

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

PENLY

2021

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

SOMMAIRE

1	<i>Le Centre Nucléaire de Production d'Electricité en 2021</i>	4
1.1	Contexte	4
1.2	Le CNPE de PENLY	4
1.3	Modifications apportées au voisinage du CNPE de PENLY	6
1.4	Évolutions scientifiques susceptibles de modifier l'étude d'impact	6
1.5	Bilan des incidents de fonctionnement et des évènements significatifs pour l'environnement	6
2	<i>- Prélèvements d'eau</i>	10
2.1	Prélèvement d'eau destinée au refroidissement	12
2.2	Prélèvement d'eau destinée à l'usage industriel	12
2.3	Prélèvement d'eau destinée à l'usage domestique	13
2.4	Milieu de prélèvement : comparaison pluriannuelle, prévisionnel, valeurs limites et maintenance	14
3	<i>- Restitution et consommation d'eau</i>	16
3.1	Restitution d'eau	16
3.2	Détermination de la consommation globale	17
4	<i>Rejets d'effluents</i>	19
4.1	Rejets d'effluents à l'atmosphère	20
4.2	Rejets d'effluents liquides	28
4.3	Rejets thermiques	45
5	<i>- Surveillance de l'environnement</i>	48
5.1	Surveillance de la radioactivité dans l'environnement	48
5.2	Physico-chimie des eaux souterraines	55
5.3	Chimie et physico-chimie des eaux de surface	55
5.4	Acoustique environnementale	60
6	<i>- Évaluation de l'impact environnemental et sanitaire des rejets de l'installation</i>	61

7	- Gestion des déchets	65
7.1	Les déchets radioactifs	65
7.2	Les déchets non radioactifs	70
8	ABREVIATIONS	72

1 Le Centre Nucléaire de Production d'Electricité en 2021

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 2021 du CNPE de PENLY en matière d'environnement.

1.2 Le CNPE de PENLY

Description et historique

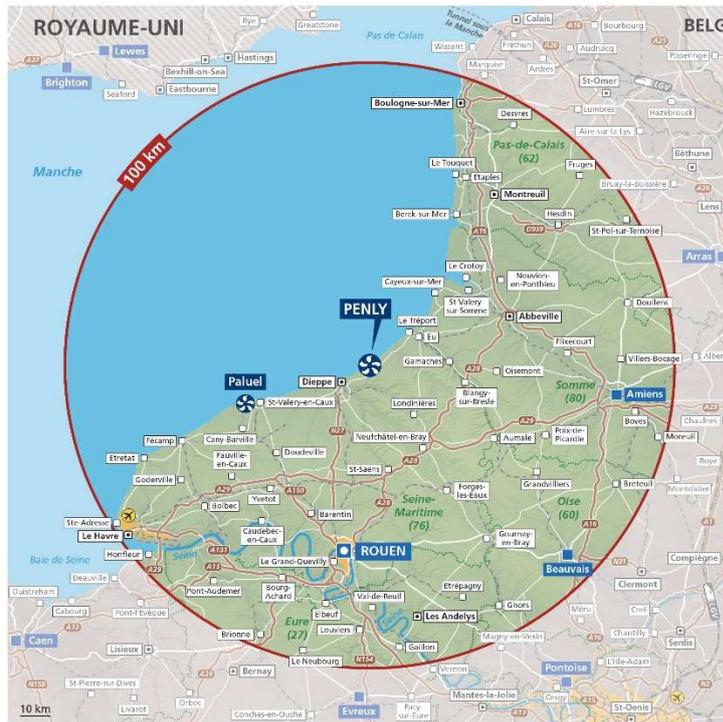
Les installations nucléaires de base du centre nucléaire de production d'électricité (CNPE) de Penly sont implantées sur la commune de Petit-Caux à Saint Martin-en-Campagne et à Penly, dans le département de la Seine-Maritime (76). La ville de Dieppe se situe à environ 15 km au sud-ouest de la centrale. 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 2021, le CNPE de Penly comptait 797 salariés EDF, dont 26 nouveaux embauchés durant l'année. Par ailleurs, 412 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.

CENTRALE NUCLEAIRE DE PENLY (SEINE-MARITIME)



Les grandes villes et axes de communication



- Préfecture de région
- Préfecture départementale (ROYAUME-UNI : chef-lieu de comté)
- Sous-préfecture (ROYAUME-UNI : chef-lieu de district)
- Autre ville

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.

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 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 2021, aucune modification notable au voisinage du CNPE de PENLY n'a été identifiée.

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

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

- les Valeurs Toxicologiques de Référence pour l'impact sanitaire sur l'Homme, valeurs sélectionnées selon les critères définis dans la note d'information n°DGS/EA/DGPR/2014/307 du 31/10/2014,
- les valeurs seuils ou valeurs guides issues des textes réglementaires ou des grilles de qualité d'eau, les données écotoxicologiques, en particulier les PNEC (Predicted No Effect Concentration), et les études testant la toxicité et l'écotoxicité des effluents CRT, pour l'analyse des incidences sur l'environnement. A noter que les PNEC sont validées par la R&D d'EDF après 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 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 événements et d'en analyser les causes profondes pour les éradiquer.

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

1.5.1 Bilan des événements significatifs pour l'environnement déclarés

Le tableau suivant récapitule les événements significatifs pour l'environnement déclarés par le CNPE de Penly en 2021.

Typologie	Date	Description de l'évènement	Principales actions correctives
ESE – 2 ESE21-001	22/12/2020	Dépassement des valeurs autorisées de DBO5 dans la station d'épuration S5	<p>AC1 : Mettre des affiches dans tous les sanitaires du site précisant l'interdiction de jeter d'autres éléments que ceux prévus à leur usage.</p> <p>AC2 : Faire un rappel en interne Service Equipe Génie Civil sur les rôles et les responsabilités vis-à-vis des réseaux gravitaires enterrés (eaux pluviales, effluents hydrocarburés et eaux usées)</p> <p>AC3 : Créer un régime de travail par le chargé d'exploitation de la station d'épuration (service technique) lors des prochaines inspections ou prochains travaux sur les réseaux gravitaires enterrés.</p> <p>AC4 : Intégrer dans les analyses de risques des prochaines inspections ou prochains travaux sur les réseaux gravitaires enterrés, le risque de présence d'élément polluant dans les réseaux pouvant perturber ces activités.</p>
ESE – 6 ESE21-002	31/03/2021	Cumul annuel d'émission d'hexafluorure de soufre (gaz à effet de serre) supérieur à 100 Kg en 2021	<p>AC1 : Mettre en place un revêtement de type résine sur les brides non fuyardes (selon programme en cours de constitution).</p> <p>AC2 : Demander à l'entreprise Mastergrid une analyse du procédé utilisé afin de réduire les fuites fatales liées à la maintenance</p> <p>AC3 : Étudier l'opportunité d'obtenir un créneau d'intervention plus long sous DMT permettant de réaliser toutes les réparations.</p> <p>AC4 : Poursuivre l'optimisation des délais d'intervention suivant un procédé éprouvé.</p> <p>AC5 : Faire évoluer le plan d'action de résorption des fuites SF6 en fonction des observables (colmatages en Tranche en Marche et réparations en Arrêt de Tranche).</p>
ESE – 7 ESE21-003	10/05/2016	Remise en cause des modalités de gestion des boues STEP	<p>AC1 : Mettre à jour les documents Penly selon la fiche de position du national UTO D450721005180 indice 0 relative aux modalités de contrôle des déchets homogènes issus de ZDC (dont boues de la STEP)</p> <p>AC2 : Faire une revue des affichages sur le lavage des mains dans les vestiaires froids en sortie de zone contrôlée.</p>

			AC3 : Réaliser des communications pour rappeler la nécessité de se laver les mains dans les vestiaires froids en sortie de zone.
ESE – 8 ESE21-004	2017	Détection tardive d'un marquage en phosphate sur le piézomètre 0 SEZ 021 PZ en 2017	<p>AC1 : Demander au prestataire de mettre une organisation en place pour permettre d'alerter EDF en cas de valeurs en dépassement conformément au Cahier des Clauses Techniques Particulières</p> <p>AC2 : Intégrer dans la surveillance prestataire ce thème « Réalisation des alertes »</p> <p>AC3 : Intégrer aux carnets de compagnonnage (technicien et chargés d'affaires) le respect des seuils règlementaires</p> <p>AC4 : Informer le personnel du laboratoire environnement sur ce référentiel</p> <p>AC5 : Vérifier que l'organisation d'analyse de la conformité règlementaire mise en place en 2019 sécurise la déclinaison de ce référentiel environnement</p> <p>AC6 : Intégrer les alertes dans l'application SIRENE lors de la saisie des résultats et informer le national</p> <p>AC7 : Intégrer dans la gamme de contrôle (D 5039 - GA/ST/90L04) des registres mensuels les seuils de surveillance sur les piézomètres.</p>
ESE – 6 ESE21-005	06/09/2021	Cumul annuel d'émission de fluides frigorigènes supérieur à 100 Kg en 2021	<p>AC1 : Etudier le REX sur les compresseurs SAP afin d'identifier si d'autres défaillances sont identiques sur le parc</p> <p>AC2 : Etudier la possibilité de protéger le matériel ODWF001GF actuel de l'air salin.</p> <p>AC3 : Demander aux entités responsables que le prochain remplacement du groupe froid ODWF001GF intègre les protections contre l'air salin</p> <p>AC4 : Pérenniser la tournée hebdomadaire sur les groupes froids de plus de 20 kg</p> <p>AC5 : Effectuer un retour d'expérience sur l'exploitation de la modification PNPP3252-B via l'intégrateur local modification des défaillances des mécanismes de valves Schrader</p>

1.5.2 Bilan des incidents de fonctionnement

En 2021, aucun dispositif de traitement des effluents et de prélèvement, de mesure ou de surveillance n'a connu de défaillance récurrente ou prolongée susceptible d'impacter l'environnement.

2 - Prélèvements d'eau

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

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

Dans un CNPE, l'eau est nécessaire pour :

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

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

- le circuit primaire pour extraire la chaleur : c'est un circuit fermé parcouru par de l'eau sous pression (155 bars) et à une température de 300° C. L'eau passe dans la cuve du réacteur, capte la chaleur produite par la réaction de fission du combustible nucléaire et transporte cette énergie thermique vers le circuit secondaire au travers des générateurs de vapeur.
- le circuit secondaire pour produire la vapeur : au contact des milliers de tubes en « U » des générateurs de vapeur, l'eau du circuit primaire transmet sa chaleur à l'eau circulant dans le circuit secondaire, lui-aussi fermé. L'eau de ce circuit est ainsi transformée en vapeur qui fait tourner la turbine. Celle-ci entraîne l'alternateur qui produit l'électricité. Après son passage dans la turbine, la vapeur repasse à l'état liquide dans le condenseur ; cette eau est ensuite renvoyée vers les générateurs de vapeur pour un nouveau cycle.
- un troisième circuit, appelé « circuit de refroidissement » : pour condenser la vapeur et évacuer la chaleur, le circuit de refroidissement comprend un condenseur, appareil composé de milliers de tubes dans lesquels circule de l'eau froide prélevée dans la rivière ou la mer. Au contact de ces tubes, la vapeur se condense. Ce circuit de refroidissement est différent selon la situation géographique du CNPE :
 - o en bord de mer ou d'un fleuve à grand débit, les CNPE fonctionnent avec un circuit de refroidissement totalement ouvert.
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.

