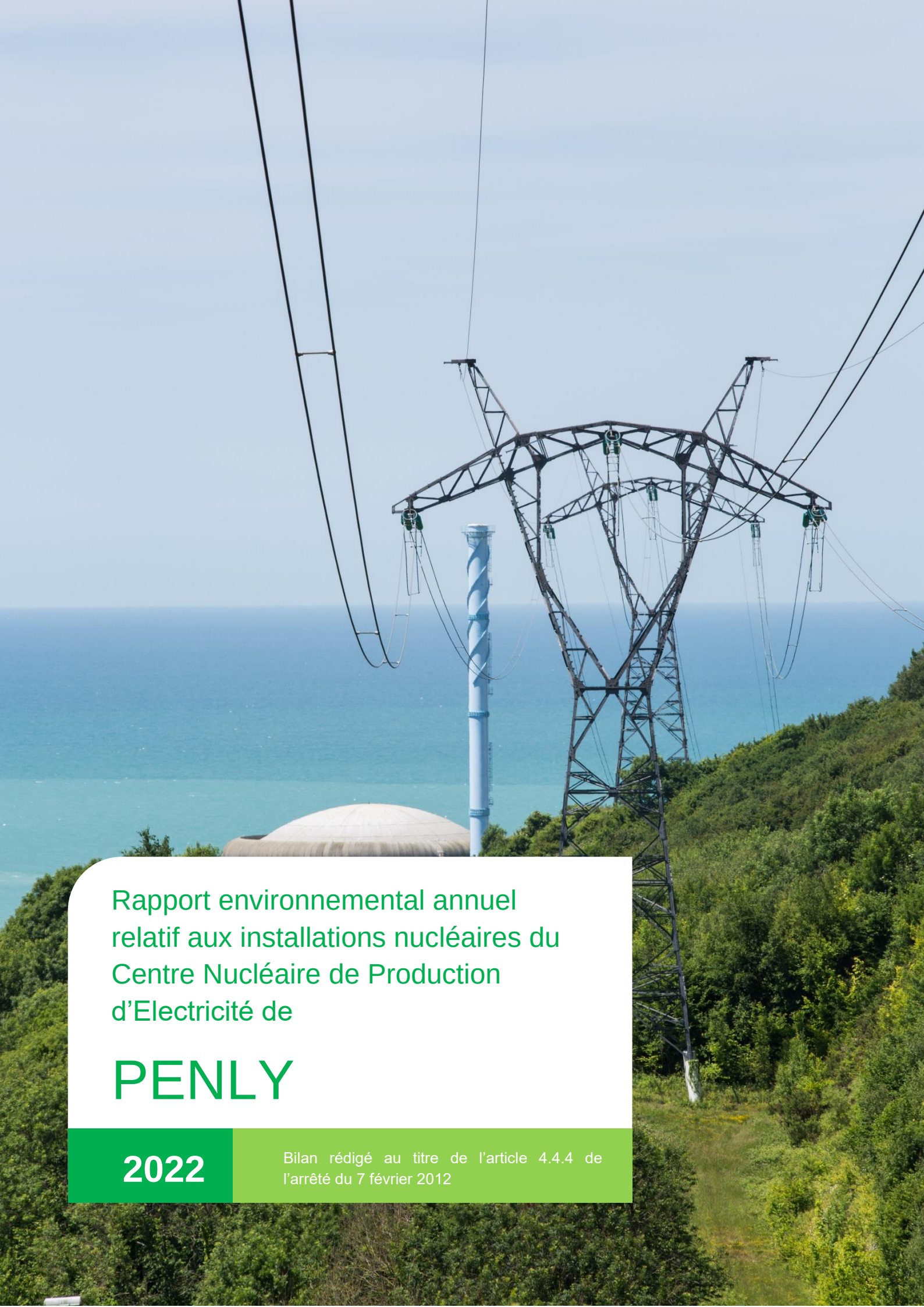


Rapport environnemental annuel relatif aux installations nucléaires du Centre Nucléaire de Production d'Electricité de

PENLY

2022

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

SOMMAIRE

1 Le Centre Nucléaire de Production d'Electricité en 2022 4

1.1 Contexte 4

1.2 Le CNPE de PENLY 4

1.3 Les modifications apportées au voisinage du CNPE de PENLY 5

1.4 Les évolutions scientifiques susceptibles de modifier l'étude d'impact 6

1.5 Le bilan des incidents de fonctionnement et des évènements significatifs pour l'environnement 6

2 Les prélèvements d'eau 9

2.1 Le prélèvement d'eau destinée au refroidissement 11

2.2 Le prélèvement d'eau destinée à l'usage industriel 11

2.3 Le prélèvement d'eau destinée à l'usage domestique 12

2.4 Les milieux de prélèvements : comparaison pluriannuelle, prévisionnel, valeurs limites et maintenance 13

3 La restitution et consommation d'eau 15

3.1 La restitution d'eau 15

3.2 La détermination de la consommation globale 16

4 Les rejets d'effluents 18

4.1 Les rejets d'effluents à l'atmosphère 19

4.2 Les Rejets d'effluents liquides 26

4.3 Les rejets thermiques 43

5 La surveillance de l'environnement 46

5.1 La surveillance de la radioactivité dans l'environnement 46

5.2 La physico-chimie des eaux souterraines 53

5.3 La chimie et physico-chimie des eaux de surface 53

5.4 L'acoustique environnementale 59

6 L'évaluation de l'impact environnemental et sanitaire des rejets de l'installation 60

7 La gestion des déchets 64

7.1 Les déchets radioactifs 64
7.2 Les déchets non radioactifs 70

8 Les ABREVIATIONS 73

1 Le Centre Nucléaire de Production d'Electricité en 2022

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 2022 du CNPE de PENLY en matière d'environnement.

1.2 Le CNPE de PENLY

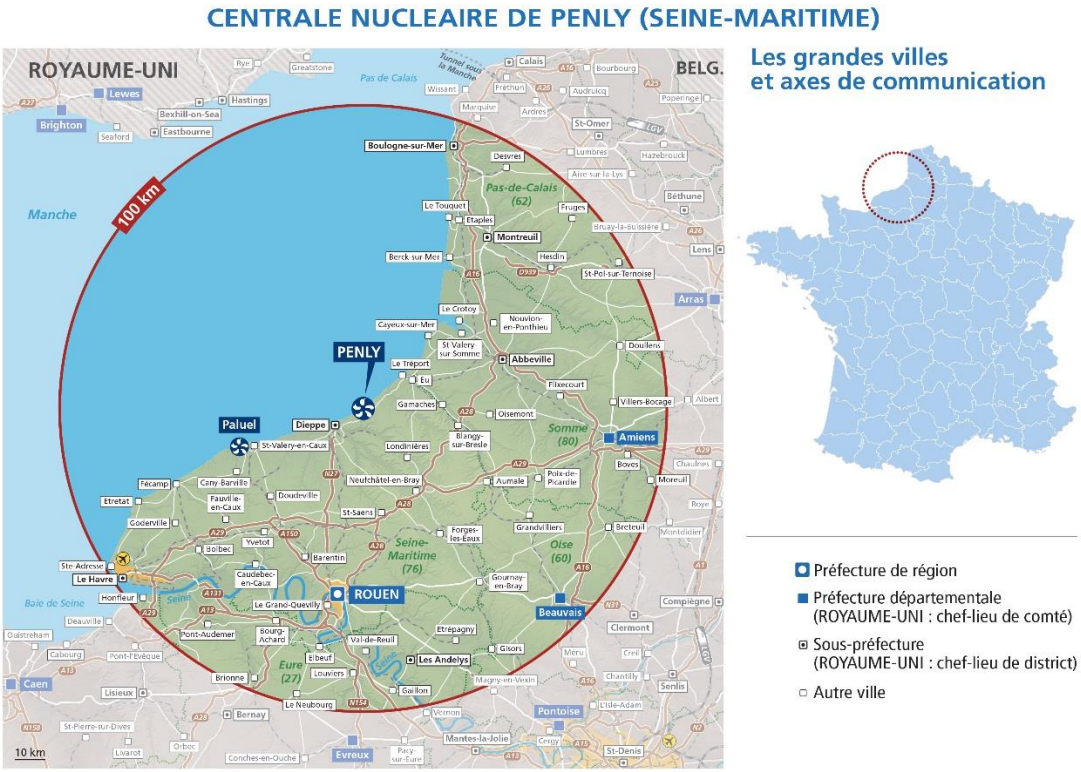
1.2.1 Description et historique

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 2022, le CNPE de Penly comptait 796 salariés EDF, dont 25 nouveaux embauchés durant l'année. Par ailleurs, 465 salariés d'entreprises partenaires y exercent une activité permanente. Pour réaliser les arrêts programmés pour maintenance des unités, entre 400 et 900 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.



Les 56 réacteurs français actuellement en exploitation appartiennent à la même technologie, appelée « réacteur à eau pressurisée » (REP) et déployée dans l'hexagone entre 1977 et 1999. La centrale de Penly fait donc partie d'un parc standardisé qui permet de mutualiser les ressources d'ingénierie, d'exploitation et de maintenance et de disposer d'un retour d'expérience important, applicable à l'ensemble des sites.

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 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 certaines opérations de maintenance génèrent des rejets d'effluents liquides ou gazeux.

1.3 Les 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 2022, aucune modification notable au voisinage du CNPE de PENLY n'a été identifiée.

1.4 Les 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 Effet 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 revue bibliographique exhaustive et, si nécessaire, 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 Le 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 du CNPE et constitue une veille permanente. 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 Le 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 2022.

Typologie	Date	Description de l'évènement	Principales actions correctives (AC*)
ESE	12/04/2022	Cumul annuel d'émission d'hexafluorure de soufre (SF6) supérieur à 100 kg en 2022	AC1 : Poursuivre la pose de revêtement en TEM AC2 : Mettre en place deux points d'arrêt à la vidange et au remplissage AC3 : Définir les créneaux de maintenance AC4 : Prévoir des colliers adaptés AC5 : Adapter annuellement le plan d'action
ESE	07/07/2022	Dépassement de la concentration en DBO5 sur le rejet de la station d'épuration S1 vers SEO	AC1 : Effectuer un diagnostic avec le fournisseur sur l'anomalie de la pompe AC2 : Modifier la gamme D 5039 – GT/ST/301 en intégrant la mise à l'arrêt de la station en cas de dysfonctionnement AC3 : Rappeler aux intervenants sur la base de l'évènement l'importance de l'appropriation pour les activités routinières et de l'adhérence aux procédures

**AC : Action Corrective*

1.5.2 Le bilan des incidents de fonctionnement

1.5.2.1 Le phénomène de corrosion sous contrainte

Afin de se prémunir de la présence de défauts sur les tuyauteries des circuits importants pour la sûreté des installations, les programmes de maintenance du parc nucléaire français prévoient la réalisation de contrôles, lors de chaque Visite Décennale, sous forme d'Examens Non Destructifs (END) par ultrasons ou par radiographie.

En 2021, lors de la deuxième Visite Décennale du réacteur n° 1 de la centrale de Civaux, un endommagement de l'acier inoxydable d'une portion de tuyauterie sur les lignes du circuit d'injection de sécurité (RIS) a été détecté.

