

PRESES

SIONS

ET

MANCHE - MER DU NORD

IM

PACTS

PRESSIONS ET IMPACTS

MANCHE - MER DU NORD

JUIN 2012

PRESSIONS CHIMIQUES ET IMPACTS ASSOCIÉS

Introduction de radionucléides

Introduction de radionucléides dans le milieu marin et impacts

Équipe de coordination DCSMM
(AAMP).



Nota : les informations présentées dans cette synthèse sont toutes issues du bilan de santé 2010 OSPAR [1] ainsi que du rapport de mise en œuvre par la France de la recommandation PARCOM 91/4 sur les rejets radioactifs.

Le milieu marin est exposé à des radiations provenant aussi bien de sources naturelles que de sources artificielles.

Des radionucléides¹ sont présents à l'état naturel, résultant de la dégradation des minéraux dans la croûte terrestre et de l'action des rayons cosmiques.

1 Les radionucléides (appelés également éléments radioactifs ou radioéléments) sont des atomes dont le noyau est instable et est donc radioactif. Les radioéléments existent soit à l'état naturel soit sont fabriqués artificiellement après bombardement de noyaux atomiques stables par des faisceaux de particules. Les noyaux en se désintégrant (réaction nucléaire) vont émettre un rayonnement électromagnétique (rayons gamma, rayons X), ou un rayonnement constitué de particules (particules alpha, bêta, électrons), ou les deux en même temps. La radio-toxicité de chaque élément dépend du type de rayonnement émis et de sa rémanence dans l'environnement (la rémanence est exprimée en temps de demi-vie, soit le temps au bout duquel la radioactivité initiale est réduite de moitié).

Certaines activités humaines engendrent des niveaux élevés de ces radionucléides présents à l'état naturel, tels que ceux rejetés par les installations pétrolières et gazières offshore et par l'industrie des engrais à base de phosphates.

D'autres radionucléides, de synthèse ceux-ci, sont rejetés dans le milieu marin ; ils proviennent de diverses activités humaines actuelles et passées :

- exploitation des centrales nucléaires et des usines de retraitement nucléaire ;
- anciens essais nucléaires dans l'atmosphère ;
- retombées de l'accident de Tchernobyl de 1986 ;
- anciens sites d'immersion de déchets nucléaires ou sous-marins nucléaires coulés ;
- activités médicales, p. ex. radiothérapie, radiologie.

Les sédiments estuariens et marins qui ont accumulé des radionucléides durant de longues périodes peuvent représenter une source supplémentaire de contamination longtemps après l'arrêt des rejets provenant de sources ponctuelles.

Les États parties contractantes de la convention OSPAR s'efforcent, dans le cadre de la Stratégie substances radioactives, de réduire les apports et les niveaux de radionucléides afin de protéger le milieu marin et ses usagers.

1. LES PRINCIPALES SOURCES DE REJETS DE RADIONUCLÉIDES DANS LE MILIEU MARIN

1.1. CONTEXTE GÉNÉRAL À L'ÉCHELLE DES RÉGIONS OSPAR

Le secteur nucléaire, lié à la production d'électricité, et le secteur non nucléaire, principalement l'industrie pétrolière et gazière offshore et le secteur médical, sont les principales sources de rejets de substances radioactives. Les usines de retraitement et les usines de fabrication de combustibles nucléaires et d'enrichissement sont responsables de 98 % des rejets de radionucléides provenant du secteur nucléaire. Les radionucléides utilisés comme indicateurs de rejets provenant de ce secteur sont présentés dans le tableau 1. Les apports de radionucléides dans la mer sont liés aux rejets liquides et, dans une moindre mesure, aux déchets solides et aux émissions atmosphériques.

