



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

**2022**

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

## SOMMAIRE

<b>1.</b>	<b>LE CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE DE FLAMANVILLE EN 2022.....</b>	<b>8</b>
1.1.	Contexte .....	8
1.2.	Le CNPE de Flamanville .....	8
1.3.	Modifications apportées au voisinage du CNPE de Flamanville <sup>2</sup> .....	9
1.4.	Evolutions scientifiques susceptibles de modifier l'étude d'impact .....	9
1.5.	Bilan des incidents de fonctionnement et des Evènements Significatifs pour l'Environnement ....	10
1.5.1.	Bilan des Evènements Significatifs pour l'Environnement déclarés .....	10
1.5.2.	Bilan des incidents de fonctionnement.....	11
<b>2.</b>	<b>PRELEVEMENTS D'EAU .....</b>	<b>11</b>
2.1.	Prélèvement d'eau destinée au refroidissement.....	13
2.2.	Prélèvement d'eau destinée à l'usage industriel.....	13
2.3.	Prélèvement d'eau destinée à l'usage domestique .....	14
2.4.	Milieu de prélèvement : comparaison pluriannuelle, prévisionnel, valeurs limites et maintenance.....	14
2.4.1.	Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel des prélèvements d'eau pour 2022 .....	14
2.4.2.	Comparaison aux valeurs limites .....	15
2.4.3.	Principales opérations de maintenance intervenues sur les équipements et ouvrages de prélèvements.....	15
2.4.4.	Opérations exceptionnelles de prélèvements .....	15
<b>3.</b>	<b>RESTITUTION ET CONSOMMATION D'EAU .....</b>	<b>16</b>
3.1.	Restitution d'eau.....	16
3.2.	Consommation d'eau .....	17
3.2.1.	Cumul mensuel .....	17
<b>4.</b>	<b>REJETS D'EFFLUENTS.....</b>	<b>18</b>
4.1.	Rejets d'effluents à l'atmosphère .....	19
4.1.1.	Rejets d'effluents à l'atmosphère radioactifs .....	19
4.1.1.1.	Règles spécifiques de comptabilisation .....	20
4.1.1.2.	Spectre de référence des rejets radioactifs à l'atmosphère.....	20
4.1.1.3.	Cumul mensuel .....	21
4.1.1.4.	Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel .....	22
4.1.1.5.	Comparaison aux valeurs limites .....	22
4.1.2.	Evaluation des rejets diffus d'effluents radioactifs à l'atmosphère .....	23

4.1.3.	Evaluation des rejets diffus d'effluents à l'atmosphère non radioactifs .....	24
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 .....	25
4.1.3.3.	Rejets de substances volatiles en lien avec le conditionnement de circuits à l'arrêt.....	25
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 .....	25
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.....	27
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 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 rejets 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.....	40
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)).....	41
4.2.2.6.	Principales opérations de maintenance intervenues sur les équipements et ouvrages de rejets liquides .....	43
4.2.2.7.	Opérations exceptionnelles de rejets d'effluents liquides .....	43
4.3.	Rejets thermiques .....	43
4.3.1.	En conditions climatiques normales.....	44
4.3.2.	Comparaison aux limites .....	45
4.3.3.	En conditions climatiques exceptionnelles.....	45
4.3.4.	Principales opérations de maintenance intervenues sur les équipements et ouvrages de rejets thermiques.....	45
<b>5.</b>	<b>SURVEILLANCE DE L'ENVIRONNEMENT .....</b>	<b>46</b>
5.1.	Surveillance de la radioactivité dans l'environnement.....	46
5.1.1.	Surveillance de la radioactivité ambiante.....	48
5.1.2.	Surveillance du compartiment atmosphérique.....	49
5.1.3.	Surveillance du milieu terrestre.....	51
5.1.4.	Surveillance des eaux de surface .....	51

5.1.5.	Surveillance du milieu aquatique .....	51
5.1.6.	Surveillance des eaux souterraines .....	52
5.2.	Physico-chimie des eaux souterraines.....	52
5.3.	Chimie et physico-chimie des eaux de surface.....	53
5.3.1.	Physico-chimie des eaux de surface.....	53
5.3.2.	Chimie des eaux de surface.....	54
5.4.	Surveillance écologique et halieutique.....	54
5.5.	Acoustique environnementale.....	54
<b>6.</b>	<b>EVALUATION DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SANITAIRE DES REJETS DE L'INSTALLATION .....</b>	<b>56</b>
<b>7.</b>	<b>GESTION DES DECHETS.....</b>	<b>60</b>
7.1.	Les déchets radioactifs.....	60
7.1.1.	Les catégories de déchets radioactifs.....	60
7.1.2.	Le transport des déchets.....	62
7.1.3.	Les quantités de déchets entreposées au 31/12/2022 .....	63
7.2.	Les déchets non radioactifs .....	64

## **1. LE CENTRE NUCLEAIRE DE PRODUCTION D'ELECTRICITE DE FLAMANVILLE EN 2022**

### **1.1. Contexte**

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

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

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

En application de l'article 4.4.4 de l'arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux Installations Nucléaires de Base, ce document présente le bilan de l'année 2022 du CNPE de 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.**

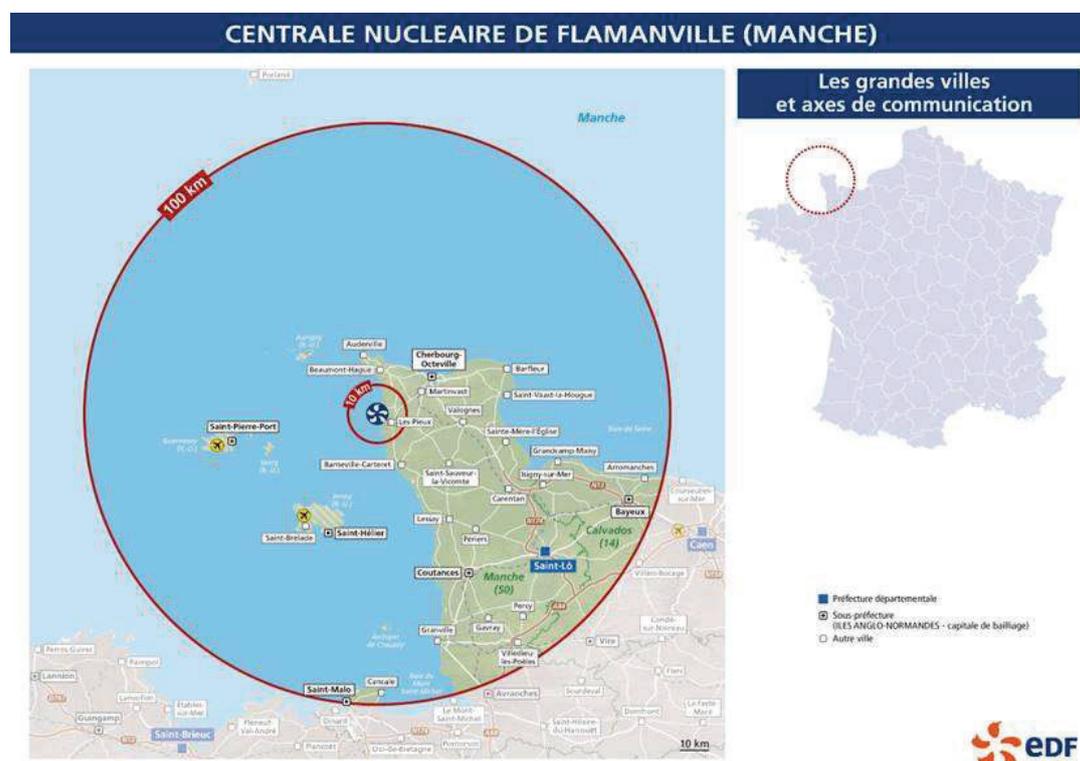
Le CNPE de Flamanville 1 & 2 comprend deux réacteurs en fonctionnement de type REP, « réacteurs à eau pressurisée », d'une puissance de 1 300 MW chacun.

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 2022, 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 terrassement du chantier de construction ont débuté en août 2006, avec un premier béton de l'îlot nucléaire posé en décembre 2007.

La 1<sup>ère</sup> livraison de combustible de l'unité s'est déroulée fin octobre 2020.

En 2022, le site de l'EPR employait près de 800 EDF et environ 2000 salariés d'entreprises prestataires.



### **1.3. Modifications apportées au voisinage du CNPE de Flamanville<sup>2</sup>**

La surveillance de l'environnement industriel est réalisée en application d'une prescription interne d'EDF. Lors de l'année 2022, aucune modification notable au voisinage du CNPE de 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 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 2022.