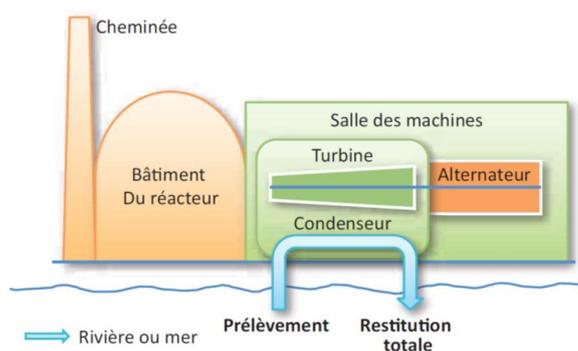


Figure 1 : Schéma d'un CNPE avec un circuit de refroidissement ouvert (Source EDF)

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 600 à 2 000 salariés permanents (EDF et entreprises extérieures) auxquels s'ajoutent, lors d'un arrêt d'un réacteur pour maintenance, près de 1000 personnes supplémentaires. Les besoins en eau potable sont en permanence adaptés aux effectifs de salariés permanents et temporaires, tant pour les sanitaires que pour la restauration. Les CNPE d'EDF peuvent être reliés aux réseaux d'eau potable des communes sur lesquelles elles sont implantées.

2.1 Prélèvement d'eau destinée au refroidissement

Le tableau ci-dessous détaille le cumul mensuel du prélèvement d'eau destinée au refroidissement de l'année 2021 (eau marines).

	Prélèvement d'eau (en m ³)
Janvier	248 724 000
Février	227 840 400
Mars	249 220 800
Avril	206 517 600
Mai	200 782 800
Juin	238 644 000
Juillet	250 628 400
Août	250 462 800
Septembre	241 376 400
Octobre	154 249 200
Novembre	123 303 600
Décembre	127 836 000
TOTAL	2 519 586 000

2.2 Prélèvement d'eau destinée à l'usage industriel

Le tableau ci-dessous détaille le cumul mensuel du prélèvement d'eau destinée à l'usage industriel de l'année 2021 (eau douce superficielle)

	Prélèvement d'eau (en m ³)
Janvier	21 155
Février	63 926
Mars	24 522
Avril	44 064
Mai	54 896
Juin	35 071
Juillet	14487
Août	17692
Septembre	18872
Octobre	31366
Novembre	16074
Décembre	9405
TOTAL	351 530

Le tableau ci-dessous détaille le cumul mensuel du prélèvement d'eau destinée à l'usage industriel de l'année 2021 (eau marines - CFI).

	Prélèvement d'eau (en m ³)
Janvier	1168200
Février	1070388
Mars	1170576
Avril	967032
Mai	938916
Juin	1120680
Juillet	1177308
Août	1176516
Septembre	1133748
Octobre	716364
Novembre	569052
Décembre	590040
TOTAL	11798820

2.3 Prélèvement d'eau destinée à l'usage domestique

Le tableau ci-dessous détaille le cumul mensuel du prélèvement d'eau destiné à l'usage domestique de l'année 2021

	Prélèvement d'eau (en m ³)
Janvier	2104
Février	2061
Mars	2087
Avril	1872
Mai	2627
Juin	2150
Juillet	2915
Août	3022
Septembre	2326
Octobre	2918
Novembre	4433
Décembre	3617
TOTAL	32 131

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

2.4.1 Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel des prélèvements d'eau pour 2021

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de prélèvement des années 2019 à 2021 avec la valeur du prévisionnel 2021.

Année	Milieu	Volume (milliers de m ³)
2019	Eau de mer : La Manche	2 498
2020		2 525
2021		2 520
Prévisionnel 2021		2 550
2019	Eau de rivière	285
2020		294
2021		351
Prévisionnel 2021		280

Commentaires : Le volume annuel d'eau de mer prélevé est cohérent au prévisionnel qui avait été défini pour l'année 2021, compte tenu du temps effectif de fonctionnement des tranches.

Le volume annuel d'eau de rivière dépasse le prévisionnel. Cela s'explique d'une part, par la mise en fonctionnement en continu des pompes SEA au mois de février (prescriptions grand froid) et par des aléas techniques sur la TR1.

2.4.2 Comparaison aux valeurs limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des débits instantanés et des volumes d'eau prélevés cette année avec les valeurs limites de prélèvement fixées par la décision ASN n° 2008-DC0089.

Milieu	Limites de prélèvement		Prélèvement		Unité
	Prescriptions	Valeur	Valeur maximale	Valeur moyenne	
Rivière	Débit instantané	400	360	348,5	m ³ /h
	Volume journalier	9 600	8400**	963	m ³
	Volume annuel	600 000	351 530*	S.O.	m ³

*Correspond au volume annuel prélevé

**Valeur théorique calculée avec le débit maximum des pompes

Commentaires : En 2021, aucun dépassement des valeurs limites n'a été constaté.

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

L'année 2021 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.

Durant l'année 2021, le CNPE de Penly a réalisé deux campagnes de dragage du chenal d'amenée :

- Du 31/01/2021 au 23/03/2021, avec 32 400 m³ de sable et sédiments dragués.
- Du 22/06/2021 au 24/08/2021, avec 63 000 m³ de sable et sédiments dragués.

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

2.4.4 Opérations exceptionnelles de prélèvements

Le CNPE de Penly n'a pas réalisé d'opération exceptionnelle de prélèvement d'eau dans la mer et la rivière en 2021.

3 - Restitution et consommation d'eau

3.1 Restitution d'eau

La restitution d'eau du CNPE de Penly pour l'année 2021 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
- 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 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	2 519 586 000	351530			32131	11798820	En m ³
Total	2 531 768 481						En m ³

*Presse-étoupe des pompes CRF

3.1.2 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	STEP		
Restitution mensuelle	Janvier	248 724 000	10680	2952	1338	834	1168200	En m ³
	Février	227 840 400	15794	2688	1435	511	1070388	
	Mars	249 220 800	19622	2976	1681	954	1170576	
	Avril	206 517 600	27027	2416	2012	581	967032	
	Mai	200 782 800	37706	2976	3112	741	938916	
	Juin	238 644 000	20910	2875	1676	658	1120680	
	Juillet	250 628 400	4080	2976	782	1045	1177308	
	Août	250 462 800	5590	2976	1102	1099	1176516	
	Septembre	241 376 400	9000	2880	1373,4	829	1133748	
	Octobre	154 249 200	12020	1832	1739	750	716364	
	Novembre	123 303 600	3378	1440	639	1017	569052	
	Décembre	127 836 000	2680	1488	665	721	590040	
TOTAL par type de restitution	Restitution annuelle au milieu aquatique	2 519 586 000	168487	30475	17554	9740	11798820	En m ³
	Pourcentage de restitution d'eau au milieu aquatique par rapport au prélèvement	100	62			30	100	%

*Presse-étoupe des pompes CRF

3.2 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 Annuel

	Eau de refroidissement	Eau douce de l'Yères			Eau potable	CFI	Unités
		Ex, T et S	PE* CRF	SDA	STEP		
Total consommation annuelle	2 531 768 481						En m3
Restitution annuelle au milieu aquatique	2 531 611 076						En m3
Pourcentage de restitution au milieu aquatique	99,99						%

3.2.2 Répartition mensuelle

Le tableau ci-dessous détaille le cumul mensuel de consommation d'eau de l'année 2021.

	Consommation d'eau (en m3)
Janvier	7455
Février	45559
Mars	1376
Avril	13900
Mai	12988
Juin	11102
Juillet	8519
Août	9947
Septembre	7116
Octobre	17942
Novembre	14033
Décembre	7468
TOTAL	157405

4 Rejets d'effluents

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

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

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

Les rejets d'effluents se présentent sous différentes formes :

- les rejets radioactifs liquides et atmosphériques, qui peuvent contenir :
 - o Tritium,
 - o Carbone 14,
 - o Iode,
 - o Autres produits de fission ou d'activation,
 - o Gaz rares.
- les rejets chimiques liquides classés en deux catégories :
 - o les rejets de substances chimiques associées aux effluents radioactifs liquides ou eaux non radioactives issues des salles des machines,
 - o les rejets de produits issus des autres circuits non radioactifs (circuit de refroidissements des condenseurs, station de déminéralisation, station d'épuration).
- les rejets chimiques atmosphériques : un CNPE émet peu de substances chimiques par voie atmosphérique. Les émissions proviennent des groupes électrogènes de secours constitués de moteurs diesels ou de turbines à combustion consommant du gasoil, de pertes de fluides frigorigènes, du renouvellement de calorifuges dans le bâtiment réacteur et d'émanations de certaines substances volatiles utilisées pour la protection et le traitement des circuits.
- les rejets thermiques : quel que soit le mode de refroidissement (ouvert ou fermé) d'un CNPE, l'échauffement du milieu aquatique est limité par la réglementation propre à chaque CNPE.