| SOURCE | | RADIONUCLÉIDES | RADIATION |
|-----------------------|---|-------------------------------------|---------------------------------------|
| Secteur nucléaire | Industries nucléaires | Technétium-99 (^{99}Tc) | activité β |
| | | Césium-137 (^{137}Cs) | activité β , activité γ |
| | | Plutonium-239 (^{239}Pu) | activité α |
| | | Plutonium-240 (^{240}Pu) | activité α |
| | | Tritium (^3H) | activité β |
| Secteur non nucléaire | Industries pétrolière et gazière offshore | Plomb-210 (^{210}Pb) | activité β |
| | | Radium-226 (^{226}Ra) | activité α , activité γ |
| | | Radium-228 (^{228}Ra) | activité β |
| | | Thorium-228 (^{228}Th) | activité α |
| | Usages médicaux | Technétium-99 (^{99}Tc) | activité β |
| | | Iode-131 (^{131}I) | activité β , activité γ |

Tableau 1 : Radionucléides utilisés comme indicateurs des rejets radioactifs dans le milieu pour évaluer les progrès dans la mise en œuvre de la Stratégie substances radioactives d'OSPAR.

L'industrie pétrolière et gazière offshore est le plus grand contributeur du secteur non-nucléaire aux rejets dans le milieu marin. Presque tous les radionucléides rejetés par ce secteur proviennent de l'eau de production, extraite du gisement en même temps que le pétrole et le gaz, et du détartrage des canalisations. Une source moins importante est l'utilisation de substances radioactives (par exemple le tritium) comme marqueurs.

Les autres sources non-nucléaires, provenant notamment du secteur médical, sont mineures. Par ailleurs, tous les rejets provenant de l'industrie des engrais phosphatés ont cessé depuis 2005.

Les pays OSPAR ont concentré leurs efforts de réduction des rejets sur le secteur nucléaire. À l'échelle de l'ensemble des régions OSPAR, la moyenne des rejets provenant de ce secteur, entre 2002 et 2006, comparée à celle de la période de référence 1995-2001, révèle une diminution statistiquement significative de 38 % des rejets de l'activité β totale (à l'exception du tritium), mais aucune modification statistiquement significative des rejets de l'activité α totale.

La surveillance des rejets liés aux activités pétrolière et gazière offshore a débuté trop récemment pour pouvoir évaluer les tendances. Les volumes d'eau de production sont cependant très importants et les rejets de radionucléides sont donc substantiels.

1.2. PRINCIPALES SOURCES DE REJETS DE RADIONUCLÉIDES VERS LA SOUS-RÉGION MARINE

Au 1^{er} janvier 2010, la France comptait 124 installations nucléaires de base (INB) réparties sur une quarantaine de sites. La figure 1 présente la localisation des installations nucléaires de base destinées à produire de l'électricité. Sur cette carte ne figurent pas les usines de retraitement des combustibles et les centres d'étude et de recherche.

