



RAPPORT ANNUEL ENVIRONNEMENT 2021

Centre nucléaire
de production d'électricité
de Flamanville

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

SOMMAIRE

1. LE CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE DE FLAMANVILLE EN 2021	7
1.1. Contexte	7
1.2. Le CNPE de Flamanville	7
1.3. Modifications apportées au voisinage du CNPE de Flamanville	8
1.4. Evolutions scientifiques susceptibles de modifier l'étude d'impact.....	8
1.5. Bilan des incidents de fonctionnement et des Evènements Significatifs pour l'Environnement.....	9
1.5.1. Bilan des Evènements Significatifs pour l'Environnement déclarés	9
1.5.2. Bilan des incidents de fonctionnement	10
2. PRELEVEMENTS D'EAU	10
2.1. Prélèvement d'eau destinée au refroidissement.....	11
2.2. Prélèvement d'eau destinée à l'usage industriel	12
2.3. Prélèvement d'eau destinée à l'usage domestique	12
2.4. Milieu de prélèvement : comparaison pluriannuelle, prévisionnel, valeurs limites et	13
maintenance	13
2.4.1. Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel des prélèvements d'eau pour 2021	13
2.4.2. Comparaison aux valeurs limites	14
2.4.3. Principales opérations de maintenance intervenues sur les équipements et ouvrages de	14
prélèvements	14
2.4.4. Opérations exceptionnelles de prélèvements	14
3. RESTITUTION ET CONSOMMATION D'EAU	14
3.1. Restitution d'eau	14
3.2. Consommation d'eau	15
3.2.1. Cumul mensuel	15
4. REJETS D'EFFLUENTS	16
4.1. Rejets d'effluents à l'atmosphère	17
4.1.1. Rejets d'effluents à l'atmosphère radioactifs	17
4.1.1.1. Règles spécifiques de comptabilisation	18
4.1.1.2. Spectre de référence des rejets radioactifs à l'atmosphère	18
4.1.1.3. Cumul mensuel	20
4.1.1.4. Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel.....	21
4.1.1.5. Comparaison aux valeurs limites	22
4.1.2. Evaluation des rejets diffus d'effluents radioactifs à l'atmosphère	22
4.1.3. Evaluation des rejets diffus d'effluents à l'atmosphère non radioactifs	23
4.1.3.1. Rejets d'oxyde de soufre et d'azote.....	24
4.1.3.2. Rejets de formaldéhyde et de monoxyde de carbone	24
4.1.3.3. Rejets de substances volatiles en lien avec le conditionnement de circuits à l'arrêt	24

4.1.3.4. Bilan des émissions gaz à effet de serre et de fluides frigorigènes	25
4.1.4. Principales opérations de maintenance intervenues sur les équipements et ouvrages de rejets d'effluents à l'atmosphère	26
4.1.5. Opérations exceptionnelles de rejets d'effluents à l'atmosphère	26
4.2. Rejets d'effluents liquides	26
4.2.1. Rejets d'effluents liquides radioactifs.....	26
4.2.1.1. Règles spécifiques de comptabilisation.....	27
4.2.1.2. Spectre de référence des rejets d'effluents radioactifs liquides	28
4.2.1.3. Cumul mensuel.....	29
4.2.1.4. Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel.....	30
4.2.1.5. Comparaison aux limites.....	31
4.2.1.6. Surveillance des eaux réceptrices	31
4.2.2. Rejets d'effluents liquides chimiques.....	32
4.2.2.1. Etat des connaissances sur la toxicité de la morpholine / de l'éthanolamine et de leurs produits dérivés.....	33
4.2.2.2. Règles spécifiques de comptabilisation.....	33
4.2.2.3. Rejets d'effluents liquides chimiques via les bassins de rejet n° 1 et n° 2	34
4.2.2.4. Rejets d'effluents liquides chimiques des bassins de rejets n° 1, n° 2 et n° 3	39
4.2.2.5. Rejets d'effluents liquides chimiques via « l'émissaire 2 » (effluents issus de la station de déméralisation (SDA), de l'unité de dessalement (SDS) et de la station d'épuration (STEP))	40
4.2.2.6. Principales opérations de maintenance intervenues sur les équipements et ouvrages de rejets liquides	42
4.2.2.7. Opérations exceptionnelles de rejets d'effluents liquides.....	42
4.3. Rejets thermiques	42
4.3.1. En conditions climatiques normales	43
4.3.2. Comparaison aux limites.....	44
4.3.3. Principales opérations de maintenance intervenues sur les équipements et ouvrages de rejets thermiques	44
5. SURVEILLANCE DE L'ENVIRONNEMENT	44
5.1. Surveillance de la radioactivité dans l'environnement.....	44
5.1.1. Surveillance de la radioactivité ambiante	46
5.1.2. Surveillance du compartiment atmosphérique	48
5.1.3. Surveillance du milieu terrestre	49
5.1.4. Surveillance des eaux de surface.....	50
5.1.5. Surveillance du milieu aquatique	51
5.1.6. Surveillance des eaux souterraines.....	51
5.2. Physico-chimie des eaux souterraines	52
5.3. Chimie et physico-chimie des eaux de surface	52
5.3.1. Physico-chimie des eaux de surface	52
5.3.2. Chimie des eaux de surface	53

5.4. Surveillance écologique et halieutique.....	53
5.5. Acoustique environnementale.....	54
6. EVALUATION DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SANITAIRE DES REJETS DE	54
L'INSTALLATION	54
7. GESTION DES DECHETS.....	58
7.1. Les déchets radioactifs	59
7.1.1. Les catégories de déchets radioactifs	59
7.1.2. Le transport des déchets	61
7.1.3. Les quantités de déchets entreposées au 31/12/2021	62
7.2. Les déchets non radioactifs	63

1. LE CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE DE FLAMANVILLE 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 évènements, 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 Flamanville en matière d'environnement.

1.2. Le CNPE de Flamanville

EDF Flamanville compte 2 sites : le Centre Nucléaire de Production d'Electricité (dit CNPE) avec 2 unités, mises en service en 1985 et 1986, et l'EPR, en construction.

Le CNPE de Flamanville 1 & 2 comprend deux réacteurs en fonctionnement de type REP, « Réacteurs à Eau Pressurisée », d'une puissance de 1 300 MW chacun.

Le réacteur n° 1, mis en service en décembre 1985, constitue l'Installation Nucléaire de Base (INB) n° 108. Le réacteur n° 2, mis en service en juillet 1986, constitue l'installation nucléaire de base n° 109. Ces deux INB constituent la centrale nucléaire de Flamanville 1 & 2. En 2021, les unités 1 et 2 de la centrale employaient près de 800 salariés EDF auxquels s'ajoutent environ 400 salariés permanents d'entreprises prestataires.

L'EPR est l'unité en construction. Elle constitue l'Installation Nucléaire de Base n° 167. Les travaux de terrassements du chantier de construction ont débuté en août 2006, avec un premier béton de l'îlot nucléaire posé en décembre 2007.

La 1^{ère} livraison de combustible de l'unité s'est déroulée fin octobre 2020.

En 2021, le site de l'EPR employait près de 800 EDF et environ 2000 salariés d'entreprises prestataires.

CENTRALE NUCLEAIRE DE FLAMANVILLE (MANCHE)



1.3. Modifications apportées au voisinage du CNPE de Flamanville

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 Flamanville n'a été identifiée.

1.4. Evolutions scientifiques susceptibles de modifier l'étude d'impact

Dans le cadre d'une 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 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 incidents sur l'environnement. A noter que les PNEC sont validées par la R&D d'EDF après bibliographie exhaustive et, si nécessaire, réalisation de tests écotoxicologiques commandités par EDF et réalisées 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 Evènements Significatifs pour l'Environnement

En 2003, le CNPE de Flamanville 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 Flamanville et la réglementation se sont sans cesse accrues au fil des années. Cette certification est le fruit de l'implication de l'ensemble des intervenants - personnels EDF et d'entreprises externes - dans une démarche de respect de l'environnement.

La norme ISO 14001 repose sur la mise en œuvre d'un Système de Management Environnemental (SME). Cela signifie que la performance en matière de protection de l'environnement est intégrée dans l'organisation, c'est-à-dire dans toutes les décisions quotidiennes du CNPE de Flamanville. 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 Flamanville a mis en place un système permettant de détecter, tracer, déclarer, les Evènements 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 Evènements Significatifs pour l'Environnement déclarés

Le tableau suivant récapitule les Evènements Significatifs pour l'Environnement déclarés par le CNPE de Flamanville en 2021.

Typologie	Date	Description de l'évènement	Principales actions correctives
ESE6	27/04/2021	Cumul annuel d'émission de fluide frigorigène supérieur à 100 Kg	Pas de mesures immédiates retenues, celles-ci sont prises en compte lors de la détection de fuite de fluide frigorigène sur chaque équipement individuellement
ESE4	01/06/2021	Absence d'analyse de l'activité volumique en tritium sur la période 4 sur la cheminée du réacteur n° 2	Sécurisation des modalités de transport des objets d'essais
ESE6	10/06/2021	Perte de 141 Kg de R423A sur le groupe 1DEG034GF	Réparation des composants défectueux
ESE4	04/06/2021	Non-respect des exigences des prescriptions ASN lors du rejet de la bache 1TEG103BA dans le cadre de la visite réglementaire du 04/06/2021	Modification de la procédure associée à l'activité
ESE2	28/07/2021	Dépassement ponctuel de la limite réglementaire en hydrocarbures des effluents rejetés par l'émissaire N° 4	Visite complète de maintenance du déshuileur de site
ESE6	27/09/2022	Cumul des émissions de gaz SF6 supérieur à 100 Kg (100,37 kg)	Un dispositif de colmatage ou de captage sera mis en place sur les postes concernés par des fuites dès lors que cette solution est techniquement réalisable

1.5.2. Bilan des incidents de fonctionnement

Le CNPE de Flamanville n'a pas eu, durant l'année 2021, des matériels indisponibles pouvant avoir une incidence sur la qualité de la surveillance de l'environnement.

