

Rapport environnement annuel relatif aux
installations nucléaires du Centre
Nucléaire de Production d'Électricité de
Penly

2024

Bilan rédigé au titre de l'article 4.4.4 de l'arrêté
du 7 février 2012

SOMMAIRE

1	<i>Le Centre Nucléaire de Production d'Electricité de Penly en 2024</i>	4
1.1	Contexte	4
1.2	Le CNPE de Penly	4
1.3	Modifications apportées au voisinage du CNPE de Penly	5
1.4	Évolutions scientifiques susceptibles de modifier l'étude d'impact	6
1.5	Bilan des incidents de fonctionnement et des évènements significatifs pour l'environnement	6
2	<i>Prélèvements d'eau</i>	8
2.1	Prélèvement d'eau destinée au refroidissement	10
2.2	Prélèvement d'eau destinée à l'usage industriel	11
2.3	Prélèvement d'eau destinée à l'usage domestique	11
2.4	Milieu de prélèvement : comparaison pluriannuelle, prévisionnel, valeurs limites et maintenance	12
2.5	Principales opérations de maintenance intervenues sur les équipements et ouvrages de prélèvements	12
2.6	Opérations exceptionnelles de prélèvements	13
3	<i>Restitution et consommation d'eau</i>	13
3.1	Restitution d'eau	13
3.2	Consommation d'eau	14
4	<i>Rejets d'effluents</i>	14
4.1	Rejets d'effluents à l'atmosphère	15
4.2	Rejets d'effluents liquides	23
4.3	Rejets thermiques	43
5	<i>Surveillance de l'environnement</i>	46
5.1	Surveillance de la radioactivité dans l'environnement	46
5.2	Physico-chimie des eaux souterraines	54
5.3	Chimie et physico-chimie des eaux de surface	55
5.4	Acoustique environnementale	60
6	<i>Évaluation de l'impact environnemental et sanitaire des rejets de l'installation</i>	61

7	<i>Gestion des déchets</i>	64
7.1	Les déchets radioactifs	64
7.2	Les déchets non radioactifs	69
8	<i>ABREVIATIONS</i>	71

1 Le Centre Nucléaire de Production d'Electricité de Penly en 2024

1.1 Contexte

« La conformité à la réglementation en vigueur, la prévention des pollutions ainsi que la recherche d'amélioration continue de la performance environnementale » constituent l'un des engagements de la politique environnementale d'EDF.

Dans ce cadre, tous les Centres Nucléaires de Production d'Electricité (CNPE) d'EDF disposent d'un système de management de l'environnement certifié « ISO14001 ».

La maîtrise des événements, susceptibles d'avoir un impact sur l'environnement, repose sur une application stricte des règles de prévention (bonne gestion des eaux usées, des « effluents », de leurs traitements, entreposage, contrôles avant rejet, etc.) et sur un système complet de surveillance de l'environnement sur et autour des CNPE.

En application de l'article 4.4.4 de l'arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base, ce document présente le bilan de l'année 2024 du CNPE de Penly en matière d'environnement.

1.2 Le CNPE de Penly

1.2.1 Description et historique

Les installations nucléaires de base du centre nucléaire de production d'électricité (CNPE) de Penly sont implantées sur la commune de Petit-Caux à Saint Martin-en-Campagne et à Penly, dans le département de la Seine-Maritime (76), à 15 km au nord de Dieppe. Elles couvrent une superficie de 230 hectares sur la côte de la Manche. Les premiers travaux d'aménagement ont eu lieu en 1980.

Au 31 décembre 2024, le CNPE de Penly comptait 846 salariés EDF, avec 42 nouvelles embauches durant l'année. Par ailleurs, 472 salariés d'entreprises partenaires y exercent une activité permanente. Pour réaliser les arrêts programmés pour maintenance des unités, entre 1000 et 3000 intervenants viennent renforcer les équipes sur place en fonction du type d'arrêt.

Le CNPE de Penly compte deux unités de production d'électricité en fonctionnement :

- Une unité de la filière à eau sous pression (REP) d'une puissance de 1 300 mégawatts électriques, refroidie par la Manche, Penly 1, mise en service en 1990. Ce réacteur constitue l'installation nucléaire de base (INB) n° 136 ;
- Une unité de la filière à eau sous pression (REP) d'une puissance de 1 300 mégawatts électriques, refroidie par la Manche, Penly 2, mise en service en 1992. Ce réacteur constitue l'INB n° 140.

CENTRALE NUCLEAIRE DE PENLY (SEINE-MARITIME)



1.2.2 Les arrêts de tranches

Trois types d'arrêts de réacteur sont programmés tous les 18 mois, pour recharger le combustible et réaliser la maintenance de toutes les installations :

- L'arrêt pour simple rechargement du combustible ;
- La visite partielle, consacrée au rechargement du combustible, mais aussi à un important programme périodique de maintenance ;
- La visite décennale, qui conclut à des contrôles approfondis et réglementaires des principaux composants que sont la cuve du réacteur, le circuit primaire et l'enceinte du bâtiment réacteur.

Les arrêts de tranches rythment la vie du CNPE et ont un impact direct sur les rejets et consommations du site.

En arrêt, une tranche consommera moins d'eau de refroidissement. En outre les phases de mise à l'arrêt et de redémarrage génèrent un surcroît de rejets d'effluents liquides et gazeux.

1.3 Modifications apportées au voisinage du CNPE de Penly

La surveillance de l'environnement industriel est réalisée en application d'une prescription interne d'EDF. Lors de l'année 2024, le chantier EPR2 de Penly a déclaré plusieurs ICPE. Cette liste est disponible sur le site du gouvernement Géorisques (adresse web).

Certaines entreprises situées au voisinage du CNPE de Penly ont vu leur statut par rapport à la réglementation ICPE évoluer, du fait d'une modification de cette réglementation. Cependant, aucun nouveau risque n'a été induit.

1.4 Évolutions scientifiques susceptibles de modifier l'étude d'impact

Dans le cadre d'une démarche d'amélioration continue, EDF mène des études afin d'améliorer la connaissance de ses rejets (identification de sous-produits de la morpholine et de l'éthanolamine, de sous-produits issus des traitements biocides, dégradation de la monochloramine et de l'hydrazine dans l'environnement etc.). EDF mène également des études afin d'améliorer la connaissance de l'incidence de ses rejets sur l'homme et l'environnement. Ces évaluations d'impact nécessitent en effet l'utilisation de valeurs de référence qui font l'objet d'une veille scientifique :

- Les Valeurs Toxicologiques de Référence pour l'impact sanitaire sur l'Homme, valeurs sélectionnées selon les critères définis dans la note d'information n°DGS/EA/DGPR/2014/307 du 31/10/2014,
- Les valeurs seuils ou valeurs guides issues des textes réglementaires ou des grilles de qualité d'eau, les données écotoxicologiques, en particulier les PNEC (Predicted No Effect Concentration), et les études testant la toxicité et l'écotoxicité des effluents CRT, pour l'analyse des incidences sur l'environnement. A noter que les PNEC sont validées par la R&D d'EDF après une revue bibliographique exhaustive et, si nécessaire, la réalisation de tests écotoxicologiques commandités par EDF et réalisés selon les normes OCDE et les Bonnes Pratiques de Laboratoire.

L'ensemble de ces évolutions scientifiques est intégré dans les études d'impact

1.5 Bilan des incidents de fonctionnement et des évènements significatifs pour l'environnement

En 2004, le CNPE de Penly a été certifié, pour la première fois, ISO 14001. L'obtention de la norme ISO 14001 est une reconnaissance internationale de la prise en compte de l'environnement dans l'ensemble des activités de l'entreprise. Elle est l'assurance d'une démarche d'amélioration continue et de la mise en place d'une organisation spécifique au domaine de l'environnement.

La protection de l'environnement, sur le terrain comme en laboratoire, a toujours été une priorité pour les CNPE d'EDF. Comme pour tous les sites industriels, les exigences environnementales fixées par le CNPE de Penly et la réglementation se sont sans cesse accrues au fil des années. Cette certification est le fruit de l'implication de l'ensemble des intervenants - personnels EDF et d'entreprises externes - dans une démarche de respect de l'environnement.

La norme ISO 14001 repose sur la mise en œuvre d'un Système de Management Environnemental (SME). Cela signifie que la performance en matière de protection de l'environnement est intégrée dans l'organisation, c'est-à-dire dans toutes les décisions quotidiennes du CNPE de Penly. L'ensemble des salariés du CNPE, ainsi que le personnel intervenant pour le compte d'entreprises extérieures, sont impliqués dans le respect de l'environnement.

Dans le cadre de l'amélioration continue, le CNPE de Penly a mis en place un système permettant de détecter, tracer, déclarer, les Événements Significatifs pour l'Environnement

(ESE) à l'Autorité de Sûreté Nucléaire, de traiter ces évènements et d'en analyser les causes profondes pour les éradiquer.

La déclaration d'ESE est établie à partir de critères précis et identiques sur tout le parc nucléaire. Ces critères sont définis par l'Autorité de Sûreté Nucléaire.

1.5.1 Bilan des évènements significatifs pour l'environnement déclarés

Le tableau suivant récapitule les évènements significatifs pour l'environnement déclarés par le CNPE de Penly en 2024.

Typologie	Date	Description de l'évènement	Principales actions correctives
ESE01	03/03/2024	Apparition du seuil 2 sur 1KRT002MA (Chaîne de mesure d'activité de la cheminée DVN) survenue le 03/03/2024	Lors de la vidange d'une capacité contenant des effluents radioactifs liquides et gazeux du circuit primaire suite à l'apparition d'un niveau haut sur la capacité, une quantité d'effluents gazeux est rejetée vers la cheminée de l'installation entraînant l'apparition d'une alarme d'activité élevée durant 1 minute et 12 secondes. L'analyse des causes a mis en évidence le montage en sens inverse d'un purgeur assurant la séparation des effluents gazeux et liquides et l'orientation des gazs radioactifs vers le circuit de décroissance avant rejet . Ce montage inverse n'a pas permis au purgeur de jouer son rôle et les effluents gazeux ont été orientés directement vers la cheminée. Les actions correctives ont consisté à remettre en conformité le purgeur. Ceci a été réalisé lors de la dernière visite partielle de la tranche 1. Dans cette attente, une procédure spécifique avait été rédigée pour prendre en compte cette inversion et prendre les précautions nécessaires lors des vidanges de la capacité.
ESE02	14/10/2024	Cumul annuel d'émission d'hexafluorure de soufre SF6 (gaz à effet de serre) supérieur à 100 Kg en 2024	Nos transformateurs très haute tension sont des postes sous enveloppe métallique (PSEM) qui utilisent par conception de l'hexafluorure de soufre (SF6) comme isolant électrique. Le confinement de ce gaz est réalisé au moyen du suivi de pression des compartiments composants ces PSEM. Lors d'une baisse de pression détectée, signe de fuite, elle est immédiatement compensée par un appoint. L'autorité de sûreté Nucléaire a fixé le seuil de déclaration d'un évènement significatif Environnement au-delà d'une perte de 100 kg annuellement. La fuite cumulée constatée sur les 2 tranches de Penly a atteint 102,885 kg au 14/10/2024. Les actions correctives consistent en l'identification des fuites au plus tôt, de réaliser des resserages au niveau des brides fuyardes, de

			mettre en place des colliers de colmatage ou des dispositifs de collecte. Ces actions peuvent être réalisées lorsque les tranches sont en fonctionnement en attendant des travaux plus lourds en arrêt de tranche. Ces travaux ont consisté à reprendre l'étanchéité des brides au niveau de 11 liaisons en tranche 1 (visite partielle) et 16 liaisons en tranche 2 (visite décennale).
--	--	--	--

1.5.2 Bilan des incidents de fonctionnement

Le CNPE de Penly n'a pas réalisé le prélèvement des eaux de rejets avant la vidange du circuit TRI pour le nettoyage annuel des aéroréfrigérants le 21/05/2024. Cet événement n'a pas eu d'incidence sur l'environnement.

Durant l'année 2024, une détection de tritium dans la nappe 0SEZ015PZ avec dépassement de seuil 1 a été réalisée. Un suivi renforcé a été mis en place, l'origine du tritium détectée et l'anomalie résolue. Un retour à la normale a été constaté.

Deux arrêts de tranches ont eu lieu en 2024 :

- La visite partielle pour la tranche 1
- La visite décennale pour la tranche 2

Ces arrêts peuvent influencer sur les résultats, qu'ils s'agissent des consommations d'eau ou des rejets liquides et gazeux.

2 Prélèvements d'eau

L'eau est une ressource nécessaire au fonctionnement des CNPE et partagée avec de nombreux acteurs : optimiser sa gestion et concilier les usages est donc une préoccupation importante pour EDF.

Que cette eau soit prélevée en mer, dans un cours d'eau, ou dans des nappes d'eaux souterraines, son utilisation est strictement réglementée et contrôlée par les pouvoirs publics.

Dans un CNPE, l'eau est nécessaire pour :

- refroidir les installations,
- constituer des réserves pour réaliser des appoints ou disposer de stockage de sécurité dont l'alimentation des circuits de lutte contre les incendies (usage industriel),
- alimenter les installations sanitaires et les équipements de restauration des salariés (usage domestique).

Un CNPE en fonctionnement utilise trois circuits d'eau indépendants :

- le circuit primaire pour extraire la chaleur : c'est un circuit fermé parcouru par de l'eau sous pression (155 bars) et à une température de 300° C. L'eau passe dans la cuve du réacteur, capte la chaleur produite par la réaction de fission du combustible nucléaire et transporte cette énergie thermique vers le circuit secondaire au travers des générateurs de vapeur.

- le circuit secondaire pour produire la vapeur : au contact des milliers de tubes en « U » des générateurs de vapeur, l'eau du circuit primaire transmet sa chaleur à l'eau circulant dans le circuit secondaire, lui-aussi fermé. L'eau de ce circuit est ainsi transformée en vapeur qui fait tourner la turbine. Celle-ci entraîne l'alternateur qui produit l'électricité. Après son passage dans la turbine, la vapeur repasse à l'état liquide dans le condenseur ; cette eau est ensuite renvoyée vers les générateurs de vapeur pour un nouveau cycle.

- un troisième circuit, appelé « circuit de refroidissement » : pour condenser la vapeur et évacuer la chaleur, le circuit de refroidissement comprend un condenseur, appareil composé de milliers de tubes dans lesquels circule de l'eau froide prélevée dans la rivière ou la mer. Au contact de ces tubes, la vapeur se condense. Ce circuit de refroidissement est différent selon la situation géographique du CNPE :
 - o en bord de mer ou d'un fleuve à grand débit, les CNPE fonctionnent avec un circuit de refroidissement totalement ouvert (Cas du CNPE de Penly).
De l'eau (environ 50 m³ par seconde) est prélevée pour assurer le refroidissement des équipements via le condenseur. Une fois l'opération de refroidissement effectuée, l'eau qui n'est jamais entrée en contact avec la radioactivité, est intégralement restituée dans la mer ou le fleuve, à une température légèrement plus élevée.
 - o sur les fleuves ou les rivières dont le débit est plus faible, les CNPE fonctionnent avec un circuit en partie fermé.
Le refroidissement de l'eau chaude issue du condenseur se fait par échange thermique avec de l'air ambiant dans une grande tour réfrigérante atmosphérique appelée « aéroréfrigérant ». Une partie de l'eau chaude se vaporise sous forme d'un panache visible, au sommet de la tour. Cette vapeur d'eau n'est pas une fumée, elle ne contient pas de CO₂. Le reste de l'eau refroidie retourne dans le condenseur. Ce système avec aéroréfrigérants permet donc de réduire considérablement les prélèvements d'eau qui sont de l'ordre de 2 m³ par seconde.

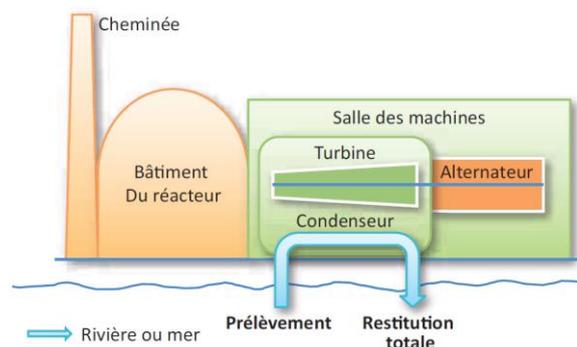


Figure 1 : Schéma d'un CNPE avec un circuit de refroidissement ouvert (Source : EDF)

Annuellement, en moyenne, le volume d'eau nécessaire au fonctionnement du circuit de refroidissement d'un réacteur est compris entre 50 millions de mètres cubes (si le refroidissement est assuré par un aéroréfrigérant) et 1 milliard de mètres cubes (si l'eau est rejetée directement dans le milieu naturel) soit respectivement un besoin de 6 à 160 litres d'eau prélevés pour produire 1 kWh.

Que les CNPE soient en fonctionnement ou à l'arrêt, la grande majorité de l'eau prélevée est restituée à sa source, c'est-à-dire au milieu naturel à proximité du point de prélèvement.

Les besoins en eau d'un CNPE servent majoritairement à assurer son refroidissement et, donc, à produire de l'électricité. Cependant, comme tous les sites industriels, un CNPE a besoin d'eau pour :

- faire face, si besoin, à un incendie : l'ensemble des CNPE d'EDF est équipé d'un important réseau d'eau sous pression permettant aux équipes des services de conduite et de la protection des CNPE d'EDF d'intervenir dès la détection d'un incendie jusqu'à l'arrivée des secours externes, et ainsi en limiter sa propagation. Ces réseaux sont régulièrement testés afin de s'assurer de leur fonctionnement et de leur efficacité.
- se laver, boire et se restaurer : selon leur importance (de 2 à 6 réacteurs), les CNPE d'EDF accueillent de 600 à 2 000 salariés permanents (EDF et entreprises extérieures) auxquels s'ajoutent, lors d'un arrêt d'un réacteur pour maintenance, près de 1000 personnes supplémentaires. Les besoins en eau potable sont en permanence adaptés aux effectifs de salariés permanents et temporaires, tant pour les sanitaires que pour la restauration. Les CNPE d'EDF peuvent être reliés aux réseaux d'eau potable des communes sur lesquelles ils sont implantés. C'est le cas du CNPE de Penly.

2.1 Prélèvement d'eau destinée au refroidissement

Le tableau ci-dessous détaille le cumul mensuel du prélèvement d'eau destinée au refroidissement de l'année 2024 (eau marines).

	Prélèvement d'eau (en millions de m ³)
Janvier	252
Février	238
Mars	247
Avril	251
Mai	245
Juin	241
Juillet	251
Août	249
Septembre	119
Octobre	66
Novembre	65
Décembre	86
TOTAL	2 309

2.2 Prélèvement d'eau destinée à l'usage industriel

Le tableau ci-dessous détaille le cumul mensuel du prélèvement d'eau destinée à l'usage industriel de l'année 2024 (eau douce superficielle).

	Prélèvement d'eau (en millions de m ³)
Janvier	1,198
Février	1,137
Mars	1,172
Avril	1,202
Mai	1,180
Juin	1,165
Juillet	1,191
Août	1,189
Septembre	0,578
Octobre	0,307
Novembre	0,310
Décembre	0,433
TOTAL	11,061

2.3 Prélèvement d'eau destinée à l'usage domestique

Le tableau ci-dessous détaille le cumul mensuel du prélèvement d'eau destiné à l'usage domestique de l'année 2024.