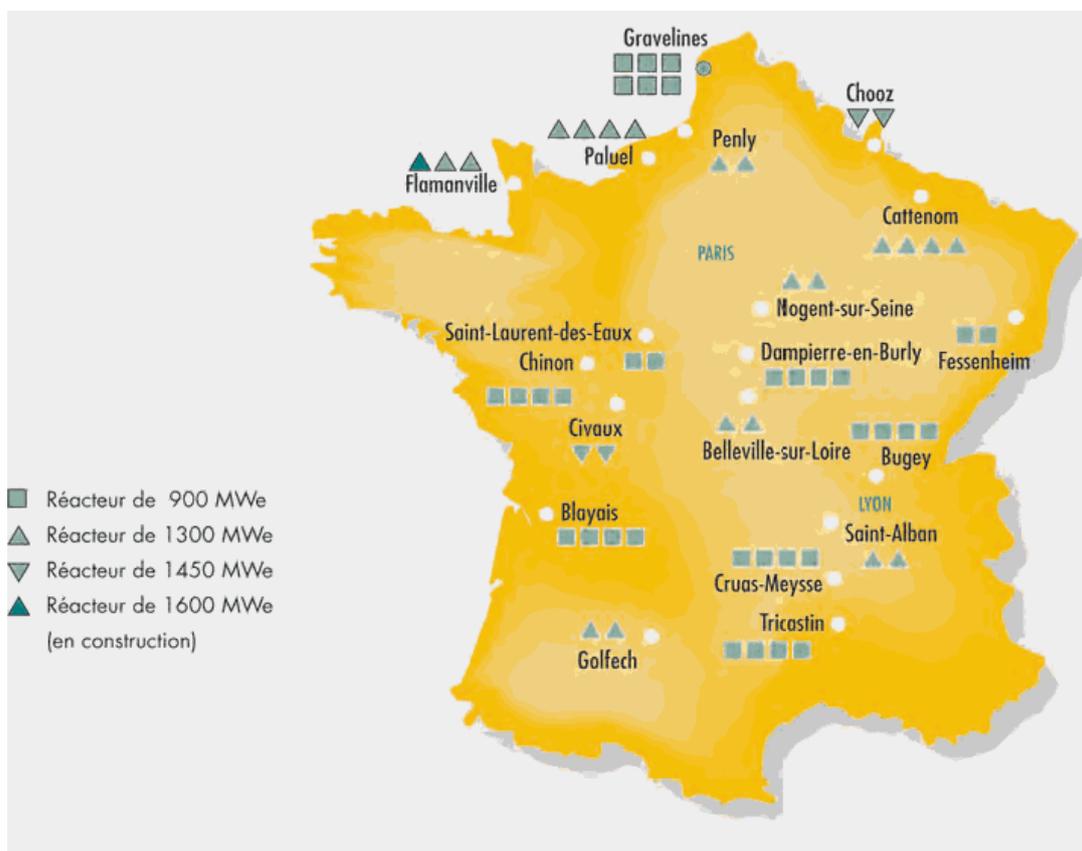


Figure 2 : Répartition des installations nucléaires de base (INB) destinées à produire de l'électricité (Sources : Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie, 2010).

Parmi ces 124 INB, les installations susceptibles de rejeter des radionucléides dans la sous-région marine Manche-mer du Nord sont :

- l'usine de retraitement du combustible usé de la Hague ;
- quatre centrales nucléaires littorales² : Flamanville, Paluel, Penly et Gravelines ;
- trois centrales nucléaires situées en amont, sur la Seine (Nogent), sur la Meuse (Chooz) et sur le Rhin (Cattenom) ;
- deux centres d'études et de recherches (CEA de Saclay et Fontenay-aux-Roses).

Même si les rejets des centres du CEA ne sont pas détectables dans le milieu marin compte tenu de leur éloignement et de la dilution déjà réalisée par le milieu ambiant avant leur arrivée dans la Seine, la France accorde une attention particulière à l'application des meilleures techniques disponibles pour les rejets de ces effluents. Le centre de Saclay a vu ses autorisations de rejets liquides modifiées fin 2009. Suivant les catégories de radionucléides, le facteur de baisse des nouvelles prescriptions de rejets par rapport aux précédentes est compris entre 4 et 30.

Depuis 2006, la France, au travers de la loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 modifiée relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire, dite loi TSN, a rénové en profondeur l'organisation du contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection. Elle institue pour les installations nucléaires un régime d'autorisation et de contrôle intégré couvrant la sûreté nucléaire, la radioprotection et la protection de l'environnement. Elle prend notamment en compte les enseignements tirés de l'examen des législations étrangères.

La France s'attache à ce que l'encadrement réglementaire et les pratiques des exploitants permettent, par l'application des meilleures techniques disponibles [2], de disposer d'une très bonne maîtrise des rejets radioactifs et d'obtenir des diminutions des rejets, dans le respect de la stratégie d'OSPAR. Aussi, bien que globalement les rejets d'effluents soient en diminution, la France estime nécessaire que la baisse des rejets radioactifs se poursuive au rythme des progrès techniques.

² Les caractéristiques de ces quatre centrales sont détaillées dans la contribution thématique « Modification du régime thermique ».