EDF a procédé à la découpe des portions de tuyauteries concernées et des expertises, réalisées en laboratoire, ont permis de confirmer que les défauts constatés sur le réacteur de Civaux 1 étaient liés à un mécanisme de dégradation qui fait intervenir simultanément le matériau et ses caractéristiques intrinsèques, les sollicitations mécaniques auxquelles il est soumis, et la nature du fluide qui y circule. C'est un phénomène connu dans l'industrie et appelé « Corrosion Sous Contrainte ». Il peut être détecté par la réalisation de contrôles spécifiques par ultrasons, tels que ceux menés de manière préventive par EDF lors des Visites Décennales de ses réacteurs.

Des contrôles initiés sur les mêmes matériels du réacteur n° 2 de la centrale de Civaux ont fait apparaître des défauts similaires. EDF a alors pris la décision d'arrêter les deux réacteurs de la centrale de Chooz, qui sont de même conception que ceux de Civaux, afin de procéder à titre préventif à ces mêmes contrôles.

En décembre 2021, à l'occasion de la troisième Visite Décennale du réacteur n° 1 de la centrale de Penly, une même indication a été identifiée à proximité d'une soudure, sur une portion de tuyauterie du circuit d'injection de sécurité.

Les calculs réalisés à partir du défaut le plus marqué constaté sur une portion de tuyauterie du circuit RIS de Civaux 1 ont permis de confirmer l'intégrité et l'aptitude des circuits à remplir leur fonction.

Une analyse a permis d'établir une liste priorisée de 6 réacteurs (Bugey 3, Flamanville 1 et 2, Chinon 3, Cattenom 3 et Bugey 4) sur lesquels un programme de contrôle et d'expertises devait être effectué. L'ASN a considéré le 26 juillet 2022 que la stratégie d'EDF était appropriée compte tenu des connaissances acquises sur le phénomène et des enjeux de sûreté associés. Ces contrôles ont été réalisés sur ces 6 réacteurs en 2022.

Par ailleurs, l'analyse et résultats des 112 expertises métallographiques réalisées en laboratoire sur 230 échantillons de tuyauteries ont permis d'identifier 40 réacteurs comme pas ou peu sensibles au phénomène de CSC : les 32 réacteurs du palier de puissance 900 MWe et 8 réacteurs du palier 1300 MWe-P4 (Paluel 1, Paluel 2, Paluel 3, Paluel 4, Saint-Alban 1, Saint-Alban 2, Flamanville 1, Flamanville 2). Ces réacteurs feront l'objet de contrôles en 2023, 2024 et 2025 lors de leurs arrêts programmés. 16 réacteurs ont été identifiés comme sensibles. Il s'agit des réacteurs les plus récents : les 4 réacteurs du palier N4 et 12 réacteurs du palier 1300 MWe-P'4 (Belleville 1, Belleville 2, Cattenom 1, Cattenom 2, Cattenom 3, Cattenom 4, Golfech 1, Golfech 2, Nogent 1, Nogent 2, Penly 1 et Penly 2). Concernant les réacteurs du palier N4 : les opérations de réparation ont été réalisées en 2022 sur les réacteurs de Civaux 1 et Civaux 2 et étaient en cours sur les réacteurs de Chooz 1 et Chooz 2.

Concernant les réacteurs du palier 1300-P'4, EDF a décidé d'adapter sa stratégie de traitement pour l'ensemble des réacteurs de ce palier et procèdera en 2023, au remplacement préventif complet des tuyauteries des lignes d'injection de sécurité dont les soudures pourraient être affectées par le phénomène de CSC.

1.5.2.2 Incidence sur les aspects environnementaux

Les contrôles et expertises associés au phénomène de CSC requièrent un allongement significatif des arrêts de tranche. Ainsi la Tr. 1 est restée à l'arrêt tout au long de l'année 2022. La Tr. 2, quant à elle, a été arrêtée en août 2022 et redémarrera à l'été 2023.

L'arrêt prolongé des tranches impacte les résultats, qu'il s'agisse des consommations d'eau ou des rejets liquides et gazeux. La comparaison des résultats 2022 avec les années précédentes et le prévisionnel sont donc à réaliser en connaissance de ce contexte.

2 Les 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 :
    - En bord de mer ou d'un fleuve à grand débit, les CNPE fonctionnent avec un circuit de refroidissement totalement ouvert.
    - 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.

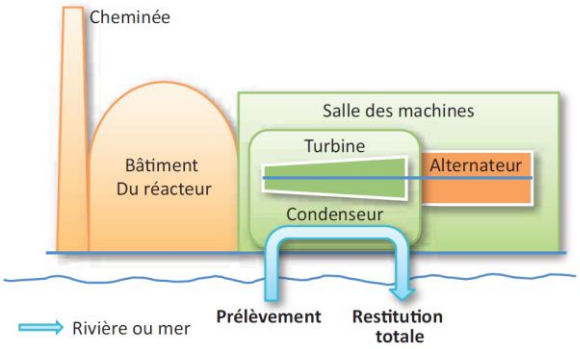


Figure 1 : Schéma d'un CNPE avec un circuit de refroidissement ouvert (Source EDF)

Annuellement, en moyenne, le volume d'eau nécessaire au fonctionnement du circuit de refroidissement d'un réacteur est de l'ordre de 1 milliard de mètres cubes (si l'eau est rejetée directement dans le milieu naturel) soit un besoin de 160 litres d'eau prélevés pour produire 1 kWh.

Que les CNPE soient en fonctionnement ou à l'arrêt, la totalité de l'eau prélevée pour le refroidissement est restituée à la mer pour les installations en circuit ouvert.

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 700 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 elles sont implantées.

2.1 Le prélèvement d'eau destinée au refroidissement

Le tableau ci-dessous détaille le cumul mensuel du prélèvement d'eau destinée au refroidissement de l'année 2022 (eau marines).

	Prélèvement d'eau (en m^3)
Janvier	129 160 800
Février	123 595 200
Mars	188 031 600
Avril	180 932 400
Mai	178 012 800
Juin	131 832 000
Juillet	186 955 200
Août	198 216 000
Septembre	26 179 200
Octobre	65 818 800
Novembre	63 604 800
Décembre	151 185 600
TOTAL	1 623 524 400

2.2 Le 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 2022 (eau douce superficielle).

	Prélèvement d'eau (en m^3)
Janvier	14 471
Février	10 778
Mars	18 190
Avril	12 670
Mai	24 911
Juin	14 253
Juillet	25 619
Août	27 006
Septembre	22 786
Octobre	23 844
Novembre	31 846
Décembre	28 582
TOTAL	254 956

Le tableau ci-dessous détaille le cumul mensuel du prélèvement d'eau destinée à l'usage industriel de l'année 2022 (eau marines - CFI*).

	Prélèvement d'eau (en m^3)
Janvier	596 376
Février	571 824
Mars	877 932
Avril	844 668
Mai	830 016
Juin	609 840
Juillet	872 784
Août	926 640
Septembre	104 544
Octobre	293 436
Novembre	283 536
Décembre	701 712
TOTAL	7 513 308

** CFI - Circuit de Filtration d'eau brute*

2.3 Le prélèvement d'eau destinée à l'usage domestique

Le tableau ci-dessous détaille le cumul mensuel du prélèvement d'eau destinée à l'usage domestique de l'année 2022.

	Prélèvement d'eau (en m^3)
Janvier	4 193
Février	2 753
Mars	3 327
Avril	2 805
Mai	2 504
Juin	2 784
Juillet	3 437
Août	4 430
Septembre	6 164
Octobre	6 602
Novembre	2 498
Décembre	2 886
TOTAL	44 383

2.4 Les milieux de prélèvements : comparaison pluriannuelle, prévisionnel, valeurs limites et maintenance

2.4.1 La comparaison pluriannuelle et au prévisionnel des prélèvements d'eau pour 2022

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de prélèvement des années 2020 à 2022 avec la valeur du prévisionnel 2022.

Année	Milieu	Volume (milliers de m^3)
2020	Eau de mer : La Manche	2 525
2021		2 520
2022		1 624
Prévisionnel 2022		2 070
2020	Eau de rivière	294
2021		351
2022		255
Prévisionnel 2022		270

Commentaires : les valeurs sont inférieures au prévisionnel en raison de l'arrêt prolongé des deux réacteurs en lien avec le phénomène de CSC.

2.4.2 La 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-DC0089.

Milieu	Limites de prélèvement		Prélèvement		Unité
	Prescriptions	Valeur	Valeur maximale	Valeur moyenne	
Rivière	Débit instantané	400	348,3	347,03	m^3/h
	Volume journalier	9 600	8 400**	963	m^3
	Volume annuel	600 000	254 956*	S.O.	m^3

*Correspond au volume annuel prélevé
**Valeur théorique calculée avec le débit maximum des pompes

Commentaires : Les valeurs sont inférieures aux limites de prélèvement.

2.4.3 Les principales opérations de maintenance intervenues sur les équipements et ouvrages de prélèvements

En 2022, le CNPE de Penly a réalisé deux campagnes de dragage du chenal d'amenée :

- Du 18/01/2022 au 14/03/2022, avec 35 400 m3 de sable et sédiments dragués.
- Du 05/07/2022 au 05/09/2022, avec 55 800 m3 de sable et sédiments dragués.

Le déversement des sédiments a été réalisé dans une zone de 500 m autour du point des coordonnées géographiques : 01° 05' 35" E et 49° 57' 55" N, conformément à la décision 2008 DC-0090.

2.4.4 Les opérations exceptionnelles de prélèvements

En 2022 des travaux d'étanchéité sur un bassin d'eau brute ont été réalisés. L'intervention a nécessité la vidange d'un bassin générant une augmentation de la consommation d'eau brute pour le re-remplissage.

3 La restitution et consommation d'eau

3.1 La restitution d'eau

La restitution d'eau du CNPE de Penly pour l'année 2022 est présentée dans le tableau ci-dessous.

Le pourcentage de restitution est obtenu par comparaison entre le volume prélevé par type d'eau et la restitution par type d'effluent :

- **Le prélèvement d'eau de mer** comparé aux rejets d'eaux de refroidissement et des eaux industrielles CFI.
- **Le prélèvement d'eau douce** (eau potable et eau de l'Yères) comparé aux rejets industriels eux-mêmes composés : des réservoirs Ex, T et S, des stations d'épuration (STEP) et des effluents de la station de déminéralisation (SDA).

3.1.1 Les Prélèvements annuels par type d'eau (détails aux 2.1 et 2.2)

	Eau de refroidissement	Eau douce de l'Yères			Eau potable	CFI	Unités
		Ex, T et S	PE* CRF	SDA	STEP		
Consommation annuelle	1 623 524 400	254 956			44 383	7 513 308	En m^3

***Presse-étoupe des pompes CRF

3.1.2 La restitution annuelle par type d'eau

		Eau de refroidissement	Eau douce de l'Yères			Eau potable	CFI	Unités
			Ex, T et S	PE* CRF	SDA Fosse Neutrale (FN)	STEP		
Restitution mensuelle	Janvier	129 160 800	5 620	1 488	911	859	596 376	En m^3
	Février	123 595 200	2 070	1 344	872	1 088	571 824	
	Mars	188 031 600	7 290	1 488	1 252	1 053	877 932	
	Avril	180 932 400	4 720	1 440	652	834	844 668	
	Mai	178 012 800	7 270	1 469	1 380	936	830 016	
	Juin	131 832 000	4 240	1 440	725	882	609 840	
	Juillet	186 955 200	6 950	1 488	791	791	872 784	
	Août	198 216 000	9 170	1 176	1 687	648	926 640	
	Septembre	26 179 200	2 220	58	401	698	104 544	
	Octobre	65 818 800	357	0	150	786	293 436	
	Novembre	63 604 800	3 390	0	533	543	283 536	
	Décembre	151 185 600	5 430	1 021	1 121	414	701 712	
TOTAL par type de restitution	Restitution annuelle au milieu aquatique	1 623 524 400	58 727	12 412	10 475	9 532	7 513 308	En m^3
	Pourcentage de restitution d'eau au milieu aquatique par rapport au prélèvement	100%	32%			21,4%	100%	%

*Presse-étoupe des pompes CRF

3.2 La détermination de la consommation globale

La consommation d'eau correspond à la différence entre la quantité d'eau prélevée et la quantité d'eau restituée au milieu aquatique.