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

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

De l'eau (environ 50 m³ par seconde) est prélevée pour assurer le refroidissement des équipements via le condenseur. Une fois l'opération de refroidissement effectuée, l'eau qui n'est jamais entrée en contact avec la radioactivité, est intégralement restituée dans la mer ou le fleuve, à une température légèrement plus élevée.

- sur les fleuves ou les rivières dont le débit est plus faible, les CNPE fonctionnent avec un circuit en partie fermé.

Le refroidissement de l'eau chaude issue du condenseur se fait par échange thermique avec de l'air ambiant dans une grande tour réfrigérante atmosphérique appelée « aéroréfrigérant ». Une partie de l'eau chaude se vaporise sous forme d'un panache visible au sommet de la tour. Cette vapeur d'eau n'est pas une fumée, elle ne contient pas de CO₂. Le reste de l'eau refroidie retourne dans le

condenseur. Ce système avec aéroréfrigérants permet donc de réduire considérablement les prélèvements d'eau qui sont de l'ordre de 2 m³ par seconde.

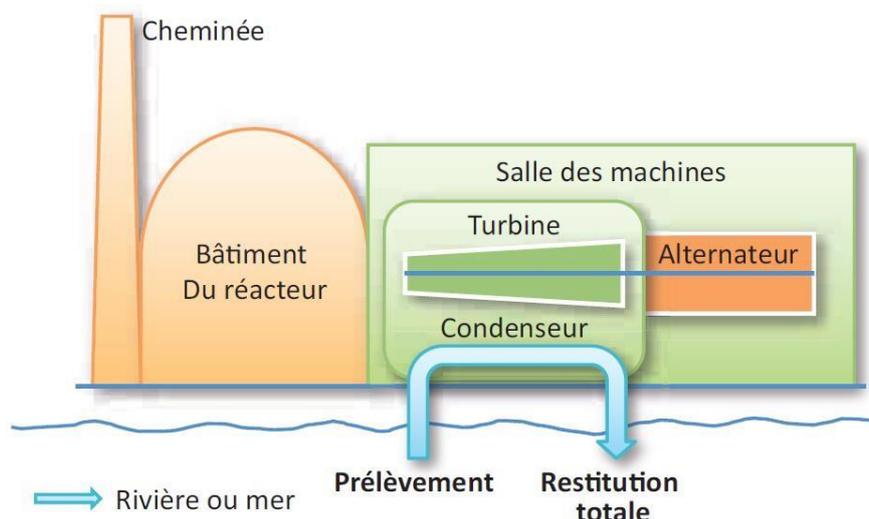


Figure 1 : Schéma d'un CNPE avec un circuit de refroidissement ouvert (à gauche) et fermé (à droite)
(Source : EDF)

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

Que les CNPE soient en fonctionnement ou à l'arrêt, la grande majorité de l'eau prélevée est restituée à sa source, c'est-à-dire au milieu naturel à proximité du point de prélèvement. Plus précisément, quasiment 100 % de l'eau prélevée 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 ils sont implantés.

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.

	Prélèvement d'eau (en millions de m ³)
Janvier	118
Février	99
Mars	122
Avril	203
Mai	230
Juin	227
Juillet	235
Août	228
Septembre	225
Octobre	220
Novembre	209
Décembre	233
TOTAL	2 348

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.

	Prélèvement d'eau (en milliers de m ³)
Janvier	721
Février	1 564
Mars	678
Avril	1 088
Mai	1 154
Juin	1 024
Juillet	1 115
Août	1 070
Septembre	1 162
Octobre	1 115
Novembre	1 094
Décembre	1 082
TOTAL	12 868

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	6 004
Février	3 606
Mars	15 356
Avril	10 608
Mai	10 972
Juin	8 904
Juillet	9 587
Août	10 118
Septembre	10 473
Octobre	11 342
Novembre	9 687
Décembre	12 509
TOTAL	91 969

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	Eaux marines à usage de refroidissement	1 791 000
2020		1 399 000
2021		2 348 000 (+ 60 1297 pour FLA3)
2019	Eaux marines à usage industrielle	Comptabilisées en eaux marines à usage de refroidissement les années passées
2020		
2021		12 041
Prévisionnel 2021	Toutes eaux marines	3 372 220
2019	Eaux douces à usage industrielle	943
2020		772
2021		827
Prévisionnel 2021		730
2019	Eaux à usage domestique	75
2020		72
2021		103
Prévisionnel 2021		66

Commentaires :

Le volume d'eau douce superficielle prélevé est au-delà du prévisionnel en raison de l'indisponibilité de la station de déminéralisation d'eau de mer. L'appoint en eau déminéralisée

du CNPE a été assuré majoritairement par la station de déminéralisation d'eau douce pour l'année 2021.

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° 2018-DC-0640 pour les eaux douces superficielles.

Origine	Débit de prélèvement (L/s)		Prélèvement annuel total	Débit réservé (L/s)
	Régime normal	Régime exceptionnel ⁽¹⁾		
Grand Douet	31	31	1.10 ⁶ m ³ ⁽²⁾	23
Petit Douet	45	83		16
Dielette	45	68		53

(1) Le prélèvement maximal n'est applicable que lorsqu'une des deux stations de pompage est indisponible (Station de pompage de Siouville : Petit et Grand Douet, station de la Diélette).

(2) Le prélèvement annuel total peut-être augmenté de 6 x 10⁴ m³ par mois d'indisponibilité de l'unité de dessalement (hors période de maintenance), après accord de l'Autorité de Sûreté Nucléaire, dans la limite de 1,8 x 10⁵ m³.

Commentaires :

Les valeurs maximales observées sont inférieures aux limites autorisées.

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.

2.4.4. Opérations exceptionnelles de prélèvements

Le CNPE de Flamanville n'a pas réalisé d'opération exceptionnelle de prélèvement d'eau dans les différents milieux en 2020.

3. RESTITUTION ET CONSOMMATION D'EAU

3.1. Restitution d'eau

La restitution d'eau du CNPE de Flamanville pour l'année 2021 est présentée dans le tableau ci-dessous.

		Restitution d'eau		
		Eau de refroidissement (millions de m ³)	Rejets radioactifs (milliers de m ³)	Rejets industriels (milliers de m ³)
Restitution mensuelle	Janvier	118	15,5	682
	Février	99	25,2	1 529
	Mars	122	24,3	634
	Avril	203	14,5	1 029
	Mai	230	14,5	1 116
	Juin	227	13,2	990
	Juillet	235	16,4	1 073
	Août	228	15,0	1 016
	Septembre	225	9,4	1 113
	Octobre	220	12,6	1 047
	Novembre	209	22,6	1 017
	Décembre	233	12,7	1 029
TOTAL par type de restitution	Restitution au milieu aquatique	2 348	195,9	12 274
	Pourcentage de restitution d'eau au milieu aquatique par rapport au prélèvement	100 %	23,7 %	94,5 %
TOTAL	Restitution au milieu aquatique	2 360 millions de m ³		
	Pourcentage de restitution d'eau au milieu aquatique par rapport au prélèvement	99,97 %		

3.2. Consommation d'eau

3.2.1. *Cumul mensuel*

La consommation d'eau correspond à la différence entre la quantité d'eau prélevée et la quantité d'eau restituée au milieu aquatique. Le tableau ci-dessous détaille le cumul mensuel de consommation d'eau de l'année 2021.

	Consommation d'eau (en milliers de m ³)
Janvier	46
Février	39
Mars	59
Avril	71
Mai	48
Juin	43
Juillet	52
Août	64
Septembre	59
Octobre	80
Novembre	87
Décembre	53
TOTAL	700

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 :
 - Tritium,
 - Carbone 14,
 - Iode,
 - Autres produits de fission ou d'activation, □ Gaz rares.
- les rejets chimiques liquides classés en deux catégories :

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

Optimisés, réduits, traités et surveillés, les rejets d'effluents radioactifs atmosphériques et liquides génèrent une exposition des populations plus de 100 fois inférieure à la limite réglementaire d'exposition reçue par une personne du public fixée à 1 mSv/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 α ou β , 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
	$^{131\text{m}}\text{Xe}$
	^{133}Xe
	^{135}Xe
Tritium	^3H
Carbone 14	^{14}C
Iodes	^{131}I
	^{133}I
Produits de fission et d'activation	^{58}Co
	^{60}Co
	^{134}Cs
	^{137}Cs