	Prélèvement d'eau (en millions de m ³)
Janvier	0,004
Février	0,002
Mars	0,001
Avril	0,002
Mai	0,001
Juin	0,004
Juillet	0,004
Août	0,002
Septembre	0,003
Octobre	0,004
Novembre	0,005
Décembre	0,005
TOTAL	0,036

2.4 Milieu de prélèvement : comparaison pluriannuelle, prévisionnel, valeurs limites et maintenance

2.4.1 Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel des prélèvements d'eau pour 2024

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de prélèvement des années 2022 à 2024 avec la valeur du prévisionnel 2024.

Année	Milieu	Volume (milliers de m ³)
2022	Eau de mer : La manche	1 624 000
2023		2 297 961
2024		2 309 335
Prévisionnel 2024		2 350 000
2022	Eau de rivière : l'Yères	255
2023		330
2024		269
Prévisionnel 2024		380

Commentaires : Le volume annuel d'eau prélevé est cohérent au prévisionnel qui avait été défini pour l'année 2024, compte tenu du temps effectif de fonctionnement des tranches.

2.4.2 Comparaison aux valeurs limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des débits instantanés et des volumes d'eau prélevés cette année avec les valeurs limites de prélèvement fixées par la décision ASN n° 2008-DC-0089.

Milieu	Limites de prélèvement		Prélèvement		Unité
	Prescriptions	Valeur	Valeur maximale	Valeur moyenne	
Rivière	Débit instantané	400	354	319	m ³ / s
	Volume journalier	9 600	8 400**	1692	m ³
	Volume annuel	600 000	268 999*	S.O.	m ³

*Correspond au volume annuel prélevé

**Valeur théorique calculée avec le débit maximum des pompes

Commentaires : Les valeurs maximales observées sont inférieures aux limites autorisées.

2.5 Principales opérations de maintenance intervenues sur les équipements et ouvrages de prélèvements

L'année 2024 n'a pas été concernée par des actions de maintenance (hors maintenance programmée) et aucune intervention ou opération de maintenance anticipée n'ont été nécessaires.

2.6 Opérations exceptionnelles de prélèvements

Le CNPE de Penly n'a pas réalisé d'opération exceptionnelle de prélèvement d'eau dans le milieu marin en 2024.

3 Restitution et consommation d'eau

3.1 Restitution d'eau

La restitution d'eau du CNPE de Penly pour l'année 2024 est présentée dans le tableau ci-dessous.

		Restitution d'eau			Unités
		Eau de refroidissement	Rejets radioactifs	Rejets industriels non radioactifs	
Restitution mensuelle	Janvier	252	0,001	1,191	millions de m ³
	Février	238	0,002	1,127	
	Mars	247	0,001	1,168	
	Avril	251	0,002	1,187	
	Mai	245	0,002	1,157	
	Juin	241	0,002	1,144	
	Juillet	251	0,003	1,185	
	Août	249	0,004	1,177	
	Septembre	119	0,002	0,563	
	Octobre	66	0,002	0,301	
	Novembre	65	0,001	0,302	
	Décembre	86	0,003	0,413	
TOTAL	Restitution au milieu aquatique	2320			millions de m ³
	Pourcentage de restitution d'eau au milieu aquatique par rapport au prélèvement	99,99			%

3.2 Consommation d'eau

3.2.1 Cumul mensuel

La consommation d'eau correspond à la différence entre la quantité d'eau prélevée et la quantité d'eau restituée au milieu aquatique. Le tableau ci-dessous détaille le cumul mensuel de consommation d'eau de l'année 2024.

	Consommation d'eau (en milliers de m3)
Janvier	9,23
Février	9,51
Mars	3,33
Avril	14,60
Mai	21,74
Juin	22,03
Juillet	7,80
Août	9,90
Septembre	15,08
Octobre	7,97
Novembre	12,14
Décembre	21,35
TOTAL	154,68

4 Rejets d'effluents

Comme beaucoup d'autres activités industrielles, l'exploitation d'un CNPE entraîne des rejets d'effluents à l'atmosphère et par voie liquide. Une réglementation stricte encadre ces différents rejets, qu'ils soient radioactifs ou non.

Chaque CNPE a mis en place une organisation afin d'assurer une gestion optimisée des effluents visant notamment à :

- réduire à la source la production d'effluents, notamment par le recyclage,
- réduire les rejets de substances radioactives ou chimiques au moyen de traitements appropriés,
- optimiser la production de déchets et valoriser les déchets conventionnels qui peuvent l'être.

Les rejets d'effluents se présentent sous différentes formes :

- les rejets radioactifs liquides et atmosphériques, qui peuvent contenir :
 - o Tritium,
 - o Carbone 14,
 - o Iode,
 - o Autres produits de fission ou d'activation,
 - o Gaz rares.
- les rejets chimiques liquides classés en deux catégories :
 - o les rejets de substances chimiques associées aux effluents radioactifs liquides ou eaux non radioactives issues des salles des machines,

- les rejets de produits issus des autres circuits non radioactifs (circuit de refroidissements des condenseurs, station de déminéralisation, station d'épuration).
- les rejets chimiques atmosphériques : un CNPE émet peu de substances chimiques par voie atmosphérique. Les émissions proviennent des groupes électrogènes de secours constitués de moteurs diesels ou de turbines à combustion consommant du gasoil, de pertes de fluides frigorigènes, du renouvellement de calorifuges dans le bâtiment réacteur et d'émanations de certaines substances volatiles utilisées pour la protection et le traitement des circuits.
- les rejets thermiques : quel que soit le mode de refroidissement (ouvert ou fermé) d'un CNPE, l'échauffement du milieu aquatique est limité par la réglementation propre à chaque CNPE.

Optimisés, réduits, traités et surveillés, les rejets d'effluents radioactifs atmosphériques et liquides génèrent une exposition des populations plus de 100 fois inférieure à la limite réglementaire d'exposition reçue par une personne du public fixée à 1mSv/an dans l'article R1333-8 du code de la santé publique.

4.1 Rejets d'effluents à l'atmosphère

4.1.1 Rejets d'effluents à l'atmosphère radioactifs

Pour les tranches en fonctionnement, il existe deux sources de rejets d'effluents radioactifs à l'atmosphère :

- les effluents dits « hydrogénés » proviennent du dégazage des effluents liquides issus du circuit primaire. Afin d'éviter tout mélange avec l'oxygène de l'air, ces effluents hydrogénés sont collectés et stockés, au minimum 30 jours dans des réservoirs où une surveillance régulière est effectuée. Durant ce temps, la radioactivité décroît naturellement, ce qui réduit d'autant l'impact environnemental. Les effluents sont contrôlés avant leur rejet. Pendant leur rejet, ils subissent systématiquement des traitements tels que la filtration à Très Haute Efficacité (filtres THE) qui permet de retenir les poussières radioactives. Ces rejets occasionnels sont dits « concertés ».
- Les effluents dits « aérés » qui proviennent de la collecte des événements des circuits de traitement des effluents liquides radioactifs, de la dépressurisation du bâtiment du réacteur ainsi que de l'air de la ventilation des locaux de l'îlot nucléaire. La ventilation maintient les locaux en légère dépression par rapport à l'extérieur et évite ainsi les pertes de gaz ou de poussières contaminées vers l'environnement. Les opérations de dépressurisation de l'air du bâtiment réacteur conduisent à des rejets dits « concertés ». L'air de ventilation transite par des filtres THE et, dans certains circuits, sur des pièges à iodes à charbon actif avant d'être rejeté en continu à la cheminée. Ces rejets sont dits « permanents ».

Ces deux types d'effluents sont rejetés dans l'atmosphère par une cheminée dédiée à la sortie de laquelle est réalisé, en permanence, un contrôle de l'activité rejetée.

Les cinq catégories de radionucléides réglementés dans les rejets d'effluents à l'atmosphère sont les gaz rares, le tritium, le carbone 14, les iodes et les autres produits de fission (PF) et produits d'activation (PA) :

- Les principaux gaz rares issus de la réaction de fission sont le xénon 133, le xénon 135, le krypton 85 et le xénon 131. Ce sont des gaz inertes, ils ne sont donc pas retenus par les systèmes de filtration (filtres très haute efficacité THE et pièges à iodes).
- Le tritium est un isotope radioactif de l'hydrogène. C'est un émetteur bêta (électron) de faible énergie. Il est rejeté par les CNPE et très majoritairement issu de l'activation neutronique d'éléments tels que le bore 10 et le lithium 6 présents dans le fluide primaire.
- Le carbone 14 présent dans les rejets des CNPE est produit essentiellement par activation de l'oxygène 17 présent dans l'eau du circuit primaire. Une part plus faible est produite par l'activation de l'azote 14 dissous dans l'eau du circuit primaire.
- Les iodes présents dans les rejets d'effluents radioactifs du CNPE (principalement l'iode 131 et l'iode 133) sont des produits de fission, créés dans le combustible par fission des atomes d'uranium ou de plutonium.
- Les autres produits de fission (PF) et produits d'activation (PA) émetteurs β ou γ , correspondent principalement au césium et au cobalt.

4.1.1.1 Règles spécifiques de comptabilisation

Ces règles s'appuient en premier lieu sur la définition de « spectres de référence », en fonction du type de rejet (liquides ou atmosphériques). Ces rejets sont constitués d'une liste de radionucléides à identifier par les moyens de mesure adéquats. Cette liste a été déterminée par une étude réalisée de 1996 à 1999 sur l'ensemble du parc des CNPE d'EDF. Toutes les substances figurant dans plus de 90 % des analyses figurent dans cette liste. Des radionucléides comme l'iode, peu présent dans les rejets, figurent également dans cette liste, mais pour des raisons historiques.

La deuxième règle fondamentale consiste à déclarer obligatoirement une activité rejetée pour les radionucléides appartenant à ces différents « spectres de référence ». Les radionucléides dont l'activité mesurée est inférieure au seuil de décision¹ donnent lieu à une comptabilisation d'activité rejetée égale au SD.

Les cumuls mensuels sont établis par sommation des activités rejetées pour chacun des rejets d'effluents du mois considéré. Les cumuls annuels sont égaux à la somme des cumuls mensuels.

4.1.1.2 Spectre de référence des rejets radioactifs à l'atmosphère

Le bilan des rejets d'effluents réalisés à l'atmosphère est déterminé pour chacune des cinq familles de radionucléides réparties comme suit :

- les gaz rares,
- le Tritium,
- le Carbone 14,
- les Iodes,
- les autres produits de fission ou d'activation émetteurs bêta et/ou gamma (PF-PA).

¹ D'après le Bilan de l'état radiologique de l'environnement français de l'IRSN : « *Le seuil de décision est la valeur minimale que doit avoir la mesure d'un échantillon pour que le métrologue puisse « décider » que cette activité est présente et donc mesurée. En dessous de cette valeur, l'activité de l'échantillon est donc trop faible pour être estimée. Ce seuil de décision dépend de la performance et du rayonnement ambiant autour des moyens métrologiques utilisés.* »

Le tableau ci-dessous est un rappel du spectre de référence des rejets radioactifs à l'atmosphère.

Paramètres	Radionucléide
Gaz rares	^{41}Ar
	^{85}Kr
	$^{131\text{m}}\text{Xe}$
	^{133}Xe
	^{135}Xe
Tritium	^3H
Carbone 14	^{14}C
Iodes	^{131}I
	^{133}I
Produits de fission et d'activation	^{58}Co
	^{60}Co
	^{134}Cs
	^{137}Cs

4.1.1.3 Cumul mensuel

Les cumuls mensuels des rejets d'effluents radioactifs pour les tranches en fonctionnement à l'atmosphère sont donnés dans le tableau suivant.

	⁴¹ Ar (GBq)	⁸⁵ Kr (GBq)	^{131m} Xe (GBq)	¹³³ Xe (GBq)	¹³⁵ Xe (GBq)	¹³¹ I (GBq)	¹³³ I (GBq)	⁵⁸ Co (GBq)	⁶⁰ Co (GBq)	¹³⁴ Cs (GBq)	¹³⁷ Cs (GBq)
Janvier	2,47E+00	/	1,46E-02	3,26E+01	2,41E+01	3,31E-04	2,26E-03	6,65E-05	7,97E-05	7,26E-05	6,78E-05
Février	3,31E+00	7,72E+01	6,06E-02	3,28E+01	2,37E+01	3,39E-04	1,91E-03	6,11E-05	8,08E-05	7,50E-05	7,21E-05
Mars	3,90E+00	/	/	5,38E+01	2,56E+01	6,22E-04	2,33E-03	6,44E-05	7,65E-05	7,38E-05	7,14E-05
Avril	1,87E+00	/	/	2,75E+01	2,23E+01	2,62E-04	1,40E-03	6,31E-05	7,60E-05	7,62E-05	7,08E-05
Mai	3,44E+00	6,64E+01	4,14E-01	3,07E+01	2,32E+01	3,17E-04	1,26E-03	6,96E-05	8,47E-05	7,45E-05	7,67E-05
Juin	2,70E+00	2,28E-02	2,33E-03	3,39E+01	2,14E+01	3,13E-04	1,36E-03	6,10E-05	7,79E-05	7,18E-05	7,21E-05
Juillet	2,88E+00	3,94E+01	1,02E+00	3,40E+01	2,49E+01	4,63E-04	1,89E-03	6,36E-05	8,06E-05	7,44E-05	7,38E-05
Août	2,76E+00	3,15E+01	9,78E-01	3,21E+01	2,29E+01	2,56E-02	2,81E-02	6,63E-05	8,25E-05	7,35E-05	7,33E-05
Septembre	1,16E+01	1,75E-02	1,37E-02	5,12E+01	3,22E+01	7,68E-03	1,31E-03	7,88E-05	8,38E-05	7,99E-05	7,66E-05
Octobre	/	1,43E+01	1,85E-01	3,14E+01	2,52E+01	4,28E-04	1,37E-03	8,19E-05	1,00E-04	9,00E-05	8,27E-05
Novembre	2,00E-02	/	/	3,74E+01	2,85E+01	3,24E-04	1,59E-03	8,15E-05	9,89E-05	9,23E-05	8,55E-05
Décembre	3,56E-01	2,21E+01	4,74E-02	2,56E+01	1,99E+01	3,10E-04	1,25E-03	7,08E-05	8,75E-05	8,02E-05	7,70E-05
TOTAL ANNUEL	3,53E+01	2,51E+02	2,74E+00	4,23E+02	2,97E+02	3,70E-02	4,60E-02	8,29E-04	1,01E-03	9,34E-04	9,00E-04

	Volumes rejetés (m ³)	Activités gaz rares (GBq)	Activité Tritium (GBq)	Activité Carbone 14 (GBq)	Activités Iodes (GBq)	Activités Autres PF et PA* (GBq)
Janvier	3,43E+08	5,92E+01	6,24E+01	2,28E+01	2,59E-03	2,87E-04
Février	3,33E+08	1,37E+02	5,46E+01		2,25E-03	2,89E-04
Mars	3,67E+08	8,34E+01	5,06E+01		2,95E-03	2,86E-04
Avril	3,25E+08	5,17E+01	3,86E+01	5,76E+01	1,66E-03	2,86E-04
Mai	3,77E+08	1,24E+02	4,27E+01		1,58E-03	3,05E-04
Juin	3,62E+08	6,08E+01	4,72E+01		1,67E-03	2,83E-04
Juillet	3,63E+08	1,02E+02	4,89E+01	1,28E+02	2,36E-03	2,92E-04
Août	3,72E+08	9,01E+01	4,85E+01		5,37E-02	2,96E-04
Septembre	3,61E+08	9,51E+01	6,19E+01		8,99E-03	3,19E-04
Octobre	3,97E+08	7,12E+01	8,43E+01	1,21E+02	1,80E-03	3,55E-04
Novembre	4,49E+08	6,60E+01	5,67E+01		1,92E-03	3,58E-04
Décembre	3,57E+08	6,79E+01	3,13E+01		1,56E-03	3,15E-04
TOTAL ANNUEL	4,41E+09	1,01E+03	6,28E+02	3,29E+02	8,30E-02	3,67E-03

*PF et PA hors C14 et Ni63

Il a été vérifié que les rejets ne présentent pas d'activité volumique alpha globale d'origine artificielle supérieure aux seuils de décision.

Il a été vérifié que les rejets au niveau des cheminées annexes ne présentent pas d'activité volumique bêta globale d'origine artificielle supérieure à 1E-3 Bq.

4.1.1.4 Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2024 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2024 pour les tranches en fonctionnement.

Année	Rejets par catégorie de radionucléides (GBq)				
	Gaz rares	Tritium	Carbone 14	Iodes	Autres produits de fission et d'activation
2022	593	542	737	0,045	0,0048
2023	624	663	123	0,025	0,004
2024	1010	628	329	0,083	0,004
Prévisionnel 2024	750	750	800	0,040	0,006

Commentaires : Les rejets radioactifs à l'atmosphère en tritium, PF/PA sont cohérents avec les valeurs du prévisionnel 2024.

Les valeurs en gaz rares et en iodes sont supérieures au prévisionnel, cela est dû à un défaut de gainage du combustible en tranche 1, traité lors de l'arrêt de tranche.

La valeur en carbone 14 est inférieure au prévisionnel, cela est la conséquence des arrêts de tranches.

4.1.1.5 Comparaison aux valeurs limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2024 avec les valeurs limites de rejets fixées par la décision ASN n° 2008-DC-0090.

Paramètres	Localisation prélèvement	Limites annuelles de rejet		Rejet	
		Prescriptions	Valeur	Valeur maximale	Valeur moyenne
Gaz rares	Installation	Activité annuelle rejetée (GBq/an)	45000	1010*	SO
	Tranche 1	Débit instantané (Bq/s)	1,12E+07	3,29E+06	1,24E+06
	Tranche 2	Débit instantané (Bq/s)	1,12E+07	5,94E+05	4,11E+05
Tritium	Installation	Activité annuelle rejetée (GBq/an)	8000	628*	SO
	Tranche 1	Débit instantané (Bq/s)	1,25E+06	2,41E+04	1,21E+04
	Tranche 2	Débit instantané (Bq/s)	1,25E+06	2,48E+04	1,10E+04
Iodes	Installation	Activité annuelle rejetée (GBq/an)	0,8	0,083*	SO
	Tranche 1	Débit instantané (Bq/s)	1,25E+02	5,45E+01	5,64E+00
	Tranche 2	Débit instantané (Bq/s)	1,25E+02	1,04E+00	5,37E-01
Autres PF/PA	Installation	Activité annuelle rejetée (GBq/an)	0,8	0,004*	SO
	Tranche 1	Débit instantané (Bq/s)	1,25E+02	9,60E-02	7,99E-02
	Tranche 2	Débit instantané (Bq/s)	1,25E+02	7,89E-02	5,76E-02
Carbone 14	Installation	Activité annuelle rejetée (GBq/an)	1400	3,29E+02*	SO

*Correspond à l'activité annuelle rejetée

Commentaires : Les rejets radioactifs à l'atmosphère ainsi que les débits instantanés respectent les valeurs limites de rejets de la décision ASN n°2008-DC-0090.

4.1.2 Evaluation des rejets diffus d'effluents radioactifs à l'atmosphère

Les rejets radioactifs diffus ont notamment pour origine :

- les événements de réservoirs d'entreposage des effluents radioactifs (T, S), le réservoir de stockage de l'eau borée pour le remplissage des piscines,
- les rejets de vapeur du circuit secondaire par le système de décharge à l'atmosphère, susceptibles de renfermer de la radioactivité en cas d'inétanchéité des tubes de générateurs de vapeur.

Ces rejets, ne transitant pas par la cheminée instrumentée, sont dits « diffus », et font l'objet d'une estimation mensuelle par calcul visant notamment à s'assurer de leur caractère négligeable.