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

4.1 Rejets d'effluents à l'atmosphère

4.1.1 Rejets d'effluents à l'atmosphère radioactifs

Il existe deux sources de rejets d'effluents radioactifs à l'atmosphère :

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

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

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

- Les principaux gaz rares issus de la réaction de fission sont le xénon 133, le xénon 135, le krypton 85 et le xénon 131. Ce sont des gaz inertes, ils ne sont donc pas retenus par les systèmes de filtration (filtres très haute efficacité THE et pièges à iodes).
- Le tritium est un isotope radioactif de l'hydrogène. C'est un émetteur bêta (électron) de faible énergie. Il est rejeté par les CNPE 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 métrologue puisse « décider » que cette activité est présente et donc mesurée. En dessous de cette valeur, l'activité de l'échantillon est donc trop faible pour être estimée. Ce seuil de décision dépend de la performance et du rayonnement ambiant autour des moyens métrologiques utilisés. »

4.1.1.3 Cumul mensuel

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

	⁴¹ Ar (GBq)	⁸⁵ Kr (GBq)	^{131m} Xe (GBq)	¹³³ Xe (GBq)	¹³⁵ Xe (GBq)	¹³¹ I (GBq)	¹³³ I (GBq)	⁵⁸ Co (GBq)	⁶⁰ Co (GBq)	¹³⁴ Cs (GBq)	¹³⁷ Cs (GBq)
Janvier	1,99	0,38 3,8 ^{E-1}	4,81 ^{E-2}	2,75 ^{E1}	1,96 ^{E1}	3,94 ^{E-4}	2,08 ^{E-3}	1,37 ^{E-4}	1,58 ^{E-4}	1,42 ^{E-4}	1,51 ^{E-4}
Février	1,90	0,28 2,8 ^{E-1}	3,39 ^{E-2}	2,74 ^{E1}	2,01 ^{E1}	4,19 ^{E-4}	2,03 ^{E-3}	9,62 ^{E-5}	1,16 ^{E-4}	9,79 ^{E-5}	1,04 ^{E-4}
Mars	1,79	0,30 3,0 ^{E-1}	3,08 ^{E-2}	2,93 ^{E1}	2,16 ^{E1}	1,22 ^{E-3}	2,10 ^{E-3}	9,64 ^{E-5}	1,11 ^{E-4}	1,03 ^{E-4}	9,67 ^{E-5}
Avril	8,08	1,20	67,20	3,27 ^{E1}	2,60 ^{E1}	4,23 ^{E-4}	2,17 ^{E-3}	1,01 ^{E-4}	1,43 ^{E-4}	1,07 ^{E-4}	1,04 ^{E-4}
Mai	0,58	0,16 1,6 ^{E-1}	1,62 ^{E-2}	3,12 ^{E1}	2,35 ^{E1}	3,88 ^{E-4}	2,17 ^{E-3}	1,06 ^{E-4}	1,20 ^{E-4}	1,02 ^{E-4}	1,05 ^{E-4}
Juin	2,00	0,30 3,0 ^{E-1}	5,28 ^{E-2}	2,76 ^{E1}	2,01 ^{E1}	7,58 ^{E-4}	3,30 ^{E-3}	1,09 ^{E-4}	1,18 ^{E-4}	9,74 ^{E-5}	1,04 ^{E-4}
Juillet	2,24	0,39 3,9 ^{E-1}	3,63 ^{E-2}	2,82 ^{E1}	2,23 ^{E1}	3,93 ^{E-4}	2,11 ^{E-3}	1,00 ^{E-4}	1,27 ^{E-4}	1,00 ^{E-4}	1,05 ^{E-4}
Août	1,20	0,22 2,2 ^{E-1}	2,79 ^{E-2}	2,61 ^{E1}	2,03 ^{E1}	3,76 ^{E-4}	1,95 ^{E-3}	9,96 ^{E-5}	1,14 ^{E-4}	9,74 ^{E-5}	1,00 ^{E-4}
Septembre	2,07	0,30 3,0 ^{E-1}	3,19 ^{E-2}	2,74 ^{E1}	2,09 ^{E1}	4,34 ^{E-4}	4,77 ^{E-3}	9,66 ^{E-5}	1,17 ^{E-4}	1,01 ^{E-4}	1,03 ^{E-4}
Octobre	1,12	0,95 9,5 ^{E-1}	9,91 ^{E-2}	3,13 ^{E1}	2,38 ^{E1}	6,55 ^{E-4}	5,63 ^{E-3}	1,01 ^{E-4}	1,19 ^{E-4}	1,00 ^{E-4}	1,09 ^{E-4}
Novembre	1,16	0,16 1,6 ^{E-1}	1,99 ^{E-2}	2,77 ^{E1}	2,16 ^{E1}	5,70 ^{E-4}	5,30 ^{E-3}	1,22 ^{E-4}	1,38 ^{E-4}	1,21 ^{E-4}	1,25 ^{E-4}
Décembre	0,45	6,45 ^{E-2}	6,85 ^{E-3}	3,08 ^{E1}	2,66 ^{E1}	6,48 ^{E-2}	4,02 ^{E-3}	1,08 ^{E-4}	1,24 ^{E-4}	1,08 ^{E-4}	1,14 ^{E-4}
TOTAL ANNUEL	2,46^{E1}	4,70	6,76^{E1}	3,47^{E2}	2,66^{E2}	7,08^{E-2}	3,76^{E-2}	1,27^{E-3}	1,51^{E-3}	1,28^{E-3}	1,32^{E-3}

	Volumes rejetés (m ³)	Activités gaz rares (GBq)	Activité Tritium (GBq)	Activité Carbone 14 (GBq)	Activités Iodes (GBq)	Activités Autres PF et PA (GBq)
Janvier	3,61 ^{E8}	49,46	47,95	147,6	2,47 ^{E-3}	5,88 ^{E-4}
Février	3,38 ^{E8}	49,69	38,91		2,45 ^{E-3}	4,13 ^{E-4}
Mars	3,69 ^{E8}	52,95	32,29		3,32 ^{E-3}	4,07 ^{E-4}
Avril	3,75 ^{E8}	135,1	37,83	261	2,60 ^{E-3}	4,90 ^{E-4}
Mai	3,96 ^{E8}	55,47	53,07		2,56 ^{E-3}	4,32 ^{E-4}
Juin	3,66 ^{E8}	50,05	54,85		4,06 ^{E-3}	4,28 ^{E-4}
Juillet	3,87 ^{E8}	53,18	75,91	269	2,50 ^{E-3}	4,32 ^{E-4}
Août	3,63 ^{E8}	47,82	77,88		2,33 ^{E-3}	4,10 ^{E-4}
Septembre	3,69 ^{E8}	50,7	68,9		5,20 ^{E-3}	4,18 ^{E-4}
Octobre	4,15 ^{E8}	57,22	98,24	94,15	6,29 ^{E-3}	4,29 ^{E-4}
Novembre	3,70 ^{E8}	50,46	73,24		5,87 ^{E-3}	5,05 ^{E-4}
Décembre	3,89 ^{E8}	57,84	59,31		6,89 ^{E-2}	4,51 ^{E-4}
TOTAL ANNUEL	4,50^{E9}	709,94	718,38	771,75	0,11	5,40^{E-3}

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 2021 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2021.

Année	Rejets par catégorie de radionucléides (GBq)				
	Gaz rares	Tritium	Carbone 14	Iodes	Autres produits de fission et d'activation
2019	461	721	485	0,0570	0,00310
2020	795	727	519	0,0363	0,00624
2021	710	718	771	0,109	0,0054
Prévisionnel 2021	950	800	700	0,035	0,009

Commentaires : Les rejets radioactifs à l'atmosphère en tritium sont cohérents avec le prévisionnel 2021.

Des dépassements en iode sont observés sur les rejets d'iode et Carbone 14 mais les cumuls annuels restent très inférieurs aux limites réglementaires (Cf. paragraphe suivant 4.1.1.5). Le dépassement du prévisionnel sur le cumul des rejets d'iode provient d'aléa matériel et d'une activité d'étalonnage générant un rejet ponctuel.

En ce qui concerne le carbone 14, le mode de comptabilisation des rejets implique des incertitudes de prélèvement et de mesure qui expliquent les variations.

4.1.1.5 Comparaison aux valeurs limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2021 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 2021		
	Limites	Débit instantané (Bq/s)	
Gaz rares	1,12E7	Tranche 1	1,48E6
		Tranche 2	4,70E5
Tritium	1,25E6	Tranche 1	2,80E4
		Tranche 2	2,14E4
Iode	125	Tranche 1	1,55
		Tranche 2	107
Autres PF/PA	125	Tranche 1	0,23
		Tranche 2	0,15

Paramètres	Cumul des rejets annuels	
	Limites (GBq)	Résultats 2021 (GBq)
Tritium	8 000	718
Gaz rares	45 000	710
Carbone 14	1 400	771,75
Iode	0,8	0,109
Autres PF/PA	0,8	0,0054

Commentaires : Les rejets radioactifs à l'atmosphère respectent les valeurs limites de rejets de la décision ASN n°2008-DC-0090. Les débits instantanés ont respecté les valeurs de la décision ASN n°2008-DC-0090 tout au long de l'année 2021.

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

Les rejets radioactifs diffus ont notamment pour origine :

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

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

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

	Volume (m ³)	Rejets de vapeur du circuit secondaire		Rejets au niveau des événements des réservoirs d'entreposage des effluents liquides Ex, T et S		Rejets au niveau des événements des réservoirs d'eau de refroidissement des piscines	
		Tritium (Bq)	Iodes (Bq)	Tritium (Bq)	Iodes (Bq)	Tritium (Bq)	Iodes (Bq)
Janvier	1,57E4	9,50E8	0	5,33E7	0	0	0
Février	1,61E4	0	0	6,39E7	0	0	0
Mars	1,99E4	0	0	6,23E7	0	5,70E6	0
Avril	3,36E4	2,50E8	0	5,57E7	0	1,13E7	0
Mai	4,49E4	9,00E7	0	2,40E7	0	1,52E7	0
Juin	2,59E4	1,50E8	0	2,15E7	0	0	0
Juillet	9,08E3	4,00E8	0	3,02E7	0	0	0
Août	5,59E3	0	0	9,80E7	0	0	0
Septembre	1,90E4	1,05E9	0	5,17E7	0	0	0
Octobre	2,20E4	8,90E8	0	2,08E7	0	0	0
Novembre	1,06E4	2,40E8	0	1,31E7	0	1,29E7	0
Décembre	2,68E3	0	0	2,55E7	0	0	0
TOTAL ANNUEL	2,25E5	4,02E9	0	5,20E8	0	4,51E7	0

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

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

- Le lessivage chimique des générateurs de vapeur : l'encrassement des générateurs de vapeur peut nécessiter un lessivage chimique à l'origine de rejets chimiques à l'atmosphère (ammoniac...) qui nécessitent une autorisation administrative ; ces rejets sont, soit mesurés, soit estimés par calcul en fonction des quantités de produits chimiques utilisés.
- Les émissions des groupes électrogènes de secours : les groupes électrogènes de secours composés de moteurs diesel, les Turbines à Combustion (TAC) et les Diesels d'Ultime Secours (DUS) fonctionnant au gasoil sont destinés uniquement à alimenter des systèmes de sécurité et/ou à prendre le relais de l'alimentation électrique principale en cas de défaillance de celle-ci. Ils ont donc un rôle majeur en termes de sûreté nucléaire. Les émissions des gaz de combustion (SO₂, NO_x) de ces matériels de petites puissances sont faibles sachant qu'ils ne fonctionnent que peu de temps (moins de 50 h/an par diesel) lors des essais périodiques ou d'incidents.
- Les émissions de fluides frigorigènes. En effet, un CNPE est équipée de groupes frigorifiques pour assurer la production d'eau glacée et pour la réfrigération des locaux techniques et administratifs. Ces matériels utilisent des produits pouvant accroître l'effet de serre. Le fonctionnement des matériels et les opérations de maintenance conduisent à des émissions de fluides frigorigène. Ces émissions sont réglementairement déclarées et comptabilisées et des actions sont prises pour remédier à la situation.
- Les opérations de maintenance effectuées dans les bâtiments réacteur des CNPE : Lors de ces opérations, une quantité plus ou moins importante de calorifuges est changée par des produits neufs. Pendant les phases de montée en température correspondant à la remise en service des installations, certains types de calorifuges émettent, par dégradation thermique, des vapeurs formolées dans l'enceinte, qui peuvent être à l'origine de rejets de monoxyde de carbone.
- Le conditionnement de 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 (SO_x) et d'azote (NO_x) 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 162 heures (durée cumulée des 6 moteurs), des turbines à combustion (TAC) ayant fonctionné pendant 48 heures, au total sur les 2 tranches pour 2021 est de :

Paramètre	Unité	Groupes électrogènes	TAC	TOTAL
SO _x	kg	2	1	3
NO _x	kg	20558	6091	26649

4.1.3.2 Rejets de formaldéhyde et de monoxyde de carbone

En 2021, 8 m³ de calorifuges dans l'enceinte d bâtiment réacteur 2 ont été renouvelés.