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 (TBq)	⁸⁵ Kr (TBq)	^{131m} Xe (TBq)	¹³³ Xe (TBq)	¹³⁵ Xe (TBq)	¹³¹ I (GBq)	¹³³ I (GBq)	⁵⁸ Co (GBq)	⁶⁰ Co (GBq)	¹³⁴ Cs (GBq)	¹³⁷ Cs (GBq)
Janvier	4,44 ^{E-4}	/	/	2,21 ^{E-2}	1,78 ^{E-2}	1,66 ^{E-4}	9,09 ^{E-4}	2,84 ^{E-5}	3,36 ^{E-5}	3,59 ^{E-5}	3,09 ^{E-5}
Février	6,83 ^{E-4}	1,48 ^{E-6}	1,54 ^{E-7}	1,96 ^{E-2}	1,49 ^{E-2}	1,92 ^{E-4}	9,98 ^{E-4}	2,31 ^{E-5}	3,04 ^{E-5}	2,88 ^{E-5}	2,48 ^{E-5}
Mars	1,25 ^{E-3}	5,50 ^{E-7}	5,50 ^{E-8}	2,41 ^{E-2}	1,82 ^{E-2}	1,74 ^{E-4}	9,38 ^{E-4}	2,60 ^{E-5}	3,31 ^{E-5}	3,38 ^{E-5}	2,90 ^{E-5}
Avril	7,04 ^{E-5}	/	/	2,10 ^{E-2}	1,63 ^{E-2}	2,97 ^{E-4}	8,32 ^{E-4}	2,41 ^{E-5}	2,99 ^{E-5}	3,00 ^{E-5}	2,60 ^{E-5}
Mai	1,98 ^{E-3}	5,63 ^{E-4}	/	2,16 ^{E-2}	1,72 ^{E-2}	3,40 ^{E-4}	1,60 ^{E-3}	2,74 ^{E-5}	2,81 ^{E-5}	2,74 ^{E-5}	2,35 ^{E-5}
Juin	1,94 ^{E-3}	4,65 ^{E-7}	4,55 ^{E-8}	1,46 ^{E-2}	1,17 ^{E-2}	7,56 ^{E-4}	1,79 ^{E-3}	1,78 ^{E-5}	2,23 ^{E-5}	2,11 ^{E-5}	1,89 ^{E-5}
Juillet	2,49 ^{E-3}	9,05 ^{E-7}	1,24 ^{E-7}	2,30 ^{E-2}	1,69 ^{E-2}	1,45 ^{E-3}	2,08 ^{E-3}	2,56 ^{E-5}	3,20 ^{E-5}	2,90 ^{E-5}	2,66 ^{E-5}
Août	2,17 ^{E-3}	1,44 ^{E-6}	1,37 ^{E-7}	2,27 ^{E-2}	1,77 ^{E-2}	3,46 ^{E-4}	6,19 ^{E-4}	2,59 ^{E-5}	3,25 ^{E-5}	2,96 ^{E-5}	2,64 ^{E-5}
Septembre	3,29 ^{E-3}	/	/	2,41 ^{E-2}	1,65 ^{E-2}	2,12 ^{E-3}	1,25 ^{E-3}	2,65 ^{E-5}	3,25 ^{E-5}	2,94 ^{E-5}	2,69 ^{E-5}
Octobre	2,35 ^{E-3}	1,81 ^{E-6}	2,18 ^{E-7}	2,44 ^{E-2}	1,69 ^{E-2}	4,09 ^{E-4}	1,32 ^{E-3}	2,70 ^{E-5}	3,59 ^{E-5}	3,18 ^{E-5}	2,91 ^{E-5}
Novembre	1,94 ^{E-3}	1,26 ^{E-6}	1,49 ^{E-7}	2,02 ^{E-2}	1,42 ^{E-2}	1,98 ^{E-4}	1,84 ^{E-3}	2,30 ^{E-5}	3,22 ^{E-5}	2,90 ^{E-5}	2,59 ^{E-5}
Décembre	3,25 ^{E-3}	6,12 ^{E-6}	4,46 ^{E-7}	2,26 ^{E-2}	1,60 ^{E-2}	1,35 ^{E-3}	2,66 ^{E-3}	2,63 ^{E-5}	3,51 ^{E-5}	3,26 ^{E-5}	2,92 ^{E-5}
TOTAL ANNUUEL	2,19^{E-2}	5,79^{E-4}	1,51^{E-6}	2,66^{E-1}	1,99^{E-1}	8,35^{E-3}	1,78^{E-2}	3,03^{E-4}	3,86^{E-4}	3,67^{E-4}	3,24^{E-4}

	Volumes rejetés (m ³)	Activités gaz rares (TBq)	Activité Tritium (TBq)	Activité Carbone 14 (GBq)	Activités Iodes (GBq)	Activités Autres PF et PA (GBq)
Janvier	3,97 ^{E8}	4,03 ^{E-2}	6,75 ^{E-2}	2,66 ^{E1}	1,07 ^{E-3}	1,29 ^{E-4}
Février	3,44 ^{E8}	3,52 ^{E-2}	6,44 ^{E-2}		1,19 ^{E-3}	1,07 ^{E-4}
Mars	3,85 ^{E8}	4,36 ^{E-2}	6,61 ^{E-2}		1,11 ^{E-3}	1,22 ^{E-4}
Avril	3,65 ^{E8}	3,74 ^{E-2}	6,39 ^{E-2}	1,84 ^{E1}	1,13 ^{E-3}	1,10 ^{E-4}
Mai	3,77 ^{E8}	4,14 ^{E-2}	5,97 ^{E-2}		1,94 ^{E-3}	1,02 ^{E-4}
Juin	2,57 ^{E8}	2,83 ^{E-2}	5,01 ^{E-2}		2,54 ^{E-3}	8,01 ^{E-5}
Juillet	3,74 ^{E8}	4,24 ^{E-2}	1,01 ^{E-1}	1,28 ^{E2}	3,53 ^{E-3}	1,13 ^{E-4}
Août	3,79 ^{E8}	4,25 ^{E-2}	1,00 ^{E-1}		9,66 ^{E-4}	1,14 ^{E-4}
Septembre	3,66 ^{E8}	4,39 ^{E-2}	1,03 ^{E-1}		3,37 ^{E-3}	1,15 ^{E-4}
Octobre	3,90 ^{E8}	4,37 ^{E-2}	1,61 ^{E-1}	7,78 ^{E1}	1,73 ^{E-3}	1,24 ^{E-4}
Novembre	3,54 ^{E8}	3,64 ^{E-2}	6,72 ^{E-2}		2,03 ^{E-3}	1,1 ^{E-4}
Décembre	3,52 ^{E8}	4,19 ^{E-2}	6,79 ^{E-2}		4,01 ^{E-3}	1,23 ^{E-4}
TOTAL ANNUUEL	4,45^{E9}	4,88^{E-1}	9,97^{E-1}	2,51^{E2}	2,62^{E-2}	1,38^{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 1^{E-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	5,64 ^{E2}	9,10 ^{E2}	1,63 ^{E2}	1,56 ^{E-2}	9,29 ^{E-4}
2020	5,87 ^{E2}	7,28 ^{E2}	9,75 ^{E1}	1,93 ^{E-2}	1,27 ^{E-3}
2021	4,88 ^{E2}	9,97 ^{E2}	2,51 ^{E2}	2,62 ^{E-2}	1,38 ^{E-3}
Prévisionnel 2021	7,51 ^{E2}	1,3 ^{E3}	4,00 ^{E2}	3,00 ^{E-2}	2,00 ^{E-3}

Commentaires :

Les rejets radioactifs à l'atmosphère sont cohérents avec les valeurs du prévisionnel 2021.

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° 2018-DC-0639.

Paramètres	Localisation prélèvement	Limites annuelles de rejet		Rejet
		Prescriptions	Valeur	Valeur maximale
Gaz rares	Installation	Activité annuelle rejetée (GBq)	40 000	4,88 ^{E2}
	Cheminée n° 1	Débit instantané (Bq/s)	1,0 ^{E7}	1,43 ^{E5}
	Cheminée n° 2			1,43 ^{E5}
Carbone 14	Installation	Activité annuelle rejetée (GBq)	2 300	2,51 ^{E2}
Tritium	Installation	Activité annuelle rejetée (GBq)	11 000	9,97 ^{E2}
	Cheminée n° 1	Débit instantané (Bq/s)	1,2 ^{E6}	1,46 ^{E4}
	Cheminée n° 2			1,35 ^{E4}
Iodes	Installation	Activité annuelle rejetée (GBq)	1,0	2,62 ^{E-2}
	Cheminée n° 1	Débit instantané (Bq/s)	1,1 ^{E2}	1,89
	Cheminée n° 2			5,30 ^{E-1}
Autres produits de fission et produits d'activation	Installation	Activité annuelle rejetée (GBq)	0,15	1,38 ^{E-3}
	Cheminée n° 1	Débit instantané (Bq/s)	1,1 ^{E2}	2,80 ^{E-2}
	Cheminée n° 2			3,19 ^{E-2}

Commentaires :

Les rejets radioactifs à l'atmosphère respectent les valeurs limites de rejets de la décision ASN n° 2018-DC-0639. Les débits instantanés ont respecté les valeurs de la décision ASN n° 2018-DC-0640 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 sont donnés dans le tableau suivant.

	Rejets de vapeur du circuit secondaire			Rejets au niveau des événements des réservoirs d'eau de refroidissement des piscines et d'entreposage des effluents liquides	
	Volume (m ³)	Tritium (Bq)	Iodes (Bq)	Tritium (Bq)	Iodes (Bq)
Janvier	2	1,73 ^{E5}	0	1,52 ^{E7}	0
Février	2	1,70 ^{E5}	0	7,81 ^{E7}	0
Mars	4450	2,45 ^{E9}	0	5,50 ^{E7}	0
Avril	7800	9,51 ^{E9}	0	4,20 ^{E7}	0
Mai	82	2,11 ^{E7}	0	3,59 ^{E7}	0
Juin	2	1,12 ^{E6}	0	5,02 ^{E7}	0
Juillet	2	1,49 ^{E6}	0	5,37 ^{E7}	0
Août	2	1,94 ^{E6}	0	5,82 ^{E7}	0
Septembre	2	1,67 ^{E6}	0	5,55 ^{E7}	0
Octobre	3860	8,50 ^{E8}	0	4,18 ^{E7}	0
Novembre	5890	2,83 ^{E9}	0	5,70 ^{E7}	0
Décembre	2	1,79 ^{E6}	0	4,03 ^{E7}	0
TOTAL ANNUUEL	22096	1,57^{E10}	0	5,93^{E8}	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 frigorigènes. Ces émissions sont réglementairement déclarées et comptabilisées et des actions sont prises pour remédier à la situation.
- Les opérations de maintenance effectuées dans les bâtiments réacteur des CNPE : Lors de ces opérations, une quantité plus ou moins importante de calorifuges est changée par des produits neufs. Pendant les phases de montée en température correspondant à la remise en service des installations, certains types de calorifuges émettent, par dégradation thermique, des vapeurs formolées dans l'enceinte, qui peuvent être à l'origine de rejets de monoxyde de carbone.
- Le conditionnement de circuit à l'arrêt : à l'occasion des arrêts de tranche pour une durée supérieure à une semaine, la conservation humide des générateurs de vapeur permet de s'affranchir du risque de corrosion des matériaux constitutifs et de disposer d'une barrière biologique (écran d'eau) pour réaliser des travaux environnants. Les générateurs de vapeur sont alors remplis avec de l'eau déminéralisée conditionnée à l'hydrazine et additionnée avec de l'ammoniaque dans des proportions définies dans les spécifications chimiques de conservation à l'arrêt.