Typologie	Date	Description de l'évènement	Principales actions correctives
ESE6	11/08/2022	Cumul des émissions de fluide frigorigène supérieur à 100 kg (103,715kg)	Pas de mesures immédiates retenues, celles-ci sont prises en compte lors de la détection de fuite de fluide frigorigène sur chaque équipement individuellement
ESE6	06/04/2022	Cumul des émissions de gaz SF6 supérieur à 100 kg (106,16 kg)	Des équipements de colmatage ou de captage ont été mis en place sur les postes concernés par des fuites dès lors que cette solution était techniquement réalisable
ESE2	25/05/2022	Dépassement avéré de la limite en hydrocarbure au niveau de l'émissaire 4	
ESE2	14/06/2022	Dépassement de la limite de rejet en hydrocarbures au niveau de l'émissaire 5 sur la période du 04/06/2022 au 08/06/2022	
ESE6	25/06/2022	Non-respect de la règle de gestion des liquides dans un conteneur d'outillages entreposé sur l'AOC	Evacuation du conteneur objet de la déclaration
ESE9	29/06/2022	Retard de remise en conformité des réseaux gravitaires SEO de Flamanville 1 et 2	Traitement du solde des anomalies avant fin 2023

### 1.5.2. Bilan des incidents de fonctionnement

Le CNPE de Flamanville n'a pas eu, durant l'année 2022, 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 :

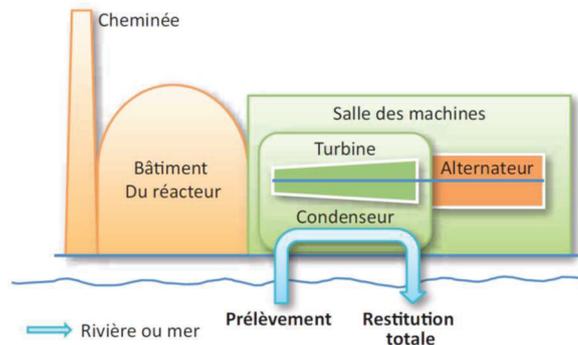
- Le circuit primaire pour extraire la chaleur : c'est un circuit fermé parcouru par de l'eau sous pression (155 bars) et à une température de 300° C. L'eau passe dans la cuve du réacteur, capte la chaleur produite par la réaction de fission du combustible nucléaire et transporte cette énergie thermique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

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

De l'eau (environ 50 m<sup>3</sup> 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 CO<sub>2</sub>. 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 m<sup>3</sup> par seconde.



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

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

Que les CNPE soient en fonctionnement ou à l'arrêt, la grande majorité de l'eau prélevée est restituée à sa source, c'est-à-dire au milieu naturel à proximité du point de prélèvement. 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 1 000 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 reliées aux réseaux d'eau potable des communes sur lesquelles elles sont implantées.

## 2.1. Prélèvement d'eau destinée au refroidissement

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

	Prélèvement d'eau (en millions de m <sup>3</sup> )
Janvier	241
Février	190
Mars	120
Avril	73
Mai	111
Juin	74
Juillet	0,5
Août	91
Septembre	109
Octobre	144
Novembre	118
Décembre	150
<b>TOTAL</b>	<b>1 420</b>

## 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 2022.

	Prélèvement d'eau (en milliers de m <sup>3</sup> )
Janvier	1 135
Février	1 669
Mars	1 047
Avril	678
Mai	1 841
Juin	816
Juillet	63
Août	1 443
Septembre	1 032
Octobre	1 036
Novembre	1 314
Décembre	915
<b>TOTAL</b>	<b>12 990</b>

### 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 2022.

	Prélèvement d'eau (en m <sup>3</sup> )
Janvier	13 063
Février	13 748
Mars	14 883
Avril	7 208
Mai	6 708
Juin	6 831
Juillet	6 920
Août	6 307
Septembre	8 745
Octobre	7 199
Novembre	6 866
Décembre	6 887
<b>TOTAL</b>	<b>105 365</b>

### 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 2022

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

Année	Milieu	Volume (milliers de m <sup>3</sup> )
2020	Eaux marines à usage de refroidissement	1 399 000
2021		2 348 000 (+ 60 1297 pour Fla3)
2022		1 420 000
2020	Eaux marines à usage industrielle	Comptabilisées en eaux marines à usage de refroidissement les années passées
2021		12 041
2022		12 990
Prévisionnel 2022	Toutes eaux marines	2 900 000
2020	Eaux douces à usage industrielle	772
2021		827
2022		634
Prévisionnel 2022		870
2020	Eaux à usage domestique	72
2021		103
2022		105
Prévisionnel 2022		86

#### Commentaires :

Le volume d'eau à usage domestique prélevé est au-delà du prévisionnel en raison de fuites sur le réseau enterré du CNPE. Les principales ont été résorbées au premier trimestre.

#### 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 <sup>(1)</sup>		
Grand Douet	31	31	1.10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> <sup>(2)</sup>	23
Petit Douet	45	83		16
Dielette	45	68		53

<sup>(1)</sup> 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).

<sup>(2)</sup> Le prélèvement annuel total peut-être augmenté de 6 x 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup> 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 10<sup>5</sup> m<sup>3</sup>.

#### **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 2022 n'a pas été concernée par des actions de maintenance (hors maintenance programmée) et aucune intervention ou opération de maintenance anticipée n'ont été nécessaires.

#### 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 2022.

### 3. RESTITUTION ET CONSOMMATION D'EAU

#### 3.1. Restitution d'eau

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

		Restitution d'eau		
		Eau de refroidissement (millions de m <sup>3</sup> )	Rejets radioactifs (milliers de m <sup>3</sup> )	Rejets industriels (milliers de m <sup>3</sup> )
Restitution mensuelle	Janvier	241	1105	10,0
	Février	190	1631	13,1
	Mars	120	1013	21,3
	Avril	73	647	12,4
	Mai	111	1800	9,9
	Juin	74	769	1,3
	Juillet	0,5	9	2,6
	Août	91	1377	7,3
	Septembre	109	965	12,0
	Octobre	143	973	15,2
	Novembre	118	1255	23,2
	Décembre	149	856	27,0
TOTAL	Restitution au milieu aquatique	1 432 millions de m <sup>3</sup>		
	Pourcentage de restitution d'eau au milieu aquatique par rapport au prélèvement	99,96 %		

### 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 2022.

	Consommation d'eau (en milliers de m <sup>3</sup> )
Janvier	33
Février	40
Mars	29
Avril	27
Mai	37
Juin	52
Juillet	59
Août	66
Septembre	66
Octobre	55
Novembre	43
Décembre	39
TOTAL	548

#### **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  $\beta$  ou  $\gamma$ , 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 décision<sup>1</sup> 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	<sup>41</sup> Ar
	<sup>85</sup> Kr
	<sup>131m</sup> Xe
	<sup>133</sup> Xe
	<sup>135</sup> Xe
Tritium	<sup>3</sup> H
Carbone 14	<sup>14</sup> C
Iodes	<sup>131</sup> I
	<sup>133</sup> I
Produits de fission et d'activation	<sup>58</sup> Co
	<sup>60</sup> Co
	<sup>134</sup> Cs
	<sup>137</sup> Cs

<sup>1</sup> 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.