Les cumuls mensuels des rejets diffus d'effluents radioactifs à l'atmosphère est donnée dans le tableau suivant :

	Volume des rejets diffus (m ³)	Rejets de vapeur du circuit secondaire		Rejets au niveau des événements des réservoirs d'eau de refroidissement des piscines et d'entreposage des effluents liquides	
		Tritium (Bq)	Iodes (Bq)	Tritium (Bq)	Iodes (Bq)
Janvier	5,22E+03	/	/	8,95E+07	/
Février	5,96E+03	/	/	8,06E+07	/
Mars	1,07E+04	1,05E+08	/	6,20E+07	/
Avril	5,68E+03	/	/	6,88E+07	/
Mai	6,09E+03	/	/	6,07E+07	/
Juin	6,83E+03	/	/	4,72E+07	/
Juillet	6,34E+03	/	/	5,29E+07	/
Août	1,15E+04	1,00E+08	/	4,70E+07	/
Septembre	1,91E+04	5,00E+08	/	2,74E+07	/
Octobre	7,71E+03	/	/	2,67E+07	/
Novembre	1,31E+04	/	/	2,15E+07	/
Décembre	2,28E+04	2,50E+08	/	3,18E+06	/
TOTAL ANNUEL	1,21E+05	9,55E+08	0	5,87E+08	0

4.1.3 Evaluation des rejets diffus d'effluents à l'atmosphère non radioactifs

Les CNPE engendrent également des rejets d'effluents à l'atmosphère non radioactifs dont les origines sont :

- Le lessivage chimique des générateurs de vapeur : l'encrassement des générateurs de vapeur peut nécessiter un lessivage chimique à l'origine de rejets chimiques à l'atmosphère (ammoniac...) qui nécessitent une autorisation administrative ; ces rejets sont, soit mesurés, soit estimés par calcul en fonction des quantités de produits chimiques utilisés. Non réalisé à Penly en 2024.
- Les émissions des groupes électrogènes de secours : les groupes électrogènes de secours composés de moteurs diesel, les Turbines à Combustion (TAC) et les Diesels d'Ultime Secours (DUS) fonctionnant au gasoil sont destinés uniquement à alimenter des systèmes de sécurité et/ou à prendre le relais de l'alimentation électrique principale en cas de défaillance de celle-ci. Ils ont donc un rôle majeur en termes de sûreté nucléaire. Les émissions des gaz de combustion (SO₂, NO_x) de ces matériels de petites puissances sont faibles sachant qu'ils ne fonctionnent que peu de temps (moins de 50 h/an par diesel) lors des essais périodiques ou d'incidents.
- Les émissions de fluides frigorigènes. En effet, un CNPE est équipée de groupes frigorifiques pour assurer la production d'eau glacée et pour la réfrigération des locaux techniques et administratifs. Ces matériels utilisent des produits pouvant accroître l'effet de serre. Le fonctionnement des matériels et les opérations de maintenance conduisent à des émissions de fluides frigorigène. Ces émissions sont

réglementairement déclarées et comptabilisées et des actions sont prises pour remédier à la situation.

- Les opérations de maintenance effectuées dans les bâtiments réacteur des CNPE : Lors de ces opérations, une quantité plus ou moins importante de calorifuges est changée par des produits neufs. Pendant les phases de montée en température correspondant à la remise en service des installations, certains types de calorifuges émettent, par dégradation thermique, des vapeurs formolées dans l'enceinte, qui peuvent être à l'origine de rejets de monoxyde de carbone.
- Le conditionnement de circuit à l'arrêt : à l'occasion des arrêts de tranche pour une durée supérieure à une semaine, la conservation humide des générateurs de vapeur permet de s'affranchir du risque de corrosion des matériaux constitutifs et de disposer d'une barrière biologique (écran d'eau) pour réaliser des travaux environnants. Les générateurs de vapeur sont alors remplis avec de l'eau déminéralisée conditionnée à l'hydrazine et additionnée avec de l'ammoniaque dans des proportions définies dans les spécifications chimiques de conservation à l'arrêt.

4.1.3.1 Rejets d'oxyde de soufre et d'azote

La quantité annuelle évaluée d'oxyde de soufre (SOx) et d'azote (NOx) rejetée dans l'atmosphère lors du fonctionnement périodique des groupes électrogènes de secours (moteurs Diesels) et des diesels ultimes de secours (DUS) ayant fonctionné pendant 139 heures, ainsi que des groupes d'ultimes secours (GUS) ayant fonctionné pendant 43 heures. Le total sur les 2 tranches pour 2024 est de :

Paramètre	Unité	Groupe électrogène	TOTAL
SOx	kg	1,69E+00	1,69E+00
NOx	kg	4,58E+04	4,58E+04

4.1.3.2 Rejets de formaldéhyde et de monoxyde de carbone

En 2024, 211 m³ de calorifuges dans les enceintes des bâtiments réacteurs ont été renouvelés.

Ce volume donne une estimation des concentrations maximales ajoutées dans l'atmosphère.

Concentration calculée	Unité	Paramètres	EBA/ETY
Concentration maximale ajoutée dans l'atmosphère	mg/m ³	Formaldéhyde	7,21E-03
		Monoxyde de carbone	6,73E-03

4.1.3.3 Rejets de substances volatiles en lien avec le conditionnement de circuits à l'arrêt

L'estimation du rejet des espèces volatiles est la suivante :

Paramètre	Unité	TOTAL
Ammoniac	kg	9,52
Ethanolamine		4,80

4.1.3.4 Bilan des émissions de gaz à effet de serre et de fluides frigorigènes

Un bilan des émissions de gaz à effet de serre et de fluides frigorigènes est réalisé annuellement par le CNPE de Penly.

L'estimation des émissions de gaz à effet de serre et de fluides frigorigènes est la suivante :

Paramètre	Masse en kg	Tonne équivalent CO ₂
Hydrogéo-fluoro-carbone (HFC)	8,42	12,64
Hexafluorure de soufre (SF6)	169,03	4259,43
Total des émissions de GES en tonne équivalent CO₂		4272,07

Dans le respect de la réglementation relative aux systèmes d'échanges de quota d'émissions de gaz à effet de serre, le CNPE déclare chaque année les émissions de CO₂ provenant de l'activité de combustion de combustibles dans les installations dont la puissance thermique totale de combustion est supérieure à 20 MW. Pour l'année 2024, les émissions liées à cette activité représentent 248 tonne équivalent CO₂.

L'équivalent CO₂ total des émissions de GES du CNPE constituées des pertes de fluides frigorigène et SF6 et de la combustion des diesels de secours, représente $2,85 \cdot 10^{-1}$ gCO₂ / kWh électrique produit, la production annuelle nette d'électricité ayant été de 15,84 TWh sur l'année 2024.

4.1.4 Principales opérations de maintenance intervenues sur les équipements et ouvrages de rejets d'effluents à l'atmosphère

L'année 2024 n'a pas été concernée par des actions de maintenance (hors maintenance programmée) et aucune intervention ou opération de maintenance anticipée n'ont été nécessaires.

4.1.5 Opérations exceptionnelles de rejets d'effluents à l'atmosphère

Le CNPE de Penly n'a pas réalisé d'opération exceptionnelle de rejets d'effluents à l'atmosphère en 2024.

4.2 Rejets d'effluents liquides

4.2.1 Rejets d'effluents liquides radioactifs

Lorsque l'on exploite un CNPE en fonctionnement, des effluents liquides radioactifs sont produits :

- Les effluents provenant du circuit primaire dits « effluents primaires hydrogénés » contiennent des gaz de fission (xénons, iodes, césiums, ...) et des produits d'activation (cobalts, manganèse, tritium, carbone 14...) et de fission. Ces effluents sont essentiellement produits en phase d'exploitation du fait des mouvements d'eau

primaire effectués lors des variations de puissance ou de l'ajustement des paramètres chimiques de l'eau du réacteur.

- Les effluents issus des circuits auxiliaires dits « effluents usés » constituent le reste des effluents. Ils résultent principalement des opérations de maintenance nécessitant des vidanges de circuit (filtres, déminéraliseurs, échangeurs...), des opérations d'évacuation du combustible usé et de conditionnement des résines usées, des actions de maintien de la propreté des installations (lavage du sol et du linge).

La totalité de ces effluents est collectée, puis traitée, pour retenir l'essentiel de la radioactivité.

Les effluents issus du circuit primaire sont dirigés vers le circuit de Traitement des Effluents Primaires (TEP). Celui-ci comprend une chaîne de filtration et de déminéralisation, un dégazeur permettant d'envoyer les gaz dissous vers le système de Traitement des Effluents Gazeux (TEG), et une chaîne d'évaporation permettant de séparer l'effluent traité en un distillat (eau) d'activité volumique faible pouvant être recyclé ou rejeté le cas échéant, et en un concentrat renfermant le bore, qui est généralement recyclé vers le circuit primaire.

Les effluents liquides oxygénés recueillis dans les puisards des différents locaux sont dirigés vers le circuit de Traitement des Effluents Usés (TEU) où ils sont traités. Collectés sélectivement suivant plusieurs catégories (résiduaire, chimiques, planchers, servitudes), le traitement de ces effluents, approprié à leurs caractéristiques physico-chimiques, peut se faire :

- par filtration et déminéralisation (résines échangeuses d'ions) permettant de retenir l'essentiel de la radioactivité,
- sur chaîne d'évaporation, permettant d'obtenir d'une part un distillat épuré chimiquement et d'activité faible, et d'autre part un concentrat composé principalement d'acide borique,
- par filtration pour les drains de planchers et servitudes (laverie, douches...) peu radioactifs.

Les effluents sont ensuite acheminés vers des réservoirs d'entreposage dénommés réglementairement T ou S, où ils sont analysés, sur le plan radioactif et sur le plan chimique, avant d'être rejetés, en respectant la réglementation.

Les eaux issues des salles des machines (groupe turbo-alternateur) ne sont pas considérées comme des effluents radioactifs au sens de la réglementation (article 2.3.3 de la décision n°2017-DC-0588). Ces eaux sont collectées sans traitement préalable vers des réservoirs dénommés réglementairement Ex où elles sont contrôlées avant d'être rejetées.

4.2.1.1 Règles spécifiques de comptabilisation

Ces règles s'appuient en premier lieu sur la définition de « spectres de référence », en fonction du type de rejet (liquides ou atmosphériques). Ces rejets sont constitués d'une liste de radionucléides à identifier par les moyens de mesure adéquats. Cette liste a été déterminée par une étude réalisée de 1996 à 1999 sur l'ensemble du parc des CNPE d'EDF. Toutes les substances figurant dans plus de 90 % des analyses figurent dans cette liste. Des radionucléides comme l'iode, peu présent dans les rejets, figurent également dans cette liste, mais pour des raisons historiques.

La deuxième règle fondamentale consiste à déclarer obligatoirement une activité rejetée pour les radionucléides appartenant à ces différents « spectres de référence ». Les

radionucléides dont l'activité mesurée est inférieure au seuil de décision¹ donnent lieu à une comptabilisation d'activité rejetée égale au SD.

Les cumuls mensuels sont établis par sommation des activités rejetées pour chacune des catégories d'effluents du mois considéré (T, S, Ex). Les cumuls annuels sont égaux à la somme des cumuls mensuels.

4.2.1.2 Spectre de référence des rejets d'effluents radioactifs liquides

Le bilan des rejets d'effluents radioactifs liquides est déterminé pour chacune des quatre familles de radionucléides réparties comme suit :

- le Tritium,
- le Carbone 14,
- les Iodes,
- les autres produits de fission ou d'activation émetteurs bêta et/ou gamma (PF-PA).

Le tableau ci-dessous est un rappel du spectre de référence des rejets radioactifs liquides pour les tranches en fonctionnement.

Paramètres	Radionucléide
Tritium	³ H
Carbone 14	¹⁴ C
Iodes	¹³¹ I
Produits de fission et d'activation	⁵⁴ Mn
	⁶³ Ni
	⁵⁸ Co
	⁶⁰ Co
	^{110m} Ag
	^{123m} Te
	¹²⁴ Sb
	¹²⁵ Sb
	¹³⁴ Cs
	¹³⁷ Cs

¹ D'après le Bilan de l'état radiologique de l'environnement français de l'IRSN : « Le seuil de décision est la valeur minimale que doit avoir la mesure d'un échantillon pour que le métrologue puisse « décider » que cette activité est présente et donc mesurée. En dessous de cette valeur, l'activité de l'échantillon est donc trop faible pour être estimée. Ce seuil de décision dépend de la performance et du rayonnement ambiant autour des moyens métrologiques utilisés. »

4.2.1.3 Cumul mensuel

Le cumul mensuel des rejets d'effluents radioactifs liquides pour les tranches en fonctionnement est donné dans le tableau suivant :

	¹³¹ I (GBq)	⁵⁴ Mn (GBq)	⁶³ Ni (GBq)	⁵⁸ Co (GBq)	⁶⁰ Co (GBq)	^{110m} Ag (GBq)	^{123m} Te (GBq)	¹²⁴ Sb (GBq)	¹²⁵ Sb (GBq)	¹³⁴ Cs (GBq)	¹³⁷ Cs (GBq)	⁵¹ Cr (GBq)	⁵⁹ Fe (GBq)
Janvier	7,00E-04	6,08E-04	1,45E-03	5,78E-04	4,09E-03	6,11E-04	5,52E-04	6,11E-04	1,91E-03	6,15E-04	6,91E-04	/	/
Février	1,07E-03	1,10E-03	2,57E-03	1,02E-03	2,92E-02	1,13E-03	8,47E-04	1,02E-03	2,95E-03	1,02E-03	1,26E-03	/	/
Mars	7,07E-04	6,15E-04	2,70E-03	6,17E-04	1,03E-02	6,84E-04	5,60E-04	6,19E-04	1,91E-03	6,36E-04	7,73E-04	/	/
Avril	1,07E-03	8,67E-04	3,68E-03	1,77E-03	1,50E-02	1,11E-03	8,38E-04	9,60E-04	2,78E-03	9,91E-04	1,19E-03	/	/
Mai	10,00E-04	7,95E-04	2,06E-03	8,01E-04	3,31E-03	8,50E-04	8,18E-04	8,78E-04	2,65E-03	8,95E-04	9,68E-04	/	/
Juin	1,04E-03	8,52E-04	2,37E-03	9,05E-04	1,49E-02	9,07E-04	8,24E-04	9,45E-04	2,76E-03	9,46E-04	1,01E-03	/	/
Juillet	1,35E-03	1,29E-03	5,88E-03	1,29E-03	1,18E-02	1,61E-03	1,08E-03	1,13E-03	3,58E-03	1,16E-03	1,36E-03	/	/
Août	1,68E-03	1,37E-03	4,33E-03	1,31E-03	6,57E-03	1,40E-03	1,35E-03	1,43E-03	4,30E-03	1,44E-03	1,52E-03	/	/
Septembre	1,08E-03	8,62E-04	2,86E-03	1,58E-03	4,70E-03	8,45E-04	8,14E-04	9,14E-04	2,67E-03	9,21E-04	9,78E-04	/	/
Octobre	1,10E-03	8,87E-04	2,82E-03	4,34E-02	3,73E-03	9,96E-04	2,51E-03	1,77E-03	3,06E-03	1,01E-03	1,12E-03	1,24 ^E -02	/
Novembre	6,10E-04	5,49E-04	1,74E-03	3,17E-03	7,11E-03	5,43E-04	2,72E-03	5,64E-04	1,64E-03	5,70E-04	6,28E-04	/	4,02 ^E -04
Décembre	1,43E-03	1,21E-03	4,15E-03	1,71E-02	5,95E-03	1,26E-03	1,17E-03	1,42E-03	3,90E-3	1,30E-03	1,44E-03	/	/
TOTAL ANNUEL	1,28E-02	1,10E-02	3,66E-02	7,35E-02	1,17E-01	1,19E-02	1,41E-02	1,23E-02	3,41E-02	1,15E-02	1,29E-02	1,24 ^E -02	4,02 ^E -04

	Volumes T (KER) rejetés (m ³)	Volumes EX (SEK) rejetés (m ³)	Activité Tritium (GBq)	Activité Carbone 14 (GBq)	Activités Iodes (GBq)	Activités Autres PF et PA (GBq)
Janvier	1,44 ^E +03	3,62 ^E +03	8,01 ^E +03	4,18 ^E +00	7,00 ^E -04	1,17E-02
Février	2,14 ^E +03	3,83 ^E +03	7,45 ^E +03	3,95 ^E +00	1,07 ^E -03	4,21E-02
Mars	1,42 ^E +03	4,17 ^E +03	5,51 ^E +03	3,35 ^E +00	7,07 ^E -04	1,94E-02
Avril	2,16 ^E +03	3,37 ^E +03	6,09 ^E +03	3,89 ^E +00	1,07 ^E -03	2,91E-02
Mai	2,14 ^E +03	3,95 ^E +03	5,60 ^E +03	4,15 ^E +00	10,00 ^E -04	1,40E-02
Juin	2,16E+03	4,67 ^E +03	4,31 ^E +03	5,20 ^E +00	1,04 ^E -03	2,64E-02
Juillet	2,80 ^E +03	3,42 ^E +03	4,40 ^E +03	5,03 ^E +00	1,35 ^E -03	3,02E-02
Août	3,52 ^E +03	2,81 ^E +03	4,00 ^E +03	7,90 ^E +00	1,68 ^E -03	2,50E-02
Septembre	2,13 ^E +03	1,00 ^E +04	1,34 ^E +03	3,62 ^E +00	1,08 ^E -03	1,72E-02
Octobre	2,15 ^E +03	3,46 ^E +03	8,58 ^E +02	1,82 ^E +00	1,10 ^E -03	7,37E-02
Novembre	1,29 ^E +03	9,29 ^E +03	4,85 ^E +02	2,61 ^E -01	6,10 ^E -04	1,96E-02
Décembre	2,96 ^E +03	1,48 ^E +04	2,99 ^E +02	2,04 ^E -01	1,43 ^E -03	3,88E-02
TOTAL ANNUEL	2,63E+04	6,74E+04	4,84E+04	4,36E+01	1,28E-02	3,47E-01

*Autres PF et PA : hors C14, avec Ni63

Il a été vérifié que les rejets ne présentent pas d'activité volumique alpha globale d'origine artificielle supérieure aux seuils de décision.

4.2.1.4 Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejet de l'année 2024 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2024 pour les tranches en fonctionnement.

	Rejets par catégorie de radionucléides (GBq)			
	Tritium	Carbone 14	Iodes	Autres PA et PF
2022	22 200	17,20	0,00793	0,34
2023	35 696	10,25	0,011	0,44
2024	48 400	43,60	0,013	0,35
Prévisionnel 2024	45 000	45	0,015	0,45

Commentaires : Les rejets radioactifs liquides sont cohérents avec les valeurs du prévisionnel 2024.

Seules les valeurs en tritium sont au-dessus du prévisionnel, cela est lié au detritage des tranches.

4.2.1.5 Comparaison aux limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2024 avec les valeurs limites de rejets fixées par la décision n°2008-DC-0090 pour les tranches en fonctionnement.

Paramètres	Limites annuelles de rejet		Rejet
	Prescriptions	Valeur	Valeur
Tritium	Activité annuelle rejetée (GBq)	80 000	48 400
	Débit d'activité maximum (Bq/s)	3,68 ^{E+07}	1,52E+07
Carbone 14	Activité annuelle rejetée (GBq)	190	43,60
Iodes	Activité annuelle rejetée (GBq)	0,1	0,013
	Débit d'activité maximum (Bq/s)	4,60 ^{E+04}	4,97
Autres PA et PF	Activité annuelle rejetée (GBq)	25	0,31
	Débit d'activité maximum (Bq/s)	3,22 ^{E+05}	7,07E+02

Commentaires : Les limites réglementaires de rejets ont été respectées.