4.1.3.1. Rejets d'oxyde de soufre et d'azote

La quantité annuelle évaluée d'oxyde de soufre (SOx) rejetée dans l'atmosphère lors du fonctionnement périodique des groupes électrogènes de secours (moteurs Diesels) ayant fonctionné pendant 161,5 heures, des turbines à combustion (TAC) ayant fonctionné pendant 13,9 heures et diesels d'ultime secours (DUS) ayant fonctionné pendant 247,8 heures, au total sur les 3 tranches pour 2021 est de :

Paramètre	Unité	Groupes électrogènes	TAC DUS	TOTAL
SOx	kg	5	105	110

4.1.3.2. Rejets de formaldéhyde et de monoxyde de carbone

En 2021, 100 m³ de calorifuges dans les enceintes des bâtiments réacteurs 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	1,65 ^{E-2}	3,74 ^{E-4}
		Monoxyde de carbone	1,54 ^{E-2}	3,49 ^{E-4}

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	110,3
Ethanolamine		6

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 Flamanville.

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
Chloro-fluoro-carbone (CFC)	Kg	0
Hydrogéo-chloro-fluor-carbone (HCFC)		0
Hydrogéo-fluoro-carbone (HFC)		1279
Hexafluorure de soufre (SF ₆)		2931
Total des émissions de GES en tonne équivalent CO₂		4210

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 1006 tonnes équivalent CO₂.

L'équivalent CO₂ total des émissions de GES du CNPE constituées des pertes de fluides frigorigènes et SF₆ et de la combustion des diesels de secours, représente $3,03 \cdot 10^{-1}$ g CO₂ / kWh électrique produit, la production annuelle nette d'électricité ayant été de 17,24 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 Flamanville 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 (xénon, 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 décision² 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.

² D'après le Bilan de l'état radiologique de l'environnement français de l'IRSN : « Le seuil de décision est la valeur minimale que doit avoir la mesure d'un échantillon pour que le métrologue puisse « décider » que cette activité est présente et donc mesurée. En dessous de cette valeur, l'activité de l'échantillon est donc trop faible pour être estimée. Ce seuil de décision dépend de la performance et du rayonnement ambiant autour des moyens métrologiques utilisés ».

4.2.1.2. Spectre de référence des rejets d'effluents radioactifs liquides

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

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

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

Paramètres	Radionucléide
Tritium	^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

Cumul mensuel

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

	¹³¹ I (GBq)	⁵⁴ Mn (GBq)	⁶³ Ni (GBq)	⁵⁸ Co (GBq)	⁶⁰ Co (GBq)	^{110m} Ag (GBq)	^{123m} Te (GBq)	¹²⁴ Sb (GBq)	¹²⁵ Sb (GBq)	¹³⁴ Cs (GBq)	¹³⁷ Cs (GBq)
Janvier	2,654 ^{E-4}	2,988 ^{E-4}	4,379 ^{E-3}	2,854 ^{E-4}	7,989 ^{E-3}	1,527 ^{E-3}	1,858 ^{E-4}	2,787 ^{E-4}	1,355 ^{E-3}	2,787 ^{E-4}	3,650 ^{E-4}
Février	2,908 ^{E-4}	3,363 ^{E-4}	3,852 ^{E-3}	3,103 ^{E-4}	4,247 ^{E-3}	1,210 ^{E-3}	2,197 ^{E-4}	3,296 ^{E-4}	8,272 ^{E-4}	3,360 ^{E-4}	4,005 ^{E-4}
Mars	5,551 ^{E-4}	5,351 ^{E-4}	5,069 ^{E-3}	1,635 ^{E-3}	7,009 ^{E-3}	1,231 ^{E-2}	3,719 ^{E-4}	5,418 ^{E-4}	1,410 ^{E-3}	5,546 ^{E-4}	9,092 ^{E-4}
Avril	9,127 ^{E-4}	9,603 ^{E-4}	1,233 ^{E-2}	2,702 ^{E-3}	1,039 ^{E-2}	2,815 ^{E-3}	6,848 ^{E-4}	9,636 ^{E-4}	2,572 ^{E-3}	9,917 ^{E-4}	1,172 ^{E-3}
Mai	5,759 ^{E-4}	7,718 ^{E-4}	1,388 ^{E-2}	1,736 ^{E-3}	5,510 ^{E-3}	6,420 ^{E-4}	4,068 ^{E-4}	5,958 ^{E-4}	1,553 ^{E-3}	6,064 ^{E-4}	7,023 ^{E-4}
Juin	4,358 ^{E-4}	4,703 ^{E-4}	7,616 ^{E-3}	7,836 ^{E-4}	4,671 ^{E-3}	1,980 ^{E-3}	3,182 ^{E-4}	4,491 ^{E-4}	1,192 ^{E-3}	4,608 ^{E-4}	5,860 ^{E-4}
Juillet	4,066 ^{E-4}	4,341 ^{E-4}	3,904 ^{E-3}	4,458 ^{E-4}	2,416 ^{E-3}	5,188 ^{E-4}	2,838 ^{E-4}	4,332 ^{E-4}	1,155 ^{E-3}	4,423 ^{E-4}	4,905 ^{E-4}
Août	6,323 ^{E-4}	6,615 ^{E-4}	7,274 ^{E-3}	8,295 ^{E-4}	5,554 ^{E-3}	7,048 ^{E-3}	4,450 ^{E-4}	6,834 ^{E-4}	1,862 ^{E-3}	7,001 ^{E-4}	9,766 ^{E-4}
Septembre	6,626 ^{E-4}	7,239 ^{E-4}	4,078 ^{E-3}	7,323 ^{E-4}	6,948 ^{E-3}	1,565 ^{E-3}	4,728 ^{E-4}	6,921 ^{E-4}	1,879 ^{E-3}	7,091 ^{E-4}	8,792 ^{E-4}
Octobre	5,827 ^{E-4}	5,081 ^{E-4}	2,262 ^{E-3}	5,190 ^{E-4}	1,983 ^{E-3}	5,319 ^{E-4}	3,480 ^{E-4}	5,123 ^{E-4}	1,414 ^{E-3}	5,299 ^{E-4}	5,831 ^{E-4}
Novembre	6,580 ^{E-4}	6,828 ^{E-4}	3,116 ^{E-3}	7,472 ^{E-4}	7,537 ^{E-3}	1,072 ^{E-3}	4,956 ^{E-4}	6,775 ^{E-4}	1,820 ^{E-3}	7,067 ^{E-4}	7,738 ^{E-4}
Décembre	5,980 ^{E-4}	9,958 ^{E-4}	4,317 ^{E-3}	1,443 ^{E-2}	2,881 ^{E-3}	6,772 ^{E-4}	4,616 ^{E-4}	1,373 ^{E-3}	1,656 ^{E-3}	6,581 ^{E-4}	6,753 ^{E-4}
TOTAL ANNUEL	6,58^{E-3}	7,38^{E-3}	7,21^{E-2}	2,52^{E-2}	6,71^{E-2}	3,19^{E-2}	4,69^{E-3}	7,54^{E-3}	1,87^{E-2}	6,97^{E-3}	8,51^{E-3}

	Volumes rejetés (m ³)	Activité Tritium (GBq)	Activité Carbone 14 (GBq)	Activités Iodes (GBq)	Activités Autres PF et PA (GBq)
Janvier	1,55 ^{E4}	5,146 ^{E2}	1,076 ^{E-1}	2,654 ^{E-4}	1,469 ^{E-2}
Février	2,52 ^{E4}	2,279 ^{E3}	7,360 ^{E-1}	2,908 ^{E-4}	1,061 ^{E-2}
Mars	2,43 ^{E4}	3,602 ^{E3}	1,194 ^{E0}	5,551 ^{E-4}	2,939 ^{E-2}
Avril	2,59 ^{E4}	3,446 ^{E3}	8,567 ^{E-2}	9,127 ^{E-4}	2,325 ^{E-2}
Mai	1,45 ^{E4}	2,952 ^{E3}	7,144 ^{E-1}	5,759 ^{E-4}	1,252 ^{E-2}
Juin	1,32 ^{E4}	4,157 ^{E3}	7,844 ^{E-1}	4,358 ^{E-4}	1,091 ^{E-2}
Juillet	1,64 ^{E4}	3,910 ^{E3}	1,045 ^{E0}	4,066 ^{E-4}	6,620 ^{E-3}
Août	1,50 ^{E4}	5,047 ^{E3}	1,207 ^{E0}	6,323 ^{E-4}	1,876 ^{E-2}
Septembre	9,39 ^{E3}	4,378 ^{E3}	1,044 ^{E0}	6,626 ^{E-4}	1,460 ^{E-2}
Octobre	1,26 ^{E4}	3,414 ^{E3}	9,256 ^{E-1}	5,827 ^{E-4}	6,930 ^{E-3}
Novembre	2,26 ^{E4}	4,487 ^{E3}	2,009 ^{E0}	6,580 ^{E-1}	1,451 ^{E-2}
Décembre	1,27 ^{E4}	3,535 ^{E3}	1,048 ^{E0}	5,980 ^{E-4}	2,381 ^{E-2}
TOTAL ANNUEL	2,07^{E5}	4,16^{E4}	1,19^{E1}	6,57^{E-3}	1,83^{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. **Commentaires :**

La présence de tritium avec une activité volumique comprise entre 400 et 4 000 Bq/L dans les rejets en provenance des réservoirs Ex (SEK) est due aux micros fuites primaires/secondaires présentes sur les tubes des générateurs de vapeur.

D'autre part, la contribution de FLA3 aux rejets tritium est nulle pour l'année 2021.