	<sup>41</sup> Ar (TBq)	<sup>85</sup> Kr (TBq)	<sup>131m</sup> Xe (TBq)	<sup>133</sup> Xe (TBq)	<sup>135</sup> Xe (TBq)	<sup>131</sup> I (GBq)	<sup>133</sup> I (GBq)	<sup>58</sup> Co (GBq)	<sup>60</sup> Co (GBq)	<sup>134</sup> Cs (GBq)	<sup>137</sup> Cs (GBq)
Janvier	3,27 <sup>E-3</sup>	/	/	2,54 <sup>E-2</sup>	1,78 <sup>E-2</sup>	8,50 <sup>E-7</sup>	1,39 <sup>E-6</sup>	2,90 <sup>E-8</sup>	3,63 <sup>E-8</sup>	3,40 <sup>E-8</sup>	3,01 <sup>E-8</sup>
Février	6,23 <sup>E-3</sup>	/	/	2,27 <sup>E-2</sup>	1,53 <sup>E-2</sup>	2,14 <sup>E-7</sup>	1,37 <sup>E-6</sup>	2,35 <sup>E-8</sup>	2,97 <sup>E-8</sup>	2,68 <sup>E-8</sup>	2,39 <sup>E-8</sup>
Mars	7,93 <sup>E-3</sup>	5,70 <sup>E-6</sup>	4,51 <sup>E-7</sup>	2,79 <sup>E-2</sup>	1,67 <sup>E-2</sup>	1,52 <sup>E-7</sup>	1,02 <sup>E-6</sup>	2,98 <sup>E-8</sup>	3,56 <sup>E-8</sup>	3,19 <sup>E-8</sup>	2,91 <sup>E-8</sup>
Avril	/	/	/	2,41 <sup>E-2</sup>	1,57 <sup>E-2</sup>	1,68 <sup>E-7</sup>	1,50 <sup>E-6</sup>	2,62 <sup>E-8</sup>	3,03 <sup>E-8</sup>	2,61 <sup>E-8</sup>	2,45 <sup>E-8</sup>
Mai	/	/	/	2,35 <sup>E-2</sup>	1,57 <sup>E-2</sup>	1,92 <sup>E-7</sup>	1,03 <sup>E-6</sup>	4,14 <sup>E-8</sup>	5,06 <sup>E-8</sup>	4,65 <sup>E-8</sup>	3,93 <sup>E-8</sup>
Juin	/	/	/	2,37 <sup>E-2</sup>	1,56 <sup>E-2</sup>	1,82 <sup>E-7</sup>	9,04 <sup>E-7</sup>	4,54 <sup>E-8</sup>	5,43 <sup>E-8</sup>	5,20 <sup>E-8</sup>	4,34 <sup>E-8</sup>
Juillet	/	2,94 <sup>E-6</sup>	3,01 <sup>E-7</sup>	2,54 <sup>E-2</sup>	1,59 <sup>E-2</sup>	2,35 <sup>E-7</sup>	1,22 <sup>E-6</sup>	4,84 <sup>E-8</sup>	6,12 <sup>E-8</sup>	5,33 <sup>E-8</sup>	4,93 <sup>E-8</sup>
Août	/	8,83 <sup>E-6</sup>	5,96 <sup>E-7</sup>	2,58 <sup>E-2</sup>	1,75 <sup>E-2</sup>	3,57 <sup>E-6</sup>	1,41 <sup>E-6</sup>	5,20 <sup>E-8</sup>	6,33 <sup>E-8</sup>	6,14 <sup>E-8</sup>	5,22 <sup>E-8</sup>
Septembre	/	8,56 <sup>E-7</sup>	7,86 <sup>E-8</sup>	2,50 <sup>E-2</sup>	1,56 <sup>E-2</sup>	6,63 <sup>E-7</sup>	1,17 <sup>E-6</sup>	4,71 <sup>E-8</sup>	5,70 <sup>E-8</sup>	5,50 <sup>E-8</sup>	5,05 <sup>E-8</sup>
Octobre	/	1,49 <sup>E-6</sup>	1,63 <sup>E-7</sup>	2,68 <sup>E-2</sup>	1,74 <sup>E-2</sup>	2,48 <sup>E-7</sup>	1,12 <sup>E-6</sup>	4,53 <sup>E-8</sup>	5,48 <sup>E-8</sup>	5,50 <sup>E-8</sup>	4,86 <sup>E-8</sup>
Novembre	/	9,33 <sup>E-7</sup>	1,00 <sup>E-7</sup>	2,63 <sup>E-2</sup>	1,69 <sup>E-2</sup>	2,30 <sup>E-7</sup>	1,31 <sup>E-6</sup>	4,07 <sup>E-8</sup>	5,65 <sup>E-8</sup>	5,47 <sup>E-8</sup>	4,46 <sup>E-8</sup>
Décembre	7,60 <sup>E-4</sup>	6,61 <sup>E-6</sup>	7,34 <sup>E-7</sup>	2,52 <sup>E-2</sup>	1,58 <sup>E-2</sup>	2,83 <sup>E-7</sup>	1,02 <sup>E-6</sup>	4,03 <sup>E-8</sup>	5,14 <sup>E-8</sup>	5,04 <sup>E-8</sup>	4,51 <sup>E-8</sup>
<b>TOTAL ANNUEL</b>	<b>1,82<sup>E-2</sup></b>	<b>2,74<sup>E-5</sup></b>	<b>2,42<sup>E-6</sup></b>	<b>3,02<sup>E-1</sup></b>	<b>1,96<sup>E-1</sup></b>	<b>6,98<sup>E-6</sup></b>	<b>1,45<sup>E-5</sup></b>	<b>4,69<sup>E-7</sup></b>	<b>5,81<sup>E-7</sup></b>	<b>5,47<sup>E-7</sup></b>	<b>4,81<sup>E-7</sup></b>

	Volumes rejetés (m <sup>3</sup> )	Activités gaz rares (TBq)	Activité Tritium (TBq)	Activité Carbone 14 (GBq)	Activités Iodes (GBq)	Activités Autres PF et PA (GBq)
Janvier	3,87 <sup>E8</sup>	4,64 <sup>E-2</sup>	5,55 <sup>E-2</sup>	1,3 <sup>E2</sup>	2,24	1,29 <sup>E-1</sup>
Février	3,51 <sup>E8</sup>	4,41 <sup>E-2</sup>	3,76 <sup>E-2</sup>		1,58	1,04 <sup>E-1</sup>
Mars	4,28 <sup>E8</sup>	5,25 <sup>E-2</sup>	6,02 <sup>E-2</sup>		1,18	1,26 <sup>E-1</sup>
Avril	4,14 <sup>E8</sup>	3,99 <sup>E-2</sup>	5,74 <sup>E-2</sup>	1,07 <sup>E2</sup>	1,66	1,07 <sup>E-1</sup>
Mai	4,18 <sup>E8</sup>	3,91 <sup>E-2</sup>	5,69 <sup>E-2</sup>		1,22	1,78 <sup>E-1</sup>
Juin	4,19 <sup>E8</sup>	3,94 <sup>E-2</sup>	5,45 <sup>E-2</sup>		1,08	1,95 <sup>E-1</sup>
Juillet	4,34 <sup>E8</sup>	4,13 <sup>E-2</sup>	5,71 <sup>E-2</sup>	1,85 <sup>E2</sup>	1,45	2,12 <sup>E-1</sup>
Août	4,38 <sup>E8</sup>	4,33 <sup>E-2</sup>	6,12 <sup>E-2</sup>		4,98	2,29 <sup>E-1</sup>
Septembre	4,21 <sup>E8</sup>	4,06 <sup>E-2</sup>	5,72 <sup>E-2</sup>		1,84	2,10 <sup>E-1</sup>
Octobre	4,18 <sup>E8</sup>	4,42 <sup>E-2</sup>	5,22 <sup>E-2</sup>	7,79 <sup>E1</sup>	1,37	2,04 <sup>E-1</sup>
Novembre	4,12 <sup>E8</sup>	4,31 <sup>E-2</sup>	4,68 <sup>E-2</sup>		1,54	1,96 <sup>E-1</sup>
Décembre	4,02 <sup>E8</sup>	4,18 <sup>E-2</sup>	4,97 <sup>E-2</sup>		1,30	1,87 <sup>E-1</sup>
<b>TOTAL ANNUEL</b>	<b>4,94<sup>E9</sup></b>	<b>5,16<sup>E-1</sup></b>	<b>6,46<sup>E-1</sup></b>	<b>5,00<sup>E2</sup></b>	<b>2,14<sup>E1</sup></b>	<b>2,08</b>

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<sup>E-3</sup> Bq/M<sup>3</sup>.

#### 4.1.1.4. Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel

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

Année	Rejets par catégorie de radionucléides (GBq)				
	Gaz rares	Tritium	Carbone 14	Iodes	Autres produits de fission et d'activation
2020	5,87 <sup>E2</sup>	7,28 <sup>E3</sup>	9,75 <sup>E1</sup>	1,93 <sup>E-2</sup>	1,27 <sup>E-3</sup>
2021	4,88 <sup>E2</sup>	9,97 <sup>E2</sup>	2,51 <sup>E2</sup>	2,62 <sup>E-2</sup>	1,38 <sup>E-3</sup>
2022	5,16 <sup>E2</sup>	6,46 <sup>E2</sup>	5,00 <sup>E2</sup>	2,14 <sup>E-2</sup>	2,08 <sup>E-3</sup>
Prévisionnel 2022	7,00 <sup>E2</sup>	1,30 <sup>E3</sup>	3,00 <sup>E2</sup>	3,90 <sup>E-2</sup>	2,00 <sup>E-3</sup>

#### **Commentaires :**

Les rejets radioactifs à l'atmosphère sont légèrement supérieurs au prévisionnel rejet concernant les produits de fission et d'activation. Ceci s'explique par le déploiement d'une nouvelle procédure de laboratoire ayant entraîné une légère augmentation des seuils de décision de l'analyse.

Les activités rejetées en <sup>14</sup>C à la cheminée d'un CNPE sont très variables d'un trimestre à l'autre, mais une tendance générale se dégage : l'activité rejetée est souvent plus élevée lorsque le trimestre considéré couvre une période d'Arrêt de Tranche. Ce phénomène a été observé sur l'ensemble du parc et notamment sur le palier 1300 MW. Le prévisionnel rejet a été établi en prenant en compte des tranches en production, ce qui n'a pas été le cas à Flamanville en 2022.

#### 4.1.1.5. Comparaison aux valeurs limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2022 avec les valeurs limites de rejets fixées par la décision ASN n° 2018-DC-0639.

Paramètres	Localisation prélèvement	Limites annuelles de rejet		Rejet
		Prescriptions	Valeur	Valeur maximale
Gaz rares	Installation	Activité annuelle rejetée (GBq)	40 000	5,16 <sup>E2</sup>
	Cheminée n° 1	Débit instantané (Bq/s)	1,0 <sup>E7</sup>	2,74 <sup>E5</sup>
	Cheminée n° 2			3,17 <sup>E5</sup>
Carbone 14	Installation	Activité annuelle rejetée (GBq)	2 300	5,00 <sup>E2</sup>
Tritium	Installation	Activité annuelle rejetée (GBq)	11 000	6,46 <sup>E2</sup>
	Cheminée n° 1	Débit instantané (Bq/s)	1,2 <sup>E6</sup>	1,78 <sup>E4</sup>
	Cheminée n° 2			2,20 <sup>E4</sup>
Iodes	Installation	Activité annuelle rejetée (GBq)	1,0	2,14 <sup>E-2</sup>
	Cheminée n° 1	Débit instantané (Bq/s)	1,1 <sup>E2</sup>	1,03 <sup>E0</sup>
	Cheminée n° 2			5,62 <sup>E0</sup>
Autres produits de fission et produits d'activation	Installation	Activité annuelle rejetée (GBq)	0,15	2,087 <sup>E-3</sup>
	Cheminée n° 1	Débit instantané (Bq/s)	1,1 <sup>E2</sup>	4,51 <sup>E-2</sup>
	Cheminée n° 2			2,08 <sup>E-3</sup>

\*Correspond à l'activité annuelle rejetée.