3.2.1 La consommation Globale Annuelle

	Eau de refroidissement	Eau douce de l'Yères			Eau potable	CFI	Unités
		Ex, T et S	PE* CRF	SDA	STEP		
Total consommation annuelle	1 631 337 047						En m3
Restitution annuelle au milieu aquatique	1 631 129 089						En m3
Pourcentage de restitution au milieu aquatique	99,98						%

3.2.2 La répartition mensuelle

Le tableau ci-dessous détaille le cumul mensuel de consommation d'eau de l'année 2022.

	Consommation d'eau (en m3)
Janvier	9 786
Février	8 157
Mars	10 434
Avril	7 829
Mai	16 360
Juin	9 750
Juillet	19 036
Août	18 755
Septembre	25 573
Octobre	29 153
Novembre	29 878
Décembre	23 482
TOTAL	208 193

4 Les 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 :
  - Tritium,
  - Carbone 14,
  - Iode,
  - Autres produits de fission ou d'activation,
  - Gaz rares.
- Les rejets chimiques liquides classés en deux catégories :
  - 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 Les rejets d'effluents à l'atmosphère

4.1.1 Les rejets d'effluents à l'atmosphère radioactifs

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 évents 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 est 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).

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
	^{131m}Xe
	^{133}Xe
	^{135}Xe
Tritium	^{3}H
Carbone 14	^{14}C
Iodes	^{131}I
	^{133}I
Produits de fission et d'activation	^{58}Co
	^{60}Co
	^{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 métrologiste 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*. »

4.1.1.3 Cumul mensuel

Les cumuls mensuels des rejets d'effluents radioactifs à l'atmosphère sont donnés dans le tableau suivant.

	Exploitation										
	^{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	8,37E-01	1,44E-01	2,15E-02	2,74E+01	1,97E+01	7,77E-04	6,65E-03	9,41E-05	1,16E-04	1,01E-04	1,06E-04
Février	9,65E-01	1,54E-01	1,89E-02	2,35E+01	1,75E+01	8,40E-04	6,93E-03	9,29E-05	1,12E-04	9,66E-05	9,90E-05
Mars	1,13E+00	1,50E-01	1,81E-02	2,81E+01	2,20E+01	4,09E-04	2,95E-03	1,03E-04	1,18E-04	1,01E-04	1,07E-04
Avril	9,16E-01	1,29E-01	2,02E-02	2,71E+01	2,41E+01	3,13E-04	2,45E-03	8,91E-05	1,01E-04	9,23E-05	9,52E-05
Mai	9,37E-01	1,87E-01	2,32E-02	2,57E+01	2,18E+01	3,11E-04	2,13E-03	9,94E-05	1,09E-04	9,50E-05	9,92E-05
Juin	9,69E-01	1,61E-01	1,87E-02	2,54E+01	2,03E+01	3,11E-04	2,07E-03	9,42E-05	1,06E-04	9,18E-05	9,89E-05
Juillet	9,95E-01	1,54E-01	3,54E-02	2,73E+01	2,39E+01	3,35E-04	1,98E-03	9,38E-05	1,06E-04	9,02E-05	9,77E-05
Août	5,74E+00	1,01E+00	1,67E-01	2,51E+01	2,18E+01	3,02E-04	1,89E-03	9,60E-05	1,07E-04	8,80E-05	9,69E-05
Septembre	2,32E-04	3,50E-02	2,34E-02	2,65E+01	2,33E+01	3,31E-04	1,37E-03	9,69E-05	1,14E-04	9,25E-05	9,80E-05
Octobre	/	/	/	2,93E+01	2,40E+01	2,80E-04	1,54E-03	9,94E-05	1,12E-04	1,00E-04	1,10E-04
Novembre	8,89E-05	2,08E-02	2,59E-03	2,56E+01	2,16E+01	2,44E-04	1,34E-03	8,87E-05	1,07E-04	8,72E-05	9,31E-05
Décembre	/	/	/	2,55E+01	2,18E+01	8,21E-03	1,30E-03	8,86E-05	1,04E-04	8,88E-05	9,66E-05
TOTAL ANNUEL	1,25E+01	2,14E+00	3,49E-01	3,16E+02	2,62E+02	1,27E-02	3,26E-02	1,14E-03	1,31E-03	1,13E-03	1,20E-03

	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	4,08E+08	4,81E+01	5,35E+01	2,021E+02	7,42E-03	4,16E-04
Février	3,51E+08	4,22E+01	3,93E+01		7,77E-03	4,01E-04
Mars	3,93E+08	5,14E+01	4,69E+01		3,35E-03	4,30E-04
Avril	3,77E+08	5,23E+01	3,97E+01	2,109E+02	2,77E-03	3,78E-04
Mai	3,75E+08	4,87E+01	3,44E+01		2,44E-03	4,03E-04
Juin	3,60E+08	4,68E+01	3,74E+01		2,38E-03	3,91E-04
Juillet	3,73E+08	5,23E+01	4,48E+01	2,109E+02	2,31E-03	3,88E-04
Août	3,84E+08	5,38E+01	5,65E+01		2,20E-03	3,88E-04
Septembre	3,82E+08	4,98E+01	6,90E+01		1,70E-03	4,02E-04
Octobre	4,24E+08	5,33E+01	4,95E+01	3,28E+01	1,82E-03	4,22E-04
Novembre	3,68E+08	4,73E+01	4,47E+01		1,58E-03	3,76E-04
Décembre	3,64E+08	4,73E+01	2,67E+01		9,51E-03	3,78E-04
TOTAL ANNUEL	4,56E+09	5,93E+02	5,42E+02	7,37E+02	4,53E-02	4,77E-03

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 au seuil de décision 1E-3 Bq/m3.

4.1.1.4 Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2022 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2022.

Année	Rejets par catégorie de radionucléides (GBq)				
	Gaz rares	Tritium	Carbone 14	Iodes	Autres produits de fission et d'activation
2020	795	727	519	0,0570	0,00310
2021	710	718	771	0,109	0,0054
2022	593	542	737	0,0453	0,00477
Prévisionnel 2022	850	800	900	0,40	0,006

Commentaires : Les valeurs des rejets sont inférieures aux prévisionnels.

4.1.1.5 Comparaison aux valeurs limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2022 avec les valeurs limites de rejets fixées par la décision ASN n° 2008-DC-0090.

Paramètres	Débit d'activité instantané maximal atteint à chaque cheminée en 2022		
	Limites	Débit instantané (Bq/s)	
Gaz rares	**1,12E+07**	Tranche 1	1,86E+06
		Tranche 2	1,20E+06
Tritium	**1,25E+06**	Tranche 1	1,02E+04
		Tranche 2	2,43E+04
Iode	**125**	Tranche 1	1,36E+01
		Tranche 2	3,11E+00
Autres PF/PA	**125**	Tranche 1	1,22E-01
		Tranche 2	1,02E-01

	Cumul des rejets annuels	
Paramètres	Limites (GBq)	Résultats 2022 (GBq)
Tritium	**8 000**	5,42E+02
Gaz rares	**45 000**	5,93E+02
Carbone 14	**1 400**	7,37E+02
Iode	**0,8**	4,53E-02
Autres PF/PA	**0,8**	4,77E-03

Commentaires : En 2022, aucun dépassement des valeurs limites n'a été constaté.

4.1.2 L'évaluation des rejets diffus d'effluents radioactifs à l'atmosphère

Les rejets radioactifs diffus ont notamment pour origine :

- Les évents 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 (m^3)	Rejets de vapeur du circuit secondaire		Rejets au niveau des évents des réservoirs d'entreposage des effluents liquides Ex, T et S		Rejets au niveau des évents des réservoirs d'eau de refroidissement des piscines	
		Tritium (Bq)	Iodes (Bq)	Tritium (Bq)	Iodes (Bq)	Tritium (Bq)	Iodes (Bq)
Janvier	5,62E+03	/	/	5,57E+07	/	/	/
Février	2,07E+03	/	/	2,06E+03	/	/	/
Mars	7,29E+03	/	/	1,79E+07	/	/	/
Avril	4,72E+03	2,50E+08	/	5,92E+07	/	2,50E+08	/
Mai	7,27E+03	3,50E+08	/	4,20E+07	/	3,50E+08	/
Juin	4,24E+03	/	/	2,52E+07	/	/	/
Juillet	1,20E+04	1,00E+08	/	2,00E+07	/	1,00E+08	/
Août	1,42E+04	1,25E+08	/	1,40E+07	/	1,25E+08	/
Septembre	8,74E+03	1,25E+08	/	1,60E+07	/	1,25E+08	/
Octobre	3,57E+02	/	/	3,16E+02	/	/	/
Novembre	5,96E+03	/	/	1,61E+07	/	/	/
Décembre	6,13E+03	/	/	4,82E+06	/	/	/
TOTAL ANNUEL	7,85E+04	9,50E+08	/	2,71E+08	/	9,50E+08	/

4.1.3 L'évaluation 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.
- 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, NOX) 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 circuits 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 90,5 heures (durée cumulée des 6 moteurs), des turbines à combustion (TAC) ayant fonctionné pendant 15,5 heures, au total sur les 2 tranches pour 2022 est de :

Paramètre	Unité	Groupes électrogènes	TAC	TOTAL
SOx	kg	1	0	1
NOx	kg	11 484	1 967	13 451

4.1.3.2 Rejets de formaldéhyde et de monoxyde de carbone

En 2022, aucun redémarrage de tranche n'a eu lieu. Il n'y a donc eu aucun rejet de formaldéhyde et de monoxyde de carbone lié au changement de calorifuges.

Concentration calculée	Unité	Paramètres	EBA	ETY
Concentration maximale ajoutée dans l'atmosphère	mg/m^3	Formaldéhyde	0	0
		Monoxyde de carbone	0	0

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	65
Morpholine / Ethanolamine		4,2

4.1.3.4 Bilan des émissions 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
Hydrogéno-fluoro-carbone (HFC)	91,91	148
Hexafluorure de soufre (SF6)	352,2	8 875
Total des émissions de GES en tonne équivalent CO2		9 023

Dans le respect de la règlementation 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 2022, les émissions liées à cette activité représentent 492 tonnes équivalent CO2.

L'équivalent CO_2 total des émissions de GES du CNPE constituées des pertes de fluides frigorigène et SF6 et de la combustion des diesels de secours, représente 1,4 g.eqCO_2/ kWh électrique produit, la production annuelle nette d'électricité ayant été de 6,73 TWh sur l'année 2022.

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

L'année 2022 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 Les 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 2022.

4.2 Les Rejets d'effluents liquides

4.2.1 Les rejets d'effluents liquides radioactifs

Lorsque l'on exploite un CNPE, 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 (résiduaires, 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.