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

Concentration calculée	Unité	Paramètres	EBA	ETY
Concentration maximale ajoutée dans l'atmosphère	mg/m ³	Formaldéhyde	1,32E-3	2,99E-5
		Monoxyde de carbone	1,23E-3	2,79E-5

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	178,5
Morpholine / Ethanolamine		5,1

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
Hydrogéo-fluoro-carbone (HFC)	148,87	230
Hexafluorure de soufre (SF6)	445,4	10 467
Total des émissions de GES en tonne équivalent CO₂		10 697

Dans le respect de la réglementation relative aux systèmes d'échanges de quota d'émissions de gaz à effet de serre, le CNPE déclare chaque année les émissions de CO₂ provenant de l'activité de combustion de combustibles dans les installations dont la puissance thermique totale de combustion est supérieure à 20 MW. Pour l'année 2021, les émissions liées à cette activité représentent 477 tonne équivalent CO₂.

L'équivalent CO₂ total des émissions de GES du CNPE constituées des pertes de fluides frigorigène et SF6 et de la combustion des diesels de secours, représente 0,63 gCO₂ / kWh électrique produit, la production annuelle nette d'électricité ayant été de 17,7 TWh sur l'année 2021.

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

L'année 2021 n'a pas été concernée par des actions de maintenance (hors maintenance programmée) et aucune intervention ou opération de maintenance anticipée n'ont été nécessaires.

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

Le CNPE de Penly n'a pas réalisé d'opération exceptionnelle de rejets d'effluents à l'atmosphère en 2021.

4.2 Rejets d'effluents liquides

4.2.1 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 (résiduaire, chimiques, planchers, servitudes), le traitement de ces effluents, approprié à leurs caractéristiques physico-chimiques, peut se faire :

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

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

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

4.2.1.1 Règles spécifiques de comptabilisation

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

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

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

4.2.1.2 Spectre de référence des rejets d'effluents radioactifs liquides

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

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

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

Le tableau ci-dessous est un rappel du spectre de référence des rejets radioactifs liquides.

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

4.2.1.3 Cumul mensuel

Le cumul mensuel des rejets d'effluents radioactifs liquides est donné dans le tableau suivant :

	¹³¹ I (MBq)	⁵⁴ Mn (MBq)	⁶³ Ni (MBq)	⁵⁸ Co (MBq)	⁶⁰ Co (MBq)	^{110m} Ag (MBq)	^{123m} Te (MBq)	¹²⁴ Sb (MBq)	¹²⁵ Sb (MBq)	¹³⁴ Cs (MBq)	¹³⁷ Cs (MBq)
Janvier	0,95	1,08	1,25	1,41	8,77	1,10	0,70	0,95	2,69	0,99	1,26
Février	1,27	1,44	1,20	1,45	6,27	1,45	0,97	1,26	3,61	1,33	1,65
Mars	1,55	1,80	3,43	2,08	10,40	3,61	1,18	1,54	4,48	1,67	2,08
Avril	1,80	2,03	2,11	2,59	4,16	2,02	1,34	1,79	5,18	1,90	2,42
Mai	0,68	0,84	0,57	4,90	2,93	5,41	1,70	0,67	1,95	0,71	1,12
Juin	0,66	0,84	21,89	3,41	9,35	4,92	0,52	1,35	5,23	0,80	1,51
Juillet	0,66	0,79	8,11	2,41	6,37	0,86	0,49	0,88	1,95	0,76	0,89
Août	1,68	1,90	6,94	3,94	7,98	9,90	3,57	4,46	4,89	1,97	2,34
Septembre	1,28	1,43	2,83	5,50	8,92	1,49	0,98	1,40	3,76	1,46	1,67
Octobre	1,02	1,14	2,39	50,06	12,80	5,37	1,08	1,65	2,97	1,14	1,56
Novembre	0,30	0,34	0,47	1,41	1,24	0,36	0,21	0,30	0,84	0,33	0,39
Décembre	0,65	0,69	2,57	23,07	6,11	4,94	2,50	0,72	1,86	0,75	1,06
TOTAL ANNUEL	12,50	14,32	53,76	102,23	85,30	41,43	15,24	16,97	39,41	13,81	17,95

	Volumes rejetés (m ³)	Activité Tritium (GBq)	Activité Carbone 14 (GBq)	Activités Iodes (GBq)	Activités Autres PF et PA (GBq)
Janvier	1,07 ^{E4}	4,86 ^{E3}	3,78	9,53 ^{E-4}	2,02 ^{E-2}
Février	1,58 ^{E4}	5,86 ^{E3}	5,93	1,27 ^{E-3}	2,06 ^{E-2}
Mars	1,96 ^{E4}	5,63 ^{E3}	7,26	1,55 ^{E-3}	3,22 ^{E-2}
Avril	2,70 ^{E4}	5,06 ^{E3}	5,08	1,802 ^{E-3}	2,55 ^{E-2}
Mai	3,77 ^{E4}	2,23 ^{E3}	3,30	6,79 ^{E-4}	2,08 ^{E-2}
Juin	2,09 ^{E4}	1,96 ^{E3}	2,13	6,63 ^{E-4}	4,98 ^{E-2}
Juillet	4,08 ^{E3}	2,81 ^{E3}	2,00	6,63 ^{E-4}	2,35 ^{E-2}
Août	5,58 ^{E3}	9,07 ^{E3}	6,20	1,68 ^{E-3}	4,79 ^{E-2}
Septembre	9,01 ^{E3}	4,80 ^{E3}	5,50	1,28 ^{E-3}	2,94 ^{E-2}
Octobre	1,20 ^{E4}	1,84 ^{E3}	1,61	1,02 ^{E-3}	8,07 ^{E-2}
Novembre	3,38 ^{E3}	1,17 ^{E3}	0,66	2,97 ^{E-4}	5,89 ^{E-3}
Décembre	2,68 ^{E3}	2,23 ^{E3}	1,32	6,49 ^{E-4}	4,43 ^{E-2}
TOTAL ANNUEL	1,68^{E5}	4,75^{E4}	44,77	1,25^{E-2}	4,01^{E-1}

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 2021 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2021.

	Rejets par catégorie de radionucléides (GBq)			
	Tritium	Carbone 14	Iodes	Autres PA et PF
2019	53 381	49,3	0,0062	0,460
2020	50 600	38,8	0,0110	0,395
2021	47 518	44,8	0,013	0,40
Prévisionnel 2021	57 000	50	0,015	0,40

Commentaires : Les rejets radioactifs liquides en carbone 14 et PF/PA sont cohérents avec les valeurs du prévisionnel 2021. Le cumul des rejets de tritium est inférieur au prévisionnel en raison de la limitation des appoints d'eaux sur le circuit primaire. En ce qui concerne le cumul des rejets d'iode, la variation s'explique par l'évolution du matériel de mesure.

4.2.1.5 Comparaison aux limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2021 avec les valeurs limites de rejets fixées par la décision ASN n° 2008-DC-0090.

Paramètres	Limites annuelles de rejet		Rejet
	Prescriptions	Valeur	Valeur (GBq)
Tritium	Activité annuelle rejetée (GBq)	80000	48000
Carbone 14	Activité annuelle rejetée (GBq)	190	45
Iodes	Activité annuelle rejetée (GBq)	0,1	0,013
Autres PA et PF	Activité annuelle rejetée (GBq)	25	0,40

Commentaires : En 2021, 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 2021 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 2021	Valeur maximale mesurée en 2021	Limite réglementaire	Valeur moyenne mesurée en 2021	Valeur maximale mesurée en 2021	Limite réglementaire	
Eau filtrée	Activité bêta Globale (Bq/L)	11,3	12,6	18	S-O	S-O	S-O
	Tritium (Bq/L)	268	565	1800	S-O	S-O	900 *
	Potassium (mg/L)	394	415	S-O	21,46	299	S-O
Matières en suspension	Activité bêta globale (Bq/L)	5,042 ^{E-2}	1,26 ^{E-1}	S-O	S-O	S-O	S-O

* En présence de rejets radioactifs

Commentaires : Les mesures de surveillance dans les eaux de surface pour l'année 2021 sont cohérentes avec les valeurs attendues du fait des rejets d'effluents autorisés du CNPE. Les mesures d'activité bêta globale et de l'activité en tritium dans l'eau sont inférieures aux limites réglementaires.

4.2.2 Rejets d'effluents liquides chimiques

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

Ces rejets d'effluents chimiques sont issus :

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

Les principales substances utilisées sont :

- l'acide borique (H_3BO_3) : le bore contenu dans cet acide est « avide » des neutrons produits lors de la réaction nucléaire. C'est une substance neutrophage, qui permet donc le contrôle de la réaction de fission et donc le pilotage du réacteur. Ce bore est dissous dans l'eau du circuit primaire.
- la lithine ($LiOH$) : ce produit est utilisé pour maintenir le pH du circuit primaire. En effet, le bore est sous forme acide. Pour éviter les effets de corrosion liés à cet acide, de la lithine est ajoutée à l'eau du circuit primaire afin d'ajuster le pH à celui de moindre corrosion. La concentration en lithine est donc directement liée à celle du bore.
- l'hydrazine (N_2H_4) : 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 (C_4H_9NO), l'éthanolamine (C_2H_7NO) et l'ammoniaque (NH_4OH) 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 (C_2H_7NO), 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 (Na_3PO_4) : 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	142	2,78	7,6 ^E -2	0	411	5,51	1,33	13,6	32
Février	295	3,36	0,25	1,41	346	3,39	1,13	15,8	129
Mars	611	4,13	0,17	1,35	384	3,48	0,86	19,6	85,2
Avril	243	5,54	0,30	1,37	353	5,08	2,04	27	180
Mai	584	5,65	0,26	1,44	244	26,7	3,20	48,3	49
Juin	134	2,75	0,12	0,68	277	10,2	2,04	20,9	136
Juillet	76,2	0,69	0,01	0	424	8,26	0,72	7,66	36,3
Août	856	0,59	0,01	1,45	366	8,37	1,41	10,5	47,7
Septembre	889	1,54	0,18	0,73	593	5,98	1,17	9,01	87,4
Octobre	619	2,55	9,41 ^E -2	0,65	385	37,3	1,16	30,6	85,4
Novembre	27,3	0,70	1,74 ^E -2	0,67	242	16,2	1,28	42,6	85
Décembre	710	0,22	6,70 ^E -3	1,30	127	14,3	0,55	9,38	72,8
TOTAL ANNUEL	5186,5	30,50	1,48	11,05	4152	144,77	16,89	254,95	1025,8