4.2.1.6 Surveillance des eaux réceptrices

Des prélèvements d'eau de mer sont réalisés lors de chaque rejet d'effluents liquides radioactifs (à mi-rejet). Des prélèvements journaliers sont également réalisés en dehors des périodes de rejet. Plusieurs analyses sont réalisées sur ces échantillons d'eau filtrée (mesure de l'activité bêta globale, du tritium et de la teneur en potassium sur l'eau et mesures de l'activité bêta globale sur les matières en suspension). Ces analyses permettent de s'assurer du respect des valeurs d'activité volumique limites fixées par la réglementation.

Les résultats des mesures réalisées sur les eaux de surface pour l'année 2024 sont donnés dans le tableau suivant (valeurs moyennes et maximales) :

Paramètre analysé	Activité volumique horaire à mi-rejet			Activité volumique : moyenne journalière			
	Valeur moyenne mesurée en 2024	Valeur maximale mesurée en 2024	Limite réglementaire	Valeur moyenne mesurée en 2024	Valeur maximale mesurée en 2024	Limite réglementaire	
Eau filtrée	Activité bêta globale (Bq/l)	1,13E+01	1,25E+01	18	S-O	S-O	S-O
	Tritium (Bq/l)	2,60E+02	5,03E+02	1800	2,27E+01	3,32E+02	900(1)/100(2)
	Potassium (mg/l)	3,90E+02	4,20E+02	S-O	S-O	S-O	S-O
Matières en suspension	Activité bêta globale (Bq/kg sec)	7,34E-02	4,40E-01	S-O	S-O	S-O	S-O

(1) en présence de rejets radioactifs / (2) en l'absence de rejets radioactifs

Commentaires : Les mesures de surveillance dans les eaux de surface pour l'année 2024 sont cohérentes avec les valeurs attendues du fait des rejets d'effluents autorisés du CNPE.

4.2.2 Rejets d'effluents liquides chimiques

Le fonctionnement d'un CNPE nécessite l'utilisation de substances chimiques et donne lieu à des rejets chimiques par voie liquide dans l'environnement.

Ces rejets d'effluents chimiques sont issus :

- des produits de conditionnement des circuits primaire, secondaire et auxiliaires utilisés pour garantir l'intégrité des matériels contre la corrosion (rejets chimiques associés aux effluents radioactifs ou non)
- de la production d'eau déminéralisée,
- du traitement des eaux vannes (eaux rejetées par les installations domestiques),
- des traitements des circuits du refroidissement à l'eau brute contre les dépôts de tartre et le développement des micro-organismes.

Les principales substances utilisées sont :

- l'acide borique (H_3BO_3) : le bore contenu dans cet acide est « avide » des neutrons produits lors de la réaction nucléaire. C'est une substance neutrophage, qui permet

donc le contrôle de la réaction de fission et donc le pilotage du réacteur. Ce bore est dissous dans l'eau du circuit primaire.

- la lithine (LiOH) : ce produit est utilisé pour maintenir le pH du circuit primaire. En effet, le bore est sous forme acide. Pour éviter les effets de corrosion liés à cet acide, de la lithine est ajoutée à l'eau du circuit primaire afin d'ajuster le pH à celui de moindre corrosion. La concentration en lithine est donc directement liée à celle du bore.
- l'hydrazine (N₂H₄) : ce produit est utilisé principalement dans le circuit secondaire comme un agent anti-oxydant. Il permet d'éliminer l'oxygène dissous dans le mélange eau-vapeur, et ainsi maintenir là aussi un pH de moindre corrosion du circuit secondaire.
- la morpholine (C₄H₉NO), l'éthanolamine (C₂H₇NO) et l'ammoniaque (NH₄OH) sont des amines volatiles qui peuvent être employées, seules ou en combinaison, pour maintenir le bon pH dans le circuit secondaire. Elles complètent l'action de l'hydrazine. Le mode de conditionnement du circuit secondaire a évolué avec les années pour tenir compte du retour d'expérience interne et étranger. L'éthanolamine (C₂H₇NO), utilisée sur quelques CNPE, constitue une alternative intéressante à la morpholine, en particulier pour la protection des pièces internes des générateurs de vapeur et des purges des sécheurs-surchauffeurs de la turbine.
- le phosphate trisodique (Na₃PO₄) : comme l'hydrazine, le phosphate est utilisé pour le conditionnement des circuits de refroidissement intermédiaires.
- les détergents : ces produits sont régulièrement utilisés pour le nettoyage des locaux industriels ; qu'ils soient en ou hors zone contrôlée. Ils sont également utilisés à la laverie du CNPE pour le nettoyage des tenues d'intervention.

Par ailleurs, l'abrasion et la corrosion naturelles des tubes en laiton des condenseurs peut entraîner des rejets de cuivre et de zinc.

Les autres rejets chimiques réglementés ont pour origine l'installation de production d'eau déminéralisée, le traitement des eaux vannes et usées, dans la station d'épuration, ainsi que le traitement des eaux potentiellement huileuses issues de la salle des machines, des transformateurs principaux. Les rejets des eaux pluviales sont également réglementés au niveau des émissaires de rejet.

Pour lutter contre les salissures biologiques, l'eau de mer alimentant les circuits de refroidissement des sites marins est traitée, du printemps à l'automne, à l'eau de Javel (hypochlorite de sodium) produite in situ par électrolyse de l'eau de mer. Le traitement biocide des circuits ouverts de refroidissement des sites marins conduit à des rejets de composés organohalogénés dont le principal est le bromoforme.

4.2.2.1 Etat des connaissances sur la toxicité de la morpholine / de l'éthanolamine et de leurs produits dérivés

Il n'y a pas d'évolution récente des connaissances sur la toxicité de l'éthanolamine et des sous-produits associés. Les principaux effets connus sont rappelés ci-après.

- L'éthanolamine a des propriétés irritantes (oculaire, cutané, brûlure d'œsophage dans le cas de l'ingestion) et corrosives. Aucune VTR issue des bases de données de référence n'est associée à cette substance.
- Les produits de dégradation de l'éthanolamine sont constitués des ions acétates, formiates, glycolates et oxalates, ainsi que de méthylamine et d'éthylamine. Il s'agit de substances irritantes voire corrosives, qui sont faiblement toxiques dans les conditions de rejet. Aucune VTR issue des bases de données de référence n'est associée à ces substances.

L'étude d'impact n'a pas mis en évidence de risque sanitaire attribuable aux rejets liquides d'éthanolamine et de ses produits dérivés

4.2.2.2 Règles spécifiques de comptabilisation

En application de l'article 3.2.7. -I. de la décision ASN n° 2013-DC-0360 modifiée, une nouvelle règle est appliquée à compter du 1er janvier 2015 pour la comptabilisation des quantités de substances chimiques rejetées. Cette nouvelle règle consiste à retenir par convention une valeur de concentration égale à la limite de quantification divisée par deux lorsque le résultat de la mesure est en dessous de la limite de quantification des moyens métrologiques employés pour effectuer l'analyse.

4.2.2.3 Rejets d'effluents liquides chimiques via les bassins de rejets 1 et 2

4.2.2.3.1 Cumul mensuel

Le cumul mensuel des rejets chimiques transitant par les bassins de rejet est donné dans le tableau suivant :

	Acide borique (kg)	Hydrazine (kg)	Ethanolamine (Kg)	Azote total (Kg)	Phosphates (Kg)	Détergents (Kg)	Métaux totaux (Kg)	MES (Kg)	DCO (Kg)
Janvier	8,20E+01	1,26E-02	7,82E-01	2,62E+02	7,71E+00	7,12E-01	6,44E-01	1,25E+01	6,08E+01
Février	3,35E+02	1,49E-02	8,53E-01	2,93E+02	4,26E+00	6,96E-01	9,38E-01	3,04E+01	4,34E+01
Mars	2,54E+02	1,40E-02	6,11E-01	3,27E+02	6,24E+00	7,28E-01	8,97E-01	2,91E+01	4,99E+01
Avril	4,86E+02	1,38E-02	6,31E-01	2,88E+02	7,62E+00	7,21E-01	7,45E-01	6,28E+00	4,13E+01
Mai	8,57E+01	1,69E-02	1,04E+00	5,35E+02	4,04E+00	6,94E-01	7,46E-01	1,41E+01	4,39E+01
Juin	1,83E+02	1,71E-02	1,22E+00	6,13E+02	3,92E+00	1,43E+00	1,46E+00	3,01E+01	1,24E+02
Juillet	4,06E+02	1,87E-02	9,25E-01	6,16E+02	4,86E+00	7,21E-01	9,08E-01	1,69E+01	6,12E+01
Août	2,92E+02	1,58E-02	7,89E-01	6,25E+02	4,47E+00	7,18E-01	1,24E+00	1,26E+01	7,25E+01
Septembre	2,82E+02	3,04E-02	2,95E+00	3,87E+02	4,21E+01	2,14E+00	2,51E+00	5,56E+01	1,45E+02
Octobre	1,27E+03	1,41E-02	6,11E-01	2,54E+01	1,58E+01	2,16E+00	1,51E+00	1,85E+01	2,72E+02
Novembre	6,46E+02	4,11E-02	1,58E+00	1,88E+01	2,65E+01	1,29E+00	1,44E+01	1,67E+02	2,91E+02
Décembre	1,17E+02	1,04E-01	2,10E+00	6,86E+01	3,57E+01	2,21E+00	2,17E+01	2,35E+02	3,07E+02
TOTAL ANNUEL	4,44E+03	3,13E-01	1,41E+01	4,06E+03	1,63E+02	1,42E+01	4,77E+01	6,28E+02	1,51E+03

	Al	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	Cd	Hg
Janvier	7,51 ^{E-02}	1,27E-02	4,34E-02	2,22E-01	1,27E-02	1,27E-02	4,01E-02	2,10E-01	2,53E-03	5,06E-04
Février	5,97 ^{E-02}	1,49E-02	6,56E-02	5,17E-01	3,43E-02	1,49E-02	1,09E-02	2,02E-01	2,99E-03	5,97E-04
Mars	9,99 ^{E-02}	1,40E-02	7,66E-02	4,24E-01	1,40E-02	1,40E-02	9,57E-03	2,26E-01	2,80E-03	9,86E-04
Avril	5,53 ^{E-02}	1,38E-02	5,60E-02	4,25E-01	3,24E-02	1,38E-02	1,46E-02	1,17E-01	2,77E-03	7,69E-04
Mai	6,09 ^{E-02}	1,52E-02	6,86E-02	4,10E-01	1,52E-02	1,52E-02	6,09E-03	1,35E-01	3,05E-03	6,09E-04
Juin	1,14 ^{E-01}	1,71E-02	1,57E-01	7,96E-01	3,11E-02	1,71E-02	1,93E-02	2,91E-01	4,71E-03	6,83E-04
Juillet	6,22 ^{E-02}	1,56E-02	1,15E-01	4,54E-01	2,51E-02	1,56E-02	6,22E-03	1,96E-01	3,11E-03	6,22E-04
Août	1,48 ^{E-01}	1,58E-02	1,42E-01	7,02E-01	3,43E-02	1,58E-02	1,80E-02	1,45E-01	3,16E-03	2,60E-03
Septembre	1,21 ^{E-01}	3,04E-02	3,38E-01	1,49E+00	8,43E-02	3,04E-02	4,21E-02	3,31E-01	6,07E-03	7,42E-03
Octobre	2,11 ^{E-01}	1,40E-02	1,42E-01	7,57E-01	1,12E-01	1,40E-02	1,51E-02	2,20E-01	2,81E-03	9,93E-03
Novembre	2,78 ^{E-01}	2,65E-02	5,74E-01	1,21E+01	2,95E-01	4,86E-01	4,78E-02	5,71E-01	1,33E-02	1,19E-03
Décembre	1,78 ^{E-01}	4,44E-02	3,97E-01	1,91E+01	4,00E-01	1,49E-01	5,33E-01	7,96E-01	8,88E-03	5,63E-03
TOTAL	1,46 ^{E+00}	2,34E-01	2,17E+00	3,74E+01	1,09E+00	7,99E-01	7,62E-01	3,44E+00	5,62E-02	3,15E-02

4.2.2.3.2 Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets d'effluents non radioactifs liquides de l'année 2024 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2024 pour les tranches en fonctionnement.

Substances	Unité	2022	2023	2024	Prévisionnel 2024
Acide borique	kg	5 902	10 000	4 440	8 000
Éthanolamine	kg	11,5	13,1	14,1	25
Hydrazine	kg	0,25	0,39	0,31	1,5
Détergents	kg	9,25	10,7	14,2	12
Azote	kg	1 541	2 266	4 060	4 500
Phosphates	kg	202	108	163	180
Métaux totaux	kg	10,7	16,9	47,7	35

Commentaires : Les rejets d'effluents liquides non radioactifs sont inférieurs aux prévisionnels à l'exception des rejets en détergents et métaux totaux.

Le dépassement des métaux totaux est dû à l'entrée d'eau brute au redémarrage de la tranche 1 et le dépassement en détergent est lié aux activités d'arrêts de tranche.

4.2.2.3.3 Comparaison aux limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2024 avec les valeurs limites de rejets fixées par la décision ASN n° 2008-DC-0090 pour les tranches en fonctionnement.

Substances	Limite	Rejet		Limite	Rejet	Limite	Rejet	Limite	Rejet
	Concentration maximale ajoutée (mg/l)	Valeur maximale calculée	Valeur moyenne calculée	Flux 24h (kg)	Valeur maximal calculée	Flux 2h (kg)	Valeur maximale calculée	Flux annuel ajouté (kg)	Flux annuel calculé
Acide borique	1,7	3,56E-01	6,88E-02	3 300	708	1 320	229	16 400	4,44E+03
Ethanolamine	1,00E-02	2,16E-04	6,60E-05	22	1,21	SO	6,49E-01	620	1,41E+01
Hydrazine	1,00E-03	1,09E-05	1,80E-06	3	2,78E-02	SO	1,13E-02	25	3,13E-01
Détergents	0,27	3,66E-04	1,72E-04	520	7,43E-01	210	3,43E-01	4 700	1,42E+01
Azote	4,00E-02	1,55E-02	1,19E-02	80	78,1	60	59	9 900	4,06E+03
Phosphates	1,00E-01	7,53E-03	1,69E-03	200	15	160	12,6	840	1,63E+02
Métaux totaux	2,00E-03	1,41E-03	4,32E-04	3,6	2,81	SO	8,10E-01	230	4,77E+01
MES	9,00E-02	1,67E-02	1,02E-02	170	33,2	SO	7,90	SO	6,28E+02
DCO	1,00E-01	6,63E-02	2,21E-02	210	132	SO	37,8	SO	1,51E=03

L'article 5.3.1 de la décision ASN n°2017-DC-0588 demande une évaluation de la quantité annuelle de lithine rejetée. En 2024, la quantité de lithine rejetée par le CNPE de Penly est évaluée à 0,525 kg.

Commentaires : Les rejets liquides chimiques respectent les valeurs limites annuelles de rejet de la décision ASN n°2008-DC-0090.

4.2.2.4 Rejets d'effluents liquides chimiques via « l'émissaire 2 »

Ce paragraphe présente les rejets de substances chimiques liées au traitement contre le tartre ou un traitement biocide du CNPE de Penly pour l'année 2024.

4.2.2.4.1 Cumul mensuel

Le tableau ci-dessous présente les rejets mensuels pour chaque type de substances chimiques par voie liquide.

	Oxydant résiduel (Kg)	Bromoforme (Kg)
Janvier	/	/
Février	/	/
Mars	/	/
Avril	2,77E+04	2,47E+03
Mai	2,80E+04	3,82E+03
Juin	2,42E+04	3,68E+03
Juillet	3,16E+04	3,75E+03
Août	2,79E+04	3,84E+03
Septembre	1,55E+04	1,82E+03
Octobre	5,78E+03	5,74E+02
Novembre	1,05E+04	6,45E+02
Décembre	9,05E+03	8,55E+02
TOTAL ANNUEL	1,80E+05	2,15E+04

4.2.2.4.2 Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel

Les limites réglementaires relatives aux rejets des substances chimiques liées au traitement biocide sont réglementées par la décision n°2018-DC-0090.

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets d'effluents liquides chimiques de l'année 2024 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2024.

Paramètres	Unité	2022	2023	2024	Prévisionnel 2024
Oxydant résiduel	kg	1,50E+05	1,80E+05	1,80E+05	1,4 ^E +05
Bromoformes	kg	1,30E+04	2,54E+04	2,15E+04	1,7 ^E +04

Commentaires : Les valeurs en bromoformes et en oxydant résiduels sont supérieures au prévisionnel. Ce dépassement est lié à la mise en service dès le mois de mars sur critère T° eau de mer >10°C.

4.2.2.4.3 Comparaison aux limites et au prévisionnel

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2024 avec les valeurs limites de rejets fixées par la décision ASN n° 2008-DC-0090.

Paramètres	Limite	Rejet		Limite	Rejet		Limite	Rejet
	Concentration maximale ajoutée dans les circuits de refroidissement (mg/L)	Valeur maximale	Valeur moyenne	Concentration maximale ajoutée dans les bassins (mg/L)	Valeur maximale	Valeur moyenne	Flux 24h ajoutée (kg)	Valeur max (kg)
Oxydant résiduel	SO	SO	SO	0,5	0,33	0,21	3 900	1570
Bromoforme	SO	SO	SO	0,03	0,022	0,019	230	140
Chlore	1,0	0,95	0,78	SO	SO	SO	SO	SO

Commentaires : En 2024, aucun dépassement des valeurs limites n'a été constaté.

4.2.2.5 Rejets d'effluents liquides chimiques via l'émissaire a (W1)

Ce paragraphe présente les rejets de substances chimiques liées à la production d'eau déminéralisée du CNPE de Penly pour l'année 2024.

4.2.2.5.1 Cumul mensuel

Le tableau ci-dessous présente les rejets mensuels pour chaque type de substances chimiques par voie liquide.

	Sodium (Kg)	Chlorures (Kg)	MES (Kg)	Fer (Kg)
Janvier	412	1273	2500	139
Février	887	2157	3720	238
Mars	830	2257	5715	197
Avril	778	2009	3686	204
Mai	644	1493	2964	182
Juin	1322	3172	6369	268
Juillet	283	1028	574	116
Août	1132	2587	4167	262
Septembre	1041	1751	4996	240
Octobre	562	1140	1958	184
Novembre	1302	3309	7192	316
Décembre	2862	6727	14300	544
TOTAL ANNUEL	12055	28903	58141	2890

4.2.2.5.2 Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets d'effluents liquides chimiques de l'année 2024 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2024.

Paramètres	Unité	2022	2023	2024	Prévisionnel 2024
Chlorures	kg/an	26295	50128	28903	47000
Sodium	kg/an	8032	12646	12055	12000
Fer	kg/an	1245	3245	2890	3500
Cuivre	kg/an	93,8	100	100	100

Commentaires : Les valeurs des rejets chimiques sont cohérentes avec le prévisionnel.

4.2.2.5.3 Comparaison aux limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2024 avec les valeurs limites de rejets fixées par la décision ASN n°2008-DC-0090.

Paramètres	Flux journalier (Kg/jour)	
	Limites	Flux 24h maximal de rejet en 2024
Chlorures	1100	732
Sodium	830	303
MES	1800	1770
Fer	56	55,1
Paramètre	Flux annuel (Kg/an)	
	Limite	Flux annuel de rejet en 2024
Cuivre	100	100

Commentaires : En 2024 aucun dépassement des valeurs limites n'a été constaté.