4.2.1.3. *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 (MBq)	Autres PA et PF (MBq)
2019	25 855	12,2	6,94	377
2020	1 550	0,672	5,04	257
2021	41 600	11,9	6,57	183
Prévisionnel 2021	62 000	26	10	500

Commentaires :

Les rejets radioactifs liquides sont bien inférieurs aux valeurs du prévisionnel 2021. Par rapport aux autres années, notamment en 2020, les 2 réacteurs de Flamanville ont été couplés au réseau, ce qui explique l'augmentation des rejets en 2021.

4.2.1.4. 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° 2018-DC-0639.

Paramètres	Limites annuelles de rejet		Rejet
	Prescriptions	Valeur	Valeur (GBq)
Tritium	Activité annuelle rejetée (GBq)	145 000	41 600
Carbone 14	Activité annuelle rejetée (GBq)	280	11,9
Iodes	Activité annuelle rejetée (GBq)	0,12	0,01
Autres PA et PF	Activité annuelle rejetée (GBq)	13	0,183

Commentaires :

Les limites réglementaires de rejets ont été respectées.

4.2.1.5. 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	12,5 Bq/L	14,8 Bq/L	18 Bq/L (hors ⁴⁰ K et tritium)	-	-	-
	Tritium	269,3 Bq/L	847,0 Bq/L	1800 Bq/L	26,1 Bq/L	490 Bq/L	900 ⁽¹⁾ / 100 ⁽²⁾ Bq/L
	Potassium	422 mg/L	480 mg/L	-	-	-	-
Matières en suspension	Activité bêta globale	0,037 Bq/L	0,070 Bq/L	-	-	-	-

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

Commentaires :

Les mesures de surveillance dans les eaux de surface pour l'année 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 très 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 sècheurs 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 peuvent 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 dessous-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 n° 1 et n° 2*

Cumul mensuel

Le cumul mensuel des rejets chimiques transitant par les bassins de rejets n° 1 et n° 2 est donné dans le tableau suivant :

	Acide borique (kg)	Ethanolamine (kg)	Hydrazine (kg)	Détergents (kg)	Azote total (kg)	Phosphates (kg)	Métaux totaux (kg)	MES (kg)	DCO (kg)
Janvier	450	0,57	0,15	0,07	136	59,7	2,3	15	140
Février	225	1,26	0,22	0,03	262	22,0	5,6	25	530
Mars	543	0,68	0,15	0,12	342	20,4	1,5	24	333
Avril	866	0,96	0,17	0,21	168	20,2	2,2	26	1190
Mai	646	3,85	0,11	0,05	185	17,3	0,9	14	510
Juin	910	0,33	0,13	0,07	292	11,7	1,0	13	170
Juillet	637	0,41	0,20	0,05	312	19,5	0,9	16	233
Août	637	0,37	0,12	0,11	264	18,4	0,7	13	230
Septembre	765	0,23	0,07	0,16	241	32,2	0,7	9,4	28,2
Octobre	138	0,31	0,12	0,05	327	10,2	1,1	13	236
Novembre	737	0,56	0,27	0,07	220	13,6	0,3	23	278
Décembre	92,5	0,62	0,08	0,07	25,1	19,3	0,9	11	96

TOTAL ANNUEL	6650	10,2	1,79	1,09	2600	264	16,2	193	3834
---------------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	------------	-------------	------------	-------------

Détail métaux totaux								
	Al (kg)	Cr (kg)	Cu (kg)	Fe (kg)	Mn (kg)	Ni (kg)	Pb (kg)	Zn (kg)
Janvier	0,21	0,04	0,13	1,30	0,20	0,04	0,02	0,45
Février	0,27	0,06	0,07	2,00	0,15	0,06	0,03	0,62
Mars	0,24	0,06	0,14	1,06	0,17	0,06	0,03	0,38
Avril	0,26	0,04	0,14	0,72	0,11	0,04	0,02	0,15
Mai	0,18	0,04	0,11	0,47	0,10	0,04	0,01	0,16
Juin	0,13	0,03	0,14	0,57	0,05	0,03	0,01	0,31
Juillet	0,19	0,04	0,11	0,49	0,15	0,04	0,02	0,15
Août	0,15	0,04	0,11	0,35	0,12	0,04	0,01	0,13
Septembre	0,09	0,02	0,11	0,41	0,05	0,02	0,01	0,06
Octobre	0,13	0,03	0,12	0,60	0,11	0,03	0,01	0,29
Novembre	0,23	0,06	0,13	0,43	0,07	0,06	0,02	0,29

Décembre	0,13	0,03	0,15	0,50	0,03	0,03	0,01	0,17
TOTAL ANNUEL	2,21	0,49	1,47	8,91	1,32	0,49	0,20	3,15

Contribution FLA3									
	Acide borique (kg)	Ethanolamine (kg)	Hydrazine (kg)	Détergents (kg)	Azote total (kg)	Phosphates (kg)	Métaux totaux (kg)	MES (kg)	DCO (kg)
Janvier	22	0,02	0,000	/	0,07	5,70	0,14	/	46,7
Février	4	0,05	0,001	/	0,14	7,14	0,23	/	130,0
Mars	5	0,01	0,000	/	0,04	7,01	0,03	/	109,7
Avril	57	0,03	0,000	/	0,05	1,32	0,13	/	397,0
Mai	40	0,02	0,000	/	0,38	7,69	0,29	/	169,9
Juin	256	0,05	0,001	/	0,31	7,65	0,27	/	56,8
Juillet	110	0,09	0,002	/	0,53	13,61	0,41	/	77,7
Août	21	0,06	0,001	/	0,57	9,77	0,21	/	76,6
Septembre	256	0,12	0,002	/	0,35	26,17	0,68	/	9,4
Octobre	131	0,06	0,001	/	0,30	4,31	0,29	/	78,6

Novembre	165	0,07	0,001	/	0,23	6,87	0,17	/	95,2
Décembre	13	0,03	0,001	/	0,08	12,81	0,18	/	32,0
TOTAL ANNUEL	1080	0,60	0,010	/	3,03	110,04	3,03	/	1279,6

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	7630	7160	6650	9000
Ethanolamine	kg	25,5	9,0	10,2	25
Hydrazine	kg	3,01	0,88	1,79	3,5
Détergents	kg	47	17,9	1,09	40
Azote total	kg	1630	385	2600	3050
Phosphates	kg	476	350	264	1000
Métaux totaux	kg	46,1	30,5	16,2	45
MES	kg	325	190	193	
DCO	kg	4550	2248	3834	

Commentaires :

Les rejets chimiques liquides sont inférieurs aux valeurs du prévisionnel 2021.

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° 2018-DC-0639.

Substances	Limite	Rejet	Limite	Rejet	Limite	Rejet	Limite	Rejet
	Concentration maximale ajoutée (mg/L)	Valeur maximale calculée (mg/L)	Flux 24h (kg)	Valeur maximale calculée (kg)	Flux 2h (kg)	Valeur maximale calculée (kg)	Flux annuel ajouté (kg)	Flux annuel calculé (kg)
Acide borique	1,3	0,11	2 500	404	870	54,7	15 600	6650
Ethanolamine	0,005	0,000097	10	2,3			1 150	10,2
Hydrazine	0,002	0,000025	3	0,097			54	1,79
Détergents	0,14	0,000035	270	0,123	110	0,013	3 600	1,09
Azote total	0,09	0,015	80	54,2	60	31,5	14 700	2600
Phosphates	0,1	0,0035	200	13,0	160	7,10	2 000	264
Métaux totaux	0,001	0,0003	18	0,53			96	16,2
MES	0,08	0,0012	160	2,4 ⁽¹⁾				
DCO	0,09	0,003	170	86				

⁽¹⁾ : Concentration maximale calculée à partir des analyses trimestrielles

L'article 5.3.1 de la décision ASN n° 2017-DC-0588 demande une évaluation de la quantité annuelle de lithine rejetée. En 2020, la quantité de lithine rejetée par le CNPE de Flamanville est évaluée à environ 1 kg. Cette estimation est basée sur une moyenne des rejets de 1995 à 2010 (peu de variations inter-annuelles), année de parution de la décision ASN n° 2010-DC-0189 dans laquelle le suivi des rejets en lithine a été abandonné.

Commentaires :

Les rejets liquides chimiques respectent les valeurs limites annuelles de rejet de la décision ASN n° 2018-DC-0639.

4.2.2.4. Rejets d'effluents liquides chimiques des bassins de rejets n° 1, n° 2 et n° 3

Ce paragraphe présente les rejets de substances chimiques liées au traitement contre le tartre ou un traitement biocide du CNPE de Flamanville pour l'année 2021.

Cumul mensuel

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

	Oxydants résiduels (tonnes)	Bromoformes (tonnes)
Janvier	4,4	0,36
Février	0	0
Mars	0	0
Avril	9,6	1,44
Mai	8,0	1,20
Juin	9,0	1,60
Juillet	6,0	1,60
Août	4,0	1,40
Septembre	5,0	2,20
Octobre	6,0	1,20
Novembre	3,0	1,00
Décembre	6,0	2,00
TOTAL ANNUEL	61,0	14,00

Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel

Les limites réglementaires relatives aux rejets des substances chimiques liées au traitement biocide sont réglementées par la décision ASN n° 2018-DC-0639.

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
Oxydants résiduels	tonnes	89	47	61	45
Bromoformes	tonnes	12	5,8	14	12

Commentaires :

Le dépassement du prévisionnel oxydant résiduel est dû essentiellement à l'évolution des rejets FLA3, la quantité associée à FLA 1/2 n'ayant pas évolué significativement.

Une réévaluation du prévisionnel 2022 doit être effectuée en prenant également en compte la part des bromoformes.

Comparaison aux limites et au prévisionnel

Le tableau ci-dessous présente les rejets annuels relatifs au traitement biocide au chlore actif pour chaque type de substance chimique.