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 métrologiste 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 est donné dans le tableau suivant :

	^{131}I (GBq)	^{54}Mn (GBq)	^{58} Co (GBq)	^{60}Co (GBq)	^{63}Ni (GBq)	^{110m}Ag (GBq)	^{123m}Te (GBq)	^{124}Sb (GBq)	^{125}Sb (GBq)	^{134}Cs (GBq)	^{137}Cs (GBq)	51Cr (GBq)	95Nb (GBq)
Janvier	6,33E-04	6,93E-04	6,86E-03	2,09E-03	2,59E-03	7,72E-04	5,00E-04	6,59E-04	1,89E-03	7,01E-04	8,81E-04	/	/
Février	/	/	/			/	/	/	/	/	/	/	/
Mars	3,85E-04	4,04E-04	1,53E-02	2,14E-03	4,79E-03	4,76E-03	1,46E-03	4,00E-03	1,24E-03	4,37E-04	7,05E-04	/	/
Avril	9.54E-04	1,07E-03	1,81E-02	6,52E-03	5,90E-03	1,26E-03	3.82E-03	1,03E-03	2.93E-03	1.17E-03	1,34E-03	/	/
Mai	6,99E-04	8,09E-04	7,41E-03	1,09E-02	1,79E-03	3,41E-03	2,11E-03	7,37E-04	2,03E-03	7,74E-04	1,10E-03	/	/
Juin	1,27E-03	1,43E-03	3,47E-03		2,64E-03	1,53E-03	9,30E-04	1,35E-03	3,60E-03	1,36E-03	1,70E-03	/	/
Juillet	1,46E-03	1,75E-03	1,39E-02	1,52E-02	7,09E-03	2,82E-02	1,26E-03	1,47E-03	4,19E-03	1,54E-03	2,77E-03	/	/
Août	9,08E-04	1,06E-03	2,66E-03	5,54E-03	1,93E-03	1,07E-03	1,32E-03	9,69E-04	2,67E-03	9,85E-04	1,22E-03	/	/
Septembre	6,81E-04	7,75E-04	7,91E-03	1,01E-02	1,81E-03	4,66E-03	3,15E-03	6,35E-04	1,96E-03	8,07E-04	1,11E-03	1,61E-02	5,28E-04
Octobre	/	/	/			/	/	/	/	/	/	/	/
Novembre	3,13E-04	5,68E-04	1,52E-03	4,55E-03	1,05E-03	1,36E-03	2,51E-04	3,96E-04	1,07E-03	4,07E-04	5,22E-04	/	/
Décembre	6,32E-04	7,61E-04	1,65E-03	1,22E-02	1,36E-03	6,65E-03	2,06E-03	6,87E-04	1,95E-03	7,04E-04	1,13E-03	/	/
TOTAL ANNUEL	7,93E-03	9,32E-03	7,87E-02	7,511E-02	3,09E-02	5,37E-02	1,69E-02	1,19E-02	2,35E-02	8.88E-03	1,25E-02	1,61E-02	5,28E-04

	Volumes rejetés (m3)	Iodes (GBq)	Tritium (GBq)	Carbone 14 (GBq)	Autres PF et PA (GBq)*
Janvier	5,62E+03	6,33E-04	5,17E+03	2,04E+00	1,50E-02
Février	2,07E+03	/	1,84E-01	/	/
Mars	7,29E+03	3,85E-04	1,66E+03	7,47E-01	3,05E-02
Avril	4,72E+03	9,53E-04	5,45E+03	3,45E+00	3,72E-02
Mai	7,27E+03	6,99E-04	3,91E+03	2,47E+00	2,93E-02
Juin	4,24E+03	1,27E-03	2,34E+03	2,82E+00	2,12E-02
Juillet	6,95E+03	1,46E-03	1,84E+03	3,33E+00	7,03E-02
Août	9,17E+03	9,08E-04	1,28E+03	1,73E+00	1,75E-02
Septembre	2,22E+03	6,81E-04	5,07E+02	5,48E-01	4,91E-02
Octobre	3,57E+02	/	1,87E-02	/	/
Novembre	3,39E+03	3,13E-04	2,04E+01	4,22E-02	1,06E-02
Décembre	5,43E+03	6,32E-04	5,67E+01	4,92E-02	2,78E-02
TOTAL ANNUEL	5,87E+04	7,93E-03	2,22E+04	1,72E+01	3,08E-01

*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.

4.2.1.4 Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejet de l'année 2022 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2022.

	Rejets par catégorie de radionucléides (GBq)			
	Tritium	**Carbone 14**	**Iodes**	**Autres PA et PF**
2020	50 600	38,8	0,011	0,395
2021	47 518	44,8	0,013	0,40
2022	22 200	17,20	0,00793	0,31
Prévisionnel 2022	54 000	55	0,012	0,4

Commentaires : Les valeurs des rejets sont inférieures aux valeurs prévisionnelles.

4.2.1.5 Comparaison aux limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2022 avec les valeurs limites de rejets fixées par la décision ASN n° 2008-DC-0090.

	Limites annuelles de rejet		Rejet
Paramètres	**Prescriptions**	**Valeur**	**Valeur (GBq)**
Tritium	Activité annuelle rejetée (GBq)	80 000	22 200
Carbone 14	Activité annuelle rejetée (GBq)	190	17,20
Iodes	Activité annuelle rejetée (GBq)	0,1	0,00793
Autres PA et PF	Activité annuelle rejetée (GBq)	25	0,31

Commentaires : En 2022, aucun dépassement des valeurs limites n'a été constaté.

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 2022 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 2022	Valeur maximale mesurée en 2022	Limite réglementaire	Valeur moyenne mesurée en 2022	Valeur maximale mesurée en 2022	Limite réglementaire
Eau filtrée	Activité bêta Globale (Bq/L)	1,12E+01	1,22E+01	18	S-O	S-O	S-O
	Tritium (Bq/L)	2,80E+02	4,08E+02	1 800	1,56E+01	4,00E+02 (2)	100(1)/ 900(2) *
	Potassium (mg/L)	3,93E+02	4,20E+02	S-O	S-O	S-O	S-O
Matières en suspension	Activité bêta globale (Bq/L)	6,45E-02	2,50E-01	S-O	S-O	S-O	S-O

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

Commentaires : En 2022, aucun dépassement des valeurs limites n'a été constaté.

4.2.2 Les 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 (H3BO3) : 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 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 rejet 1 et 2

4.2.2.3.1 Cumul mensuel

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

	Acide borique (kg)	Ethanolamine (kg)	Hydrazine (kg)	Détergents (kg)	Azote (kg)	Phosphates (kg)	Métaux totaux (kg)	MES (kg)	DCO (kg)
Janvier	67,1	1,08	0,017	1,45	204	19,8	0,39	57,6	34,5
Février	0	0,52	0,009	0	129	40,2	0,22	8,3	6,2
Mars	494	1,97	0,054	0,73	227	10,6	1,68	15,9	28
Avril	1 510	0,28	0,012	0,73	120	3,58	1,38	6,97	14,2
Mai	961	1,4	0,049	0,73	183	10,4	1,14	7,27	21,8
Juin	169	0,41	0,011	0,72	84	1,26	0,47	4,24	12,7
Juillet	407	3,23	0,030	1,39	259	5,9	0,87	12,6	41,7
Août	625	1,58	0,035	0	311	31	0,87	11,5	48,7
Septembre	1 080	0,24	0,006	1,43	4,67	28,3	0,94	13,1	13,3
Octobre	0	0,18	0,001	0	0,69	9,36	0,06	0,78	10,7
Novembre	20	0,53	0,008	0,73	9,19	34,3	1	6,60	18,2
Décembre	571	0,136	0,014	1,36	8,78	7,55	1,72	15,5	37,9
TOTAL ANNUEL	**5 904,1**	**11,556**	**0,246**	**9,27**	**1540,33**	**202,25**	**10,74**	**160,36**	**287,9**

4.2.2.3.2 Répartition détaillée des rejets de métaux

	Rejets mensuels détaillés (Kg)							
	Al	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Janvier	0,056	0,014	0,108	0,126	0,020	0,014	0,006	0,207
Février	0,021	0,005	0,031	0,068	0,005	0,005	0,007	0,108
Mars	0,073	0,018	0,566	0,750	0,043	0,018	0,021	0,297
Avril	0,040	0,010	0,082	0,586	0,037	0,037	0,004	0,534
Mai	0,073	0,018	0,153	0,408	0,018	0,018	0,007	0,284
Juin	0,042	0,011	0,033	0,270	0,020	0,011	0,004	0,155
Juillet	0,070	0,017	0,073	0,550	0,033	0,017	0,007	0,212
Août	0,115	0,023	0,175	0,446	0,050	0,023	0,009	0,163
Septembre	0,042	0,006	0,022	0,763	0,019	0,006	0,002	0,108
Octobre	0,004	0,001	0,014	0,026	0,008	0,002	0	0,011
Novembre	0,055	0,008	0,03	0,803	0,026	0,009	0,007	0,108
Décembre	0,069	0,014	0,101	1,150	0,036	0,014	0,010	0,405

4.2.2.3.3 Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets d'effluents non radioactifs liquides de l'année 2022 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2022.

Substances	Unité	2020	2021	2022	Prévisionnel 2022
Acide borique	kg	6 174	5 190	5 902	8 000
Hydrazine	kg	0,63	1,48	0,25	0,75
Détergents	kg	10,9	11	9,25	11
Azote	kg	3 784	4 152	1 541	4 300
Ethanolamine	kg	24,3	30,5	11,5	22
Métaux totaux	kg	28	17	10,7	24
Phosphates	kg	306	145	202	180

Commentaires : Les rejets sont inférieurs aux valeurs prévisionnelles, à l'exception des rejets de phosphates.
Les rejets de phosphate augmentent lors des Arrêts de Tranche en raison des permutations des circuits de refroidissement. Ces variations en 2022 sont liées à l'allongement des durées d'Arrêt de Tranche (phénomène CSC).

4.2.2.3.4 Comparaison aux limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2022 avec les valeurs limites de rejets fixées par la décision ASN n°2008-DC-0090.

	Concentration maximale ajoutée au bassin (mg/l)		Flux 24h (kg)		Flux 2h (kg)		Flux annuel	
Substances	**Limites**	**Rejet maximal calculé**	**Limites**	**Flux 24H maximal**	**Limites**	**Flux 2H maximal**	**Limites**	**Flux annuel**
Acide borique	**1,7**	6,50E-01	**3 300**	5,48E+02	**1 320**	2,01E+02	**16 400**	5,90E+03
Ethanolamine	**1,0E-2**	5,10E-04	**22**	2,20E+00	**SO**	1,75E+00	**620**	1,15E+01
Hydrazine	**1,0E-3**	1,07E-05	**3**	2,08E-02	**SO**	1,15E-02	**25**	2,46E-01
Détergents	**2,7E-1**	1,75E-03	**520**	7,07E-01	**210**	2,61E-01	**4 700**	9,26E+00
Azote	**4,0E-2**	1,60E-02	**80**	6,53E+01	**60**	5,70E+01	**9 900**	1,54E+03
Phosphates	**1,0E-1**	1,35E-02	**200**	2,68E+01	**160**	2,16E+01	**840**	2,02E+02
Métaux totaux	**2E-3**	9,35E-04	**3,6**	6,86E-01	**SO**	1,55E-01	**230**	9,02E+00
MES	**9E-2**	2,21E-02	**170**	9,41E+00	**SO**	7,19E+00	**SO**	1,45E+02
DCO	**1E-1**	1,03E-01	**210**	3,54E+01	**SO**	1,07E+01	**SO**	2,02E+02

L'article 5.3.1 de la décision ASN n° 2017-DC-0588 demande une évaluation de la quantité annuelle de lithine rejetée. En 2022, la quantité de lithine rejetée par le CNPE de Penly est évaluée à 0,152 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 issus des circuits de refroidissement.