4.2.2.6 Rejet d'effluent liquides chimiques via le déshuileur de site

Le déshuileur de site rejette dans le chenal d'aménée les effluents traités. A chaque rejet, la teneur en hydrocarbure est contrôlée. Les rejets sont ponctuels.

4.2.2.6.1 Cumul mensuel

	Teneur en hydrocarbures (mg/L)	Valeur limite à respecter (mg/L)
Janvier	/	10
Février	4,8	
Mars	0,86	
Avril	3,50	
Mai	/	
Juin	/	
Juillet	0,92	
Août	/	
Septembre	0,79	
Octobre	1,72	
Novembre	6,22	
Décembre	1,55	

Commentaire : En 2024 aucun dépassement des valeurs limites n'a été constaté

4.2.2.7 Rejets d'effluents liquides chimiques via les stations d'épuration de site

Le CNPE de Penly exploite 3 stations d'épuration traitant les eaux usées du site. La teneur en DBO5 est contrôlée trimestriellement conformément à la décision ASN n°2008-DC-0089

4.2.2.7.1 Contrôle trimestriel des stations

Le tableau ci-dessous présente les résultats trimestriels des 3 stations d'épuration.

	Trimestre 1			Trimestre 2				Trimestre 3			Trimestre 4			
	S1	S4	S5	S1	S1	S4	S5	S1	S4	S5	S1	S1	S4	S5
DBO5 (mg/L)	21	2	11	11	13	3	23	8	3	9	11	31	3	29
DCO (mg/L)	137	25,4	73,4	53,8	90,9	26,4	85,7	87,2	35,9	75,6	73	134	38,8	87,4
MES (mg/L)	87	3,8	12	43	60	4,2	24	68	6,6	15	54	110	4,3	17
pH (mg/L)	7,8	8	8,1	7,9	7,8	8,1	8	7,5	7,8	8	7,5	7,5	7,9	8,2
Azote kjeldal (mg/L)	10,3	1,8	28,4	3,5	6,8	1,6	28	6	1,7	35,7	5,6	18,4	1,4	96,4

4.2.2.7.2 Comparaison aux limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2024 avec les valeurs limites de rejets fixées par la décision ASN n°2008-DC-0089.

	DBO5 (mg/L)	
	Valeur maximale relevée (mg/L)	Valeur limite (mg/L)
Trimestre 1	21	35
Trimestre 2	23	
Trimestre 3	9	
Trimestre 4	31	

Commentaires : En 2024 aucun dépassement des valeurs limites n'a été constaté.

4.2.2.8 Rejets d'effluents liquides chimiques via les émissaires a, b, c et d : eaux pluviales

Au titre de la décision ASN n°2008-DC-0089, le CNPE surveille :

- La teneur en hydrocarbure des eaux pluviales à fréquence bimestrielle ;
- L'activité Béta global et tritium à fréquence hebdomadaire des réseaux d'eaux pluviales a, b, c et d ;

4.2.2.8.1 Contrôle bimestriel des eaux pluviales

Le tableau ci-dessous présente le suivi bimestriel de la teneur en hydrocarbure.

	W1 (a) (mg/l)	W2 (b) (mg/l)	W3 (c) (mg/l)	W4(d) (mg/l)
Janvier	<1,00E-1	<1,00E-1	<1,00E-1	<1,00E-1
Mars	2,00E-01	/*	<1,00E-1	<1,00E-1
Avril	/	<1,00E-1	/	/
Mai	<1,00E-1	<1,00E-1	<1,00E-1	<1,00E-1
Juillet	1,50E-01	1,80E-01	3,30E-01	1,90E-01
Septembre	<1,00E-1	<1,00E-1	<1,00E-1	<1,00E-1
Octobre				
Novembre	<1,00E-1	<1,00E-1	<1,00E-1	2,60E-01

*Mesure reportée car le volume d'eau dans l'émissaire est trop faible pour réaliser les prélèvements

4.2.2.8.2 Contrôle mensuel de l'activité bêta global et tritium

Le tableau ci-dessous présente les valeurs maximales mensuelles de l'activité bêtaglobal et tritium.

	W1		W2		W3		W4	
	Activité maximale mesurée		Activité maximale mesurée		Activité maximale mesurée		Activité maximale mesurée	
	Tritium (Bq/l)	Béta (Bq/l)						
Janvier	<=5,36	<=0,13	<=5,92	<=0,22	<=4,80	0,98	6,36	7,94
Février	<=4,31	0,09	<=4,53	0,30	4,86	1,45	5,45	7,71
Mars	<=4,53	0,15	6,60	0,25	<=4,76	1,06	7,19	10,41
Avril	<=4,55	0,12	<=4,57	0,28	<=4,72	0,83	5,31	10,92
Mai	<=4,60	0,11	<=4,72	0,30	<=4,60	0,55	<=4,56	0,56
Juin	<=4,56	0,10	14,46	0,17	<=4,77	0,73	8,83	11,84
Juillet	<=4,87	<=0,5	<=4,56	0,21	<=4,59	1,10	5,76	12,58
Aout	<=4,61	<=0,5	<=4,91	0,24	<=4,90	0,74	8,32	11,84
Septembre	<=4,83	<=0,13	<=4,74	0,25	<=4,67	1,56	<=4,87	10,67
Octobre	<=4,48	<=0,09	<=4,54	0,16	4,92	0,65	<=4,74	0,74
Novembre	<=4,66	0,21	4,97	0,41	4,87	0,66	<=4,68	0,73
Décembre	<=4,71	0,10	<=4,56	0,15	5,36	0,81	<=4,93	0,26

4.2.3 Principales opérations de maintenance intervenues sur les équipements et ouvrages de rejets liquides

L'année 2024 n'a pas été concernée par des actions de maintenance (hors maintenance programmée) et aucune intervention ou opération de maintenance anticipée n'a été nécessaire.

4.2.4 Opérations exceptionnelles de rejets d'effluents liquides

Le CNPE de Penly n'a pas réalisé d'opération exceptionnelle de rejet d'effluents liquides chimiques en 2024.

4.3 Rejets thermiques

Dans un CNPE, le fluide « eau-vapeur » du circuit secondaire suit un cycle thermodynamique au cours duquel il échange de l'énergie thermique avec deux sources de chaleur, l'une chaude, l'autre froide.

Le circuit assurant le refroidissement du condenseur (circuit tertiaire) constitue la source froide dont la température varie entre 0 °C et 30 °C environ. La source froide, nécessaire au fonctionnement, peut être apportée :

- soit directement par l'eau prélevée en rivière ou en mer dans un circuit dit ouvert (cas de Penly),
- soit indirectement par l'air ambiant au moyen d'un aéroréfrigérant dans un circuit dit fermé.

Lorsque le CNPE est situé sur un cours d'eau à grand débit, en bord de mer ou sur un estuaire, l'eau prélevée à l'aide de pompes de circulation passe dans les nombreux tubes du condenseur où elle s'échauffe avant d'être restituée intégralement au milieu aquatique.

L'échauffement de l'eau (écart de température entre la sortie et l'entrée : $\Delta T^{\circ}\text{C}$) est lié à la puissance thermique (P_{th}) à évacuer au condenseur et au débit d'eau brute au condenseur (Q).

Afin de réduire le volume d'eau prélevée et limiter l'échauffement du milieu aquatique, le refroidissement des CNPE implantés sur des cours d'eau à faible ou moyen débit est assuré en circuit fermé au moyen d'aéroréfrigérants. Dans un aéroréfrigérant, une grande part de la chaleur extraite du condenseur est transférée directement à l'atmosphère sous forme de chaleur latente de vaporisation (75 %) et sous forme de chaleur sensible (25 %). Le reste de la chaleur est rejeté au cours d'eau par la purge. La purge de l'aéroréfrigérant constitue donc le rejet thermique de l'installation.

Les contrôles destinés à s'assurer du respect des limites réglementaires s'appuient sur des mesures de températures réalisées dans le rejet et dans l'environnement ou sur des calculs effectués à partir de paramètres physiques tels que le rendement thermodynamique, l'énergie électrique produite, les débits de rejet et du cours d'eau.

4.3.1 En conditions climatiques normales

Les rejets thermiques issus du circuit de refroidissement du CNPE de Penly et des différents circuits secondaires nécessaires à son fonctionnement doivent respecter les limites fixées dans la décision ASN n°2008-DC-0090.

Le CNPE de Penly réalise en continu des mesures de températures à la prise d'eau de mer et aux puits de rejets et un suivi des rejets thermiques conformément aux autorisations

de rejet en vigueur, la décision ASN n°2008-DC-0090. Le bilan des valeurs mensuelles de ces différents paramètres pour l'année 2024 sont présentés dans les tableaux suivants :

Tranche 1

	Température moyenne à la prise d'eau (entrée condenseur) (°C)	Echauffement moyen dans les puits de rejet (°C)	Echauffement maximum dans les puits de rejet (°C)	Température moyenne dans les puits de rejet (°C)	Température maximum dans les puits de rejet (°C)
Janvier	8,6	12,5	12,6	21,1	23,2
Février	9,2	12,6	12,6	21,8	22,5
Mars	9,9	12,4	12,6	22,3	23,3
Avril	11,7	12,1	12,6	23,7	24,8
Mai	14,4	12,2	12,6	26,5	28,6
Juin	17,2	11,7	12,5	28,9	30,9
Juillet	19,1	12,2	12,4	31,4	33
Août	20,7	11,8	12,3	32,5	33,8
Septembre	19,7	0	0	19,7	22,5
Octobre	14,7	0	0	14,7	15,9
Novembre	12,7	0	0	12,7	15,2
Décembre	10,4	6,2	12,6	16,6	24

Tranche 2

	Température moyenne à la prise d'eau (entrée condenseur) (°C)	Echauffement moyen dans les puits de rejet (°C)	Echauffement maximum dans les puits de rejet (°C)	Température moyenne dans les puits de rejet (°C)	Température maximum dans les puits de rejet (°C)
Janvier	8,7	12,5	12,6	21,2	23,2
Février	9	12,6	12,6	21,6	22,3
Mars	9,5	12,6	12,6	22,1	22,9
Avril	11,6	12	12,6	23,6	24,7
Mai	14,4	11,5	11,5	25,8	27,5
Juin	16,7	11,4	11,4	28,1	30
Juillet	18,7	11,8	12,3	30,5	32,3
Août	20,7	11,3	11,9	32	32,9
Septembre	18,1	8,5	10,7	26,6	30,8
Octobre	14,7	0	0	14,7	15,9
Novembre	12,7	0	0	12,7	14,9
Décembre	10,4	0	0	10,4	11,9

4.3.2 Comparaison aux limites

Les rejets thermiques doivent respecter les limites fixées à l'article 7 de la décision ASN n°2008-DC-0090.

Paramètres	Unité	Limite en vigueur		Valeurs maximales	
		De juin à octobre inclus (Période estivale)	De novembre à mai inclus (Période hivernale)	De juin à octobre inclus (Période estivale)	De novembre à mai inclus (Période hivernale)
Echauffement relevé aux puits de rejets	°C	15	15	12,6	12,6
Température maximale aux puits de rejets	°C	35	30	33,8	28,6

Commentaires : Les limites réglementaires associées aux rejets thermiques ont été respectées

4.3.3 Principales opérations de maintenance intervenues sur les équipements et ouvrages de rejets thermiques

L'année 2024 n'a pas été concernée par des actions de maintenance (hors maintenance programmée) et aucune intervention ou opération de maintenance anticipée n'ont été nécessaires.

5 Surveillance de l'environnement

5.1 Surveillance de la radioactivité dans l'environnement

EDF met en place depuis la mise en service de chaque CNPE un programme de surveillance de la radioactivité dans l'environnement du CNPE. Cette surveillance consiste à prélever des échantillons, à des fins d'analyse, dans les écosystèmes proches du CNPE, sous et hors des vents dominants, en amont et en aval des rejets liquides et dans les eaux souterraines. Ces mesures, associées à un contrôle strict des rejets d'effluents radiologiques, permettent de s'assurer de l'absence d'impact sur l'homme et l'environnement comme démontré dans l'étude d'impact.

La surveillance radiologique de l'environnement remplit trois fonctions principales.

Une fonction d'alerte assurée au moyen de mesures en continu. Elle permet la détection précoce de toute évolution atypique d'un ou plusieurs paramètres environnementaux en lien avec l'exploitation des installations afin de déclencher les investigations et, si nécessaire, des actions de prévention (arrêt du rejet...);

Une fonction de contrôle du bon fonctionnement global des installations au travers des paramètres que la réglementation demande de suivre à différentes fréquences. Les résultats des analyses sont comparés, soit aux limites autorisées, soit à des valeurs repères (seuil de détection des appareils de mesure, bruit de fond naturel...);

Une fonction de suivi et d'étude visant à s'assurer de l'absence d'impact à long terme des prélèvements et des rejets sur les écosystèmes terrestre et aquatique. C'est l'objet des campagnes de mesures saisonnières de radioécologie.

Les prélèvements et analyses sont réalisés à des fréquences variables en cohérence avec les objectifs assignés à la mesure (alerte, contrôle, ...). Des contrôles quotidiens, hebdomadaires et mensuels sont ainsi réalisés dans l'écosystème terrestre, l'air ambiant, les eaux de surface recevant les rejets liquides et les eaux souterraines. Les prélèvements et les analyses sont réalisés par le CNPE selon les modalités fixées par les autorisations délivrées par l'administration. La stricte application du programme de surveillance fait l'objet d'inspections programmées ou inopinées de la part de l'ASN, qui réalise des expertises indépendantes.

Le CNPE dispose pour la réalisation de ce programme de surveillance d'un laboratoire dédié aux mesures environnementales dit laboratoire « Environnement », ainsi que du personnel compétent et qualifié en analyses chimiques et radiochimiques. Ces laboratoires sont équipés d'appareillages spécifiques permettant l'analyse des échantillons prélevés dans le milieu naturel. Ils sont soumis à des exigences relatives aux équipements, aux techniques de prélèvement et de mesure, de maintenance et d'étalonnage. Certaines analyses peuvent être sous-traitées à des laboratoires agréés.

Ainsi, le CNPE réalise annuellement, sous le contrôle de l'ASN, plusieurs milliers d'analyses dont les résultats sont transmis à l'administration et publiés par EDF sur le site internet du CNPE. Les résultats des mesures de radioactivité réalisées dans le cadre de la surveillance réglementaire de l'environnement sont également accessibles en ligne gratuitement sur le site internet du Réseau National de Mesures de la radioactivité de l'environnement (RNM - <http://www.mesure-radioactivite.fr>).

Ces mesures réalisées en routine sont complétées depuis 1992 par un suivi radioécologique annuel des écosystèmes terrestre et aquatique auquel est venu s'ajouter des mesures réglementaires réalisées à maille trimestrielle et annuelle et nécessitant le recours à des techniques analytiques d'expertise non compatibles avec les activités d'un laboratoire environnement d'un industriel. Tous les 10 ans, un bilan radioécologique décennal plus poussé est également réalisé. L'ensemble de ces prélèvements et analyses permettent de suivre à travers une grande variété d'analyses des paramètres environnementaux pertinents (i.e. : bio indicateurs) afin d'évaluer finement et dans la durée l'impact du fonctionnement du CNPE sur l'environnement et répondre ainsi à la fonction de suivi et d'étude. Ces études nécessitent des connaissances scientifiques approfondies de la biologie et des comportements des écosystèmes vis-à-vis des substances radioactives. Elles font aussi appel à des techniques de prélèvement d'échantillons et d'analyse complexes différentes de celles utilisées pour la surveillance de routine. Ces études sont donc confiées à des laboratoires externes qualifiés, agréés et reconnus pour leurs compétences spécifiques.

Ces études radioécologiques assurent un suivi long terme essentiel à la compréhension des mécanismes de transfert des radionucléides dans l'environnement et pour déterminer l'influence potentielle des rejets de l'installation au regard des autres sources de radioactivité naturelle et/ou artificielle.

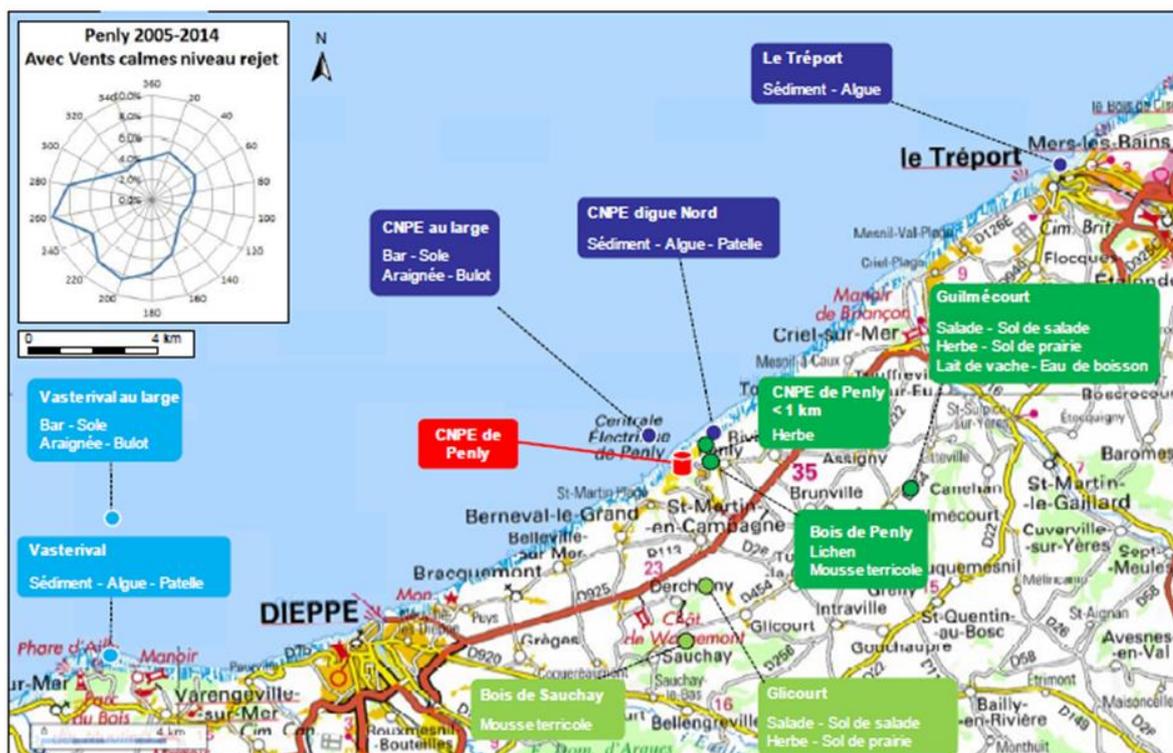
La nature des échantillons et les lieux de prélèvement sont sélectionnés afin de mettre en évidence une éventuelle contribution des rejets d'effluents liquides et/ou atmosphériques des installations à l'ajout de radioactivité dans l'environnement.

En règle générale, le plan d'échantillonnage contient des échantillons biologiques, qui constituent des voies de transfert possibles, directes ou indirectes, de la radioactivité vers l'homme (prélèvements de légumes, fruits, poissons, lait, eaux, herbes...) et des échantillons, appelés bioindicateurs, qui sont connus pour leur aptitude à fixer spécifiquement certains polluants (lichens, mousses, bryophytes...). Le plan d'échantillonnage prévoit également des prélèvements dans des matrices dites « d'accumulation » (sols, sédiments), dans lesquels certains composants radiologiques peuvent rester piégés.