	Limite	Rejet	Limite	Rejet
Paramètres	Concentration maximale ajoutée (mg/L)	Valeur maximale calculée (mg/L)	Flux 24h (kg)	Valeur maximal calculée (kg)
Oxydants résiduels ⁽¹⁾	0,52	0,09	3 380	740
Bromoformes ⁽²⁾	0,02	0,012	116	98
<p>⁽¹⁾ En cas de traitement par « chloration choc » sur les réacteurs 1, 2 ou 3, le flux sur 24h d'oxydants résiduels et la concentration moyenne journalière ajoutée dans le bassin sont portés respectivement à 4800 kg et 1 mg/L</p> <p>⁽²⁾ En cas de traitement par « chloration choc » sur les réacteurs 1, 2 ou 3, le flux sur 24h de bromoformes et la concentration moyenne journalière ajoutée dans le bassin sont portés respectivement à 170 kg et 0,04 mg/L</p>				

Commentaires :

Il n'y a pas eu de dépassement de limite réglementaire pendant l'année 2021.

4.2.2.5. Rejets d'effluents liquides chimiques via « l'émissaire 2 » (effluents issus de la station de déminéralisation (SDA), de l'unité de dessalement (SDS) et de la station d'épuration (STEP))

Cumul mensuel

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

	Fer SDA (Kg)	Sulfates SDA (Kg)	Fer SDS (Kg)	Sulfates SDS (Kg)	Détergents SDS (Kg)	Azote global STEP (Kg)	Phosphore total STEP (Kg)
Janvier	545	11770	0	0	0	98	23
Février	768	18957	0	0	0	202	15
Mars	792	16547	0	0	0	220	15
Avril	916	16133	0	0	0	83	30
Mai	647	13057	0	0	0	125	29
Juin	502	11873	0	0	0	225	47
Juillet	607	12506	0	0	0	110	122
Août	773	14622	0	0	0	64	11
Septembre	758	8002	0	0	0	150	5
Octobre	995	18326	0	0	0	187	17
Novembre	8696	31164	0	0	0	97	3
Décembre	5401	15907	0	0	0	122	17
TOTAL ANNUEL	21 400	188 864	0	0	0	1 683	334

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	2019	2020	2021	Prévisionnel 2020
Fer SDA	kg	7 266	5 664	21 400	6 000
Sulfates SDA	kg	105 061	101 741	188 864	102 000
Fer SDS	kg	378	40	0	125
Sulfates SDS	kg	1 153	421	0	500
Détergents SDS	kg	0	0	0	0
Azote global STEP	kg	2 000	1 400	1 683	2 000
Phosphore total STEP	kg	560	250	334	560

Commentaires :

Les valeurs du prévisionnel en Fer et Sulfates ont été largement dépassées en 2021. Deux causes en sont à l'origine :

- La station de dessalement d'eau de mer complètement à l'arrêt en 2021.

- Une fuite d'eau SER qui a occasionné une surconsommation d'eau.

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° 2018-DC-0639.

Paramètres	Limites de rejet Flux 24h (kg)	Rejet effectif Valeur maximale calculée (kg)	Limites de rejet Flux annuel ajouté (kg)	Rejet effectif Flux annuel calculé (kg)
Fer SDA+SDS	100	61		12 400
Sulfates SDA+SDS	2 100	2100		188 864
Fer SDS				0
Sulfates SDS				0
Détergents SDS	125	0		0
Azote global STEP	40	7,5		
Phosphore total STEP	7	4,9		

Commentaires : RAS.

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

Commentaires :

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.

4.2.2.7. Opérations exceptionnelles de rejets d'effluents liquides

Commentaires :

Le CNPE de Flamanville 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 (Pth) à évacuer au condenseur et du débit d'eau brute au condenseur (Q).

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

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

4.3.1. *En conditions climatiques normales*

Les rejets thermiques issus du circuit de refroidissement du CNPE de Flamanville et des différents circuits secondaires nécessaires à son fonctionnement doivent respecter les limites fixées dans la décision ASN n° 2018-DC-0639.

Le CNPE de Flamanville réalise en continu des mesures de températures en amont, au rejet et en aval du CNPE et un suivi des rejets thermiques conformément aux autorisations de rejet en vigueur (*échauffement, température au rejet, température à 50 m du rejet*). Le bilan des valeurs mensuelles de ces différents paramètres pour l'année 2021 sont présentés dans les tableaux suivants :

	Température moyenne à la prise d'eau entrée condenseur) ($^{\circ}\text{C}$)	Echauffement moyen dans les puits de rejet ($^{\circ}\text{C}$)	Echauffement maximum dans les puits de rejet ($^{\circ}\text{C}$)	Température moyenne dans les puits de rejet ($^{\circ}\text{C}$)	Température maximum dans les puits de rejet ($^{\circ}\text{C}$)	Température moyenne à 50m des puits de rejet ($^{\circ}\text{C}$)	Température maximum à 50m des puits de rejet ($^{\circ}\text{C}$)
Janvier	10,0	13,0	13,1	22,8	23,4	16,8	17,3
Février	8,7	13	13,1	21,7	23,1	15,7	17,1
Mars	9,2	9,3	13,1	18,2	22,9	15,7	16,9
Avril	9,9	12,9	13,1	22,8	23,5	16,9	17,5
Mai	12,0	12,0	25,6	24,1	37,6	18,8	25,9
Juin	14,4	12,9	13,0	27,3	28,3	21,4	22,3
Juillet	16,5	12,7	13,0	29,3	30,2	23,6	24,4

Août	17,8	12,2	13,0	30,0	31,0	24,8	25,4
Septembre	18,2	12,6	12,9	30,8	31,4	25,2	25,6
Octobre	16,6	11,2	12,9	27,6	30,3	22,6	24,5
Novembre	14,1	8,6	13,0	22,8	28,0	19,0	24,4
Décembre	11,8	12,9	13,1	24,7	25,5	18,7	19,5

4.3.2. Comparaison aux limites

Les rejets thermiques doivent respecter les limites fixées à l'article [EDF-FLA-227] de la décision ASN n° 2018-DC-0639.

Paramètres	Unité	Limite en vigueur	Valeurs maximales
Echauffement amont aval calculé	°C	15°C (pour les INB n°108 et n°109)	25,6
		14°C (pour l'INB n°167)	0
Température aval après mélange	°C	< 30°C (de novembre à mai)	37,6
		< 35°C (de juin à octobre)	31,4
Température à 50 m du milieu récepteur	°C	30°C (pour les INB n° 108, 109 et 167)	25,9

Commentaires :

Dépassements des limites d'échauffement et de température aval après mélange au mois de mai 2021 imputables à l'arrivée massive d'algues colmatantes. La perte des deux pompes CRF sans baisse de puissance sur la tranche 1 est à l'origine de rejets thermiques au-delà des limites pendant 14 minutes.

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

Commentaires :

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.

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 radio écologie.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

5.1.1. Surveillance de la radioactivité ambiante

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



Les informations (débits de dose et états de fonctionnement) issues des balises sont envoyées en continu vers un centralisateur qui permet la visualisation et l'enregistrement des données. Les débits de dose moyens enregistrés par les différents réseaux de mesure pour l'année 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 2020 (nSv/h)	Débit de dose moyen année 2019 (nSv/h)
Clôture	129,6	319,2	128,4	129,6
1 km	97,2	139,2	92,4	96,0
5 km	168,0	392,4	171,6	169,2
10 km	112,8	182,4	112,8	112,8

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 cohérent avec les résultats des années antérieures.

5.1.2. Surveillance du compartiment atmosphérique

Trois 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 1^{er} 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 globales 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	Bêta globale		4,04E-4 Bq/Nm ³	1,75E-3 Bq/Nm ³	1E-2 Bq/m ³
	Spectrométrie gamma	⁵⁸ Co	≤ 6,6E-6 Bq/Nm ³	≤ 1,0E-5 Bq/Nm ³	-
		⁶⁰ Co	≤ 5,2E-6 Bq/Nm ³	≤ 8,5E-6 Bq/m ³	-
		¹³⁴ Cs	≤ 5,6E-6 Bq/Nm ³	≤ 8,9E-6 Bq/Nm ³	-
		¹³⁷ Cs	≤ 3,8E-6 Bq/Nm ³	≤ 6,1E-6 Bq/Nm ³	-
		¹³¹ I	≤ 9,6E-4 Bq/Nm ³	≤ 2,70E-3 Bq/Nm ³	-
		⁴⁰ K	≤ 1,1E-4 Bq/Nm ³	≤ 1,6E-4 Bq/Nm ³	-
Tritium atmosphérique			≤ 0,15 Bq/Nm ³	0,24 Bq/Nm ³	50 Bq/m ³
Eau de pluie	Bêta globale		0,13 Bq/L	0,25 Bq/L	-
	Tritium		≤ 4,49 Bq/L	≤ 4,76 Bq/L	-

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	-	Mensuelle	-	-
Lait (Bq/L)	Spectrométrie gamma	-	Mensuelle	-	-

Commentaires :

Les résultats des mesures annuelles réalisées sur le compartiment terrestre ainsi que leur interprétation pour l'année 2020 sont présentés dans le rapport du suivi radioécologique annuel, présenté en **annexe 1**.

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 bêta globale	Bimensuelle	Bq/L	12,20	14,20
	Tritium		Bq/L	11,05	28,80
	Potassium		Bq/L	11,7	12,0
Matières en suspension	Activité bêta globale		Bq/L	0,04	0,11

Commentaires :

Pas de valeur anormale.

5.1.5. Surveillance du milieu aquatique

Les résultats des mesures annuelles réalisées sur le compartiment aquatique ainsi que leur interprétation pour l'année 2020 sont présentés dans le rapport du suivi radioécologique annuel, présenté en **annexe 1**.

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		Unité	Valeur maximale mesurée
Eaux filtrées	Tritium	Bq/L	24,5
	Bêta global	Bq/L	13,8
	Potassium	Bq/L	435
Matières en suspension	Bêta global	Bq/L	8,3

Commentaires : RAS.