### **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 2022.

#### **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 <sup>3</sup> )	Tritium (Bq)	Iodes (Bq)	Tritium (Bq)	Iodes (Bq)
Janvier	15	1,924E+07	0	4,561E+07	0
Février	3180	3,478E+09	0	2,843E+07	0
Mars	1590	8,419E+08	0	3,560E+07	0
Avril	2	5,370E+05	0	1,640E+07	0
Mai	2	4,900E+05	0	4,862E+06	0
Juin	2	4,780E+05	0	3,753E+06	0
Juillet	2	4,770E+05	0	3,260E+06	0
Août	2	4,700E+05	0	2,802E+06	0
Septembre	2	4,610E+05	0	5,533E+06	0
Octobre	2	3,500E+05	0	2,972E+07	0
Novembre	4330	3,466E+07	0	1,524E+07	0
Décembre	1970	2,555E+07	0	9,767E+06	0
<b>TOTAL ANNUEL</b>	<b>11099</b>	<b>4,403E+09</b>	<b>0</b>	<b>2,010E+08</b>	<b>0</b>

**Commentaire :** Mise à l'arrêt de la tranche 2 en février, de la tranche 1 en mars. Démarrage de la tranche 2 en décembre. Chaque arrêt ou démarrage de tranche augmente les quantités de tritium diffus.

#### 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 A 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 (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>) de ces matériels de petites puissances sont faibles sachant qu'ils ne fonctionnent que peu de temps (moins de 50 h/an par diesel) lors des essais périodiques ou d'incidents.
- Les émissions de fluides frigorigènes. En effet, un CNPE est équipée de groupes frigorifiques pour assurer la production d'eau glacée et pour la réfrigération des locaux techniques et administratifs. Ces matériels utilisent des produits pouvant accroître l'effet de serre. Le fonctionnement des matériels et les opérations de maintenance conduisent à des émissions de fluides frigorigène. Ces émissions sont réglementairement déclarées et comptabilisées et des actions sont prises pour remédier à la situation.
- Les opérations de maintenance effectuées dans les bâtiments réacteur des CNPE : Lors de ces opérations, une quantité plus ou moins importante de calorifuges est changée par des produits neufs. Pendant les phases de montée en température correspondant à la remise en service des installations, certains types de calorifuges émettent, par dégradation thermique, des vapeurs formolées dans l'enceinte, qui peuvent être à l'origine de rejets de monoxyde de carbone.
- Le conditionnement de circuit à l'arrêt : à l'occasion des Arrêts de Tranche pour une durée supérieure à une semaine, la conservation humide des Générateurs de Vapeur permet de s'affranchir du risque de corrosion des matériaux constitutifs et de disposer d'une barrière biologique (écran d'eau) pour réaliser des travaux environnants. Les Générateurs de Vapeur sont alors remplis avec de l'eau déminéralisée conditionnée à l'hydrazine et additionnée avec de l'ammoniaque dans des proportions définies dans les spécifications chimiques de conservation à l'arrêt.

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

La quantité annuelle évaluée d'oxyde de soufre (SO<sub>x</sub>) et d'azote (NO<sub>x</sub>) rejetée dans l'atmosphère lors du fonctionnement périodique est basée sur les temps de fonctionnement des équipements suivants :

- des groupes électrogènes de secours (moteurs Diesels) ayant fonctionné pendant 897 heures,
- des turbines à combustion (TAC) ayant fonctionné pendant 22 heures,
- des diesels d'ultime secours (DUS) ayant fonctionné pendant 131 heures,

Au total sur les 3 tranches pour 2022 est de :

Paramètre	Unité	Groupes électrogènes	TAC DUS	TOTAL
SO <sub>x</sub>	kg	30	165	195
NO <sub>x</sub>	kg	221079	33225	254304

#### 4.1.3.2. Rejets de formaldéhyde et de monoxyde de carbone

En 2022, 687 m<sup>3</sup> de calorifuges dans les enceintes des Bâtiments Réacteurs 1 et 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 <sup>3</sup>	Formaldéhyde	1,14 <sup>E-1</sup>	2,57 <sup>E-3</sup>
		Monoxyde de carbone	1,06 <sup>E-1</sup>	2,40 <sup>E-3</sup>

#### 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	107,3
Ethanolamine		1,7

#### 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 <sub>2</sub>
Chloro-fluoro-carbone (CFC)	Kg	0
Hydrogéo-chloro-fluor-carbone (HCFC)		0
Hydrogéo-fluoro-carbone (HFC)		306,6
Hexafluorure de soufre (SF6)		5393,8
<b>Total des émissions de GES en tonne équivalent CO<sub>2</sub></b>		<b>5700,4</b>

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 CO<sub>2</sub> provenant de l'activité de combustion de combustibles dans les installations dont la puissance thermique totale de combustion est supérieure à 20 MW. Pour l'année 2022, les émissions liées à cette activité représentent 4 534 tonnes équivalent CO<sub>2</sub>.

L'équivalent CO<sub>2</sub> total des émissions de GES du CNPE constituées des pertes de fluides frigorigène et SF6 et de la combustion des diesels de secours, représente 2,5 gCO<sub>2</sub> / kWh électrique produit, la production annuelle nette d'électricité ayant été de 4,1 TWh sur l'année 2022.

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

L'année 2022 n'a pas été concernée par des actions de maintenance (hors maintenance programmée) et aucune intervention ou opération de maintenance anticipée n'ont été nécessaires.

#### 4.1.5. 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 2022.

## **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, iode, césium, ...) et des produits d'activation (cobalt, 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, chimique, 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 décision<sup>2</sup> donnent lieu à une comptabilisation d'activité rejetée égale au SD.

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

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

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

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

---

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

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

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

#### 4.2.1.3. *Cumul mensuel*

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

	<sup>131</sup> I (GBq)	<sup>54</sup> Mn (GBq)	<sup>63</sup> Ni (GBq)	<sup>58</sup> Co (GBq)	<sup>60</sup> Co (GBq)	<sup>110m</sup> Ag (GBq)	<sup>123m</sup> Te (GBq)	<sup>124</sup> Sb (GBq)
<b>Janvier</b>	6,181 <sup>E-01</sup>	8,288 <sup>E-01</sup>	1,804 <sup>E+01</sup>	7,492 <sup>E-01</sup>	8,566 <sup>E-01</sup>	8,430 <sup>E-01</sup>	4,439 <sup>E-01</sup>	4,032 <sup>E+00</sup>
<b>Février</b>	6,023 <sup>E-01</sup>	9,117 <sup>E-01</sup>	2,498 <sup>E+01</sup>	5,655 <sup>E+01</sup>	5,095 <sup>E+00</sup>	6,979 <sup>E-01</sup>	4,499 <sup>E-01</sup>	7,138 <sup>E-01</sup>
<b>Mars</b>	6,972 <sup>E-01</sup>	7,539 <sup>E-01</sup>	1,479 <sup>E+01</sup>	3,486 <sup>E+01</sup>	1,020 <sup>E+01</sup>	1,068 <sup>E+00</sup>	4,944 <sup>E-01</sup>	1,718 <sup>E+00</sup>
<b>Avril</b>	5,774 <sup>E-01</sup>	8,626 <sup>E-01</sup>	1,182 <sup>E+01</sup>	2,256 <sup>E+01</sup>	4,836 <sup>E+00</sup>	6,663 <sup>E-01</sup>	4,293 <sup>E-01</sup>	2,320 <sup>E+00</sup>
<b>Mai</b>	1,387 <sup>E-01</sup>	4,291 <sup>E-01</sup>	2,104 <sup>E+00</sup>	5,053 <sup>E+00</sup>	1,846 <sup>E+00</sup>	9,051 <sup>E-01</sup>	9,403 <sup>E-02</sup>	1,881 <sup>E+00</sup>
<b>Juin</b>	1,233 <sup>E-01</sup>	1,310 <sup>E-01</sup>	2,466 <sup>E+00</sup>	3,289 <sup>E+00</sup>	1,214 <sup>E+00</sup>	1,426 <sup>E-01</sup>	8,735 <sup>E-02</sup>	1,439 <sup>E-01</sup>
<b>Juillet</b>	1,319 <sup>E-01</sup>	1,458 <sup>E-01</sup>	1,237 <sup>E+00</sup>	2,120 <sup>E+00</sup>	1,668 <sup>E+00</sup>	1,621 <sup>E-01</sup>	1,045 <sup>E-01</sup>	1,511 <sup>E-01</sup>
<b>Août</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Septembre</b>	3,726 <sup>E-01</sup>	3,872 <sup>E-01</sup>	3,957 <sup>E+00</sup>	1,418 <sup>E+01</sup>	4,718 <sup>E+00</sup>	4,513 <sup>E-01</sup>	3,026 <sup>E-01</sup>	4,262 <sup>E-01</sup>
<b>Octobre</b>	2,926 <sup>E-01</sup>	3,477 <sup>E-01</sup>	5,046 <sup>E+00</sup>	5,810 <sup>E+00</sup>	4,064 <sup>E+00</sup>	4,820 <sup>E-01</sup>	2,289 <sup>E-01</sup>	3,355 <sup>E-01</sup>
<b>Novembre</b>	4,579 <sup>E-01</sup>	7,215 <sup>E-01</sup>	6,702 <sup>E+00</sup>	1,677 <sup>E+01</sup>	8,232 <sup>E+00</sup>	9,879 <sup>E-01</sup>	3,305 <sup>E-01</sup>	6,461 <sup>E-01</sup>
<b>Décembre</b>	1,979 <sup>E+00</sup>	2,298 <sup>E+00</sup>	1,015 <sup>E+01</sup>	3,798 <sup>E+01</sup>	2,620 <sup>E+01</sup>	4,429 <sup>E+00</sup>	1,578 <sup>E+00</sup>	3,455 <sup>E+00</sup>
<b>TOTAL ANNUUEL</b>	<b>5,99<sup>E+00</sup></b>	<b>7,82<sup>E+00</sup></b>	<b>1,01<sup>E+02</sup></b>	<b>2,74<sup>E+02</sup></b>	<b>7,66<sup>E+01</sup></b>	<b>1,08<sup>E+01</sup></b>	<b>4,54<sup>E+00</sup></b>	<b>1,58<sup>E+01</sup></b>