Les stations de prélèvements sont choisies en fonction de la rose des vents locale, des conditions hydrologiques, de la répartition de la population et de la disponibilité des échantillons dans l'environnement du CNPE. Les prélèvements collectés dans l'environnement terrestre sont répartis en distinguant les zones potentiellement influencées des zones non influencées par les rejets atmosphériques du CNPE. Dans l'environnement aquatique, les prélèvements sont effectués en amont et en aval des points de rejets des effluents liquides en tenant compte de la présence éventuelle d'une autre installation nucléaire en amont.

Ces études radioécologiques ont permis de caractériser finement les niveaux de radioactivité d'origine naturelle et artificielle dans les différents compartiments de l'environnement autour du CNPE, et de préciser l'influence des rejets d'effluents liquides et à l'atmosphère. Les données collectées depuis plusieurs décennies ont montré que la radioactivité naturelle constitue la principale composante de la radioactivité dans l'environnement, et que la radioactivité artificielle provient majoritairement d'une rémanence des retombées des essais nucléaires atmosphériques et de l'accident de Tchernobyl. Du fait de l'éloignement de ces événements anciens et des efforts réalisés par EDF pour diminuer les

rejets de ses installations nucléaires, le niveau de radioactivité dans l'environnement à proximité du CNPE a considérablement diminué depuis une vingtaine d'année.



5.1.1 Surveillance de la radioactivité ambiante

Le système de surveillance de la radioactivité ambiante s'articule autour de 4 réseaux de balises radiométriques (clôture, à 1 km, à 5 km et à 10 km) via la mesure en continu du débit de dose gamma ambiant. Les balises de chaque réseau sont implantées à intervalle régulier de façon à réaliser des mesures dans toutes les directions. Elles permettent l'enregistrement et la retransmission en continu du débit de dose gamma ambiant et de donner l'alerte en cas de dépassement du bruit de fond ambiant augmenté de 114 nSv/h. Les balises sont également équipées d'un système d'alarme signalant toute interruption de leur fonctionnement.



Les informations (débits de dose et états de fonctionnement) issues des balises sont envoyées en continu vers un centralisateur qui permet la visualisation et l'enregistrement des données. Les débits de dose moyens enregistrés par les différents réseaux de mesure pour l'année 2024 sont présentés dans le tableau suivant. Les débits de dose maximaux et les données relatives aux années antérieures sont également présentés à titre de comparaison.

Réseau de mesure	Débit de dose moyen année 2024 (nSv/h)	Débit de dose max année 2024 (nSv/h)	Débit de dose moyen année 2023 (nSv/h)	Débit de dose moyen année 2022 (nSv/h)
Clôture	7,47 ^{E+01}	3,80 ^{E+02}	7,95 E+01	7,49E+01
1 km	7,31 ^{E+01}	1,70 ^{E+02}	8,19 E+01	7,28E+01
5 km	8,61 ^{E+01}	1,80 ^{E+02}	8,35 E+01	8,78E+01
10 km	8,36 ^{E+01}	1,50 ^{E+02}	8,34 E+01	8,09E+01

Commentaires : Pour les quatre réseaux, les débits de dose moyens enregistrés pour l'année 2024 sont de l'ordre de grandeur du bruit de fond et cohérentes avec les résultats des années antérieures.

Le débit de dose max du réseau clôture est en légère augmentation en 2024, en raison de la balise 0KRS806MA à proximité de laquelle il y a eu un stationnement ponctuel de container de faible activité, sans impact pour l'environnement.

5.1.2 Surveillance du compartiment atmosphérique

Quatre stations d'aspiration en continu des poussières atmosphériques (aérosols) sont implantées dans un rayon de 1 km autour du CNPE. Des analyses journalières de l'activité bêta globale à J+6 sont réalisées quotidiennement sur les filtres, ainsi qu'une analyse isotopique mensuelle par spectrométrie gamma sur regroupement des filtres quotidiens par station.

Un dispositif de prélèvement du tritium atmosphérique par barbotage est également implanté sous les vents dominants à la station dite AS1. L'analyse du tritium atmosphérique piégé est réalisée pour chacune des périodes définies réglementairement (du 1er au 7, du 8 au 14, du 15 au 21 et du 22 à la fin du mois).

Un dispositif de prélèvement des eaux de pluie par un collecteur de précipitations est implanté sous les vents dominants à la station AS1. Des analyses bimensuelles des activités bêta globale et tritium sont réalisées.

Les résultats des mesures réalisées sur le compartiment atmosphérique pour l'année 2024 sont donnés dans le tableau suivant.

Compartiment	Paramètres	Moyenne annuelle	Valeur maximale mesurée	Limite réglementaire (pour chaque analyse)	
Poussières atmosphériques Bq/m ³	Bêta globale	3,56E-04	2,02E-03	0,01 Bq/m ³	
	Spectrométrie gamma	⁵⁸ Co	1,19E-05	1,90E-05	SO
		⁶⁰ Co	8,53E-06	1,20E-05	SO
		¹³⁴ Cs	9,65E-06	8,30E-05	SO
		¹³⁷ Cs	8,55E-06	7,90E-05	SO
	⁴⁰ K	1,95E-04	4,10E-04	SO	
Tritium atmosphérique Bq/m ³		1,53E-01	1,90E-01	50 Bq/m ³	
Eau de pluie Bq/L	Bêta globale	1,03E-01	2,80E-01	SO	
	Tritium	4,38E+00	4,70E+00	SO	
	Potassium	3,42E-01	1,50E+00	SO	

Commentaires : Les mesures de surveillance du compartiment atmosphérique pour l'année 2024 sont cohérentes en moyenne avec les valeurs du bruit de fond. Les mesures de l'activité

bêta globale et de l'activité en tritium atmosphérique sont très inférieures aux limites réglementaires.

5.1.3 Surveillance du milieu terrestre

Les résultats des mesures réalisées sur le compartiment terrestre pour l'année 2024 sont donnés dans le tableau suivant. Concernant les résultats des analyses par spectrométrie gamma, seules les activités relatives aux radionucléides d'origine artificielle en lien avec le spectre de référence des effluents et au potassium 40 ainsi que les autres radionucléides d'origine artificielle supérieures aux seuils de décision sont présentés.

Nature du prélèvement	Radionucléide	Périodicité	Moyenne annuelle	Valeur maximale mesurée
Végétaux terrestres (Bq/kg sec)	⁵⁸ Co	Mensuelle	<SD	<SD
	⁶⁰ Co		<SD	<SD
	¹³⁴ Cs		<SD	<SD
	¹³⁷ Cs		<SD	0,46
	⁴⁰ K		630	880
Lait (Bq/L)	⁵⁸ Co	Mensuelle	<SD	<SD
	⁶⁰ Co		<SD	<SD
	¹³⁴ Cs		<SD	<SD
	¹³⁷ Cs		<SD	0,3
	⁴⁰ K		52	74

Commentaires :

Les résultats des mesures réglementaires réalisées en 2023 sur le compartiment terrestre sont présentés dans le rapport IRSN figurant en Annexe.

Ces résultats montrent que la radioactivité présente dans l'environnement terrestre au voisinage du CNPE de Penly est majoritairement d'origine naturelle et que les niveaux sont stables en comparaison de ceux mesurés avant la mise en service des installations du CNPE. En 2023, la radioactivité d'origine artificielle détectée dans le compartiment terrestre est liée à la présence du ¹³⁷Cs. Ce radionucléide provient principalement des retombées des essais nucléaires atmosphériques et de l'accident de Tchernobyl.

Les activités en ³H (libre et organiquement lié) et en ¹⁴C mesurées dans les salades et les herbes de prairie, ainsi que celle en ³H libre dans le lait, sont cohérentes, aux incertitudes de

mesure près, avec le bruit de fond radiologique ambiant en dehors de toute influence industrielle (de 0,3 à 1,8 Bq/L d'eau de déshydratation pour le ³H libre, de 0,3 à 1,6 Bq/L d'eau de combustion pour le ³H organiquement lié et de 221 ± 7 Bq/kg de C pour le carbone 14³). Ces résultats sont comparables avec ceux obtenus les années précédentes et sont liés aux rejets d'effluents radioactifs atmosphériques réalisés par le CNPE de Penly.

Les activités mesurées dans le compartiment terrestre en radionucléides artificiels, dont la présence peut être partiellement reliée au fonctionnement du CNPE de Penly, sont de plusieurs ordres de grandeur inférieures à la radioactivité naturelle présente dans l'environnement du site.

5.1.4 Surveillance des eaux de surface

Les résultats des mesures réalisées sur les eaux de surface pour l'année 2024 sont donnés dans le tableau suivant.

	Paramètre analysé	Périodicité	Unités	Moyenne annuelle	Valeur maximale mesurée
Eau filtrée	Activité bêta globale	Mensuelle	Bq/L	1,13+01	1,32 ^{E+01}
	Tritium	Mensuelle	Bq/L	8,41 ^{E+00}	7,10 ^{E+01}
	Potassium	Mensuelle	Mg/L	3,94 ^{E+02}	4,20 ^{E+02}
Matières en suspension	Activité bêta globale	Mensuelle	Bq/L	3,93 ^{E-02}	1,21 ^{E-01}

5.1.5 Surveillance du milieu aquatique

Les résultats des mesures réglementaires réalisées en 2023 sur le compartiment aquatique marin sont présentés dans le rapport IRSN figurant en Annexe.

Ces résultats montrent que la radioactivité présente dans l'environnement aquatique marin au voisinage du CNPE de Penly est majoritairement d'origine naturelle et que les

³ IRSN (2024) Bilan de l'état radiologique de l'environnement français de 2021 à 2023, rapport n° 2024-00600, 340 p. : https://www.irsn.fr/sites/default/files/2024-12/IRSN_Bilan-etat-radiologique-environnement-francais-2021-2023_BD.pdf

³ IRSN (2021) Constat Radiologique Normandie et Hauts-de-France - Rapport de synthèse n° 2021-00561, 128 p. : https://www.irsn.fr/sites/default/files/documents/expertise/rapports_expertise/surveillance-environnement/IRSN-rapport-Normandie-Hauts-de-France_2021.pdf

niveaux sont stables en comparaison de ceux mesurés avant la mise en service des installations du CNPE.

Dans le compartiment aquatique marin, en 2023, la présence de ^{137}Cs dans l'ensemble des matrices échantillonnées (sédiments, algues, mollusques, crustacés, poissons) trouve son origine dans les rejets des installations de La Hague, auxquels se superpose l'influence des rejets réalisés par le CNPE de Penly et celui de Paluel, ainsi que les retombées globales anciennes (essais nucléaires atmosphériques et accident de Tchernobyl). La détection de ^{60}Co dans les sédiments peut avoir plusieurs origines : les rejets des installations de La Hague, associés à ceux du CNPE de Paluel. Cependant, une contribution du CNPE de Penly ne peut être totalement exclue. La détection de ^{241}Am , non présent dans les rejets du CNPE, est attribuable aux rejets des installations de La Hague.

En 2023, les niveaux d'activité en ^3H organiquement lié dans les crustacés, les mollusques et les poissons sont compris dans la gamme de variabilité environnementale mesurable en Manche (entre 1 et 5 Bq/L d'eau de combustion), du fait de l'influence des rejets des installations de La Hague, sans pouvoir exclure une influence des rejets liquides du CNPE de Penly pour les valeurs mesurées en champ proche.

Les niveaux d'activité en ^{14}C dans les poissons pêchés en champ proche et en champ lointain, supérieurs au bruit de fond radiologique ambiant pour ce radionucléide (de l'ordre de 225 ± 10 Bq/kg de C pour le carbone ^{14}C), avec une valeur supérieure en champ lointain, sont liés aux rejets des installations de La Hague.

Les activités mesurées dans le compartiment aquatique marin en radionucléides artificiels, dont la présence peut être partiellement reliée au fonctionnement du CNPE de Penly, sont de plusieurs ordre de grandeur inférieures à la radioactivité naturelle présente dans l'environnement du site.

5.1.6 Surveillance des eaux souterraines

Les eaux souterraines situées au droit du CNPE font l'objet d'une surveillance radiologique dont les résultats sont présentés dans le tableau suivant.

Paramètres	Valeurs maximales mesurées en 2024				
	Nappe N1	Nappe N2	Nappe N3b	Nappe N4	Nappe N5
β global (Bq/L)	0,17	0,18	0,22	4,80	9,70
Potassium (mg/L)	3,00	3,30	2,90	162	340
Tritium (Bq/L)	<4,80	209	<4,70	<4,80	7,6

Commentaires : Les nappes N4 et N5 sont influencées par des remontées d'eau de mer, ce qui se traduit par une teneur plus élevée en sels qui impacte les résultats.

Le dépassement du seuil S1 en tritium pour la nappe N2 a fait l'objet d'un évènement intéressant du domaine environnement : EIE24003 déjà évoqué en 1.5.2.

5.2 Physico-chimie des eaux souterraines

Une surveillance physico-chimique des eaux souterraines est effectuée sur les paramètres physicochimiques par le biais de prélèvements sur 5 piézomètres du CNPE.

Paramètres	Unité	Valeur maximale mesurée				
		N1	N2	N3b	N4	N5
Conductivité	μS / cm	744	654	754	22600	42400
Azote global	mg / l	0,57	0,5	0,054	1,1	1
COT		0,85	0,85	0,7	0,8	1,1
DCO		<10	<10	<10	153	300
Hydrocarbures totaux		0,1	0,14	<0,1	<0,1	<0,1
Métaux totaux		0,03	0,027	0,031	<0,02	0,071
pH		7,3	7,5	7,1	7,4	7,6
Phosphates		0,066	0,055	0,097	0,09	0,26

Commentaires : Les nappes N4 et N5 sont influencées par des remontées d'eau de mer, ce qui se traduit par une teneur plus élevée en sels qui impacte les résultats.

5.3 Chimie et physico-chimie des eaux de surface

Chaque année, le CNPE de Penly confie la réalisation de la surveillance physico-chimique, pélagique et halieutique à l'institut IFREMER.

Le rapport complet est disponible sur demande auprès du CNPE de Penly.

5.3.1 Le domaine pélagique

5.3.1.1 Hydrologie, physico-chimie, chimie

La synthèse du rapport de surveillance, réalisée par l'institut IFREMER, est présentée ci-dessous :

« Pour 2024, les **paramètres suivis** au niveau du CNPE de PENLY dans le cadre de la surveillance du compartiment pélagique ne présentent pas de profils atypiques en regard de ce qui est habituellement observé. Les différences spatiales entre les points de suivis (et le point Référence en particulier) mettent le plus souvent en évidence un gradient côte-large caractéristique de la variabilité naturelle du milieu à Penly. À Dieppe, cette année 2024 se classe 3^e parmi les années les plus chaudes depuis 1951 (12,3 °C). La pluviométrie est proche de la normale à Dieppe (752,8 mm, soit -6 %), malgré des mois de février et septembre très pluvieux. L'été reste déficitaire en précipitations, avec une seule journée de pluie excédant 30 mm (42,4 mm le 5 septembre). En raison de cette situation atypique, les **températures de l'eau de mer**, relevées à proximité du CNPE, sont supérieures aux médianes historiques sur l'ensemble de la zone et des saisons sans toutefois atteindre des valeurs records. Cette particularité s'explique en partie par l'inertie thermique des masses d'eau marines.

Les salinités relevées tout au long de l'année, se distinguent par des valeurs inférieures aux données historiques, en corrélation avec les données Météo France sur la pluviométrie indiquant des épisodes pluvieux durant les mois précédents les échantillonnages. Un léger gradient de la côte vers le large apparaît à toutes saisons, révélant une influence de l'eau douce plus marquée à la côte.

Pour la 9^{ème} année, des mesures d'**oxygène dissous** sont réalisées. Les concentrations relevées sont proches de la valeur de référence attendue en Manche Atlantique et aucun dysfonctionnement (état d'hypoxie ou d'anoxie) n'a été observé sur l'ensemble de la zone d'étude au cours de cette année.

Le suivi 2024 des **sels nutritifs** montre des concentrations relativement proches de la médiane historique pour tous les éléments azotés, tout au long de l'année. Les tendances sont conformes au cycle saisonnier classique et sont liées principalement au cycle biologique du phytoplancton qui se développe au printemps consommant l'azote, qui s'épuise courant l'été et se recharge à l'automne avec l'apport de cours d'eau.

Cette année, les valeurs de **MES** se situent dans la gamme haute des données historiques, pour toutes les saisons. Au printemps, le point Référence apparaît avec une teneur exceptionnelle de 55,33 mg.L⁻¹. Les résultats de **turbidité** mesurés sont comparables à ceux de MES ; caractérisés par d'importantes valeurs de turbidité aux points Rejet et Canal. La relation entre la turbidité et la concentration en MES n'est pas toujours évidente à établir, car elle dépend de plusieurs paramètres⁴. En effet, les caractéristiques géométriques et optiques

des particules en suspensions sont variables et hétérogènes dans les eaux résiduaires ou pluviales urbaines. Ces paramètres peuvent varier en temps sec selon les heures et les jours et en temps de pluie lors d'évènements pluvieux. Sur les stations plus côtières et donc moins profondes, la remise en suspension de particules du fond, les apports continentaux par les bassins versants ainsi que des biomasses phytoplanctoniques généralement plus élevées, peuvent expliquer ces variations observées le long d'un gradient côte/large.

Concernant les **substances chimiques (hydrazine, éthanolamine et trihalométhanes)**, les concentrations sont systématiquement restées inférieures à la limite de quantification sur l'ensemble de la zone et ceci au cours des trois périodes d'échantillonnage.

Les données relatives au compartiment hydrologique acquises au cours de l'année dans le cadre du programme de surveillance écologique du CNPE de Penly mettent en évidence un échauffement de l'eau aux abords du Rejet. Cette perturbation thermique reste cependant géographiquement très limitée. Les autres paramètres suivis présentent des valeurs et des variations expliquées par la saisonnalité, l'environnement climatique et géomorphologique.

Ainsi, les rejets du CNPE n'affectent pas de façon générale la distribution et les variations saisonnières des paramètres étudiés. Les caractéristiques hydrologiques intrinsèques du milieu n'apparaissent donc pas modifiées par les activités du CNPE. »

5.3.1.2 Phytoplancton

La synthèse du rapport de surveillance, réalisée par l'institut IFREMER, est présentée ci-dessous :

« L'année 2024 se distingue par une forte production primaire au printemps, accompagnée d'efflorescences phytoplanctoniques, notamment sur les points Rejet et Contrôle. Comparée à la série historique, cette productivité peut en partie s'expliquer par le caractère « tardif » du prélèvement, réalisé à une date plus avancée de la saison, lorsque la phase productive était déjà bien entamée. Toutefois, pour cette période et cette zone, les valeurs de biomasse observées restent parfaitement conformes aux références (cf. Mise en perspective des résultats avec la DCE). À l'inverse, la saison automnale se caractérise par de faibles valeurs de biomasse et d'abondance, associées à une production primaire potentielle dans la gamme basse et à un état physiologique cellulaire compris entre mauvais et moyen. Dans ce contexte, les concentrations relativement élevées de sels nutritifs (azote inorganique, phosphore et silice) mesurées durant la campagne automnale suggèrent une faible consommation par le phytoplancton. Cela pourrait s'expliquer par le contexte météorologique de septembre, marqué par un déficit d'ensoleillement d'environ 20 %, limitant ainsi le développement des microalgues.