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 2022.

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	0,00E+00	0,00E+00
Février	0,00E+00	0,00E+00
Mars	0,00E+00	0,00E+00
Avril	2,30E+04	6,00E+02
Mai	2,80E+04	1,90E+03
Juin	2,60E+04	1,40E+03
Juillet	2,00E+04	5,40E+03
Août	2,30E+04	3,00E+02
Septembre	1,00E+04	2,40E+03
Octobre	1,00E+04	0,00E+00
Novembre	1,00E+04	1,00E+03
Décembre	0,00E+00	0,00E+00

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°2008-DC-0090.

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets d'effluents liquides chimiques de l'année 2022 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2022.

Paramètres	Unité	2020	2021	2022	Prévisionnel 2022
Oxydant résiduel	Kg	2,3E+05	1,6E+05	1,5E+05	160 000
Bromoformes	Kg	1,5E+04	1,1E+04	1,3E+04	18 630

Commentaires : Les valeurs des rejets sont inférieures aux valeurs prévisionnelles.

4.2.2.4.3 Comparaison aux limites et au prévisionnel

Le tableau ci-dessous présente les rejets annuels relatifs à la chloration pour chaque type de substance chimique.

Paramètres	Concentration maximale injectée dans les circuits (mg/L)		Concentration maximale ajoutée aux bassins (mg/L)		Flux 24h (kg)	
	Limites	Valeur maximale injectée	Limites	Rejet maximal calculé	Limites	Rejet maximal calculé en 24h
Oxydant résiduel	S-O	S-O	**0,5**	0,65	**3 900**	2 800
Bromoforme	S-O	S-O	**0,03**	0,03	**230**	160
Chlore	**1,0**	1,4	S-O	S-O	S-O	S-O

Commentaires : En 2022, la valeur maximale injectée en chlore a dépassé ponctuellement la limite autorisée. Le CNPE a déclaré ce dépassement le 18/07/2022.

Par ailleurs, la valeur maximale injectée en oxydant résiduel a dépassé ponctuellement la limite autorisée. Le CNPE a déclaré ce dépassement le 02/06/2022.

Ces évènements sont liés au rodage de la nouvelle installation de chloration. La mise en place d'actions correctives a permis d'affiner les réglages.

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 2022.

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	690	1 773	2 204	70,1
Février	595	1 852	2 225	126,8
Mars	905	3 057	4 642	153,8
Avril	386,7	1 518	1 883	73
Mai	999	3 419	4 623	187
Juin	486	1 808	2 923	115
Juillet	941	2 667	1 150	87,9
Août	1 366	4 660	4 872	223
Septembre	325	1 139	1 153	44,4
Octobre	16,5	133,1	360	7,5
Novembre	531	1 458	222,8	9,06
Décembre	841	2 811	5 077	148
TOTAUX	8 082,2	26 295,1	31 334,8	1 245,56

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 2022 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2022.

Paramètres	Unité	Rejets annuels			
		2020	2021	2022	Prévisionnel 2022
Chlorures	Kg/an	43 974	46 303	26 295	45 000
Sodium	Kg/an	12 145	14 047	8 092	14 000
Fer	Kg/an	2 213	2 122	1 245	2 300
Cuivre	Kg/an	100	100	93,8	100

Commentaires : Les valeurs des rejets sont inférieures aux valeurs prévisionnelles.

4.2.2.5.3 Comparaison aux limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2022 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 2022
Chlorures	**1 100**	840
Sodium	**830**	294
MES	**1 800**	1 705
Fer	**56**	55
Paramètre	**Flux annuel (Kg/an)**	
	Limite	**Flux annuel de rejet en 2022**
Cuivre	**100**	100

Commentaires : En 2022, aucun dépassement de valeurs limites n'a été constaté.

4.2.2.6 Rejets d'effluents liquides chimiques via le déshuileur site

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

4.2.2.6.1 Rejets et comparaison aux limites

	Teneur en hydrocarbures (mg/L)	Valeur limite à respecter (mg/L)
Janvier	/	**10**
Février	/	
Mars	/	
Avril	5,5	
Mai	/	
Juin	6E-01	
Juillet	5E-01	
Août	/	
Septembre	/	
Octobre	4,8E-01	
Novembre	7,7	
Décembre	3,5	

Commentaires : En 2022, 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 vannes du site. La teneur en DBO5 est contrôlée trimestriellement conformément à la décision ASN 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	S4	S5	S1	S4	S5	S1	S4	S5
DBO5 (mg/L)	20	2	12	30	11	4	36	2	14	/	3	15
DCO (mg/L)	140	26	53	120	49	32	130	35	72	/	31	68
MES (mg/L)	70	4,5	7,6	54	11	6,7	42	3,1	14	/	4,8	9,6
pH (mg/L)	8,2	8,2	7,8	7,9	7,7	8,2	7,7	8,4	8,2	/	8,2	8
Azote kjeldal (mg/L)	99	1,4	23	69	19	2	94	1,4	49	/	2,2	41,6

4.2.2.7.2 Comparaison aux limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2022 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	20	**35**
Trimestre 2	30	
Trimestre 3	36	
Trimestre 4	15	

Commentaires : En 2022, la teneur en DBO5 a été dépassée de 1 mg/L ponctuellement au mois de juillet. Le CNPE a déclaré un évènement significatif le 28/07/2022.

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 2008-DC-0089, le CNPE surveille :

- La teneur en hydrocarbures 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 ;
- L'activité Béta global et tritium à fréquence trimestrielle des réseaux d'eaux pluviales e et f.

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	<1E-01	<1E-01	<1E-01	/*
Février	/	/	/	1,2
Mars	<1E-01	/*	<1E-01	<1E-01
Avril	/	<1E-01	/	/
Mai	/*	/*	<1E-01	3,4
juin	<1E-01	<1E-01	/	/
Juillet	<1E-01	<1E-01	<1E-01	<1E-01
Septembre	<1E-01	1E-01	1E-01	<1E-01
Novembre	<1E-01	1E-01	<1E-01	1,1E-01

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

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

	W1 Activité maximale mesurée		W2 Activité maximale mesurée		W3 Activité maximale mesurée		W4 Activité maximale mesurée	
	Tritium (Bq/l)	Béta (Bq/l)	Tritium (Bq/l)	Béta (Bq/l)	Tritium (Bq/l)	Béta (Bq/l)	Tritium (Bq/l)	Béta (Bq/l)
Janvier	≤4,3	0,127	≤4,31	0,12	≤4,33	0,52	≤4,32	0,43
Février	≤4,4	0,16	7,86	0,31	≤4,48	0,93	9,06	11
Mars	≤4,6	≤0,09	/	/	4,51	0,82	4,67	11,2
Avril	≤4,75	0,16	≤4,57	0,32	≤4,61	0,56	5,69	10,2
Mai	≤4,72	0,11	≤4,73	0,34	≤4,76	0,65	5,18	0,79
Juin	0,34	0,18	≤4,47	0,45	≤4,48	0,46	4,91	0,47
Juillet	≤4,34	≤0,09	≤4,29	0,19	≤4,44	0,54	5,47	8,41
Aout	≤4,48	0,19	≤4,72	0,12	≤4,50	0,61	7,83	12,7
Septembre	≤4,30	0,16	≤4,56	1,47	≤4,35	0,53	≤4,43	0,37
Octobre	7,21	≤0,09	≤4,43	0,18	5,23	0,89	5,40	0,26
Novembre	≤4,43	0,28	≤4,83	0,15	≤4,42	0,56	6,05	0,12
Décembre	5,17	0,46	6,27	0,14	5,45	0,73	≤4,62	8,67

4.2.2.8.2 Comparaison aux limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2022 avec les valeurs limites de rejets fixées par la décision ASN n° 2008-DC-0090.

	Teneur en hydrocarbures totale			
	W1	W2	W3	W4
Limites (mg/l)	**5**	**5**	**5**	**5**
Rejet maximal 2022	<1E-01	1E-01	1E-01	3,4

Commentaires : En 2022, aucun dépassement de valeurs limites n'a été constaté.

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

En 2018 le CNPE a engagé la rénovation de ses unités de production de chlore par électro-chloration (CTE). Cette rénovation intègre une nouvelle technologie plus performante et optimisée en termes de maintenance.

La mise en exploitation de l'installation a eu lieu en avril 2021 pour la tranche 1 et en avril 2022 pour la tranche 2.

4.2.4 Les opérations exceptionnelles de rejets d'effluents liquides

En 2022, le CNPE de Penly a réalisé deux opérations de désiliciage du circuit primaire. Ce type d'opération génère des rejets supplémentaires d'acide borique. Ces derniers sont restés inférieurs au prévisionnel 2022, du fait de l'allongement des arrêts de tranches (CSC).

4.3 Les 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,
- 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 : ΔT°C) est lié à la puissance thermique (Pth) à évacuer au condenseur et du débit d'eau brute au condenseur (Q).

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 assure un suivi des rejets thermiques, conformément la décision ASN n°2008-DC0090. Le bilan des valeurs mensuelles de ces différents relevés pour l'année 2022 est présenté dans les tableaux suivants.

Relevés de la tranche 1

	Température moyenne mesurée à la prise d'eau (°C)	Température moyenne puit de rejet (°C)	Température maximale relevée au puit de rejet (°C)	Echauffement moyen relevé au puit de rejet (°C)	Echauffement maximal relevé au puit de rejet (°C)
Janvier	8,7	8,7	10,2	0	0
Février	8,7	8,7	9,4	0	0
Mars	9,4	9,4	10,7	0	0
Avril	10,8	10,8	12,7	0	0
Mai	14,7	14,7	15,9	0	0
Juin	17,8	17,8	19,1	0	0
Juillet	20,6	20,6	21,7	0	0
Août	21,5	21,5	22,6	0	0
Septembre	19	19	21,2	0	0
Octobre	16	16	16,6	0	0
Novembre	13,2	13,2	15,6	0	0
Décembre	8,6	8,6	11,2	0	0

Relevés de la tranche 2

	Température moyenne mesurée à la prise d'eau (°C)	Température moyenne au puit de rejet (°C)	Température maximale relevée au puit de rejet (°C)	Echauffement moyen relevé au puit de rejet (°C)	Echauffement maximal relevé au puit de rejet (°C)
Janvier	8,6	21,2	22,8	12,5	12,6
Février	8,7	21,2	21,9	12,5	12,5
Mars	9,4	21	22,9	11,5	12,6
Avril	10,9	22,5	24,7	11,6	12,5
Mai	14,7	25,3	28,1	10,6	12,4
Juin	17,8	29,6	31,3	11,8	12,3
Juillet	20,6	32,1	33,8	11,6	12,3
Août	21,5	28,9	33,1	7,4	11,4
Septembre	19	19	21,2	0	0
Octobre	16	16	16,6	0	0
Novembre	13,2	13,2	15,6	0	0
Décembre	8,6	8,6	11,2	0	0

4.3.2 Les comparaisons aux limites

Les rejets thermiques doivent respecter les limites fixées par la décision ASN n° 2008-DC-0090.