	Volumes rejetés (m <sup>3</sup> )	Activité Tritium (GBq)	Activité Carbone 14 (GBq)	Activités Iodes (GBq)	Activités Autres PF et PA (GBq)
Janvier	1,001E+04	3,835E+03	2,325E+00	6,181E-04	9,312E-02
Février	1,313E+04	2,296E+03	2,866E+00	6,023E-04	6,750E-02
Mars	2,132E+04	1,735E+03	1,424E+00	6,972E-04	5,353E-02
Avril	1,237E+04	9,867E+02	5,341E-01	5,774E-04	3,473E-02
Mai	9,909E+03	7,480E+01	2,821E-02	1,387E-04	1,256E-02
Juin	1,304E+03	7,042E+01	3,019E-02	1,233E-04	5,627E-03
Juillet	2,645E+03	3,983E+01	2,977E-02	1,319E-04	5,038E-03
Août	7,286E+03	6,121E-02	0	0	0
Septembre	1,203E+04	2,485E+02	1,052E-01	3,726E-04	2,238E-02
Octobre	1,520E+04	4,208E+01	6,358E-01	2,926E-04	1,281E-02
Novembre	2,315E+04	8,524E+01	1,795E-02	4,579E-04	2,989E-02
Décembre	2,692E+04	3,101E+02	9,658E-02	1,979E-03	8,637E-02
<b>TOTAL ANNUEL</b>	<b>1,55E+05</b>	<b>9,73E+03</b>	<b>7,52E+00</b>	<b>5,99E-03</b>	<b>4,24E-01</b>

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 4000 Bq/L dans les rejets en provenance des réservoirs Ex (SEK) sont dues aux micros fuites primaires/secondaires présentes sur les tubes des Générateurs de Vapeurs.

*4.2.1.4. Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel*

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

	Rejets par catégorie de radionucléides (GBq)			
	Tritium	Carbone 14	Iodes (MBq)	Autres PA et PF (MBq)
2020	1 550	0,672	5,04	257
2021	41 600	11,9	6,57	178
2022	9730	7,52	5,99	424
Prévisionnel 2022	86 000	25	10	500

**Commentaires :**

Les rejets radioactifs liquides sont bien inférieurs aux valeurs du prévisionnel 2021. Les Tranches 1 et 2 ont très peu produit en 2022 et la Tranche 3 n'est toujours pas démarrée.

#### 4.2.1.5. Comparaison aux limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2022 avec les valeurs limites de rejets fixées par la décision ASN n° 2018-DC-0639.

Paramètres	Limites annuelles de rejet		Rejet
	Prescriptions	Valeur	Valeur (GBq)
Tritium	Activité annuelle rejetée (GBq)	145 000	9 730
Carbone 14	Activité annuelle rejetée (GBq)	280	7,52
Iodes	Activité annuelle rejetée (GBq)	0,12	0,006
Autres PA et PF	Activité annuelle rejetée (GBq)	13	0,424

#### Commentaires :

Les limites réglementaires de rejets ont été respectées.

#### 4.2.1.6. Surveillance des eaux réceptrices

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

Les résultats des mesures réalisées sur les eaux de surface pour l'année 2022 sont donnés dans le tableau suivant (valeurs moyennes et maximales).

Paramètre analysé	Activité volumique horaire à mi-rejet			Activité volumique : moyenne journalière			
	Valeur moyenne mesurée en 2022	Valeur maximale mesurée en 2022	Limite réglementaire	Valeur moyenne mesurée en 2022	Valeur maximale mesurée en 2022	Limite réglementaire	
Eau filtrée	Activité bêta globale	12,2 Bq/L	13,8 Bq/L	18 Bq/L (hors <sup>40</sup> K et tritium)	-	-	-
	Tritium	114,8 Bq/L	531,0 Bq/L	1800 Bq/L	16,7 Bq/L	372 Bq/L	900 <sup>(1)</sup> / 100 <sup>(2)</sup> Bq/L
	Potassium	405 mg/L	440 mg/L	-	-	-	-
Matières en suspension	Activité bêta globale	0,040 Bq/L	0,083 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 2022 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 peut entraîner des rejets de cuivre et de zinc.

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

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

#### 4.2.2.1. Etat des connaissances sur la toxicité de 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 1<sup>er</sup> janvier 2015 pour la comptabilisation des quantités de substances chimiques rejetées. Cette nouvelle règle consiste à retenir par convention une valeur de concentration égale à la limite de quantification divisée par deux lorsque le résultat de la mesure est en dessous de la limite de quantification des moyens métrologiques employés pour effectuer l'analyse.

4.2.2.3. Rejets d'effluents liquides chimiques via les bassins de rejets 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

	Acide borique (kg)	Ethanolamine (kg)	Hydrazine (kg)	Détergents (kg)	Azote total (kg)	Phosphates (kg)	Métaux (kg)
<b>Janvier</b>	4,496 <sup>E+02</sup>	2,131 <sup>E+00</sup>	1,045 <sup>E-01</sup>	4,956 <sup>E-02</sup>	2,171 <sup>E+02</sup>	6,407 <sup>E+00</sup>	1,176 <sup>E+00</sup>
<b>Février</b>	3,024 <sup>E+02</sup>	2,461 <sup>E+00</sup>	5,317 <sup>E-02</sup>	4,917 <sup>E-02</sup>	2,351 <sup>E+02</sup>	1,792 <sup>E+01</sup>	1,509 <sup>E+00</sup>
<b>Mars</b>	4,967 <sup>E+02</sup>	2,337 <sup>E+00</sup>	7,345 <sup>E-02</sup>	4,487 <sup>E-01</sup>	1,713 <sup>E+02</sup>	2,759 <sup>E+01</sup>	1,915 <sup>E+00</sup>
<b>Avril</b>	1,640 <sup>E+02</sup>	3,402 <sup>E+00</sup>	3,093 <sup>E-02</sup>	6,730 <sup>E-02</sup>	1,879 <sup>E+01</sup>	2,336 <sup>E+01</sup>	1,267 <sup>E+00</sup>
<b>Mai</b>	1,079 <sup>E+02</sup>	1,594 <sup>E+00</sup>	2,477 <sup>E-02</sup>	2,994 <sup>E-02</sup>	5,952 <sup>E+00</sup>	3,348 <sup>E+01</sup>	1,623 <sup>E+00</sup>
<b>Juin</b>	3,465 <sup>E+02</sup>	1,816 <sup>E-01</sup>	3,261 <sup>E-03</sup>	1,606 <sup>E-02</sup>	2,504 <sup>E+00</sup>	3,010 <sup>E+01</sup>	7,322 <sup>E+00</sup>
<b>Juillet</b>	4,657 <sup>E+02</sup>	2,125 <sup>E-01</sup>	6,613 <sup>E-03</sup>	1,654 <sup>E-02</sup>	5,739 <sup>E+00</sup>	2,216 <sup>E+01</sup>	7,067 <sup>E+00</sup>
<b>Août</b>	/	1,821 <sup>E-01</sup>	1,821 <sup>E-02</sup>	/	1,222 <sup>E+01</sup>	1,449 <sup>E+01</sup>	1,005 <sup>E+00</sup>
<b>Septembre</b>	3,933 <sup>E+02</sup>	3,007 <sup>E-01</sup>	3,007 <sup>E-02</sup>	3,447 <sup>E-02</sup>	1,635 <sup>E+01</sup>	2,658 <sup>E+01</sup>	1,644 <sup>E+00</sup>
<b>Octobre</b>	4,726 <sup>E+02</sup>	3,800 <sup>E-01</sup>	4,700 <sup>E-02</sup>	1,014 <sup>E-01</sup>	2,383 <sup>E+01</sup>	1,154 <sup>E+01</sup>	2,521 <sup>E+00</sup>
<b>Novembre</b>	5,990 <sup>E+02</sup>	5,933 <sup>E-01</sup>	6,958 <sup>E-02</sup>	8,117 <sup>E-02</sup>	4,338 <sup>E+01</sup>	3,231 <sup>E+01</sup>	2,785 <sup>E+00</sup>
<b>Décembre</b>	5,027 <sup>E+02</sup>	1,811 <sup>E+00</sup>	3,757 <sup>E-01</sup>	1,089 <sup>E-01</sup>	1,104 <sup>E+02</sup>	3,356 <sup>E+01</sup>	2,726 <sup>E+00</sup>
<b>TOTAL ANNUEL</b>	<b>4,30<sup>E+03</sup></b>	<b>1,56<sup>E+01</sup></b>	<b>8,37<sup>E-01</sup></b>	<b>1,00<sup>E+00</sup></b>	<b>8,63<sup>E+02</sup></b>	<b>2,79<sup>E+02</sup></b>	<b>1,96<sup>E+01</sup></b>