4.2.2.3.2 Répartition détaillée des rejets de métaux

	Rejets mensuels détaillés (Kg)							
	Al	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Janvier	0,193	0,027	0,097	0,687	0,027	0,027	0,011	0,383
Février	0,158	0,039	0,039	0,566	0,048	0,039	0,016	0,549
Mars	0,196	0,049	0,186	0,517	0,058	0,049	0,020	0,349
Avril	0,334	0,068	0,190	1,293	0,068	0,068	0,027	0,454
Mai	0,417	0,094	0,366	2,178	0,101	0,109	0,038	0,575
Juin	0,209	0,052	0,647	1,014	0,057	0,052	0,021	0,367
Juillet	0,090	0,010	0,140	0,290	0,019	0,024	0,012	0,152
Août	0,056	0,014	0,087	0,981	0,025	0,014	0,013	0,320
Septembre	0,090	0,023	0,165	0,524	0,047	0,023	0,014	0,423
Octobre	0,120	0,030	0,275	0,461	0,041	0,030	0,012	0,415
Novembre	0,066	0,008	0,099	0,896	0,023	0,007	0,009	0,195
Décembre	0,027	0,007	0,045	0,383	0,024	0,007	0,021	0,090

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 2021 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2021.

Substances	Unité	2019	2020	2021	Prévisionnel 2021
Acide borique	kg	4 785	6 174	5190	8800
Hydrazine	kg	0,4	0,63	1,48	0,750
Détergents	kg	16	10,9	11	13
Azote	kg	3 671	3 784	4152	4300
Ethanolamine	kg	19	24,3	30,5	22
Métaux totaux	kg	44	28	17	35
Phosphates	kg	173	306	145	350

Commentaires :

Le prévisionnel des rejets d'effluents liquide non radioactif a été respectée pour l'acide borique, les détergents, l'azote total, les métaux totaux et les phosphates.

En ce qui concerne l'hydrazine et l'éthanolamine, on observe des dépassements. Cependant, les cumuls annuels restent bien inférieurs aux limites réglementaires (cf, §4.2.2.3.4). Les dépassements sont liés à des aléas techniques sur le circuit secondaire qui ont générés une augmentation ponctuelle des rejets liquides et donc des substances de conditionnement.

Les rejets en acide borique sont inférieurs au prévisionnel. En effet, la filière de traitement par évacuation solide a été privilégiée en 2021 en raison d'une maintenance à réaliser sur le système de traitement liquide.

4.2.2.3.4 Comparaison aux limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2021 avec les valeurs limites de rejets fixées par la décision ASN n°2008-DC-0090.

Substances	Concentration maximale ajoutée au bassin (mg/l)		Flux 24h (kg)		Flux 2h (kg)		Flux annuel	
	Limites	Rejet maximal calculé	Limites	Flux 24H maximal	Limites	Flux 2H maximal	Limites	Flux annuel
Acide borique	1,7	0,15	3 300	596	1320	92,3	16400	5186,5
Ethanolamine	1,0 ^{E-2}	2,3 ^{E-4}	22	0,83	SO	0,58	620	30,5
Hydrazine	1,0 ^{E-3}	3,7 ^{E-5}	3	0,15	SO	0,06	25	1,49
Détergents	2,7 ^{E-1}	1,8 ^{E-4}	520	0,73	210	0,11	4700	11,05
Azote	4,0 ^{E-2}	0,017	80	79	60	59,9	9900	4152
Phosphates	1,0 ^{E-1}	2,4 ^{E-3}	200	9,56	160	8,14	840	144,77
Métaux totaux	2 ^{E-3}	2,11 ^{E-3}	3,6	0,58	SO	0,15	230	16,9
MES	9 ^{E-2}	0,02	170	9,86	SO	7,10	SO	255
DCO	1 ^{E-1}	0,02	210	38	SO	6,07	SO	1020

L'article 5.3.1 de la décision ASN n°2017-DC-0588 demande une évaluation de la quantité annuelle de lithine rejetée. En 2021, la quantité de lithine rejetée par le CNPE de Penly est évaluée à 0,137 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 2021.

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	2,3 ^{E3}	1,2 ^{E2}
Février	0	0
Mars	0	0
Avril	8,7 ^{E3}	6,90 ^{E2}
Mai	1,4 ^{E4}	1,59 ^{E3}
Juin	3,3 ^{E4}	2 ^{E3}
Juillet	2,50 ^{E4}	1,80 ^{E3}
Août	2,7 ^{E4}	1,70 ^{E3}
Septembre	2,0 ^{E4}	2,10 ^{E3}
Octobre	2,0 ^{E4}	1 ^{E3}
Novembre	1,0 ^{E4}	0
Décembre	0	0

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 2021 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2021.

Paramètres	Unité	2019	2020	2021	Prévisionnel 2021
Oxydant résiduel	Kg	1,9 ^{E5}	2,3 ^{E5}	1,6 ^{E5}	2,4 ^{E5}
Bromoformes	Kg	1,4 ^{E4}	1,5 ^{E4}	1,1 ^{E4}	1,8 ^{E4}

Commentaires : Les valeurs des rejets sont inférieures aux prévisionnels.

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	0,19	3900	1500
Bromoforme	S-O	S-O	0,03	2,40 ^{E-2}	230	170
Chlore	1	0,75	S-O	S-O	S-O	S-O

Commentaires : En 2021, aucun dépassement de valeurs limites n'a été constaté.

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

Ce paragraphe présente les rejets de substances chimiques liées à la production d'eau déminéralisée du CNPE de Penly pour l'année 2021.

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	805	3134	5732	159
Février	1060	3528	4281	155
Mars	1260	4265	4656	183
Avril	1280	4940	6665	243
Mai	2181	9480	10873	420
Juin	1806	5284	6301	246
Juillet	775	2241	2207	79
Août	730	2710	4151	151
Septembre	1094	3476	4025	153
Octobre	2096	4544	6318	174
Novembre	415	1410	2498	73
Décembre	545	1291	3388	86
TOTAUX	14047	46303	61095	2122

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 2021 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2021.

Paramètres	Unité	Rejets annuels			
		2019	2020	2021	Prévisionnel 2021
Chlorures	Kg/an	47700	43974	46303	45000
Sodium	Kg/an	16260	12145	14047	13000
Fer	Kg/an	2290	2213	2122	2200
Cuivre	Kg/an	100	100	100	100

Commentaires : Le prévisionnel des rejets en fer et cuivre a été respecté et pour les chlorures et le sodium le prévisionnel est dépassé.

On observe des valeurs du même ordre de grandeurs que le prévisionnel-pour les substances chlorures et sodium malgré des aléas techniques sur le circuit secondaire qui ont générés une augmentation ponctuelle de la production d'eau et donc des rejets associés au processus de déminéralisation.

4.2.2.5.3 Comparaison aux limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2021 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 2021
Chlorures	1100	946
Sodium	830	408
MES	1800	1700
Fer	56	42
Paramètre	Flux annuel (Kg/an)	
	Limite	Flux annuel de rejet en 2020
Cuivre	100	100

Commentaires : En 2021, 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'aménée 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	4,2	10
Février	/	
Mars	/	
Avril	0,6	
Mai	/	
Juin	0,1	
Juillet (05/07)	5,5	
Juillet (28/07)	3	
Août	/	
Septembre	/	
Octobre	/	
Novembre	/	
Décembre	1,5	

Commentaires : En 2021, 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)	4	3	6	4	2	6	13	1,7	7	2,5	3,6	23
DCO (mg/L)	69	28	48	130	29	52	147	35	57	75	24	100
MES (mg/L)	40	<2	3,9	56	2,7	7,2	84	4,2	8,3	41	3,3	12
pH (mg/L)	6,8	8,2	7,6	6,2	8,1	7,4	7,9	8,4	7,6	6,7	8,1	8,3
Azote kjeldal (mg/L)	6,4	1,63	23,3	20	1,5	24	46	1,9	12	3,7	1,71	79,4

4.2.2.7.2 Comparaison aux limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2021 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	6	35
Trimestre 2	6	
Trimestre 3	13	
Trimestre 4	23	

Commentaires : En 2021, aucun dépassement de valeurs limites n'a été constaté.

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

Au titre de la décision ASN 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	<0,1	<0,1	<0,1	0,47
Mars	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Mai	0,1	/	0,1	<0,1
Juin	/	<0,1*	/	/
Juillet	<0,1	<0,1	1,9	<0,1
Septembre	<0,1	/	<0,1	<0,1
Octobre	/	0,57*	/	/
Novembre	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

*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 bêta global et tritium.

	W1		W2		W3		W4	
	Activité maximale mesurée		Activité maximale mesurée		Activité maximale mesurée		Activité maximale mesurée	
	Tritium (Bq/l)	Bêta (Bq/l)						
Janvier	4,66	0,69	4,41	0,21	4,50	0,44	7,16	0,17
Février	5,09	0,39	5,08	0,6	5,38	1,39	≤ 4,40	6,63
Mars	≤ 4,11	0,87	4,76	0,48	4,25	0,87	≤ 4,27	0,43
Avril	≤ 4,79	0,74	≤ 4,53	0,15	4,46	1,32	≤ 4,28	1,81
Mai	≤ 4,49	0,99	5,77	0,29	≤ 4,49	1,33	≤ 4,53	0,46
Juin	5,10	0,44	≤ 4,96	0,24	≤ 4,76	1,51	≤ 4,75	0,46
Juillet	≤ 4,38	0,6	≤ 4,38	0,25	≤ 4,49	0,77	≤ 4,49	0,39
Aout	≤ 4,75	0,09	≤ 4,40	0,23	≤ 4,39	0,61	≤ 4,49	0,40
Septembre	≤ 4,51	0,26	5,54	0,26	≤ 4,49	0,62	6,15	0,55
Octobre	≤ 4,52	0,11	≤ 4,30	0,27	≤ 4,56	1,30	5,33	10,6
Novembre	≤ 4,66	0,23	≤ 4,69	0,30	≤ 4,35	1,54	≤ 4,67	1,87
Décembre	5,49	0,29	≤ 4,47	0,19	4,77	0,68	≤ 4,37	0,9

4.2.2.8.2 Comparaison aux limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2021 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 2021	0,1	0,57	1,9	0,47

Commentaires : En 2021, aucun dépassement de valeurs limites n'a été constaté.