Paramètres	Limites en vigueur		Valeurs maximales	
	De juin à octobre inclus (Période estivale)	De novembre à mai inclus (Période hivernale)	Période estivale	Période hivernale
Echauffement relevé aux puits de rejets	**15**	**15**	12,3	12,6
Température maximale aux puits de rejet	**35**	**30**	33,8	28,1

Commentaires : En 2022, aucun dépassement des valeurs limites n'a été constaté.

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

L'année 2022 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.

5 La surveillance de l'environnement

5.1 La 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, près de 20 000 mesures dont les résultats sont transmis à l'administration et publiés par EDF sur le site internet du CNPE : https://www,edf,fr/groupe-edf/producteur-industriel/carte-des-implantations/centrale-nucleaire-de-penly/surete-et-environnement.

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.

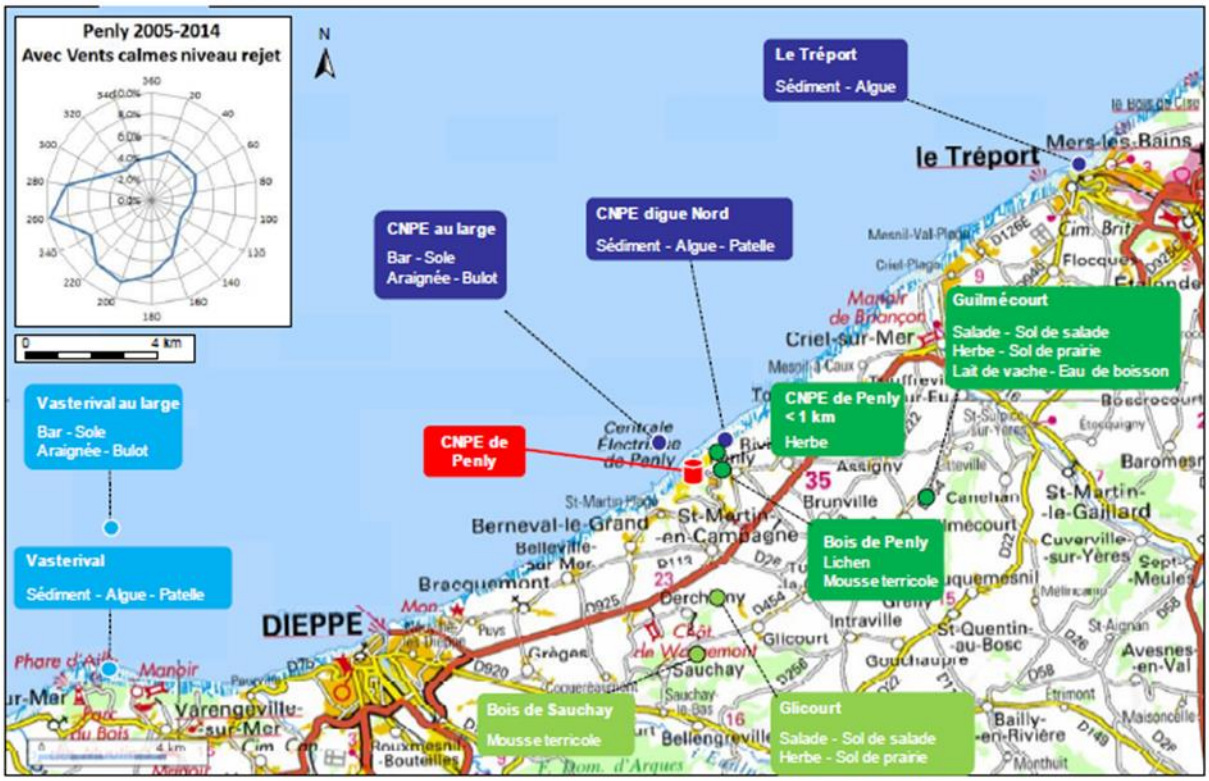
La nature des échantillons et les lieux de prélèvement sont sélectionnés afin de mettre en évidence une éventuelle contribution des rejets d'effluents liquides et/ou atmosphériques des installations à l'ajout de radioactivité dans l'environnement.

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 lesquelles 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 radio-écologiques 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 La 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 2022 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 2022 (nSv/h)	Débit de dose max année 2022 (nSv/h)	Débit de dose moyen année N-1 (nSv/h)	Débit de dose moyen année N-2 (nSv/h)
Clôture	7,49E+01	2,65E+02	7,45E+01	8,30E+01
1 km	7,28E+01	1,16E+02	7,78E+01	8,20E+01
5 km	8,78E+01	1,84E+02	8,52E+01	9,10E+01
10 km	8,09E+01	1,38E+02	8,09E+01	8,70E+01

Commentaires : Pour les quatre réseaux, les débits de dose moyens enregistrés pour l'année 2022 sont de l'ordre de grandeur du bruit de fond et cohérents avec les résultats des années antérieures.

5.1.2 La 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 2022 sont donnés dans le tableau suivant.

Compartiment	Paramètres		Moyenne annuelle	Valeur maximale mesurée	Limite réglementaire (pour chaque analyse)
Poussières atmosphériques Bq/m3	Bêta globale		4,48E-04	1,91E-03	**0,01**
	Spectrométrie gamma	^{58}Co	5,78E-06	7,40E-06	S-O
		^{60}Co	4,75E-06	6,20E-06	S-O
		^{134}Cs	4,67E-06	6,70E-06	S-O
		^{137}Cs	3,36E-06	4,30E-06	S-O
		^{40}K	1,08E-04	1,30E-04	S-O
Tritium atmosphérique Bq/m3			1,49E-01	2,05E-01	**50**
Eau de pluie Bq/L	Bêta globale		9,79E-02	1,83E-01	S-O
	Tritium		4,25E+00	4,70E+00	S-O
	Potassium		5,67E-01	2,70E+00	S-O

Commentaires : les valeurs mesurées sont de l'ordre de grandeur du bruit de fond et cohérents avec les résultats des années antérieures.

5.1.3 La surveillance du milieu terrestre

Les résultats des mesures réalisées sur le compartiment terrestre pour l'année 2022 sont donnés dans le tableau suivant. Concernant les résultats des analyses par spectrométrie gamma, seules les activités relatives aux radionucléides d'origine artificielle et supérieures aux seuils de décision sont présentées.

Nature du prélèvement	Radionucléide		Périodicité	Moyenne annuelle	Valeur maximale mesurée
Végétaux terrestres (Bq/kg sec)	Spectrométrie gamma	^{58}Co	Mensuelle	<SD	<SD
		^{60}Co		<SD	<SD
		^{134}Cs		<SD	<SD
		^{137}Cs		1,46	2
		^{40}K		740,86	1137
Lait (Bq/L)	Spectrométrie gamma	^{58}Co	Mensuelle	<SD	<SD
		^{60}Co		<SD	<SD
		^{134}Cs		<SD	<SD
		^{137}Cs		<SD	<SD
		^{40}K		50,13	59

<SD = inférieur au seuil de détection

Commentaires : En 2022 le point de prélèvement de végétaux de Coqueréaumont a été remplacé par celui de Grèges.

Les résultats des mesures annuelles réalisées sur le compartiment terrestre ainsi que leur interprétation pour l'année 2022 sont présentés dans le rapport du suivi radio-écologique annuel, présenté en annexe.

5.1.4 La surveillance des eaux de surface

Les résultats des mesures réalisées sur les eaux de surface pour l'année 2022 sont donnés dans le tableau suivant.

	Paramètre analysé	Périodicité	Unités	Moyenne annuelle	Valeur maximale mesurée
Eau filtrée	Activité bêta globale	Bimensuelle	Bq/L	1,128E+01	1,250E+01
	Tritium	Bimensuelle	Bq/L	6,031E+00	1,110E+01
	Potassium	Bimensuelle	mg/L	3,939E+02	4,200E+02
Matières en suspension	Activité bêta globale	Bimensuelle	Bq/L	3.736E-02	1,010E-01

5.1.5 La surveillance du milieu aquatique

Les résultats des mesures annuelles réalisées sur le compartiment aquatique ainsi que leur interprétation pour l'année 2022 sont présentés dans le rapport du suivi radio-écologique annuel, présenté en annexe.

5.1.6 La 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 2022				
	Nappe N1	Nappe N2	Nappe N3b	Nappe N4	Nappe N5
β global (Bq/L)	0,14	0,15	0,42	6,80	10,70
Potassium (mg/L)	2,60	3,00	2,90	235	365
Tritium (Bq/L)	4,70	10,60	5,27	7.80	10,80

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.

5.2 La 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	818	1 760	751	31 500	47 800
Azote global	mg / l	<0,5	<0,5	<0,5	1,6	1,1
COT		1,05	0,85	0,6	1,1	1
DCO		<10	<10	<10	207	475
Hydrocarbures totaux		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Métaux totaux		0,29	0,09	0,14	0,01	0,064
pH		7,5	7,6	7,2	7,4	7,7
Phosphates		0,063	0,06	0,1	0,08	0,29

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 La 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.

L'objectif de la surveillance pérenne est de suivre l'évolution naturelle du milieu récepteur et de déceler une évolution anormale de l'écosystème, sur le long terme, qui pourrait être attribuable au fonctionnement du CNPE.

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

5.3.1 Le domaine pélagique

5.3.1.1 L'hydrologie, la physico-chimie, la chimie

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

« Pour 2022, 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.

Sur le plan climatique, l'année 2022 se caractérise à Dieppe, à la fois comme l'année la plus chaude, avec une température moyenne annuelle de 12,4°C et un écart à la normale 1981-2010 de +1,5°C, mais également comme une année exceptionnellement sèche, marquée par un déficit pluviométrique record atteignant, avec 620,6 mm, 78 % de la référence annuelle 1981-2010 (798,2 mm). 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 d'une part par l'inertie thermique des masses d'eau marines, combinée au fait que la Façade Manche-Mer du Nord ait été globalement moins impactée que les autres régions de France par les épisodes caniculaires qui ont marqué l'année 2022.

Les salinités relevées au printemps se distinguent de celles d'été et d'automne par une salinité plus faible, en corrélation avec les données Météo France sur la pluviométrie indiquant des épisodes pluvieux durant le mois de mars. En été comme en automne, les valeurs se situent dans la gamme haute des données historiques. Un léger gradient de la côte vers le large apparaît en été et en automne, révélant une influence de l'eau douce plus marquée à la côte.

Pour la 7e 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 2022 des sels nutritifs montre des concentrations relativement élevées au printemps et en automne pour tous les éléments azotés, ce qui peut être relié à la non-consommation de ces sels nutritifs par le phytoplancton au moment de l'échantillonnage. Les valeurs estivales de sels nutritifs montrent des niveaux de consommation de nutriments classique pour les phosphates et les silicates, et des concentrations légèrement inférieures aux médianes interannuelles pour le reste des sels nutritifs. En automne, le stock en nutriments atteint des niveaux proches de la médiane historique. Le cycle saisonnier attendu (Figure B-1) des sels nutritifs est ainsi respecté.

Cette année, les valeurs de MES se situent dans la gamme haute des données historiques, pour toutes les saisons. Au printemps, le point Contrôle apparaît avec une teneur exceptionnelle de 35,6 mg.L-1 . La présence de MES à des valeurs exceptionnellement fortes en été, peut être en partie expliquée par les fortes pluies survenues la semaine précédant la campagne. La répartition spatiale des concentrations automnales est proche à celles de l'été.