	Détail métaux totaux					
	Al (kg)	Cr (kg)	Cu (kg)	Fe (kg)	Mn (kg)	
Janvier	1,001E-01	2,504E-02	1,094E-01	6,659E-01	7,482E-02	2,
Février	1,313E-01	3,283E-02	1,389E-01	8,869E-01	9,868E-02	3,
Mars	2,132E-01	5,330E-02	6,325E-02	1,207E+00	7,243E-02	5,
Avril	1,567E-01	3,965E-02	7,751E-02	6,766E-01	7,645E-02	3,
Mai	2,181E-01	9,282E-02	1,537E-01	7,486E-01	2,714E-01	2,
Juin	7,319E-02	3,261E-03	2,482E-02	4,985E-01	3,944E-02	5,
Juillet	9,719E-02	6,605E-03	2,847E-02	3,734E-01	2,723E-02	6,
Août	7,286E-02	1,821E-02	5,100E-02	5,974E-01	1,457E-01	1,
Septembre	1,754E-01	3,007E-02	6,109E-02	9,345E-01	1,929E-01	3,
Octobre	1,770E-01	1,002E-01	1,715E-01	1,301E+00	2,833E-01	8,
Novembre	3,252E-01	5,789E-02	2,302E-01	1,588E+00	2,605E-01	5,
Décembre	4,440E-01	6,740E-02	2,134E-01	1,298E+00	2,893E-01	6,
<b>TOTAL ANNUEL</b>	<b>2,18<sup>E+00</sup></b>	<b>5,27<sup>E-01</sup></b>	<b>1,32<sup>E+00</sup></b>	<b>1,08<sup>E+01</sup></b>	<b>1,83<sup>E+00</sup></b>	<b>4</b>

	Détail Azote total		
	Ammonium (kg)	Nitrates (kg)	Nitrites (kg)
Janvier	2,51E+02	2,69E+01	5,18E+01
Février	2,60E+02	3,94E+01	7,81E+01
Mars	1,71E+02	7,50E+01	6,94E+01
Avril	2,63E+01	3,40E+01	8,57E+00
Mai	2,84E+00	1,60E+01	7,86E-01
Juin	1,94E+00	4,32E+00	5,51E-02
Juillet	2,70E+00	1,60E+01	6,61E-02
Août	1,75E+00	7,04E+01	1,72E+00
Septembre	3,53E+00	5,75E+01	1,99E+00
Octobre	3,90E+00	8,98E+01	1,72E+00
Novembre	1,90E+01	1,17E+02	7,52E+00
Décembre	8,98E+01	9,93E+01	5,96E+01
<b>TOTAL ANNUEL</b>	<b>8,34E+02</b>	<b>6,46E+02</b>	<b>2,81E+02</b>

	Contribution FLA3						
	Acide borique (kg)	Ethanolamine (kg)	Hydrazine (kg)	Détergents (kg)	Azote total (kg)	Phosphates (kg)	Métaux (kg)
Janvier	29	0,011	0,0002	/	0,031	5,66	0,03
Février	12	0,012	0,0002	/	0,019	5,50	0,07
Mars	24	0,014	0,0002	/	0,038	4,71	0,04
Avril	112	0,031	0,0005	/	0,080	3,25	0,13
Mai	373	0,046	0,0006	/	0,121	16,72	0,31
Juin	663	0,140	0,0015	/	0,285	6,81	0,23
Juillet	102	0,006	0,0006	/	0,128	2,13	0,08
Août	304	0,016	0,0016	/	0,476	37,16	0,24
Septembre	131	0,009	0,0009	/	2,029	7,28	0,18
Octobre	594	0,048	0,0023	/	0,159	9,44	0,81
Novembre	107	0,016	0,0003	/	0,158	9,86	0,19
Décembre	119	0,014	0,0014	/	0,181	31,91	0,26
<b>TOTAL ANNUEL</b>	<b>2568</b>	<b>0,364</b>	<b>0,0104</b>	<b>/</b>	<b>3,706</b>	<b>140,72</b>	<b>2,63</b>

### Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel

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

Substances	Unité	2020	2021	2022
Acide borique	kg	7160	6650	4300
Ethanolamine	kg	9,0	10,2	15,6
Hydrazine	kg	0,88	1,79	0,84
Détergents	kg	17,9	1,09	1,00
Azote total	kg	385	2600	863
Phosphates	kg	350	264	279
Métaux totaux	kg	30,5	16,2	19,6
MES	kg	190	193	156
DCO	kg	2248	3834	1740

#### Commentaires :

Les rejets chimiques liquides sont inférieurs aux valeurs du prévisionnel 2022.

### Comparaison aux limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2022 avec les valeurs limites de la décision ASN n° 2018-DC-0639.

Substances	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)
Acide borique	1,3	6,08 <sup>E-02</sup>	2 500	226	870	28,1
Ethanolamine	0,005	1,12 <sup>E-04</sup>	10	0,415		
Hydrazine	0,002	1,64 <sup>E-05</sup>	3	0,0609		
Détergents	0,14	4,39 <sup>E-06</sup>	270	0,0163	110	0,002
Azote total	0,09	2,45 <sup>E-03</sup>	80	9,1	60	4,53
Phosphates	0,1	2,18 <sup>E-03</sup>	200	8,1	160	3,49
Métaux totaux	0,001	0,0002	18	0,63		
MES	0,08	0,002	160	4,1 <sup>(1)</sup>		
DCO	0,09	0,016	170	58,7		

<sup>(1)</sup> : 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 par le CNPE de Flamanville est évaluée à environ 1 kg. Cette estimation est basée sur des données de l'année 2017 (peu de variations inter-annuelles), année de parution de la décision ASN n° 2010-DC-0189 dans laquelle la lithine a été abandonnée.

#### **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 2022.

##### **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	4,5	0,88
Février	0,5	0,22
Mars	1,4	0,30
Avril	0,9	0,20
Mai	1,0	0,50
Juin	1,1	0,30
Juillet	1,6	0,40
Août	1,0	0,40
Septembre	4,0	0,90
Octobre	3,0	0,70
Novembre	0	0,10
Décembre	3,0	0,70
<b>TOTAL ANNUEL</b>	<b>22,0</b>	<b>5,60</b>

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

Paramètres	Unité	2020	2021	2022	Prévisionnel 2022
Oxydants résiduels	tonnes	47	61	22	73
Bromoformes	tonnes	5,8	14	5,6	13

##### **Commentaires :**

Le prévisionnel rejet a été respecté sur l'année 2022.

### 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 <sup>(1)</sup>	0,52	0,15	3 380	480
Bromoformes <sup>(2)</sup>	0,02	0,018	116	66
<p><sup>(1)</sup> 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><sup>(2)</sup> 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 2022.

#### 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	346	5122	1	0	0	99	26
Février	403	7912	1	0	0	115	53
Mars	451	8631	2	0	0	137	26
Avril	323	6494	1	0	0	151	36
Mai	315	4668	0	0	0	159	14
Juin	415	796	0	0	0	126	21
Juillet	118	745	0	0	0	228	21
Août	568	2752	2	0	0	108	20
Septembre	533	4871	3	20	0	130	18
Octobre	710	3889	0	0	0	121	66
Novembre	636	3930	0	0	0	138	76
Décembre	667	3230	0	0	0	80	15
<b>TOTAL ANNUEL</b>	<b>5485</b>	<b>53040</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>1593</b>	<b>392</b>

### Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel

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

Paramètres	Unité	2020	2021	2022	Prévisionnel 2022
Fer SDA	kg	5 664	21 400	5485	11 000
Sulfates SDA	kg	101 741	188 864	53040	130 000
Fer SDS	kg	40	0	10	300
Sulfates SDS	kg	421	0	20	1 100
Détergents SDS	kg	0	0	0	0
Azote global STEP	kg	1 400	1 683	1592	2 000
Phosphore total STEP	kg	250	334	392	560

#### Commentaires :

- Le prévisionnel rejet a été respecté durant l'année 2022.

### 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	81		5 495
Sulfates SDA + SDS	2 100	1 800		53 060
Fer SDS				10
Sulfates SDS				20
Détergents SDS	125	0		0
Azote global STEP	40	9,18		
Phosphore total STEP	7	2,55		

Commentaires : RAS.