1.3. CAS PARTICULIER DE LA HAGUE

Les méthodes retenues par l'exploitant pour minimiser les rejets radioactifs du site de retraitement de La Hague reposent sur une dynamique continue, fondée sur l'évaluation technico-économique des solutions nouvelles offertes par les avancées de la recherche, tant en matière de procédés que de technologies. Les méthodes de gestion des effluents liquides du site ont été revues, avec l'introduction notamment de la « nouvelle gestion des effluents » reposant sur l'utilisation d'évaporateurs qui concentrent la radioactivité envoyée vers la vitrification et épurent les distillats qui sont soit recyclés, soit rejetés en mer pratiquement exempts de radioactivité.

Les résultats montrent le bien-fondé des dispositions prises ; en effet après une très forte diminution des rejets en mer, observée entre 1990 et 1995, la tendance reste à la baisse [2].

1.4. CENTRALES NUCLÉAIRES DE PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ (CNPE)

L'administration française a mis à profit les renouvellements d'autorisations de prélèvements et de rejets des CNPE pour abaisser fortement les limites concernant les rejets radioactifs liquides d'émetteurs β et γ (hors tritium). Pour établir des limites réglementaires qui incitent les exploitants à réduire leurs rejets, la France impose que les limites de rejet soient fixées aussi bas que le permet l'emploi des meilleures techniques disponibles, en tenant compte du retour d'expérience des rejets effectués par les installations. Depuis plusieurs années, l'Agence de Sûreté Nucléaire a entrepris une démarche de révision des limites de rejet de manière à ce qu'elles soient proches de la réalité des rejets, incitant les exploitants à maintenir leurs efforts de réduction, et de maîtrise de leurs rejets. L'abaissement des valeurs limites de rejet se traduit par leur réduction d'un facteur de 2,3 à 2,6 pour les centrales nucléaires, depuis 1995.

En complément, EDF a continué à mettre en œuvre des pratiques d'exploitation qui ont permis de poursuivre la diminution des rejets radioactifs, avec une division par plus de 100 de l'activité rejetée sous forme liquide depuis 20 ans pour l'ensemble des radionucléides, hors carbone 14 et tritium. À titre d'exemple, les rejets liquides de la centrale nucléaire de Flamanville pour les produits d'activation et les produits de fission sont passés de 151 GBq en 1986 à 0,641 GBq en 2007. Parmi ces pratiques, on peut noter une meilleure sélection des effluents à la source pour permettre une orientation vers un traitement adapté, l'augmentation du traitement des effluents sur évaporateur et un recyclage optimisé des effluents.

2. SURVEILLANCE DE LA RADIOACTIVITÉ DE L'ENVIRONNEMENT

La surveillance de la radioactivité de l'environnement s'inscrit dans un contexte réglementaire international qui est double, s'articulant autour :

- du traité Euratom qui, par son article 35, impose aux États membres de mettre en place des installations de contrôle permanent de la radioactivité de l'atmosphère, des eaux et du sol afin de garantir le contrôle du respect des normes de base pour la protection sanitaire de la population et des travailleurs contre les dangers résultant des rayonnements ionisants ;
- de la convention OSPAR, dont la stratégie pour un programme conjoint d'évaluation et de surveillance continue prévoit la mise en place d'un programme de surveillance des substances radioactives dans le milieu marin.

Dans ce contexte, la surveillance de la radioactivité de l'environnement s'articule notamment autour de :

- la surveillance réalisée autour des installations nucléaires par les exploitants au titre de leurs autorisations de rejets ;
- la surveillance de la radioactivité dans l'environnement sur le territoire national, exercée par l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN). La figure 2 présente la répartition des stations de surveillance de l'IRSN sur le littoral français.



Figure 2 : Stations de surveillance IRSN de la radioactivité dans le milieu marin (Sources : IRSN, 2012).

Le programme de surveillance radiologique de l'environnement marin mis en œuvre par la France sur son littoral permet de répondre pleinement aux objectifs exprimés par le Comité des Substances Radioactives (RSC) dans le cadre de la convention OSPAR. Il conduit notamment à l'obtention des longues séries temporelles de mesures mises à disposition du RSC pour l'établissement des rapports périodiques d'évaluation.