Les résultats de turbidité mesurés au printemps sont comparables à ceux de MES ; caractérisés par d'importantes valeurs de turbidité aux points Rejet et Canal. Il en est de même pour les valeurs d'été et d'automne qui montrent un profil identique à ceux de MES pour les mêmes périodes. La relation entre la turbidité et la concentration en MES n'est pas toujours évidente à établir, car elle dépend de plusieurs paramètres 17. 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, sans montrer de particularités pouvant être reliées directement au contexte climatique exceptionnellement chaud et sec de l'année 2022.

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 Le phytoplancton

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

« Le printemps 2022 apparaît comme une saison marquée par de faibles valeurs de production primaire potentielle, l'état physiologique global du peuplement phytoplanctonique varie de mauvais état lors de la campagne automnale à bon état au printemps. Ceci s'accompagne des très faibles abondances du phytoplancton mesurées à cette saison proches des records historiques (< 100 000 cellules/litre sur tous les points) et des valeurs globalement inférieures aux médianes historiques de chlorophylle a. Ces valeurs sont expliquées par un prélèvement effectué avant l'efflorescence printanière, quand les nutriments ne sont pas encore consommés (voir les concentrations relativement élevées enregistrées pour les nutriments, notamment la silice) et les conditions de luminosité et température ne sont pas encore favorables au démarrage de la période productive printanière.

A l'instar des années précédentes, l'année 2022 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 2022 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 Le 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. La proportion de larves méroplanctoniques, qui prolifèrent au printemps et parfois en été (cirripèdes, gastéropodes),

et d'holoplanctontes (copépodes, appendiculaires) peut expliquer en partie les écarts entre biomasse et abondance, notamment au point Canal. Des blooms phytoplanctoniques, révélés par des rapports C/N > 9, ou bien la présence de débris de végétaux supérieurs (macroalgues, plantes terrestres), C/N > 12, peuvent aussi expliquer certains écarts observés. 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 2021.

La distribution spatiale des abondances estivales 2022 était très différente de la tendance observée depuis 1987. Une très forte concentration de zooplancton a été observée au point Rejet, alors qu'a contrario les abondances aux autres points étaient en deçà des valeurs moyennes historiques. Le zooplancton n'ayant pas une capacité de nage suffisante pour expliquer ce phénomène, qui a concerné tant le méroplancton que l'holoplancton, on peut penser qu'une structure hydrologique particulière, telle qu'un front thermohalin, pourrait être à l'origine de ce phénomène, mais aucun des paramètres mesurés lors de la campagne pélagique n'a permis de le mettre en évidence.

Les variations interannuelles sont toutefois à interpréter avec précaution du fait de la faible fréquence d'échantillonnage. La fréquence d'observation (3 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 particulaire plus importante (turbidité, apports terrigènes) expliquent ces faibles abondances.

La composition et la succession des espèces sont par contre restées classiques. Le méroplancton est plus abondant au printemps et l'holoplancton domine largement le zooplancton en été et à l'automne. Comme toujours en milieu côtier tempéré, l'holoplancton est essentiellement caractérisé par les copépodes. La diversité spécifique de ce groupe reste faible et composée en général de moins d'une dizaine d'espèces dont une seule peut représenter plus des trois quarts du peuplement. Les copépodes appartenant à l'ordre des calanoides, typiquement pélagiques (Acartia, Temora, Centropages, Paracalanus, et Pseudocalanus) sont les plus abondants, notamment au large, mais à la côte Euterpina acutifrons, copépode harpacticoide pélagique, est également très présent surtout en septembre.

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. Les données estivales 2022 contrastent avec les données historiques sans pour autant introduire de différence significative entre les points Rejet, Contrôle et Référence. La variabilité spatio-temporelle de la population zooplanctonique lors des trois campagnes annuelles 2022 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 La microbiologie

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

« L'année 2022 se caractérise, dans le domaine de la microbiologie, par des résultats se situant à des niveaux plutôt bas en regard des années antérieures. Si les concentrations en germes totaux se situent dans la continuité de la série historique, les concentrations en germes aérobies revivifiables marquent une tendance sensiblement plus basse. La variabilité et l'hétérogénéité spatiale sont très peu marquées cette année. Les vibrions halophiles, indétectables en début d'année, se sont progressivement développé pour atteindre leurs niveaux les plus élevés à l'automne sans pour autant percevoir de gradient de la côte (1 000 UFC/L au point Canal) vers le large (900 UFC/L au point Contrôle).

L'étude des paramètres du compartiment microbiologique n'a pas mis en évidence, au cours de l'année 2022, de modifications significatives du milieu pouvant être mises en relation avec l'activité du CNPE de Penly. »

5.3.2 La surveillance halieutique

5.3.2.1 L'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 abondants sur le site du CNPE de Penly en 2022. Pour ces deux espèces, l'année 2022 montrait des abondances globalement dans une tendance haute observée ces 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 une interprétation erronée 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. 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 d'œufs et de larves de plie.

La variabilité spatio-temporelle de la population ichtyoplanctonique lors des quatre campagnes annuelles 2022 ne permet donc pas de mettre en évidence une évolution anormale du milieu récepteur qui pourrait être due au fonctionnement du CNPE de Penly. »

5.3.2.2 La macrofaune

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

« Les conditions météorologiques étant particulièrement favorables pendant la campagne de prospection, la stratégie d'échantillonnage de la macrofaune halieutique a été maintenue et le plan d'échantillonnage prévu a pu être réalisé en totalité cette année.

Globalement cette année l'indice d'abondance des espèces de poissons plats diminue par rapport à l'année passée pour atteindre des plus bas historiques. Sur une période plus longue les abondances sont en dessous de la moyenne et atteignent parfois les plus bas historiques.

L'indice de sole est particulièrement faible et la population ne représente que 5,2% des espèces commerciales cette année. La répartition spatiale de ce dernier semble correspondre à ce qui était généralement observé à cette période de l'année. En effet les juvéniles de soles du groupe 0 sont généralement capturés dans la baie de Somme.

L'indice de plie est à nouveau très faible et se trouve bien en dessous de la tendance moyenne des vingt dernières années. Les strates extérieures composent souvent depuis 2016 plus de 50% de l'indice global d'abondance alors qu'il dépassait rarement les 15% lors des campagnes antérieures.

L'indice de la limande, représenté uniquement par le groupe 0 cette année, est inférieur à ce qui est généralement observé. La répartition spatiale de cette classe d'âge généralement capturée dans la zone du proche extérieur semble évoluer depuis plusieurs années au profit de la strate C.

L'étrille est majoritairement capturée dans la strate C.

La densité globale de la crevette grise observée cette année fait partie des plus faibles indices enregistrés depuis le début des campagnes de prospections. La population est essentiellement composée par la classe 31-53 mm que l'on retrouve comme les années antérieures, à l'intérieur de la baie de Somme ou à son abord immédiat. Il correspond à ce que les professionnels observent sur l'ensemble de l'année. Une diminution régulière des captures est aussi enregistrée sur une période beaucoup plus longue en baie de Somme comme dans l'estuaire de la Seine.

D'une manière générale et en dehors des résultats exceptionnels de l'année 2020 il n'existe pas de tendance particulière pour la sole sur l'ensemble de la série historique. En ce qui concerne les deux autres espèces de poissons plats il semble qu'il y ait une différence d'abondance avant et après le début des années 2000. Cela est plus marqué pour la limande dont la densité moyenne a sensiblement diminué entre 1987 et 2001. Les espèces de poissons étudiées dans le cadre de la surveillance appartiennent toutes à la guilde écologique des migrants marins dont les stocks dépassent largement le cadre de la zone prospectée. L'abondance de ces espèces dans la zone étudiée à un stade juvénile peut donc varier de façon importante d'une année sur l'autre.

En conclusion, le suivi halieutique réalisé à proximité du CNPE de PENLY en 2022 ne permet pas de mettre en évidence l'influence particulière du fonctionnement du CNPE sur le domaine halieutique... »

5.4 L'acoustique environnementale

L'arrêté du 7 février 2012 fixe les règles générales applicables à toutes les phases du cycle de vie des installations nucléaire 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 1er 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 périodiques sur l'installation.

6 L'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 VI Surveillance de l'environnement, I- 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 (rejets de l'usine ORANO La Hague, retombées atmosphériques des essais nucléaires, …). L'analyse détaillée des résultats est présentée dans le rapport du suivi radioécologique annuel réalisé par l'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/documents/expertise/rapports_expertise/IRSN-ENV_Bilan-Radiologique-France-2018-2020.pdf

À partir des activités annuelles rejetées par radionucléide, une dose efficace1 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 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 :

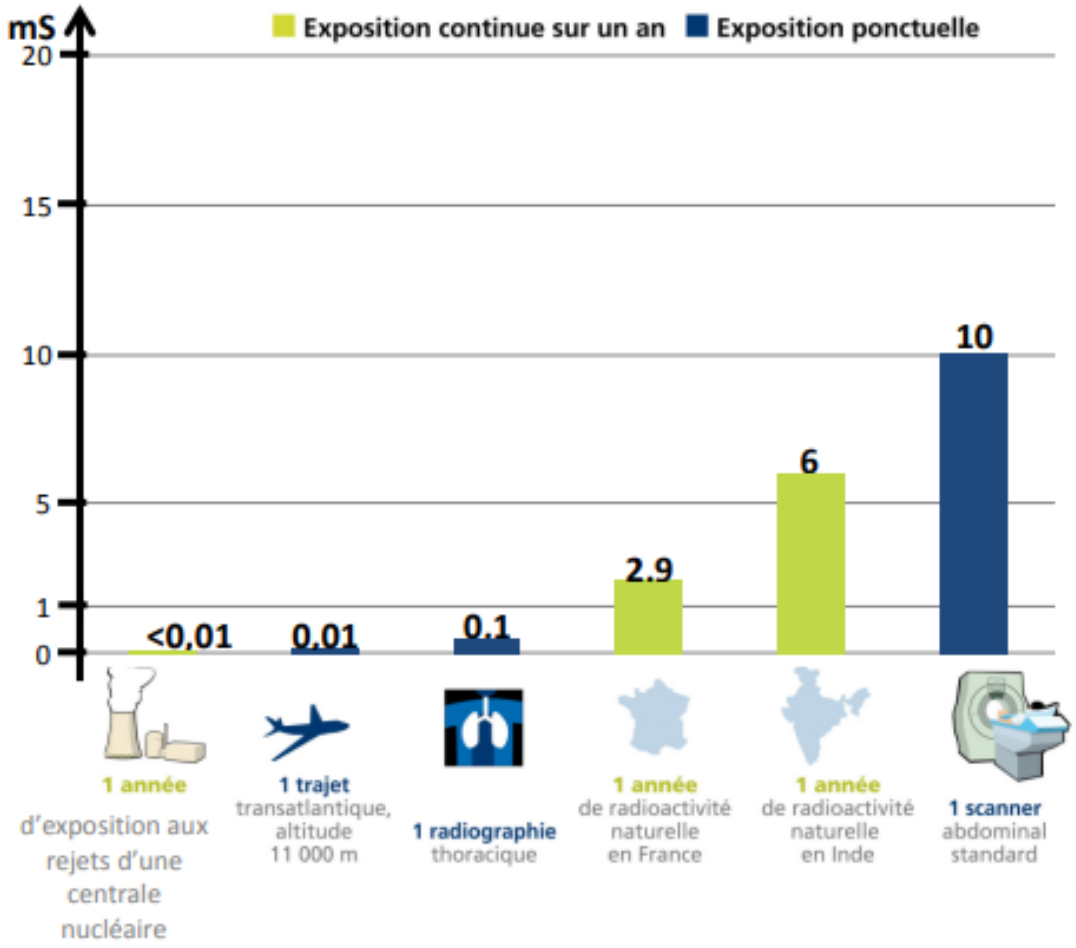


Figure 1 : Echelle des ordres de grandeur de doses résultant de situations courantes et comparaison aux seuils réglementaires (Source : EDF)

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.