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

##### **Commentaires :**

L'année 2022 n'a pas été concernée par des actions de maintenance (hors maintenance programmée) et aucune intervention ou opération de maintenance anticipée n'ont été nécessaires.

#### 4.2.2.7. 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 2022.

### **4.3. Rejets thermiques**

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

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

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

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

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

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 2022 sont présentés dans les tableaux suivants :

	Température moyenne à la prise d' eau (entrée condenseur) (°C)	Echauffement moyen dans les puits de rejet (°C)	Echauffement maximum dans les puits de rejet (°C)	Température moyenne dans les puits de rejet (°C)	Température maximum dans les puits de rejet (°C)	Température moyenne à 50m des puits de rejet (°C)	Température maximum à 50m des puits de rejet (°C)
Janvier	10,8	12,1	13,0	23,0	24,9	17,8	19,0
Février	10,1	8,3	12,9	18,5	23,2	15,0	17,7
Mars	10,1	10,8	11,4	14,0	21,7	12,6	17,4
Avril	10,9	0	0	10,9	11,9	10,9	11,9
Mai	13,1	0	0	13,2	15,6	13,2	15,6
Juin	15,5	0	0	15,6	16,5	15,6	16,5
Juillet	17,6	0	0	17,7	19,8	17,7	19,8
Août	19,0	0	0	19,0	19,6	19,0	19,6
Septembre	18,5	0	0	18,6	19,5	18,6	19,5
Octobre	17,0	0	0	17,1	17,9	17,1	17,9
Novembre	14,3	0	0	14,4	16,4	14,4	16,4
Décembre	11,6	5,9	13,6	17,6	25,7	14,8	19,4

#### 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)	13,6
		14°C (pour l'INB n°167)	0
Température aval après mélange	°C	< 30°C (de novembre à mai)	25,7
		< 35°C (de juin à octobre)	19,0
Température à 50 m du milieu récepteur	°C	30°C (pour les INB n° 108, 109 et 167)	19,8

#### **Commentaires :**

Les limites réglementaires associées aux rejets thermiques ont toujours été respectées.

#### 4.3.3. En conditions climatiques exceptionnelles

Aucun épisode caniculaire nécessitant l'utilisation des limites en conditions climatiques exceptionnelles n'a eu lieu en 2022.

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

#### **Commentaires :**

L'année 2022 n'a pas été concernée par des actions de maintenance (hors maintenance programmée) et aucune intervention ou opération de maintenance anticipée n'ont été nécessaires.

## **5. SURVEILLANCE DE L'ENVIRONNEMENT**

### **5.1. Surveillance de la radioactivité dans l'environnement**

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

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

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

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

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

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

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

Ainsi, le CNPE réalise annuellement, sous le contrôle de l'ASN, 20 000 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.

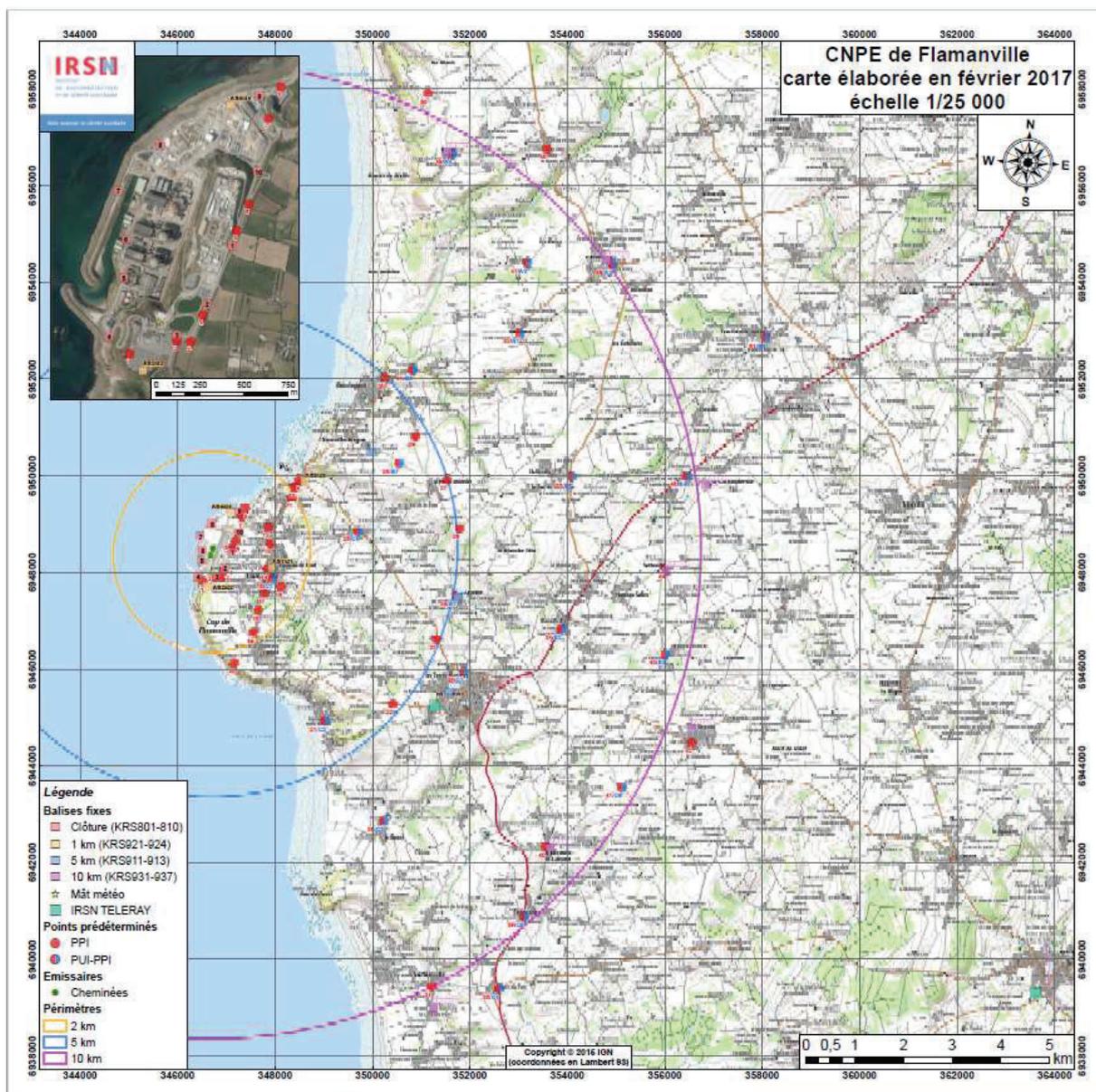
En règle générale, le plan d'échantillonnage contient des échantillons biologiques, qui constituent des voies de transfert possibles, directes ou indirectes, de la radioactivité vers l'homme (prélèvements de légumes, fruits, poissons, lait, eaux, herbes...) et des échantillons, appelés bioindicateurs, 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 2022 sont présentés dans le tableau suivant. Les débits de dose maximaux et les données relatives aux années antérieures sont également présentés à titre de comparaison.

Réseau de mesure	Débit de dose moyen année 2022 (nSv/h)	Débit de dose max année 2022 (nSv/h)	Débit de dose moyen année 2021 (nSv/h)	Débit de dose moyen année 2020 (nSv/h)
Clôture	137	252	130	128
1 km	109	151	97	92
5 km	164	365	168	172
10 km	114	176	113	112

**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 cohérentes 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 1er au 7, du 8 au 14, du 15 au 21 et du 22 à la fin du mois).

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

Les résultats des mesures réalisées sur le compartiment atmosphérique pour l'année 2022 sont donnés dans le tableau suivant :

Compartiment	Paramètres	Moyenne annuelle	Valeur maximale mesurée	Limite réglementaire (pour chaque analyse)	
Poussières atmosphériques	Bêta globale	$4,09E^{-4}$ Bq/Nm <sup>3</sup>	$1,76E^{-3}$ Bq/Nm <sup>3</sup>	$1E^{-2}$ Bq/m <sup>3</sup>	
	Spectrométrie gamma	<sup>58</sup> Co	$\leq 5,9E^{-6}$ Bq/Nm <sup>3</sup>	$\leq 8,6E^{-5}$ Bq/Nm <sup>3</sup>	-
		<sup>60</sup> Co	$\leq 4,4E^{-6}$ Bq/Nm <sup>3</sup>	$\leq 6,9E^{-6}$ Bq/m <sup>3</sup>	-
		<sup>134</sup> Cs	$\leq 4,7E^{-6}$ Bq/Nm <sup>3</sup>	$\leq 6,3E^{-6}$ Bq/Nm <sup>3</sup>	-
		<sup>137</sup> Cs	$\leq 3,2E^{-6}$ Bq/Nm <sup>3</sup>	$\leq 4,8E^{-6}$ Bq/Nm <sup>3</sup>	-
		<sup>131</sup> I	$\leq 8,8E^{-4}$ Bq/Nm <sup>3</sup>	$\leq 2,4E^{-3}$ Bq/Nm <sup>3</sup>	-
		<sup>40</sup> K	$\leq 1,1E^{-4}$ Bq/Nm <sup>3</sup>	$\leq 4,4E^{-4}$ Bq/Nm <sup>3</sup>	-
Tritium atmosphérique		$\leq 1,52E^{-1}$ Bq/Nm <sup>3</sup>	$\leq 2,21E^{-1}$ Bq/Nm <sup>3</sup>	50 Bq/m <sup>3</sup>	
Eau de pluie	Bêta globale	$\leq 1,72E^{-1}$ Bq/L	$4,42E^{-1}$ Bq/L	-	
	Tritium	$\leq 4,69$ Bq/L	8,67 Bq/L	-	