Suite au dépassement de la valeur de 20 Bq/L en tritium sur le piézomètre 0 SEZ 018 PZ, une surveillance complémentaire a été mise en place sur le CNPE de Flamanville. Cette surveillance complémentaire concerne 1 piézomètre surveillé à fréquence hebdomadaire pour le paramètre tritium. Les résultats de cette surveillance complémentaire sont présentés dans le tableau suivant.

Paramètres	Unité	Valeur maximale mesurée
Tritium	Bq/L	129

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 11 piézomètres du CNPE.

Paramètres	Unité	Valeur maximale mesurée
pH	-	8,40 (0SEZ040PZ : pH11,7)
Conductivité	ΩS / cm	53 300
Hydrocarbures totaux	mg / l	< 0,1
Chlorures		24 000
Azote Kjeldahl		2,2
Nitrates		22,6
Phosphates		0,7

Commentaires :

La valeur de pH maximale de 11,7 sur le 0 SEZ 040PZ est présente depuis le début de son suivi.

5.3. Chimie et physico-chimie des eaux de surface

5.3.1. Physico-chimie des eaux de surface

Le CNPE fait réaliser par le laboratoire LABEO Manche, dans le canal d'amenée, le canal de rejet et le point de référence hors influence des rejets du CNPE, des mesures quadrimestrielles de certains paramètres physico-chimiques naturellement présents en milieu marin. Les résultats présentés dans le rapport annuel de l'IFREMER, aboutissent aux conclusions suivantes :

En 2021, les **paramètres suivis** dans le cadre de la surveillance du compartiment pélagique ne présentent pas de profils atypiques en regard de ce qui est habituellement observé. Les différences spatiales entre les points de suivis (et le point *Référence* en particulier) mettent le plus souvent en évidence un gradient côte-large caractéristique de la variabilité naturelle du milieu à Flamanville.

La **température** de l'eau de mer relevée à proximité du CNPE apparaît dans la gamme basse des données historiques, sur tous les points (hors *Rejet*), au printemps et en été. A contrario, en automne, les données de températures apparaissent dans la gamme haute des données historiques, et ce sur tous les points. Sur le plan spatial, les valeurs de **salinité**, en été et automne, se distinguent de celles du printemps par une salinité plus faible, en corrélation une nouvelle fois avec les données Météo France, avec des averses orageuses les jours précédant l'échantillonnage. Pour l'automne, les valeurs révèlent un léger gradient de la côte vers le large trahissant une probable influence terrigène à la côte. Pour la 6^e année, des mesures d'**oxygène dissous** sont réalisées. Les concentrations relevées sont proches de la valeur de référence attendue en Manche Atlantique et aucun dysfonctionnement (état d'hypoxie ou d'anoxie) n'a été observé sur l'ensemble de la zone d'étude au cours de cette année.

Les données relatives au compartiment hydrologique acquises en 2021 dans le cadre du programme de surveillance écologique du CNPE de Flamanville mettent en évidence un léger échauffement de l'eau aux abords du Rejet. Cette perturbation reste cependant géographiquement très limitée. Les autres paramètres suivis présentent des valeurs et des variations expliquées par la saisonnalité, l'environnement climatique et géomorphologique.

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.

5.3.2. *Chimie des eaux de surface*

Certaines substances chimiques issues du fonctionnement du CNPE sont recherchées (Ethanolamine, morpholine, hydrazine, agents de surface, haloformes) au niveau de la station de contrôle, le canal d'aménée et le canal de rejet.

En 2021, les **sels nutritifs** montrent des concentrations d'**ammonium** au printemps et en été, proches ou inférieures à la LQ (0,1µmol/L) pour tous les points (consommation du stock). En automne, les concentrations observées restent proches de la médiane. Le stock de nutriment commence à se constituer, via les apports terrigènes. Les tendances des valeurs de **nitrate et nitrite** sont conformes au cycle saisonnier classique et sont liées principalement au cycle biologique du phytoplancton qui se développe au printemps consommant l'azote, qui s'épuise courant l'été et se recharge à l'automne avec l'apport de cours d'eau. Quel que soit la saison, les concentrations de **phosphate**, se situent dans la gamme faible des données historiques. Sur le long terme, une évolution vers la diminution des concentrations en phosphates est observée en Manche et en Atlantique. Cette diminution du phosphore s'explique plus par l'amélioration des performances des stations d'épuration, l'augmentation du nombre d'assainissements collectifs et par une moindre utilisation des engrais phosphatés en agriculture. Pour les **silicates**, le cycle saisonnier attendu (Figure B-1) des sels nutritifs n'est pas respecté ; avec des valeurs en été, se situant dans la gamme haute des données historiques. Le stock de silicate n'a pas encore été consommé par le phytoplancton au moment de l'échantillonnage. Pour l'automne, les valeurs sont conformes à ce qui est observé sur les côtes de la Manche Orientale, avec un processus de régénération dû aux apports des bassins versants, avec des valeurs proches de la médiane.

Cette année, des concentrations élevées en **MES** ont été observées, à la fois en été (au point Rejet) et en automne, avec des valeurs homogènes entre les différents points. Mais seules les mesures de **turbidité** mesurées, au printemps (hors point Rejet) et en été, par néphélométrie, mises en place depuis 2016, corroborent les niveaux de MES. En effet, en automne, les fortes valeurs de MES ne sont pas retranscrites par les mesures de turbidité. En dehors de ce cas particulier, la variabilité spatiale pour ces paramètres est conforme à ce qui est généralement observé sur le littoral. Sur les stations plus côtières et donc moins profondes, la remise en suspension de particules du fond, les apports continentaux par les bassins versants ainsi que des biomasses phytoplanctoniques généralement plus élevées, peuvent expliquer ces variations observées le long d'un gradient côte/large.

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

5.4. **Surveillance écologique et halieutique**

Chaque année, le CNPE confie la réalisation de la surveillance écologique et halieutique à IFREMER. L'objectif de la surveillance pérenne est de suivre l'évolution naturelle du milieu récepteur et de détecter une évolution anormale de l'écosystème, sur le long terme, qui pourrait être attribuable au

fonctionnement du CNPE. Au contraire, les surveillances en conditions climatiques exceptionnelles et situations exceptionnelles ont plutôt pour objectif d'étudier la réponse à court terme de l'écosystème sous conditions de débits contraints et températures ambiantes élevées, le CNPE étant en fonctionnement.

La synthèse du rapport de surveillance réalisée par IFREMER est présentée ci-dessous.

En conclusion, le suivi écologique et halieutique réalisé à proximité du CNPE de Flamanville en 2021, ne permet pas de mettre en évidence d'influence particulière du fonctionnement du CNPE (limité cette année) sur les différents compartiments pélagiques, benthiques et halieutiques.

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

5.5. 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 Emergence 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 Flamanville réalise des informations, par le biais du numéro vert du CNPE mais aussi en s'adressant directement aux 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. EVALUATION 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 Flamanville dans le cadre du programme de surveillance réglementaire et du suivi radioécologique du CNPE (cf. Partie VI Surveillance de l'environnement, I- Surveillance de la radioactivité dans l'environnement).

Les résultats de cette surveillance et des mesures associées montrent que la radioactivité mesurée dans l'environnement du CNPE est principalement d'origine naturelle. Les niveaux de radioactivité artificielle mesurés dans l'environnement du CNPE sont faibles et trouvent pour partie leur origine dans d'autres sources (rejets de l'usine ORANO La Hague, retombées atmosphériques des essais nucléaires, Tchernobyl, ...). L'analyse détaillée des résultats est présentée dans le rapport du suivi radioécologique annuel réalisé par l'IRSN, présenté en annexe 1.

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_BilanRadiologique-France-2018-2020.pdf

À partir des activités annuelles rejetées par radionucléide, une dose efficace³ 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 :

³ La dose efficace est la somme des doses absorbées par tous les tissus, pondérée d'un facteur radiologique WR ($WR = \text{Radiation Weighting factor}$, facteur de pondération du rayonnement) pour tenir compte de la qualité du rayonnement ($\alpha, \beta, \gamma, \dots$) et d'un facteur de pondération tissulaire WT ($WT = \text{Tissu Weighting factor}$) correspondant à la radiosensibilité relative du tissu exposé. La dose efficace a pour objectif d'apprécier le risque total et s'exprime en sievert (Sv). Elle est appelée communément « dose ».