La France fournit ainsi annuellement au RSC les résultats de mesures environnementales sur les stations suivantes pour la sous-région marine Manche-mer du Nord : Wimereux (mesures dans l'eau de mer et les algues), Honfleur (mesures dans l'eau de mer et les algues), Barfleur (mesures dans l'eau de mer, les algues et les mollusques), Cherbourg (mesures dans l'eau de mer), Goury (mesures dans l'eau de mer, les algues et les mollusques), Carteret (mesures dans l'eau de mer, les algues et les mollusques), Roscoff (mesures dans l'eau de mer et les algues) et Brest (mesures dans l'eau de mer). Ces données n'ont pas été rendues publiques à ce stade.

3. TENEURS ENVIRONNEMENTALES DES RADIONUCLÉIDES ISSUS DU SECTEUR NUCLÉAIRE ET IMPACTS SUR LE MILIEU VIVANT

Les radionucléides sont dispersés par les courants. Ils se fixent sur les particules en suspension dans l'eau qui décantent peu à peu vers le fond et sont stockés dans les sédiments. *Via* des mécanismes physiologiques comme la filtration d'eau, ces radionucléides s'accumulent dans les espèces vivantes avec un facteur de concentration (par rapport aux concentrations mesurées dans l'eau) variant suivant le radionucléide et l'espèce considérés (mollusques, algues, poissons). La capacité d'accumulation dépend du métabolisme de chaque espèce.

Afin d'évaluer les progrès effectués pour atteindre l'objectif d'OSPAR visant à « réduire d'ici 2020 les rejets, émissions et pertes de substances radioactives à des niveaux où les teneurs supplémentaires (...) sont proches de zéro », les teneurs moyennes des radionucléides indicateurs liés aux rejets provenant du secteur nucléaire ont été mesurés dans l'eau de mer, les algues, les mollusques et les poissons entre 2002 et 2006, et ont été comparées avec les teneurs moyennes durant la période de référence 1995-2001. Peu de données sont disponibles sur les teneurs en radionucléides naturels déterminés par OSPAR comme indicateurs des rejets provenant de l'industrie pétrolière et gazière offshore. D'autre part, il n'a pas toujours été possible de comparer les teneurs moyennes de 2002 à 2006 avec les teneurs correspondantes pour la période de référence ou d'entreprendre des analyses statistiques. Ceci était dû à l'absence de données ou du fait que trop de valeurs étaient inférieures à la limite de détection.

Néanmoins, dans les zones de surveillance correspondant à la Manche-mer du Nord (zones de surveillance 2 et 3 de la région II OSPAR), on observe une diminution significative du Technétium-99 dans les algues, et du plutonium (239, 240) dans les mollusques. Ceci peut être expliqué en partie par la diminution des rejets de la Hague. Les mesures de ^3H , ^{137}Cs , ^{99}Tc et $^{239, 240}\text{Pu}$ dans l'eau de mer sont insuffisantes pour avoir des tendances statistiquement significatives.

Les teneurs élevées en radionucléides naturels dans l'eau de mer ou dans les organismes marins sont difficiles à détecter. En effet, elles représentent les teneurs environnementales totales, c'est-à-dire aussi bien les teneurs ambiantes que toute contribution de l'industrie pétrolière et gazière offshore, et OSPAR n'a pas évalué les teneurs en radionucléides naturels associées aux rejets provenant de l'industrie pétrolière et gazière offshore car les données disponibles sont limitées.