4.2.3 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 service de l'installation TR1 a débuté fin 2020 pour une mise en exploitation définitive en 2021. La mise en exploitation définitive de l'installation en TR2 est prévue pour 2022.

4.2.4 Opérations exceptionnelles de rejets d'effluents liquides

Le CNPE de Penly n'a pas réalisé d'opération exceptionnelle de rejet d'effluents liquides chimiques en 2021.

4.3 Rejets thermiques

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

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

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

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

L'échauffement de l'eau (écart de température entre la sortie et l'entrée : $\Delta T^{\circ}\text{C}$) est lié à la puissance thermique (P_{th}) à évacuer au condenseur et 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 2021 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	7,9	18,7	21,3	10,7	12,6
Février	7,1	19,1	20,8	12	12,5
Mars	8,5	21	22,5	12,5	12,5
Avril	10,1	22,6	23,5	12,5	12,5
Mai	12,3	24,8	27	12,5	12,5
Juin	16,6	28,1	30,2	11,6	12,4
Juillet	18,8	30,9	32,7	12,1	12,4
Août	19,5	31,8	33	12,3	12,4
Septembre	19,6	31,5	32,5	11,8	12,4
Octobre	16,2	16,6	30	0,5	12,4
Novembre	12,6	12,6	14,3	0	0
Décembre	9,4	9,4	10,3	0	0

Relevé 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	8,1	20,5	21,3	12,3	12,6
Février	7	19,2	20,7	12,2	12,5
Mars	8,6	21	22,6	12,4	12,6
Avril	10,2	16,8	23	6,6	12,6
Mai	12,5	12,9	23,5	0,5	9
Juin	16,7	28,4	29,7	11,7	12,5
Juillet	19	30,1	32,7	11,2	12,4
Août	19,5	30,6	32,2	11,1	12,4
Septembre	19,7	30,9	32,4	11,3	12,4
Octobre	16,1	27,3	30,1	11,3	12,5
Novembre	12,5	24,9	26,3	12,4	12,6
Décembre	9,4	22	22,9	12,6	12,6

4.3.2 Comparaison 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	12,5	12,6
Température maximale aux puits de rejet	35	30	32,7	26,3

Commentaires : En 2021, aucun dépassement des valeurs limites n'a été constaté.

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

L'année 2021 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 - Surveillance de l'environnement

5.1 Surveillance de la radioactivité dans l'environnement

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

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

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

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

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

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

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

Ainsi, le CNPE réalise annuellement, sous le contrôle de l'ASN, 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.

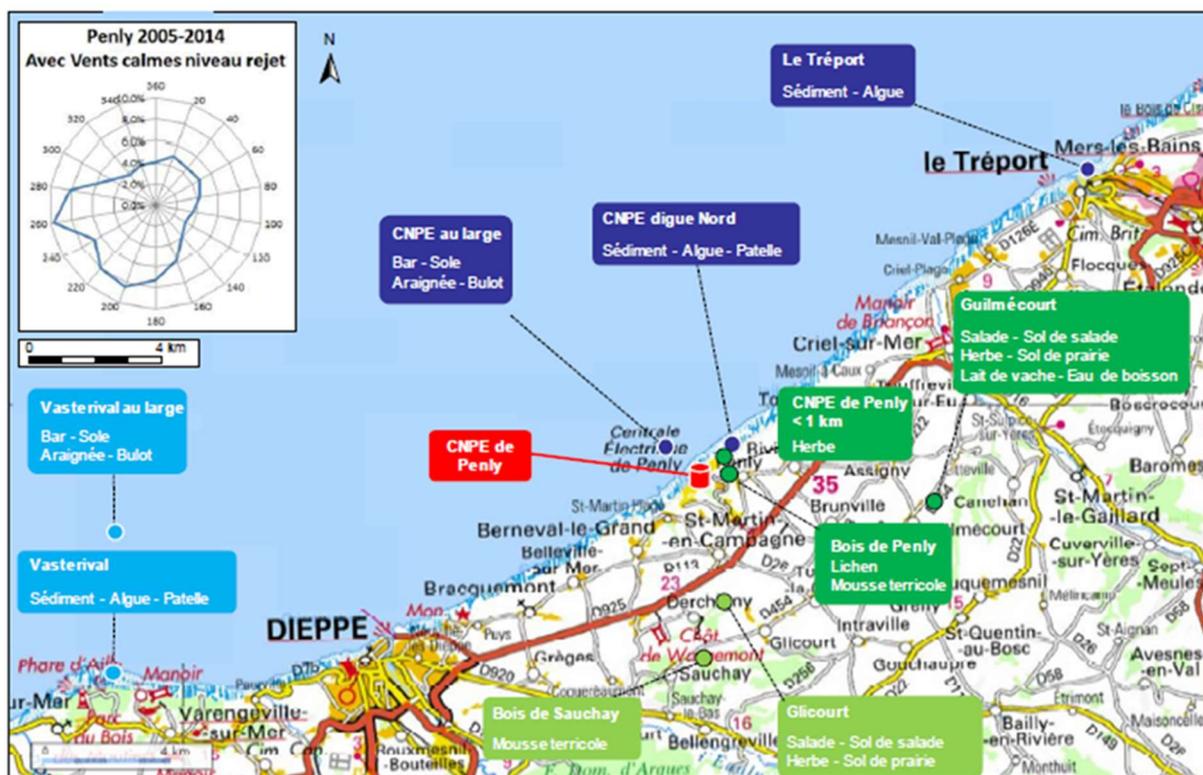
Ces études radioécologiques assurent un suivi long terme essentiel à la compréhension des mécanismes de transfert des radionucléides dans l'environnement et pour déterminer l'influence potentielle des rejets de l'installation au regard des autres sources de radioactivité naturelle et/ou artificielle.

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 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 2021 sont présentés dans le tableau suivant. Les débits de dose maximaux et les données relatives à l'année antérieure sont également présentés à titre de comparaison.

Réseau de mesure	Débit de dose moyen année 2021 (nSv/h)	Débit de dose max année 2021 (nSv/h)	Débit de dose moyen année N-1 (nSv/h)	Débit de dose moyen année N-2 (nSv/h)
Clôture	74,54	315,6	83	72
1 km	77,78	134,4	82	75
5 km	85,23	153,6	91	86
10 km	80,91	141,6	87	73

Commentaires : Pour les quatre réseaux, les débits de dose moyens enregistrés pour l'année 2021 sont de l'ordre de grandeur du bruit de fond et cohérents avec les résultats des années antérieures.

5.1.2 Surveillance du compartiment atmosphérique

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

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

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

Les résultats des mesures réalisées sur le compartiment atmosphérique pour l'année 2021 sont donnés dans le tableau suivant.

Compartiment	Paramètres	Moyenne annuelle	Valeur maximale mesurée	Limite réglementaire (pour chaque analyse)	
Poussières atmosphériques Bq/m3	Bêta globale	4,52 ^{E-4}	1,72 ^{E-3}	0,01	
	Spectrométrie gamma	⁵⁸ Co	9,84 ^{E-6}	8,60 ^{E-6}	S-O
		⁶⁰ Co	6,22 ^{E-6}	6,60 ^{E-6}	S-O
		¹³⁴ Cs	6,85 ^{E-6}	7,60 ^{E-6}	S-O
		¹³⁷ Cs	4,78 ^{E-6}	5 ^{E-6}	S-O
		⁴⁰ K	1,37 ^{E-4}	1,30 ^{E-4}	S-O
Tritium atmosphérique Bq/m3		1,48 ^{E-1}	1,91 ^{E-1}	50	
Eau de pluie Bq/L	Bêta globale	1,01 ^{E-1}	3,32 ^{E-1}	S-O	
	Tritium	4,25	4,72	S-O	
	Potassium	3,63 ^{E-1}	2,00	S-O	

Commentaires : Les mesures de surveillance du compartiment atmosphérique pour l'année 2021 sont cohérentes en moyenne avec les valeurs du bruit de fond. Les mesures de l'activité bêta globale et de l'activité en tritium atmosphérique sont très inférieures aux limites réglementaires.

5.1.3 Surveillance du milieu terrestre

Les résultats des mesures réalisées sur le compartiment terrestre pour l'année 2021 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	<Seuil	<Seuil
		⁶⁰ Co		<Seuil	<Seuil
		¹³⁴ Cs		<Seuil	<Seuil
		¹³⁷ Cs		<Seuil	<Seuil
		⁴⁰ K		802	1080
Lait (Bq/L)	Spectrométrie gamma	⁵⁸ Co	Mensuelle	<Seuil	<Seuil
		⁶⁰ Co		<Seuil	<Seuil
		¹³⁴ Cs		<Seuil	<Seuil
		¹³⁷ Cs		<Seuil	<Seuil
		⁴⁰ K		46	57

Commentaires :

En 2021, le CNPE de Penly a identifié un nouveau point de prélèvement de végétaux sur la commune de Grèges, facilitant la gestion et améliorant la représentativité du prélèvement. En 2022 le point de prélèvement de Coqueréaumont sera remplacé par celui de Grèges.

Les résultats des mesures annuelles réalisées sur le compartiment terrestre ainsi que leur interprétation pour l'année 2021 sont présentés dans le rapport du suivi radio-écologique annuel, présenté en **annexe**.

5.1.4 Surveillance des eaux de surface

Les résultats des mesures réalisées sur les eaux de surface pour l'année 2021 sont donnés dans le tableau suivant.

	Paramètre analysé	Périodicité	Unités	Moyenne annuelle	Valeur maximale mesurée
Eau filtrée	Activité globale bêta	Bimensuelle	Bq/L	11,3	12,3
	Tritium	Bimensuelle	Bq/L	5,89	9,48
	Potassium	Bimensuelle	mg/L	391	420
Matières en suspension	Activité globale bêta	Bimensuelle	Bq/L	3,37 ^{E-2}	7,80 ^{E-2}

5.1.5 Surveillance du milieu aquatique

Les résultats des mesures annuelles réalisées sur le compartiment aquatique ainsi que leur interprétation pour l'année 2021 sont présentés dans le rapport du suivi radio-écologique annuel, présenté en **annexe**.