A l'instar des années précédentes, l'année 2024 est caractérisée par une large dominance des diatomées sur l'ensemble des points d'échantillonnage à proximité du CNPE de Penly. Les espèces dénombrées sont communément observées sur la zone. Le cycle saisonnier du phytoplancton, ainsi que la structure des communautés phytoplanctoniques observées en 2024 ne présentent pas de caractéristiques pouvant mettre en cause l'activité du CNPE de Penly. La variabilité spatio-temporelle observée est principalement liée à l'évolution des conditions environnementales (e.g. concentrations en sels nutritifs, lumière, turbulence) le long

du gradient côte large. Ainsi, l'évolution dans le temps de ces paramètres semble cohérente avec les connaissances que nous avons de ces paramètres en Manche.

L'étude des paramètres suivis dans le compartiment phytoplanctonique ne met pas en évidence une influence des rejets d'eau de refroidissement des circuits secondaires du CNPE de Penly sur le milieu marin environnant »

5.3.1.3 Zooplancton

La synthèse du rapport de surveillance, réalisée par l'institut IFREMER, est présentée ci-dessous :

« Cette année encore, on constate que la biomasse sestonique ne constitue pas un bon proxy pour estimer la biomasse zooplanctonique. Bien que, cette année, le seston soit composé principalement de zooplancton (comme indiqué par les rapports C/N du seston), aucune cohérence n'a été observée entre la biomasse mesurée et la distribution spatiale des abondances zooplanctoniques. La proportion entre méroplancton et holoplancton ne permet pas non plus de comprendre ces différences. Les données historiques acquises depuis 1987 indiquent que la biomasse sestonique ne montre pas de différences significatives entre les points de prélèvement, quelle que soit la saison considérée. Par contre, pour l'abondance zooplanctonique, les moyennes estivales et automnales au point Canal sont significativement inférieures à celles des points Rejet, Contrôle et Référence, ce qui a également été observé en 2024.

Les abondances 2024 étaient conformes aux valeurs moyennes historiques au printemps, alors que celles de juin et septembre étaient globalement un peu faibles par rapport aux observations depuis 1987. **Les variations interannuelles sont toutefois à interpréter avec précaution du fait de la faible fréquence d'échantillonnage.** La fréquence d'observation (trois fois par an) ne permet pas d'étendre les analyses au-delà de la mise en perspective de la variabilité spatiale du zooplancton à proximité du CNPE. Celles-ci montrent justement que les abondances au point Canal restent significativement plus faibles par rapport aux autres points de prélèvement, notamment pour les copépodes. La situation géographique particulière de ce point (faible profondeur, enclavement) et une charge particulière plus importante (turbidité, apports terrigènes) expliquent ces faibles abondances.

La composition et la succession des espèces restent classiques, même si cette année la campagne printanière a dû être un peu tardive pour observer les fortes proliférations habituelles de larves méroplanctoniques (balanes, polychètes, ...), finalement cette année c'est lors de la campagne de juin que les abondances de méroplancton ont été prédominantes, indiquant une nouvelle période de production (notamment de balanes). Au printemps et en automne, l'holoplancton dominait largement le zooplancton. Comme toujours en milieu côtier tempéré, il était essentiellement caractérisé par les copépodes. La diversité spécifique de ce groupe reste faible, composée en général de moins d'une dizaine d'espèces dont une seule peut représenter plus du tiers du peuplement. Les copépodes appartenant à l'ordre des calanoides, typiquement pélagiques, (*Acartia*, *Temora*, *Centropages*, *Paracalanus*) sont les plus abondants, notamment au large, mais à la côte *Euterpina acutifrons*, copépode harpacticoïde pélagique, est également très présent.

Chacune des espèces zooplanctoniques observées cette année respecte, pour ce que peut montrer cette analyse de trois campagnes annuelles, sa répartition saisonnière

habituelle et est caractéristique des milieux tempérés de la Manche et de la baie sud de la Mer du Nord. La distribution du zooplancton montre le plus souvent des gradients d'abondance entre la côte (point Canal) et le large (point Référence). Les abondances au point Rejet, situé dans les turbulences du rejet du CNPE, sont le plus souvent supérieures à celles du point Canal et ne présentent pas de différence significative avec les points Contrôle et Référence. **La variabilité spatio-temporelle de la population zooplanctonique lors des trois campagnes annuelles 2024 ne permet donc pas de mettre en évidence une évolution anormale du milieu récepteur qui pourrait être due au fonctionnement du CNPE de Penly »**

5.3.1.4 Microbiologie

La synthèse du rapport de surveillance, réalisée par l'institut IFREMER, est présentée ci-dessous :

« Dans le domaine de la microbiologie, on retrouve en 2024 des résultats se situant dans la gamme des observations réalisées habituellement. Les Germes Totaux, homogènes sur le plan spatial comme temporel, se situent cette année à des niveaux légèrement plus élevés sans toutefois atteindre des records (exception faite du point Référence en Automne avec une concentration de $2,0 \times 10^6$ n/ml). À contrario, les concentrations en germes aérobies revivifiables se caractérisent par des niveaux plus faibles. Les vibrions halophiles, se développent progressivement pour atteindre leurs niveaux les plus élevés en automne conformément au schéma habituel et aux gradients perceptibles depuis les eaux côtières vers le large.

L'étude des paramètres du compartiment microbiologique n'a pas mis en évidence, au cours de l'année 2024, de résultats particuliers pouvant être liés à l'activité du CNPE de Penly. »

5.3.2 Le domaine halieutique

5.3.2.1 Ichtyoplancton

La synthèse du rapport de surveillance, réalisée par l'institut IFREMER, est présentée ci-dessous :

« Comme pour les années précédentes, sur les cinq espèces ciblées de l'ichtyoplancton, la sole et le sprat étaient les plus abondantes sur le site du CNPE de Penly en 2024.

Pour ces deux espèces, l'année 2024 montrait des abondances globalement plus faibles que les cinq dernières années. Pour le sprat, les abondances restent inférieures aux maximums déjà observés dans les années 90. Cependant, la comparaison interannuelle des abondances reste délicate du fait du décalage probable, entre les années, de la période de ponte des espèces cibles en fonction des conditions environnementales. Le nombre limité de campagnes d'échantillonnage ne permettant pas de couvrir toute la période de présence des œufs et larves, ceci peut conduire à un biais dans l'évaluation des abondances observées d'une année à l'autre. La limande et la sardine ne sont pas des espèces abondantes aux stades œufs (pour la limande) et larves (pour les deux espèces) sur le site du CNPE de Penly pendant la période de prélèvement. Pour les œufs de limande, une abondance plus importante sur le point Contrôle a potentiellement été observée en 2024. Il faut rappeler que pour la limande, un doute important subsiste quant à l'identification visuelle des œufs. Ces œufs peuvent être confondus avec ceux de flet, particulièrement pour le stade 'Non Embryonné'. Seule l'analyse

moléculaire permet de séparer clairement les deux espèces. Pour la sardine, les faibles abondances de larves peuvent être expliquées par la reproduction plus tardive de cette espèce par rapport aux autres. Comme pour les années précédentes, il faut noter une quantité non négligeable d'œufs et de larves d'autres espèces présentes dans les échantillons collectés ainsi que l'absence de d'œufs et de larves de plie.

La variabilité spatiale et temporelle de la population ichtyoplanctonique observée lors des quatre campagnes annuelles 2024 ne met pas en évidence d'évolution anormale du milieu récepteur pouvant être reliée au fonctionnement du CNPE de Penly. »

5.3.2.2 Macrofaune

La synthèse du rapport de surveillance, réalisée par l'institut IFREMER, est présentée ci-dessous :

« La campagne de surveillance menée en août 2024 s'est déroulée dans des conditions optimales, conformément aux protocoles établis et en parfaite adéquation avec les exigences réglementaires en vigueur. L'ensemble des opérations d'échantillonnage a été réalisé avec la rigueur méthodologique habituelle, garantissant une acquisition fiable et représentative des données biologiques et écologiques telles qu'elles sont acquises depuis le début du marché.

Dans le cadre de cette campagne 2024, les différentes étapes de collecte, de mesure et d'enregistrement des données ont été menées selon les standards de qualité en vigueur. Les relevés réalisés sur les différentes stations d'échantillonnage indiquent que les tendances observées restent cohérentes avec celles des années précédentes, sans mise en évidence d'écart significatif ni d'anomalie notable. L'analyse des conditions environnementales ainsi que les observations *in situ* confirment la stabilité des paramètres étudiés, garantissant ainsi la comparabilité des résultats avec les séries historiques.

Si, exceptionnellement, l'analyse détaillée des résultats n'a pu être conduite avec le niveau d'approfondissement habituel dans le cadre du présent rapport, il est important de souligner que les observations de terrain réalisées par les équipes en charge du suivi n'ont révélé aucun élément laissant présager une évolution inhabituelle des populations suivies. Les différents indicateurs de suivi – qu'il s'agisse des abondances, des répartitions spatiales ou des tailles observées – s'inscrivent dans la continuité des tendances établies sur le long terme. En l'état des connaissances acquises au moment de l'échantillonnage, aucun signal particulier ne justifie une alerte ou une interrogation quant à l'état des populations étudiées.

Dans un souci d'exhaustivité et de continuité du programme de surveillance, il est prévu que les données acquises en 2024 fassent l'objet d'une analyse approfondie et consolidée dans le cadre du prochain rapport de surveillance, prévu en 2025. Cette approche permettra une mise en perspective des résultats sur deux années consécutives et garantira une exploitation optimale des informations collectées. L'intégration des données 2024 dans l'analyse globale des tendances pluriannuelles contribuera ainsi à affiner le suivi de l'évolution des paramètres écologiques et à assurer la traçabilité scientifique des observations réalisées.

L'ensemble des engagements méthodologiques et réglementaires ayant été respectés, cette campagne s'inscrit pleinement dans la continuité du programme de suivi écologique en place. Les éléments recueillis cette année viendront enrichir la base de données existante et participeront, à terme, à une meilleure compréhension des dynamiques écologiques du site.

En conclusion, le suivi halieutique réalisé à proximité du CNPE de PENLY en 2024 ne permet pas de mettre en évidence l'influence particulière du fonctionnement du CNPE sur le domaine halieutique »

5.4 Acoustique environnementale

L'arrêté du 7 février 2012 fixe les règles générales applicables à toutes les phases du cycle de vie des installations nucléaires de base visant à garantir la protection des intérêts contre l'ensemble des inconvénients ou des risques que peuvent présenter les INB. Le titre IV sur la maîtrise des nuisances et de l'impact sur la santé et l'environnement fixe deux critères visant à limiter l'impact du bruit des installations nucléaires de base.

Le premier critère, appelé « émergence sonore » et s'exprimant en Décibel A - dB (A) est la différence de niveau sonore entre le niveau de bruit ambiant et le bruit résiduel. L'émergence sonore se calcule à partir de mesures réalisées aux premières habitations, en Zone à Émergence Réglementée (ZER).

Le deuxième critère, en vigueur depuis le 1^{er} juillet 2013, concerne le niveau sonore mesuré en dB (A) en limite d'établissement de l'installation.

Pour répondre à ces exigences réglementaires et dans l'optique de réduire l'impact de ses installations, EDF mène depuis 1999 des études d'impact acoustique basées sur des mesures de longue durée dans l'environnement et sur les matériels. En parallèle, des modélisations 3D sont réalisées pour hiérarchiser les sources sonores les plus prépondérantes, et si nécessaire, définir des objectifs d'insonorisation.

Les principales sources de bruit des installations nucléaires sont généralement les réfrigérants atmosphériques pour les CNPE équipés, les stations de pompage, les salles des machines, les cheminées du bâtiment des auxiliaires nucléaires, et les transformateurs.

La Mission Communication du CNPE de Penly informe directement les mairies dans un rayon de 2 km lors de la réalisation d'opérations pouvant générer du bruit comme, par exemple, lors de la réalisation de certains essais périodique sur l'installation.

6 Évaluation de l'impact environnemental et sanitaire des rejets de l'installation

Une surveillance des niveaux de radioactivité est effectuée dans l'environnement du CNPE de Penly dans le cadre du programme de surveillance réglementaire et du suivi radioécologique du CNPE (cf. Partie V Surveillance de l'environnement, 5.1- Surveillance de la radioactivité dans l'environnement).

Les résultats de cette surveillance et des mesures associées montrent que la radioactivité mesurée dans l'environnement du CNPE est principalement d'origine naturelle. Les niveaux de radioactivité artificielle mesurés dans l'environnement du CNPE sont faibles et trouvent pour partie leur origine dans d'autres sources (retombées atmosphériques des essais nucléaires, Tchernobyl,...). L'analyse détaillée des résultats est présentée dans le rapport du suivi radioécologique réglementaire réalisé par IRSN, présenté en annexe.

L'IRSN produit également un bilan radiologique de l'environnement français disponible au lien suivant :

https://www.irsn.fr/sites/default/files/2024-12/IRSN_Bilan-etat-radiologique-environnement-francais-2021-2023_BD.pdf

À partir des activités annuelles rejetées par radionucléide, une dose efficace⁵ est calculée en tenant compte des mécanismes de transfert de l'environnement jusqu'à l'homme. Cette dose permet de « mesurer » le niveau d'exposition attribuable aux rejets d'effluents radioactifs liquides et atmosphériques d'une installation et de le positionner par rapport à la limite réglementaire pour l'exposition de la population aux rayonnements ionisants conformément à l'article R1333-11 du Code de la Santé Publique.

Le calcul de dose efficace annuelle tient compte de données spécifiques à chaque CNPE telles que les conditions météorologiques, les habitudes alimentaires des riverains, les conditions de dispersion des effluents rejetés dans le milieu récepteur, etc. Les données alimentaires et les temps consacrés aux activités intérieures ou extérieures dans les environnements terrestre et aquatique ont été actualisés en 2013-2014 avec les dernières bases de données et enquêtes disponibles.

Les principales hypothèses retenues sont les suivantes :

- les habitants consomment pour partie des aliments produits dans l'environnement proche du CNPE ;
- ils vivent toute l'année à proximité de leur lieu d'habitation (non prise en compte de leurs périodes d'absence pour le travail, les vacances...).

Les principaux facteurs d'incertitudes dans le calcul de dose sont associés essentiellement à quelques données et paramètres difficiles à acquérir sur le terrain, tels que certaines

⁵ La **dose efficace** est la somme des doses absorbées par tous les tissus, pondérée d'un facteur radiologique W_R (W_R = Radiation Weighting factor, facteur de pondération du rayonnement) pour tenir compte de la qualité du rayonnement (α , β , γ ...) et d'un facteur de pondération tissulaire W_T (W_T = Tissu Weighting factor) correspondant à la radiosensibilité relative du tissu exposé. La dose efficace a pour objectif d'apprécier le risque total et s'exprime en sievert (Sv). Elle est appelée communément « **dose** ».

caractéristiques de l'environnement et comportements précis des populations riveraines (les rations alimentaires par exemple).

L'échelle suivante présente des ordres de grandeur de doses résultant de situations courantes :

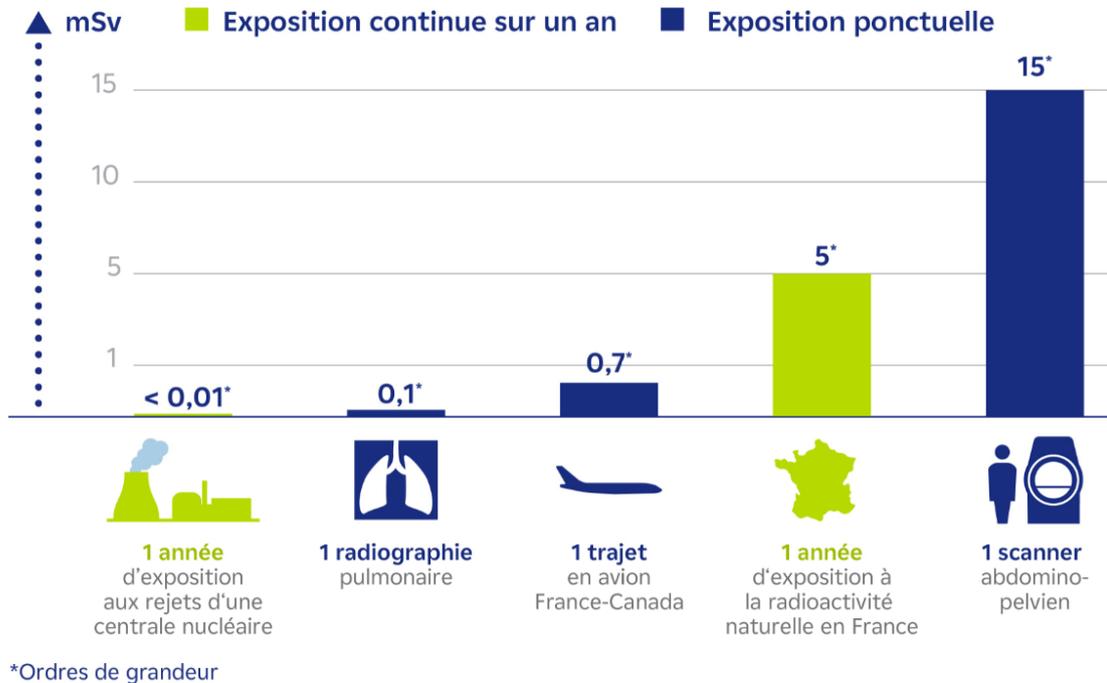


Figure 2 : Echelle des ordres de grandeur de doses résultant de situations courantes et comparaison aux seuils réglementaires (Source : EDF)

L'exposition moyenne de la population française aux rayonnements ionisants (d'origine naturelle et artificielle) est de 4,5 mSv/an. Les contributions des différentes sources d'exposition sont présentées sur la figure 2 ci-après.

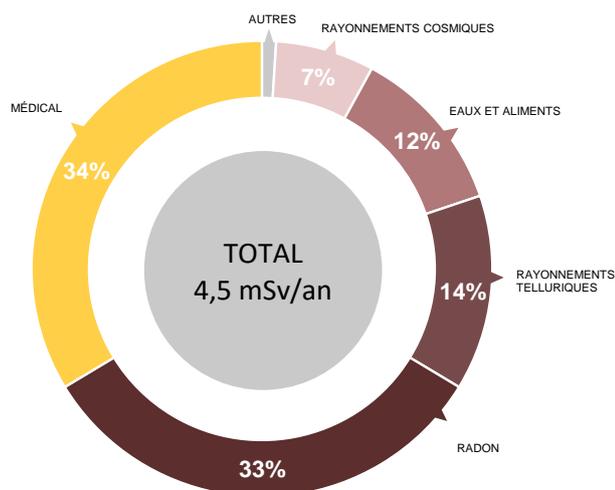


Figure 3 : Part relative des différentes sources d'expositions de la population française aux rayonnements ionisants (Source : Bilan IRSN 2021)

Les tableaux suivants fournissent les valeurs de dose efficace totale calculées à partir des rejets radioactifs réels de l'année 2024 effectués par le CNPE de Penly, pour la personne représentative. Cette personne représente les individus pouvant recevoir la dose efficace annuelle maximale induite par les rejets d'effluents radioactifs autorisés du CNPE.

