont les personnes du public au-delà de la limite du site et l'environnement naturel, correspondant aux intérêts à protéger définis à l'article L593-1 du code de l'environnement.
CIRES	Centre Industriel de Regroupement d'Entreposage et de Stockage de l'ANDRA
CSA	Centre de Stockage de l'Aube
Danger	La notion de danger définit une propriété intrinsèque à une substance (butane, chlore...), à un système technique (mise sous pression d'un gaz...), à une disposition (élévation d'une charge...), à un organisme (microbes), ..., de nature à entraîner un dommage sur un « élément vulnérable ». Sont ainsi rattachées à la notion de "danger" les notions d'inflammabilité ou d'explosivité, de toxicité, de caractère infectieux... et celle d'énergie disponible qui caractérise le danger.
DCE	Directive Cadre sur l'Eau
DeD	Débit d'équivalent de Dose
DOCOB	DOCUments d'OBjectifs
DOR	Dossier d'Orientations du Réexamen périodique
DUS	Diesel d'Ultime Secours
EAS	Système d'aspersion d'eau dans l'enceinte de confinement

EAS-ND	Système d'évacuation de la puissance résiduelle de l'enceinte
EDF	Electricité de France
EIP	Elément Important pour la Protection des intérêts
EPR	European Pressurised Reactor - Réacteur à Eau Pressurisée. Appartient à la troisième génération de réacteur électronucléaire
EPRS	Évaluation Prospective des Risques Sanitaires
EPS	Etudes Probabilistes de Sûreté
ERC	Eviter, Réduire, Compenser
FA	Faible Activité
FARN	Force d'Action Rapide du Nucléaire
FLA3	Unité de production n°3 (EPR) de la centrale nucléaire de Flamanville
GNU	Parc à gaz du magasin général servant à l'entreposage des bouteilles non utilisée
GP/GPE	Groupe Permanents d'experts
GV	Générateur de Vapeur
HA	Haute Activité
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
IEM	Interprétation de l'État des Milieux
INB	Installation Nucléaire de Base
INERIS	Institut National de l'Environnement et des RISques
IRSN	Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire
MA	Moyenne Activité
MES	Matières en Suspension
ND	Noyau Dur
NQE	Normes de Qualité Environnementales
NMA	Niveaux Maximaux Admissibles
OISS	Ouverture Intempestive d'une Soupape Secondaire à 0%Pn
OPEL	Ouvrage de Prise d'Eau en Loire
PA	Produits d'Activation
PF	Produits de Fission
Phénomène dangereux	Un phénomène dangereux est la libération partielle ou totale d'énergie ou de substance produisant des effets, susceptibles d'infliger un dommage à des cibles potentielles.
Potentiel de danger	Une source potentielle de danger est définie comme une substance, un système technique, une disposition, un organisme, ... susceptible d'être à l'origine d'un dommage qui affecte un élément vulnérable.
PTR-bis	Système de traitement et de refroidissement d'eau des piscines supplémentaire
RCR	Rapport de Conclusion du Réexamen périodique
REP	Réacteur à Eau Pressurisée
RIS	Système de sauvegarde et de protection du circuit primaire (injection de sécurité)
Risque	Le risque, inhérent à toute activité humaine, est défini comme la combinaison de la probabilité de survenue d'un événement dommageable et de l'ampleur de ses conséquences.
RP	Réexamen périodique
RP4	4 ^e réexamen périodique
RP4 900	4 ^e Réexamen Périodique des réacteurs de 900 MWe
RTGV	Rupture de Tube de Générateur de Vapeur
RTGV4	Rupture d'un Tube de Générateur de Vapeur de catégorie 4
RTV	Rupture de Tuyauterie Vapeur
RTV + nRTGV	Rupture de Tuyauterie Vapeur cumulée à la Rupture multiple de Tubes de Générateurs

	de Vapeur
SEG	Système Source d'Eau diversifiée
SEI	Seuil des Effets Irréversibles
SF-ND	Source Froide Noyau Dur
Substance dangereuse	Substance, préparation ou mélange, qui répond aux critères relatifs aux dangers physiques, aux dangers pour la santé ou aux dangers pour l'environnement définis par l'arrêté du 20 avril 1994 modifié.
TFA	Très Faiblement Actif / Très Faible Activité
THE	Très Haute Efficacité
THM	Trihalométhanes
VC	Vie Courte
VL	Vie Longue
VTC	Vie Très Courte
WENRA	Western European Nuclear Regulators Association (Association des régulateurs nucléaires d'Europe occidentale)
ZER	Zone à Émergence Règlementée
ZNIEFF	Zones Naturelles d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique
ZPS	Zones de Protection Spéciales
ZSC	Zones Spéciales de Conservation