5.1.6 Surveillance des eaux souterraines

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

Paramètres	Valeurs maximales mesurées en 2021				
	Nappe N1	Nappe N2	Nappe N3b	Nappe N4	Nappe N5
β global (Bq/L)	0,28	0,26	0,27	5,30	10,70
Potassium (mg/L)	3,50	3,30	5,50	192	375
Tritium (Bq/L)	<20	<20	<20	<20	<20

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 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	751	690	817	28400	48600
Azote global	mg / l	4,74	4,61	4,90	6,6	4,4
COT		0,85	0,8	1	5,1	1,2
DCO		<10	<10	<10	326	967
Hydrocarbures totaux		<0,10	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Métaux totaux		0,11	0,04	0,6	0,04	0,082
pH		8	8,1	8	7,7	7,7
Phosphates		0,07	0,04	0,13	0,09	0,4

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

5.3 Chimie et physico-chimie des eaux de surface

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

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 Domaine pélagique

5.3.1.1 Hydrologie, physico-chimie, chimie

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

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

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

5.3.1.2 Phytoplancton

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

*« Le printemps 2021 apparaît comme une saison marquée par de faibles valeurs de production primaire potentielle et d'un état physiologique « mauvais » et « moyen » des cellules du phytoplancton. Ceci paraît contraster avec les fortes abondances enregistrées (> 1 000 000 cellules/litre, lié notamment aux efflorescences de *Pseudo-nitzschia* et *Phaeocystis*) et les valeurs supérieures aux médianes historiques de chlorophylle a. Ces valeurs sont expliquées par un prélèvement effectué à la fin de l'efflorescence printanière, voire le début de la phase de sénescence du bloom, quand les nutriments sont épuisés (voir les concentrations très faibles enregistrées pour les nutriments) et les cellules, bien qu'encore nombreuses, commencent à se dégrader et être consommées par le zooplancton.*

A l'instar des années précédentes, l'année 2021 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 2021 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 des circuits de refroidissement du CNPE de Penly sur le milieu marin environnant. »

5.3.1.3 Zooplancton

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

*« En 2021, la campagne printanière a été réalisée plus tardivement dans la saison (avril au lieu de mars), ce qui a eu des conséquences sur la biomasse sestonique, l'abondance et la composition zooplanctonique, par rapport à ce que l'on observe habituellement. Malgré des abondances zooplanctoniques plus faibles au point Canal, la biomasse sestonique y était plus importante et supérieure aux valeurs observées depuis 1987. La prolifération, au moment de la campagne, de la prymnésiophytée *Phaeocystis globosa*, une microalgue formant des colonies, pourrait expliquer les fortes biomasses observées en avril, particulièrement aux points Canal et Rejet, où les colonies vont se concentrer plus facilement et former des agrégats et de la mousse. Les rapports C/N d'avril confirment également que le phytoplancton constituait une fraction importante du seston, alors qu'en juin et septembre ces rapports indiquaient plutôt une prépondérance du zooplancton. Cette année encore, on constate que la biomasse sestonique ne constitue pas un bon proxy pour estimer la biomasse ou l'abondance zooplanctonique. Au mieux, l'analyse de la biomasse sestonique nous donne-t-elle une appréciation de la charge particulière (seston > 100 µm) sur le site de la centrale de Penly lors des prélèvements.*

*La proportion d'organismes méroplanctoniques lors de la campagne d'avril était déjà inférieure à 30 % du zooplancton total et les stades larvaires plus âgés dominants, comme pour les larves de balanes et d'annélides, ce qui confirme que la prolifération printanière des méroplanctontes était proche de son terme. A contrario, les abondances de copépodes étaient beaucoup plus élevées par rapport aux observations printanières historiques de la série 1987-2020. Lors des deux campagnes suivantes, les abondances zooplanctoniques, dont celles des copépodes, étaient conformes aux valeurs moyennes historiques. Les variations interannuelles sont toutefois à interpréter avec précaution car du fait de la faible fréquence d'échantillonnage il est difficile d'interpréter ces variations. Les fréquences d'observations (3 fois par an) ne permettent 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), la charge en particules sédimentaires ou des proliférations algales néfastes (comme *Phaeocystis* cette année) expliquent ces faibles abondances.*

*Malgré les différences dans la proportion d'holo et méroplanctontes observée au printemps, la composition et la succession des espèces sont par contre restées classiques. 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*, *Pseudocalanus* et *Isias*) sont les plus abondants, notamment au large, mais à la côte *Euterpina acutifrons*, copépode harpacticoïde 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, leur répartition saisonnière habituelle et sont caractéristiques des milieux tempérés de la Manche et de la baie sud de la Mer du Nord. Aux trois périodes d'observations, les valeurs enregistrées depuis 1987 au niveau du Rejet en mer s'inscrivent dans l'intervalle de celles des points Canal, Contrôle et Référence. La variabilité spatio-temporelle de la population zooplanctonique lors des trois campagnes annuelles 2021 apparaît conforme à ce qui est habituellement observé. Elle ne traduit pas d'évolution anormale du milieu récepteur qui pourrait être dû au fonctionnement du CNPE de Penly. »

5.3.1.4 Microbiologie

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

*« L'année 2021 se caractérise, dans le domaine de la microbiologie, par des résultats se situant dans les gammes habituelles. Les niveaux de germes totaux comme de germes aérobies revivifiables se situent dans la continuité de la série historique. La variabilité et l'hétérogénéité spatiale sont peu marquées cette année. Bien que relativement basse, les abondances les plus élevées de vibrions halophiles sont observées sur les points Canal et Rejet, confirmant leur préférence pour la zone côtière sans qu'il soit possible d'y voir un effet du rejet thermique. À noter, pour la première fois, la confirmation de la présence de *V. vulnificus* en zone côtière au printemps (4 à 24 UFC/L). L'étude des paramètres du compartiment microbiologique n'a pas mis en évidence, au cours de l'année 2021, de modifications significatives du milieu pouvant être mises en relation avec l'activité du CNPE de Penly. »*

5.3.2 Surveillance halieutique

5.3.2.5 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 2021. Pour ces deux espèces, l'année 2021 montrait des abondances globalement dans la tendance observée ces cinq dernières années. Pour le sprat, les abondances restent inférieures aux maximums déjà observés dans les années 90 et les larves en 2021 semblent moins abondantes que les années précédentes. 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 oeufs 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 oeufs (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 oeufs. Ces oeufs 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'oeufs et de larves d'autres espèces présentes dans les échantillons collectés ainsi que l'absence de d'oeufs et de larves de plie.

Nous ne pouvons pas conclure sur l'existence d'un déséquilibre du milieu, généré par l'activité du CNPE de Penly, à partir de l'étude des espèces suivies dans la communauté ichtyoplanctonique en 2021. »

5.3.2.6 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 est en forte diminution par rapport à l'année passée. Il faut noter qu'il s'agissait d'une année exceptionnelle pour les abondances de toutes ces espèces. 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 3,5% des espèces commerciales cette année. L'abondance du groupe 1 est plutôt en contradiction avec la très importante cohorte de groupe 0 capturée en 2020. La répartition spatiale de ce dernier ne semble pas 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 en majorité dans la baie de Somme. Une attention particulière sera portée sur la répartition spatiale de ce groupe d'âge dans les prochaines années.

L'indice de plie est à nouveau très faible et correspond en dehors de deux années atypiques à la moyenne des vingt dernières années. Les strates extérieurs 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 essentiellement par le groupe 0, 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 zone du large.

La densité globale de la crevette grise observée cette année fait partie des 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 bord 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. Les fluctuations spatiales et temporelles sont semblables à ce qui est observé dans les autres sites de nourriceries. Les espèces de poissons étudiées dans le cadre de la surveillance appartiennent tous à la guildes 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 2021 ne permet pas de mettre en évidence l'influence particulière du fonctionnement du CNPE sur le domaine halieutique. »

5.4 Acoustique environnementale

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

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

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

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

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

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

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

Une surveillance des niveaux de radioactivité est effectuée dans l'environnement du CNPE de Penly dans le cadre du programme de surveillance réglementaire et du suivi radioécologique du CNPE (cf. Partie V Surveillance de l'environnement, 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, Tchernobyl, ...). 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/FR/expertise/rapports_expertise/Documents/environnement/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 :

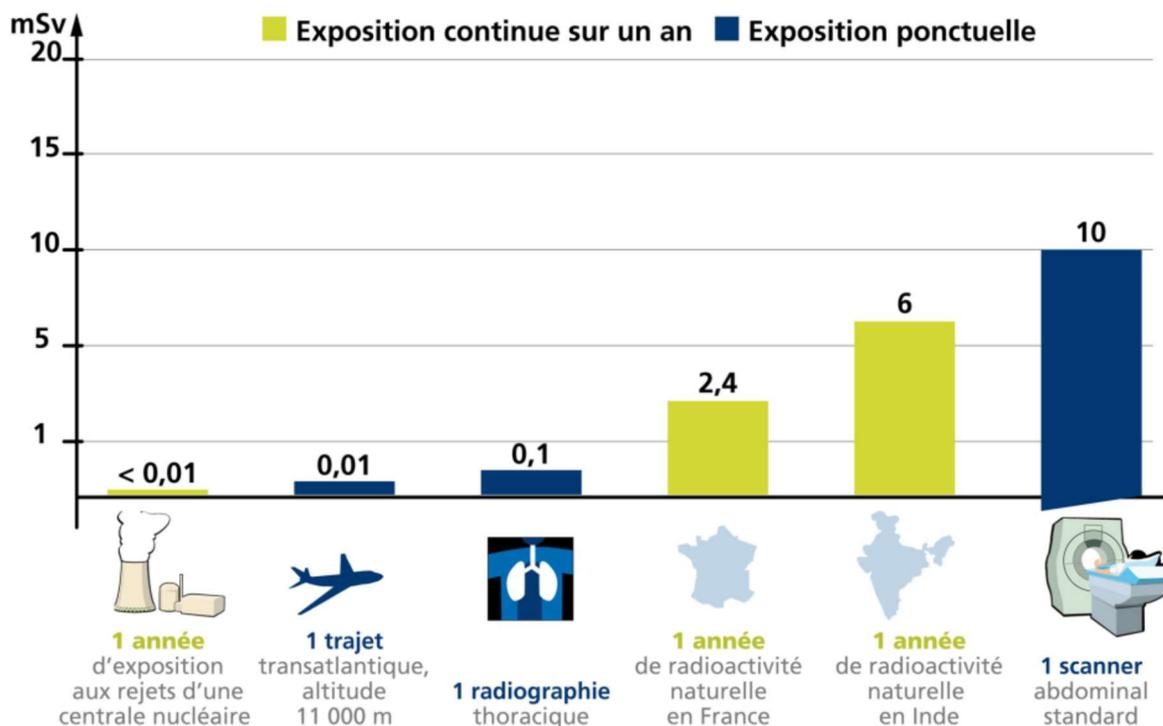


Figure 1 : Echelle des ordres de grandeur de doses résultant de situations courantes et comparaison aux seuils réglementaires (Source : EDF)

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.