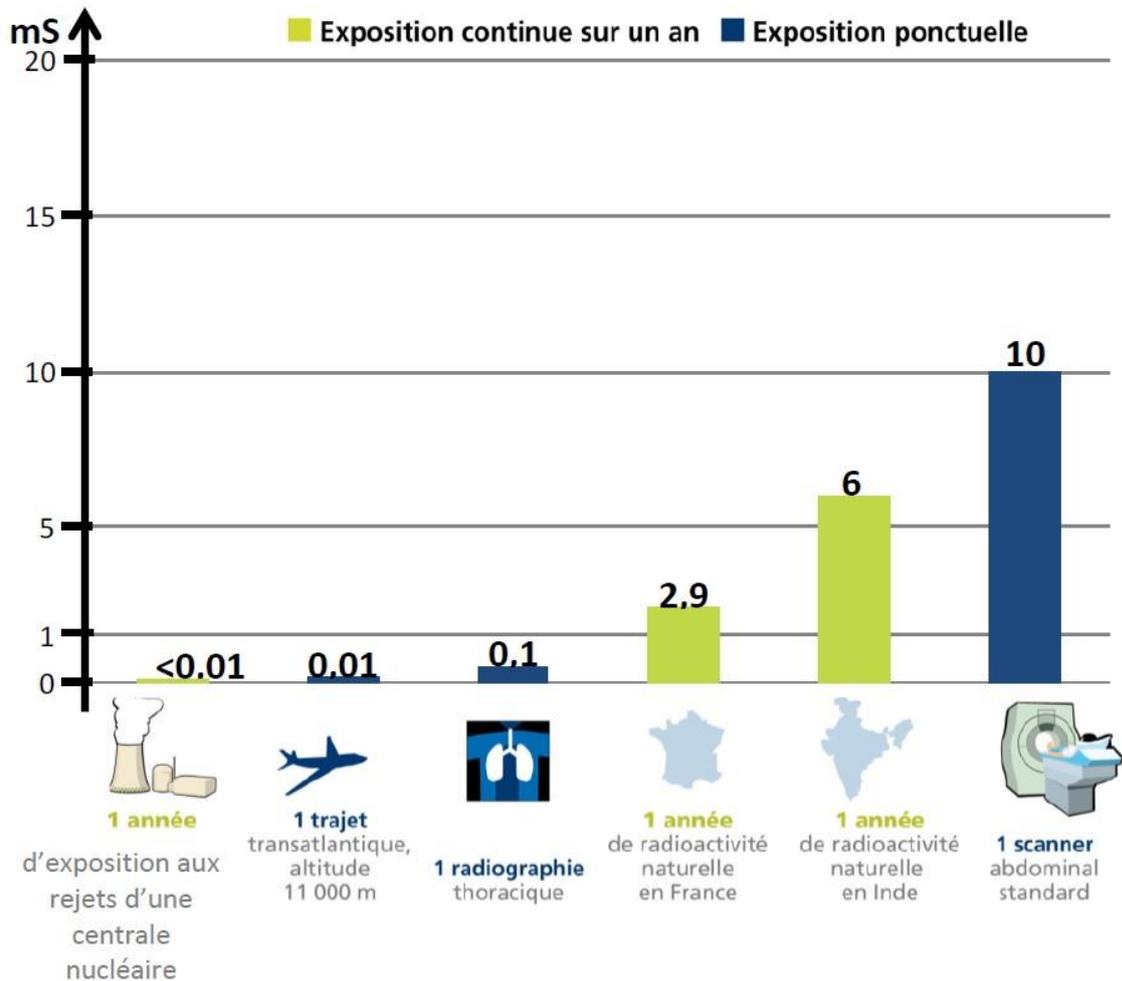


Figure 1 : Echelle des ordres de grandeur de doses résultant de situations courantes et comparaison aux seuils réglementaires (Source : EDF)

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.

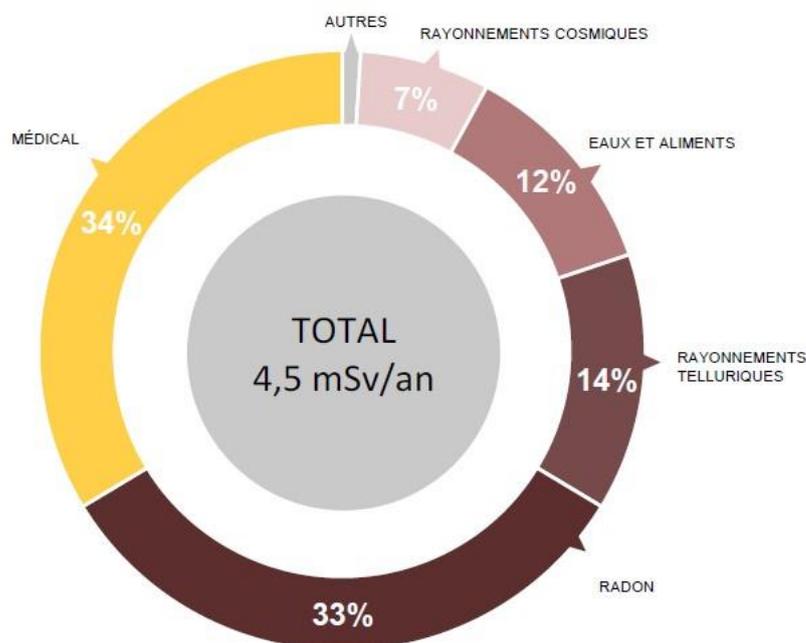


Figure 2 : Part relative des différentes sources d'expositions de la population française aux rayonnements ionisants (Source : Bilan IRSN 2021)

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 Flamanville, 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.

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 Flamanville, pour la personne représentative. Cette personne représente les individus pouvant recevoir la dose efficace annuelle maximale induite par les rejets d'effluents radioactifs autorisés du CNPE.

ADULTE	EXPOSITION EXTERNE (mSv)	EXPOSITION INTERNE (mSv)	TOTAL (mSv)
Rejets d'effluents à l'atmosphère	2,4 ^{E-06}	1,9 ^{E-05}	2,2 ^{E-05}
Rejets d'effluents liquides	3,0 ^{E-08}	2,3 ^{E-05}	2,3 ^{E-05}
TOTAL	2,5^{E-06}	4,2^{E-05}	4,4^{E-05}

ENFANT DE 10 ANS	EXPOSITION EXTERNE (mSv)	EXPOSITION INTERNE (mSv)	TOTAL (mSv)
Rejets d'effluents à l'atmosphère	2,4 ^{E-06}	1,7 ^{E-05}	2,0 ^{E-05}
Rejets d'effluents liquides	9,9 ^{E-08}	1,2 ^{E-05}	1,2 ^{E-05}
TOTAL	2,5^{E-06}	2,9^{E-05}	3,2^{E-05}

Les valeurs de doses calculées sont inférieures à $1,10^{-4}$ 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 de 10 000 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 DECHETS

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 Flamanville, 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 Soulaines (Aube),
- l'installation Centraco exploitée par Cyclife France et située à Marcoule (Gard) qui reçoit les déchets destinés à l'incinération et à la fusion. Après traitement, ces déchets sont évacués vers l'un des deux centres exploités par l'Andra.

DE LA CENTRALE AUX CENTRES DE TRAITEMENT ET DE STOCKAGE

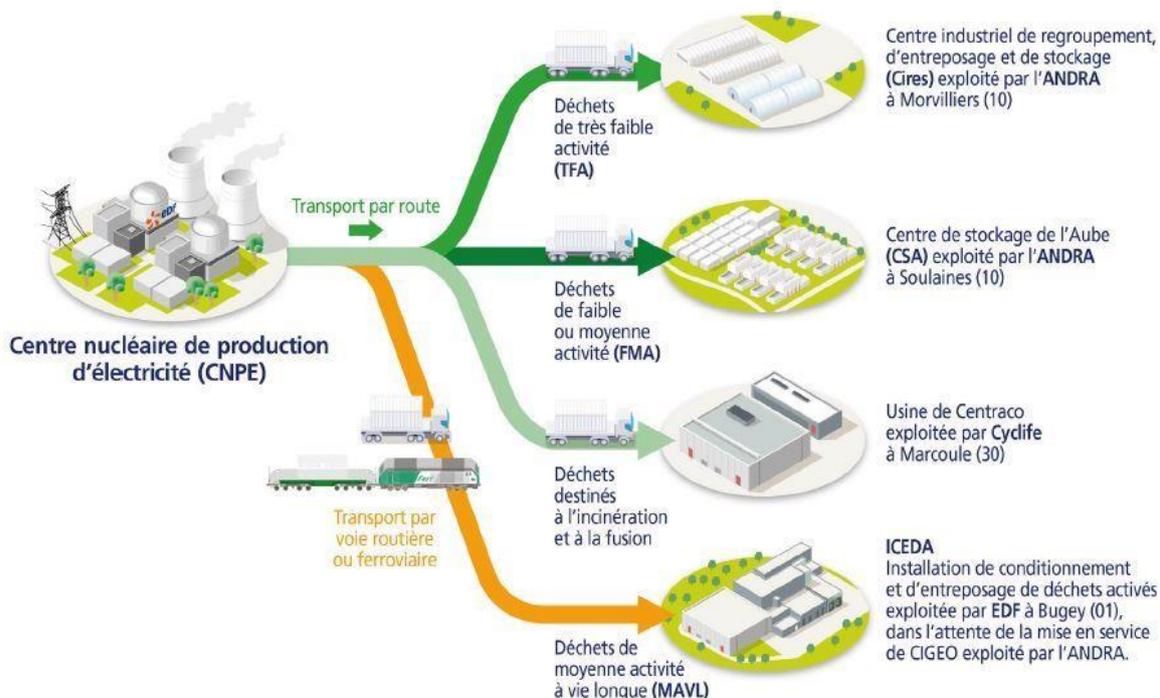


Figure 2 : Transport des déchets radioactifs (Source : EDF)

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 Flamanville.

Catégorie déchet	Quantité entreposée au 31/12/2021	Commentaires
TFA	121,5 tonnes	En conteneur sur l'aire TFA
FMAVC (Liquides)	8,3 tonnes	Effluents du lessivage chimique, huiles, solvants...
FMAVC (Solides)	122,4 tonnes	Localisation Bâtiment des Auxiliaires Nucléaires et Bâtiment Auxiliaire de Conditionnement
MAVL	133 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 Flamanville.

Catégorie déchet	Quantité entreposée au 31/12/2021	Type d'emballage
TFA	291 colis	Tous types d'emballages confondus
FMAVC (Solides)	607 colis	Coques béton, Fûts (métalliques, PEHD) et autres (caisson, pièces massives, ...)

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 Flamanville.

Site destinataire	Nombre de colis évacués
Cires à Morvilliers	135
CSA à Soulaines	406
Centraco à Marcoule	1279

En 2021, 1820 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
Flamanville 1/2	893	786	1354	792	1835	1835	4082	3413
Flamanville 3	390	390	336	320	553	414	1279	1124

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.

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 3 unités de production du CNPE de Flamanville ont produit 5361 tonnes de déchets conventionnels : 85 % de ces déchets ont été valorisés ou recyclés.

ABREVIATIONS

ANDRA	Agence Nationale pour la gestion des Déchets RAdioactifs
ASN	Autorité Sûreté Nucléaire
CNPE	Centre Nucléaire de Production d'Electricité
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	Evènement 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 A Combustion
TEU	Traitement des Effluents Usés
TFA	Très Faible Activité
THE	Très Haute Efficacité
UFC	Unité Formant Colonie