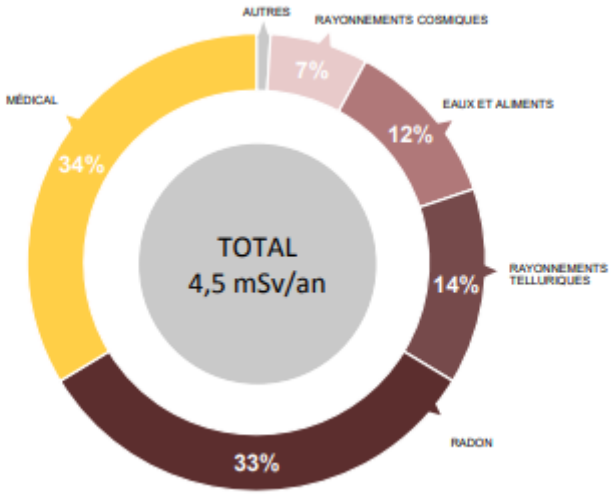


Figure 2 : Part relative des différentes sources d'expositions de la population française aux rayonnements ionisants (Source : Bilan IRSN 2021)

Les tableaux suivants fournissent les valeurs de dose efficace totale calculées à partir des rejets radioactifs réels de l'année 2022 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	2,6E-06	6,1E-05	6,3E-05
Rejets d'effluents liquides	2,4E-04	9,8E-05	3,4E-04
Total	**2,5E-04**	**1,6E-04**	**4,1E-04**

ENFANT DE 10 ANS	Exposition externe (mSv)	Exposition interne (mSv)	Total (mSv)
Rejets d'effluents à l'atmosphère	2,5E-06	6,4E-05	6,7E-05
Rejets d'effluents liquides	8,2E-04	5,0E-05	8,7E-04
Total	**8,2E-04**	**1,1E-04**	**9,3E-04**

ENFANT DE 1 AN	Exposition externe (mSv)	Exposition interne (mSv)	Total (mSv)
Rejets d'effluents à l'atmosphère	2,6E-06	8,9E-05	9,1E-05
Rejets liquides	3,1E-04	2,4E-05	3,3E-04
Total	**3,1E-04**	**1,1E-04**	**4,2E-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 2022 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 La 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.

<table>
<tr><th>Types déchet</th><th>Niveau d'activité</th><th>Durée de vie</th><th>Classification</th><th>Conditionnement</th></tr>
<tr><td>Filtres d'eau et résines primaires</td><td>Faible et Moyenne</td><td rowspan="7">Courte</td><td>FMA-VC (faible et moyenne activité à vie courte)</td><td>Fûts, coques</td></tr>
<tr><td>Filtres d'air</td><td rowspan="6">Très faible, Faible et Moyenne</td><td rowspan="6">TFA (très faible activité), FMA-VC</td><td rowspan="6">Casiers, big-bags, futs, coques, caissons</td></tr>
<tr><td>Résines secondaires</td></tr>
<tr><td>Concentrats, boues</td></tr>
<tr><td>Pièces métalliques</td></tr>
<tr><td>Matières plastiques, cellulosiques</td></tr>
<tr><td>Déchets non métalliques (gravats...)</td></tr>
<tr><td>Déchets graphite</td><td>Faible</td><td rowspan="2">Longue</td><td>FA-VL (faible activité à vie longue)</td><td>Entreposage sur site</td></tr>
<tr><td>Pièces métalliques et autres déchets actives</td><td>Moyenne</td><td>MA-VL (moyenne activité à vie longue)</td><td>Entreposage sur site (en piscine de refroidissement pour les grappes et autres déchets actives REP)</td></tr>
</table>

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 Soulaines (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.

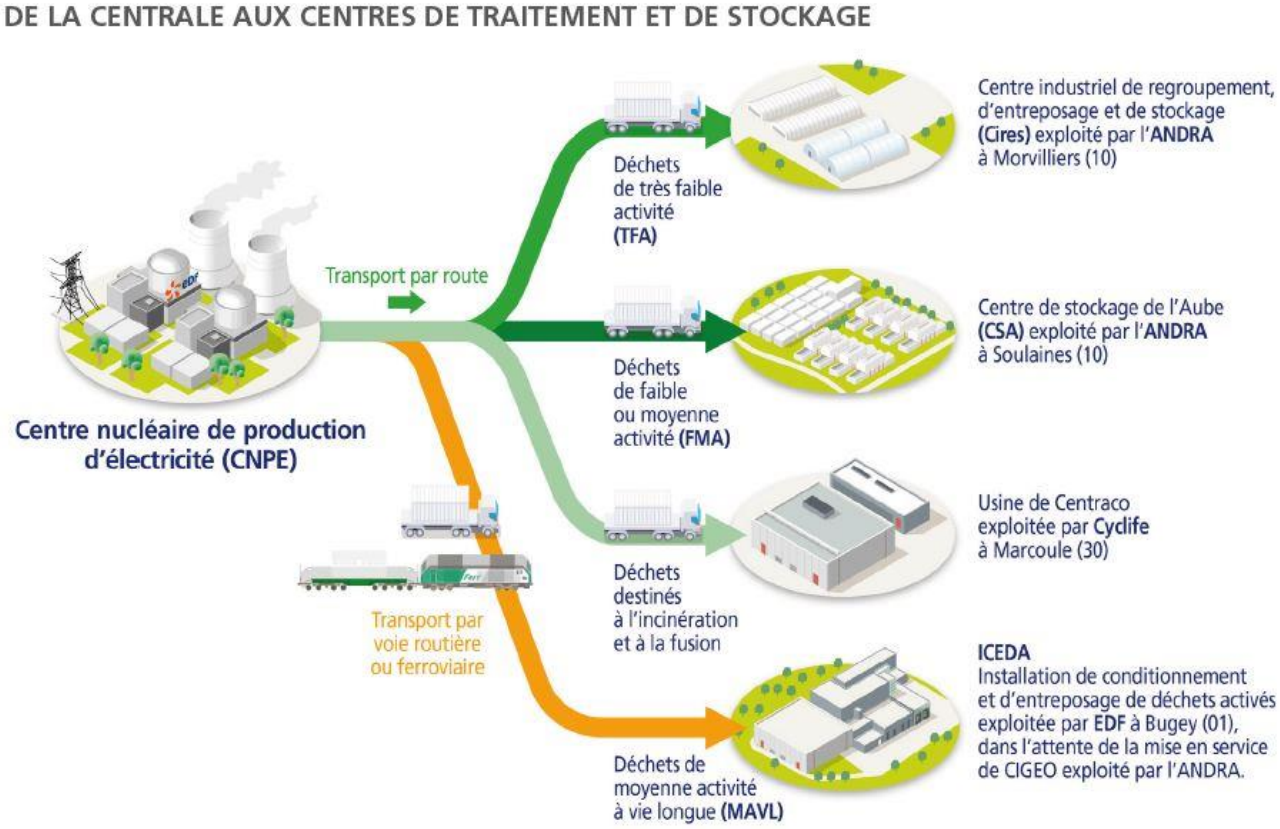


Figure 2 : Transport des déchets radioactifs (Source : EDF)

7.1.3 Les quantités de déchets entreposées au 31/12/2022

Le tableau suivant présente les quantités de déchets en attente de conditionnement au 31 décembre 2022 pour les 2 réacteurs en fonctionnement du CNPE de Penly.

Catégorie déchet	Quantité entreposée au 31/12/2022 en tonnes	Commentaires
TFA	50.42	En conteneur sur l'aire TFA
FMAVC (Liquides)	14.77	Effluents du lessivage chimique, huiles, solvants…
FMAVC (Solides)	118.6	Localisation Bâtiment des Auxiliaire Nucléaire et Bâtiment Auxiliaire de Conditionnement (BAC)
FAVL	0	/
MAVL	171 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 2022 pour les 2 réacteurs en fonctionnement du CNPE de Penly.

Catégorie déchet	Quantité entreposée au 31/12/2022 en nombre de colis	Type d'emballage
TFA	108	Tous types d'emballages confondus
FMAVC (Coques béton)	31	Coques béton
FMAVC (Fûts métalliques, PEHD)	206	Fûts (métalliques, PEHD)
FMAVC	1	Autres (caissons, pièces massives…)
MAVL (autres)	/	/

Le tableau suivant présente le nombre de colis évacués et les sites d'entreposage en 2022 pour les 2 réacteurs en fonctionnement du CNPE de Penly.

Site destinataire	Nombre de colis évacués
Cires à Morvilliers	169
CSA à Soulaines	255
Centraco à Marcoule	877

En 2022, 1 301 colis ont été évacués vers les différents sites de traitement ou de stockage appropriés (Centraco, Andra ou ICEDA).

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 2022 par le CNPE de Penly.

Quantités 2022 en tonnes	Déchets dangereux		Déchets non dangereux non inertes		Déchets inertes		Total	
	Produits	Valorisés	Produits	Valorisés	Produits	Valorisés	Produits	Valorisés
Penly tranches 1 et 2	245	165	1 862	1 752	5 755	5 755	7 861	7 671

Le tableau ci-dessous présente les quantités de déchets conventionnels produites en 2022 par les INB EDF.

Quantités 2022 en tonnes	Déchets dangereux		Déchets non dangereux non inertes		Déchets inertes		Total	
	produits	valorisés	produits	valorisés	produits	valorisés	produits	valorisés
Sites en exploitation	10 283	8 383	34 493	29 822	97 458	97 393	142 234	135 598
Sites en déconstruction	475	316	1 085	988	2 222	2 218	3 783	3 521

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 reste conséquente en 2022 malgré une baisse par rapport à l'année 2021 du fait de la poursuite d'importants chantiers, liés notamment aux chantiers de modifications post Fukushima, au projet Grand Carénage, ainsi qu'à des chantiers de voirie, d'aménagement de zones d'entreposage, de parkings, de bâtiments tertiaires et des chantiers de rénovation des systèmes de traitement des eaux usées.

La production de déchets non dangereux non inertes est en légère baisse par rapport à celle de l'année 2021. La production de déchets dangereux reste quant à elle relativement stable

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. L'objectif reconduit en 2021 est une valorisation d'a minima 90% de l'ensemble des déchets conventionnels produits.
- 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»,
- La création, en 2020, d'une plateforme interne de réemploi (EDF Reutiliz), visant à faciliter la seconde vie des équipements et matériels dont les sites n'ont plus l'usage,
- Le recensement annuel des actions de prévention de production des déchets.

En 2022, les unités de production numéro 1 et 2 de la centrale de Penly ont produit 7 671 tonnes de déchets conventionnels. 97,6 % de ces déchets ont été valorisés ou recyclés.

8 Les ABREVIATIONS

ANDRA - Agence Nationale pour la gestion des Déchets RAdioactifs

ASN - Autorité Sûreté Nucléaire

CNPE - Centre Nucléaire de Production d'Électricité

CFI - Circuit de Filtration d'eau brute

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

SD - Seuil de Détection

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 2 000 466 841 euros
552 081 317 R.C.S. Paris
www.edf.fr

CNPE de Penly
BP 854 76207
Dieppe Cedex
02.35.40.60.00

Les données de ce rapport ne sont utilisables qu’après l’accord d’EDF