ADULTE	Exposition externe (mSv)	Exposition interne (mSv)	Total (mSv)
Rejets d'effluents à l'atmosphère	2,0E-06	2,3E-05	2,5E-05
Rejets d'effluents liquides	1,1E-04	1,9E-04	3,0E-04
Total	1,1E-04	2,1E-04	3,2E-04

ENFANT DE 10 ANS	Exposition externe (mSv)	Exposition interne (mSv)	Total (mSv)
Rejets d'effluents à l'atmosphère	1,9E-06	2,5E-05	2,6E-05
Rejets d'effluents liquides	3,7E-04	8,9E-05	4,6E-04
Total	3,8E-04	1,1E-04	4,9E-04

ENFANT DE 1 AN	Exposition externe (mSv)	Exposition interne (mSv)	Total (mSv)
Rejets d'effluents à l'atmosphère	2,0E-06	3,3E-05	3,5E-05
Rejets liquides	1,4E-04	5,0E-05	1,9E-04
Total	1,4E-04	8,3E-05	2,3E-04

Les valeurs de doses calculées sont inférieures à 1.10^{-3} mSv/an pour l'adulte, pour l'enfant de 10 ans et pour l'enfant de 1 an.

Les valeurs de doses calculées pour l'adulte, l'enfant de 10 ans et l'enfant de 1 an, attribuables aux rejets d'effluents radioactifs de l'année 2024 sont plus de 1 000 fois inférieures à la limite d'exposition fixée à 1 mSv par an pour la population, par l'article R1333-11 du Code de la Santé Publique. L'ensemble des populations résidant de manière permanente ou temporaire autour du CNPE est exposé à une dose efficace inférieure ou égale à la dose calculée pour la personne représentative, présentée ci-dessus.

Ces résultats sont cohérents avec ceux de l'étude d'impact de l'installation, dont les hypothèses et modalités de calcul restent pertinentes au regard des évolutions scientifiques.

7 Gestion des déchets

Comme toute activité industrielle, la production d'électricité d'origine nucléaire génère des déchets, dont des déchets conventionnels et radioactifs à gérer avec la plus grande rigueur.

Responsable légalement, industriellement et financièrement des déchets qu'il produit, EDF a, depuis l'entrée en service de ses premières centrales nucléaires, mis en œuvre des procédés adaptés qui permettent de protéger efficacement l'environnement, les populations, les travailleurs et les générations futures contre les risques associés à ses déchets.

La démarche industrielle repose sur 4 principes :

- limiter les quantités produites et la nocivité des déchets ;
- trier par nature et niveau de radioactivité ;
- conditionner et préparer la gestion à long terme ;
- isoler les déchets de l'homme et de l'environnement.

Pour les installations nucléaires de base du CNPE de Penly, la limitation de la production des déchets se traduit par la réduction, pour atteindre des valeurs aussi basses que possible, du volume et de l'activité des déchets dès la phase d'achat de matériel ou de la prestation, durant la phase de préparation des chantiers et lors de leur réalisation.

7.1 Les déchets radioactifs

Les modalités de gestion mises en œuvre visent notamment à ce que les déchets radioactifs n'aient aucune interaction avec les eaux (nappe et cours d'eau) et les sols. Les opérations de tri, de conditionnement, de préparation à l'expédition s'effectuent dans des locaux dédiés et équipés de systèmes de collecte d'effluents éventuels.

Avant de sortir des bâtiments, les déchets radioactifs bénéficient tous d'un conditionnement étanche qui constitue une barrière à la radioactivité et prévient tout transfert dans l'environnement.

Les contrôles réalisés par les experts internes et les pouvoirs publics sont nombreux et menés en continu pour vérifier l'absence de contamination.

Les déchets conditionnés et contrôlés sont ensuite expédiés vers les filières de traitement ou de stockage définitif.

Les mesures prises pour limiter les effets de ces déchets sur la santé comptent parmi les objectifs visés par les dispositions mises en œuvre pour protéger la population et les intervenants des risques de la radioactivité. L'ensemble de ces dispositions constitue la radioprotection. Ainsi, pour protéger les personnes travaillant dans les centrales, et plus particulièrement les équipes chargées de la gestion des déchets radioactifs, des mesures simples sont prises, comme la mise en place d'un ou plusieurs écrans (murs et dalles de béton, parois en plomb, verres spéciaux chargés en plomb, eau des piscines, etc.), dont l'épaisseur est adaptée à la nature du rayonnement du déchet.

7.1.1 Les catégories de déchets radioactifs

Selon la durée de vie des éléments radioactifs contenus et le niveau d'activité radiologique qu'ils présentent, les déchets sont classés en plusieurs catégories. On distingue

les déchets « à vie courte » des déchets « à vie longue » en fonction de leur période (une période s'exprime en années, jours, minutes ou secondes. Elle quantifie le temps au bout duquel l'activité radioactive initiale du déchet est divisée par deux).

Tous les déchets dits « à vie courte » ont une période inférieure ou égale à 31 ans. Ils bénéficient de solutions de gestion industrielles définitives dans les centres spécialisés de l'Andra situés dans l'Aube à Morvilliers (déchets de très faible activité, TFA) ou Soulaines (déchets de faible à moyenne activité à vie courte, FMAVC).

Ces déchets proviennent essentiellement :

- des systèmes de filtration (épuration du circuit primaire : filtres, résines, concentrats, boues...);
- des opérations de maintenance sur matériels : pompes, vannes...
- des opérations d'entretien divers : vinyles, tissus, gants...
- de certains travaux de déconstruction des centrales mises à l'arrêt définitif (gravats, pièces métalliques...).

Le conditionnement des déchets triés consiste à les enfermer dans des emballages ou contenants adaptés pour éviter toute dissémination de la radioactivité. On obtient alors des déchets conditionnés, appelés aussi « colis de déchets ». Sur les sites nucléaires, le choix du conditionnement dépend de plusieurs paramètres, notamment du niveau d'activité, des dimensions du déchet, de l'aptitude au compactage, à l'incinération et de la destination du colis. Ainsi, le conditionnement de ces déchets est effectué dans différents types d'emballages : coque ; fût ou caisson métallique ; fût plastique (PEHD : polyéthylène haute densité) pour les déchets destinés à l'incinération dans l'installation Centraco ; big-bag ou casier.

Les progrès constants accomplis, tant au niveau de la conception des centrales que de la gestion du combustible et de l'exploitation des installations, ont déjà permis de réduire les volumes de déchets à vie courte de façon significative. Ainsi, les volumes des déchets d'exploitation ont été divisés par trois depuis 1985, à production électrique équivalente.

Les déchets dits « à vie longue » ont une période supérieure à 31 ans. Ils sont générés :

- par le traitement du combustible nucléaire usé effectué dans l'usine ORANO de la Hague, dans la Manche ;
- par la mise au rebut de certaines pièces métalliques issues des réacteurs ;
- par la déconstruction des centrales d'ancienne génération.

Le remplacement de certains équipements du cœur des réacteurs actuellement en exploitation (« grappes » utilisées pour le réglage de la puissance, fourreaux d'instrumentation, etc.) produit des déchets métalliques assez proches en typologie et en activité des structures d'assemblages de combustible : il s'agit aussi de déchets « de moyenne activité à vie longue » (MAVL) qui sont entreposés dans les piscines de désactivation.

Le traitement des combustibles usés consiste à séparer les matières qui peuvent être valorisées et les déchets. Cette opération est réalisée dans les ateliers spécialisés situés dans l'usine ORANO.

Après une utilisation en réacteur pendant quatre à cinq années, le combustible nucléaire contient encore 96 % d'uranium qui peut être recyclé pour produire de nouveaux assemblages de combustible. Les 4 % restants (les « cendres » de la combustion nucléaire) constituent les déchets ultimes qui sont vitrifiés et coulés dans des conteneurs en acier

inoxydable : ce sont des déchets « de haute activité à vie longue (HAVL) ». Les parties métalliques des assemblages sont compactées et conditionnées dans des conteneurs en acier inoxydable qui sont entreposés dans l'usine précitée : ce sont des déchets « de moyenne activité à vie longue (MAVL) ».

Depuis la mise en service du parc nucléaire d'EDF, et à production énergétique équivalente, l'amélioration continue de l'efficacité énergétique du combustible a permis de réduire de 25 % la quantité de combustible consommée chaque année. Ce gain a permis de réduire dans les mêmes proportions la production de déchets issus des structures métalliques des assemblages de combustible.

La déconstruction produit également des déchets de catégorie similaire. Enfin, les empilements de graphite des anciens réacteurs dont la déconstruction est programmée généreront des déchets « de faible activité à vie longue (FAVL) ».

En ce qui concerne les déchets de haute et moyenne activité « à vie longue », la solution industrielle de gestion à long terme retenue par la loi du 28 juin 2006 est celle du stockage géologique (projet Cigéo, en cours de conception). Les déchets déjà existants sont pour le moment entreposés en toute sûreté sur leur lieu de production dans l'attente de la mise en service de l'installation ICEDA (Installation de Conditionnement et d'Entreposage des Déchets Activés).

Le tableau ci-dessous présente les différentes catégories de déchets, les niveaux d'activité et les conditionnements utilisés.

Types déchet	Niveau d'activité	Durée de vie	Classification	Conditionnement
Filtres d'eau et résines primaires	Faible et Moyenne	Courte	FMA-VC (faible et moyenne activité à vie courte)	Fûts, coques
Filtres d'air	Très faible, Faible et Moyenne		TFA (très faible activité), FMA-VC	Casiers, big-bags, futs, coques, caissons
Résines secondaires				
Concentrats, boues				
Pièces métalliques				
Matières plastiques, cellulosiques				
Déchets non métalliques (gravats...)				
Déchets graphite	Faible	Longue	FA-VL (faible activité à vie longue)	Entreposage sur site
Pièces métalliques et autres déchets actives	Moyenne		MA-VL (moyenne activité à vie longue)	Entreposage sur site (en piscine de refroidissement pour les grappes et autres déchets actives REP)

7.1.2 Le transport des déchets

Après conditionnement, les colis de déchets peuvent être orientés vers :

- le centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage des déchets de très faible activité (CIREs) exploité par l'Andra et situé à Morvilliers (Aube) ;
- le centre de stockage de l'Aube (CSA) pour les déchets à faible ou moyenne activité exploité par l'Andra et situé à Soullaines (Aube) ;
- l'installation Centraco exploitée par Cyclife France et située à Marcoule (Gard) qui reçoit les déchets destinés à l'incinération et à la fusion. Après traitement, ces déchets sont évacués vers l'un des deux centres exploités par l'Andra.

DE LA CENTRALE AUX CENTRES DE TRAITEMENT ET DE STOCKAGE

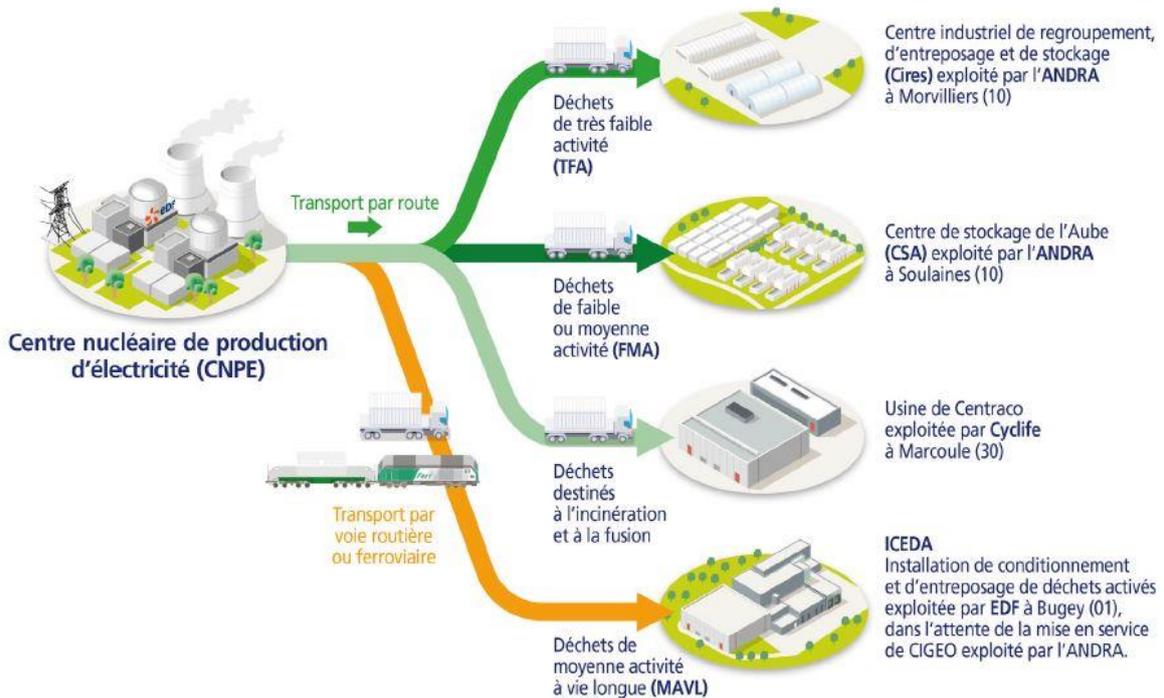


Figure 4 : Transport des déchets radioactifs (Source : EDF)

7.1.3 Les quantités de déchets entreposées au 31/12/2024

Le tableau suivant présente les quantités de déchets en attente de conditionnement au 31 décembre 2024 pour les 2 réacteurs en fonctionnement du CNPE de Penly.

Catégorie déchet	Quantité entreposée au 31/12/2024	Commentaires
TFA	51,9	Localisation : aire TFA et BTE (Bâtiment de Traitement des Effluents)
FMAVC (Liquides)	6,2	Effluents du lessivage chimique, huiles, solvants, soude...
FMAVC (Solides)	132,5	Localisation : BTE (Bâtiment de Traitement des Effluents) et ITGG (Installation Tubes Guides de Grappes)
FAVL	0	-
MAVL	190 objets	Concerne les grappes et les étuis dans les piscines de désactivation (déchets technologiques, galette inox, bloc béton et chemise graphite...)

Le tableau suivant présente les quantités de déchets conditionnés en attente d'expédition au 31 décembre 2024 pour les 2 réacteurs en fonctionnement du CNPE de Penly.

Catégorie déchet	Quantité entreposée au 31/12/2024	Type d'emballage
TFA	20	Tous types d'emballages confondus
FMAVC	9	Coques béton
FMAVC	135	Fûts (métalliques, PEHD)
FMAVC	2	Autres (caissons, pièces massives...)

Le tableau suivant présente le nombre de colis évacués et les sites d'entreposage en 2024 pour les 2 réacteurs en fonctionnement du CNPE de Penly.

Site destinataire	Nombre de colis évacués
Cires à Morvilliers	108
CSA à Soulaines	184
Centraco à Marcoule	1098

En 2024, 1390 colis ont été évacués vers les différents sites de traitement ou de stockage appropriés (Centraco et Andra).

7.2 Les déchets non radioactifs

Conformément à l'arrêté INB et à la décision ASN 2015-DC-0508, les INB établissent et gèrent un plan de zonage déchets, qui vise à distinguer :

- les zones à déchets conventionnels (ZDC) d'une part, à l'intérieur desquelles les déchets produits ne sont ni contaminés ou activés ni susceptibles de l'être ;
- les zones à production possible de déchets nucléaires (ZPPDN) d'autre part, à l'intérieur desquelles les déchets produits sont contaminés, activés ou susceptibles de l'être.

Les déchets conventionnels produits par les INB sont ceux issus de ZDC et sont classés en 3 catégories :

- les déchets inertes (DI), qui ne contiennent aucune trace de substances toxiques ou dangereuses, et ne subissent aucune modification physique, chimique ou biologique importante pour l'environnement (déchets minéraux, verre, déblais, terres et gravats, ...)
- les déchets non dangereux non inertes, qui ne présentent aucune des propriétés qui rendent un déchet dangereux (gants, plastiques, déchets métalliques, papier/carton, caoutchouc, bois, câbles électriques, ...)
- les déchets dangereux (DD) qui contiennent des substances dangereuses ou toxiques, ou sont souillés par de telles substances (accumulateurs au plomb, boues/terres marquées aux hydrocarbures, résines, peintures, piles, néons, déchets inertes et industriels banals souillés, déchets amiantifères, bombes aérosols, ...).

Le tableau ci-dessous présente les quantités de déchets conventionnels produites en 2024 par le CNPE.

Quantités 2024 en tonnes	Déchets dangereux		Déchets non dangereux non inertes		Déchets inertes		Total	
	Produits	Valorisés	Produits	Valorisés	Produits	Valorisés	Produits	Valorisés
Exploitation	189	69,8%	1254	96,2%	12820	100%	14263	99,3%
Déconstruction	SO	SO	SO	SO	SO	SO	SO	SO

Les déchets conventionnels sont gérés conformément aux principes définis dans la directive cadre sur les déchets :

- réduire leur production et leur dangerosité par une gestion optimisée,
- favoriser le recyclage et la valorisation.

La production de déchets inertes a été historiquement conséquente en 2024 du fait d'importants chantiers, en particulier les chantiers de modifications post Fukushima et l'aménagement de parkings ou bâtiments tertiaires. Les productions de déchets dangereux et de déchets non dangereux non inertes restent relativement stables.

De nombreuses actions sont mises en œuvre par EDF pour en optimiser la gestion, afin notamment d'en limiter les volumes et les effets sur la santé et l'environnement. Parmi celles-ci, peuvent être citées :

- la création en 2006 du Groupe Déchets Economie Circulaire, chargé d'animer la gestion des déchets conventionnels pour l'ensemble des entités d'EDF. Ce groupe, qui s'inscrit dans le cadre du Système de Management Environnemental certifié ISO 14001 d'EDF, est composé de représentants des Divisions/Métiers des différentes Directions productrices de déchets. Ses principales missions consistent à apporter de la cohérence en proposant des règles et outils de référence aux entités productrices de déchets,
- les entités productrices de déchets conventionnels disposent d'un outil informatique qui permet en particulier de maîtriser les inventaires de déchets et leurs voies de gestion,
- la définition depuis 2008 d'un objectif de valorisation pour l'ensemble des déchets valorisables. Cet objectif est actuellement fixé à 90%,
- la prise en compte de la gestion des déchets dans les contrats de gestion des sites,
- la mise en place de structures opérationnelles assurant la coordination et la sensibilisation à la gestion des déchets de l'ensemble des métiers,
- la création de stages de formation spécifiques « gestion des déchets conventionnels »,
- le recensement annuel des actions de prévention de production des déchets.

En 2024, les 2 unités de production du CNPE de Penly ont produit 14 263 tonnes de déchets conventionnels : 99,3 % de ces déchets ont été valorisés ou recyclés.

8 ABREVIATIONS

ANDRA - Agence Nationale pour la gestion des Déchets RAdioactifs

ASN - Autorité Sûreté Nucléaire

CNPE - Centre Nucléaire de Production d'Électricité

COT - Carbone Organique Total

DBO5 - Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours

DCO - Demande Chimique en Oxygène

DUS – Diesel d'Ultime Secours

EBA - Ventilation de balayage en circuit ouvert tranche à l'arrêt

ESE - Évènement Significatif Environnement

FMA - Faible Moyenne Activité

ICPE - Installations Classées pour la Protection de l'Environnement

INB - Installation Nucléaire de Base

IRSN - Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire

ISO - International Standard Organization

KRT – Chaîne de mesure de radioactivité

MES - Matières En Suspension

PA – Produit d'Activation

PF – Produit de Fission

REX - Retour d'Expérience

SME - Système de Management de l'Environnement

SMP - Station Multi Paramètres

TAC – Turbine à Combustion

TEU - Traitement des Effluents Usés

TFA - Très Faible Activité

THE – Très Haute Efficacité

UFC - Unité Formant Colonie



N'imprimez ce document que si vous en avez l'utilité.

EDF SA
22-30, avenue de Wagram
75382 Paris cedex 08
Capital de 1 525 484 813 euros
552 081 317 R.C.S. Paris
www.edf.fr

CNPE de Penly
BP 854 76204
Dieppe CEDEX
02.35.40.60.00