OSPAR a étudié les connaissances disponibles sur l'impact environnemental de la radioactivité sur la vie marine et sa pertinence pour la zone OSPAR. Un projet de l'UE a récemment proposé une méthode, ERICA (risque environnemental des contaminants ionisants : évaluation et gestion), pour évaluer et gérer les risques environnementaux que présentent les substances radioactives. La méthodologie d'évaluation des risques ERICA détermine une valeur de filtrage de $10 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$, afin de caractériser les risques potentiels pour la structure et le fonctionnement des écosystèmes marins. Il s'agit du niveau le plus bas auquel les effets peuvent se produire à l'échelle des écosystèmes, selon la perception scientifique actuelle. Les doses reçues par le milieu vivant marin, calculées à partir des données disponibles, sont inférieures à cette valeur de filtrage, pour l'ensemble des zones de surveillance des régions I, II et III OSPAR.

Concentration des radionucléides dans les échantillons de l'environnement près de la Hague

Une évaluation complète des doses à la biocénose marine a été effectuée en 2003 par un cabinet de consultants experts en matière d'environnement, dirigé par des experts canadiens reconnus. Les résultats principaux montrent que les débits de dose à la biocénose marine dus aux usines de retraitement de La Hague étaient à ce moment au moins deux ou trois ordres de grandeur inférieurs aux plus basses valeurs cibles pour la protection des populations de biocénoses marines (UNSCEAR, AIEA), et au moins un ou deux ordres de grandeur plus bas que le bruit de fond d'exposition naturel dans la région.

L'approbation consensuelle de cette étude par un groupe international d'experts a abouti à la conclusion que « les débits de dose à la biocénose marine attribuables aux rejets en mer des usines de retraitement de La Hague sont faibles, et en général, bien en dessous des niveaux cibles de comparaison pour lesquels des effets néfastes et observables pour les populations de biocénoses marines pourraient, d'après les connaissances actuelles, être attendues ».

À retenir

Le secteur nucléaire (lié à la production d'électricité) et le secteur non-nucléaire (principalement l'industrie pétrolière et gazière offshore et le secteur médical) sont les principales sources de rejets de substances radioactives dans le milieu marin.

Les pays de la zone OSPAR ont concentré leurs efforts de réduction des rejets sur le secteur nucléaire. À l'échelle de l'ensemble des régions OSPAR, la moyenne des rejets provenant de ce secteur, entre 2002 et 2006, révèle une diminution significative de 38 % des rejets de l'activité β totale (à l'exception du tritium) mais aucune modification statistiquement significative des rejets de l'activité α totale.

Le programme de surveillance radiologique de l'environnement marin mis en œuvre par la France sur son littoral permet de répondre pleinement aux objectifs exprimés par le Comité des Substances Radioactives (RSC) dans le cadre de la convention OSPAR.

La France s'attache à ce que l'encadrement réglementaire et les pratiques des exploitants des CNPE permettent, au travers de l'application des meilleures techniques disponibles, de disposer d'une très bonne maîtrise des rejets radioactifs et d'obtenir des diminutions des rejets, dans le respect de la stratégie d'OSPAR. Aussi, bien que globalement les rejets d'effluents soient en diminution, la France estime nécessaire que la baisse des rejets radioactifs se poursuive au rythme des progrès techniques.

Concernant le site de retraitement de La Hague, les résultats montrent le bien-fondé des dispositions prises ; en effet, après une très forte diminution des rejets en mer, observée entre 1990 et 1995, la tendance reste à la baisse. Par ailleurs, il semblerait que les débits de dose à la biocénose marine attribuables aux rejets en mer des usines de retraitement soient faibles, et en général bien en-dessous des niveaux cibles pour lesquels des effets néfastes et observables pour les populations de biocénoses marines pourraient, d'après les connaissances actuelles, être attendues.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] OSPAR, 2010a. Bilan de santé 2010, Commission OPSAR 2010, Londres, 176pp.
<http://qsr2010.ospar.org/fr/index.html>
- [2] OSPAR, 2010b. Rapport de mise en œuvre par la France de la recommandation PARCOM 91/4 sur les rejets radioactifs, 2010.

LISTE DES ABRÉVIATIONS

AIEA : Agence Internationale de l'Energie Atomique
ERICA : risque environnemental des contaminants ionisants
Gy : Gray
IRSN : Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire
RSC : Comité des Substances Radioactives
SV : Sievert