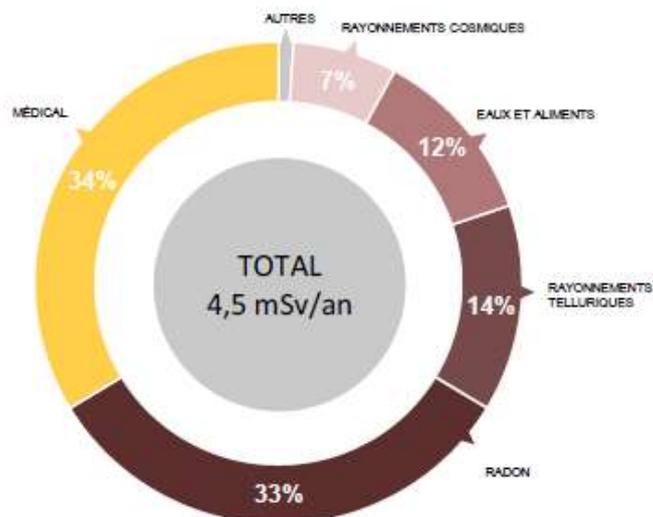


Figure 2 : Part relative des différentes sources d'expositions de la population française aux rayonnements ionisants (Source : Bilan IRSN 2021)

Les tableaux suivants fournissent les valeurs de dose efficace totale calculées à partir des rejets radioactifs réels de l'année 2021 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	4,4E-06	5,1E-05	5,6E-05
Rejets d'effluents liquides	8,1E-08	2,0E-04	2,0E-04
Total	4,5E-06	2,5E-04	2,6E-04

ENFANT DE 10 ANS	Exposition externe (mSv)	Exposition interne (mSv)	Total (mSv)
Rejets d'effluents à l'atmosphère	4,5E-06	4,4E-05	4,9E-05
Rejets d'effluents liquides	2,7E-07	9,7E-05	9,7E-05
Total	4,8E-06	1,4E-04	1,5E-04

ENFANT DE 1 AN	Exposition externe (mSv)	Exposition interne (mSv)	Total (mSv)
Rejets d'effluents à l'atmosphère	4,8E-06	8,9E-05	9,4E-05
Rejets liquides	1,0E-07	5,0E-05	5,1E-05
Total	4,9E-06	1,4E-04	1,4E-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 2021 sont plus 1 000 fois inférieures à la limite d'exposition fixée à 1 mSv par an pour la population, par l'article R1333-11 du Code de la Santé Publique. L'ensemble des populations résidant de manière permanente ou temporaire autour du CNPE est exposé à une dose efficace inférieure ou égale à la dose calculée pour la personne représentative, présentée ci-dessus.

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

7 - Gestion des déchets

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

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

La démarche industrielle repose sur 4 principes :

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

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

7.1 Les déchets radioactifs

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

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

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

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

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

7.1.1 Les catégories de déchets radioactifs

Selon la durée de vie des éléments radioactifs contenus et le niveau d'activité radiologique qu'ils présentent, les déchets sont classés en plusieurs catégories. On distingue les déchets « à vie courte » des déchets « à vie longue » en fonction de leur période (une période s'exprime en années, jours, minutes ou secondes. Elle quantifie le temps au bout duquel l'activité radioactive initiale du déchet est divisée par deux).

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

Ces déchets proviennent essentiellement :

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

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

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

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

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

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

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

Après une utilisation en réacteur pendant quatre à cinq années, le combustible nucléaire contient encore 96 % d'uranium qui peut être recyclé pour produire de nouveaux assemblages de combustible. Les 4 % restants (les « cendres » de la combustion nucléaire) constituent les déchets ultimes qui sont vitrifiés et coulés dans des conteneurs en acier inoxydable : ce sont des déchets « de haute activité à vie longue (HAVL) ». Les parties métalliques des assemblages sont compactées et conditionnées dans des conteneurs en acier inoxydable qui sont entreposés dans l'usine précitée : ce sont des déchets « de moyenne activité à vie longue (MAVL) ».

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

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

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

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

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

7.1.2 Le transport des déchets

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

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

DE LA CENTRALE AUX CENTRES DE TRAITEMENT ET DE STOCKAGE

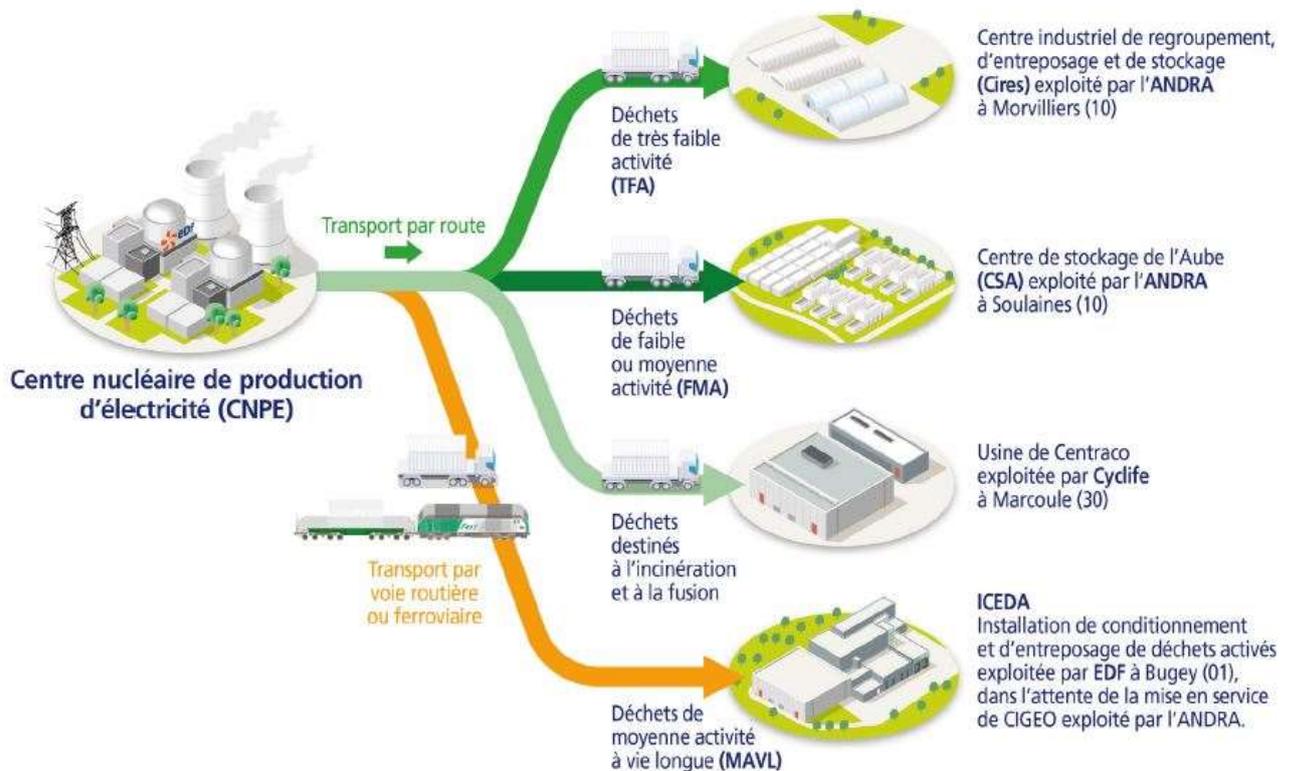


Figure 2 : Transport des déchets radioactifs (Source : EDF)

7.1.3 Les quantités de déchets entreposées au 31/12/2021

Le tableau suivant présente les quantités de déchets en attente de conditionnement au 31 décembre 2021 pour les 2 réacteurs en fonctionnement du CNPE de Penly.

Catégorie déchet	Quantité entreposée au 31/12/2021 en tonnes	Commentaires
TFA	72,05	En conteneur sur l'aire TFA
FMAVC (Liquides)	11,88	Effluents du lessivage chimique, huiles, solvants...
FMAVC (Solides)	122,3	Localisation Bâtiment des Auxiliaire Nucléaire et Bâtiment Auxiliaire de Conditionnement (BAC)
FAVL	0	-
MAVL	156 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 2021 pour les 2 réacteurs en fonctionnement du CNPE de Penly.

Catégorie déchet	Quantité entreposée au 31/12/2021 en nombre de colis	Type d'emballage
TFA	199	Tous types d'emballages confondus
FMAVC (Coques béton)	21	Coques béton
FMAVC (Fûts métalliques, PEHD)	308	Fûts (métalliques, PEHD)
FMAVC	12	Autres (caissons, pièces massives...)
MAVL (autres)	/	/

Le tableau suivant présente le nombre de colis évacués et les sites d'entreposage en 2021 pour les 2 réacteurs en fonctionnement du CNPE de Penly.

Site destinataire	Nombre de colis évacués
Cires à Morvilliers	58
CSA à Soullaines	199
Centraco à Marcoule	1096

En 2021, 1353 colis ont été évacués vers les différents sites de traitement ou de stockage appropriés (Centraco et Andra).

7.2 Les déchets non radioactifs

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

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

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

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

Le tableau ci-dessous présente les quantités de déchets conventionnels produites en 2021 par les INB d'EDF.

Quantités 2021 en tonnes	Déchets dangereux		Déchets non dangereux non inertes		Déchets inertes		Total	
	Produits	Valorisés	Produits	Valorisés	Produits	Valorisés	Produits	Valorisés
Sites en exploitation	11316	9782	41512	34966	124577	124502	177404	169250
Sites en déconstruction	135	44	964	878	1618	1618	2717	2540
Penly tranche 1 et 2	456	393	1278	1256	3651	3651	5385	5299

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 globale de déchets (déchets dangereux, déchets non dangereux non inertes et déchets non inertes) est globalement stable par rapport à 2020 (5576 tonnes). Mais l'année 2021 a été marquée par une augmentation de la quantité de déchets dangereux produits avec 456 tonnes produits contre 190 tonnes en 2020 en raison d'aléas matériels-qui ont généré des déchets supplémentaires (mélange eaux/hydrocarbure et boues). La production de déchets inertes a légèrement baissé suite à des reports de chantiers dimensionnants en 2022

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

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

En 2021, les 2 unités de production du CNPE de Penly ont produit 5385 tonnes de déchets conventionnels : 98,4 % de ces déchets ont été valorisés ou recyclés.

8 ABREVIATIONS

ANDRA - Agence Nationale pour la gestion des Déchets RAdioactifs

ASN - Autorité Sûreté Nucléaire

CNPE - Centre Nucléaire de Production d'Électricité

COT - Carbone Organique Total

DBO5 - Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours

DCO - Demande Chimique en Oxygène

DUS – Diesel d'Ultime Secours

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

ESE - Évènement Significatif Environnement

FMA - Faible Moyenne Activité

ICPE - Installations Classées pour la Protection de l'Environnement

INB - Installation Nucléaire de Base

IRSN - Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire

ISO - International Standard Organization

KRT – Chaîne de mesure de radioactivité

MES - Matières En Suspension

PA – Produit d'Activation

PF – Produit de Fission

REX - Retour d'Expérience

SME - Système de Management de l'Environnement

SMP - Station Multi Paramètres

TAC – Turbine à Combustion

TEU - Traitement des Effluents Usés

TFA - Très Faible Activité

THE – Très Haute Efficacité

UFC - Unité Formant Colonie



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

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

CNPE de Penly
BP 854 76207
Dieppe Cedex
02.35.40.60.00