**Commentaires :**

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

Nature du prélèvement	Radionucléide	Périodicité	Moyenne annuelle	Valeur maximale mesurée
Végétaux terrestres (Bq/kg sec)	Spectrométrie gamma	-	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 2021 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 2022 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	13,80
	Tritium		Bq/L	11,70	25,75
	Potassium		Bq/L	419	430
Matières en suspension	Activité bêta globale		Bq/L	0,039	0,095

#### **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 2022 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	18,0
	Bêta global	Bq/L	12,9
	Potassium	Bq/L	440
Matières en suspension	Bêta global	Bq/L	1,9

**Commentaires** : RAS.

### 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	-	8,70 (0SEZ040PZ : pH11,7)
Conductivité	µS / cm	54 800
Hydrocarbures totaux	mg / l	1,2
Chlorures		29 400
Azote Kjeldahl		1,8
Nitrates		14,7
Phosphates		0,23

**Commentaires** :

La valeur de pH maximale de 11,6 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 2022, 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. Les faits marquants de l'année 2022 sont résumés ci-après.

L'année 2022 est marquée par sa douceur particulièrement remarquable, il s'agit de l'année la plus chaude depuis 1986. La moyenne annuelle des températures moyennes de 13,2°C est supérieure de 1,2°C à la normale 1981-2010. C'est la neuvième année consécutive où la température moyenne dépasse la valeur de référence 1981-2010. Toutefois, cette valeur annuelle cache de grandes disparités d'un mois à l'autre. La pluviométrie totale de l'année se rapproche de la normale avec une répartition des pluies très inégale au fil de l'année. Après 8 mois globalement déficitaires, les 4 derniers mois de l'année, en particulier novembre, permettent de retrouver un niveau normal pour l'année. Malgré cette situation atypique, les températures de l'eau de mer, relevées à proximité du CNPE, sont supérieures aux médianes historiques sur l'ensemble de la zone et des saisons sans atteindre des valeurs records. Cette particularité s'explique d'une part par l'inertie thermique des masses d'eau marines, combinée au fait que la Façade Manche-Mer du nord ait été globalement moins impactée que les autres régions de France par les épisodes caniculaires qui ont marqué l'année 2022.

Les mesures réalisées en 2022 pour la salinité ne se distinguent pas fortement de celles de la période 1987-2021. Cette année, une légère baisse de la salinité apparaît sur tous les points en été, probablement due aux fortes précipitations rencontrées en juin (cumul mensuel de 41 mm).

Pour la 7<sup>e</sup> 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.

En 2022, tous les sels nutritifs montrent des concentrations, au printemps et en été, proches ou inférieures à la LQ pour tous les points (consommation du stock). 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. Les tendances sont conformes au cycle saisonnier classique (Figure B-1) et sont liées principalement au cycle biologique du phytoplancton qui se développe au printemps consommant l'azote, qui s'épuise courant l'été et se recharge à l'automne avec l'apport de cours d'eau.

Cette année, des concentrations élevées en MES ont été observées en été, avec des valeurs homogènes entre les différents points. Mais seules les mesures de turbidité mesurées par néphélogéométrie depuis 2016, au point Rejet et Canal (au printemps et en automne), corroborent les niveaux de MES. En effet, en été, 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.

Les données relatives au compartiment hydrologique acquises en 2022 dans le cadre du programme de surveillance écologique du CNPE de Flamanville ne mettent en évidence aucun échauffement de l'eau aux abords du Rejet, le CNPE ayant été à l'arrêt à partir du mois d'avril 2022. Aucune perturbation thermique n'a été relevée lors des différentes campagnes. Les autres paramètres suivis présentent des valeurs et des variations expliquées par la saisonnalité, l'environnement climatique et géomorphologique, sans montrer de particularités pouvant être reliées directement au contexte climatique exceptionnellement chaud et sec de l'année 2022.

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, réduites en 2022, 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'amenée et le canal de rejet.

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 déceler 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, la variabilité spatiale et temporelle des paramètres pélagiques, benthiques et halieutiques suivis dans le cadre de la surveillance réglementaire du CNPE de Flamanville en 2022 ne montrent pas d'évolution ou de comportement atypique pouvant être mis en relation directe soit avec le fonctionnement du CNPE, soit avec le contexte hydroclimatique exceptionnellement chaud et sec qui a caractérisé cette année.

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 Émergence Réglementée (ZER).

Le deuxième critère, en vigueur depuis le 1<sup>er</sup> 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 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, ...). 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\\_Bilan-Radiologique-France-2018-2020.pdf](https://www.irsn.fr/FR/expertise/rapports_expertise/Documents/environnement/IRSN-ENV_Bilan-Radiologique-France-2018-2020.pdf)

À partir des activités annuelles rejetées par radionucléide, une dose efficace<sup>3</sup> 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:

---

<sup>3</sup> La dose efficace est la somme des doses absorbées par tous les tissus, pondérée d'un facteur radiologique WR (WR = Radiation Weighting factor, facteur de pondération du rayonnement) pour tenir compte de la qualité du rayonnement ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ...) et d'un facteur de pondération tissulaire WT (WT = Tissue 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 ».

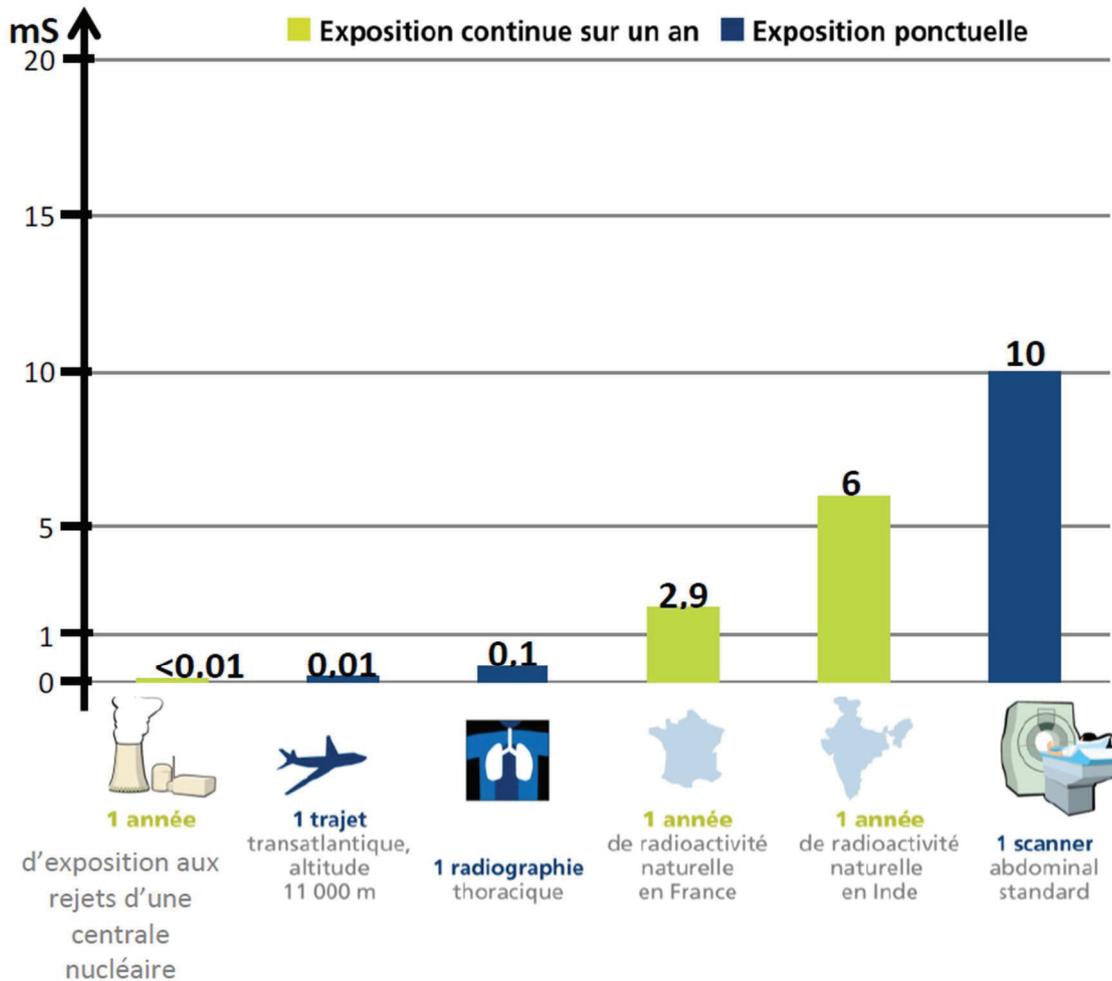
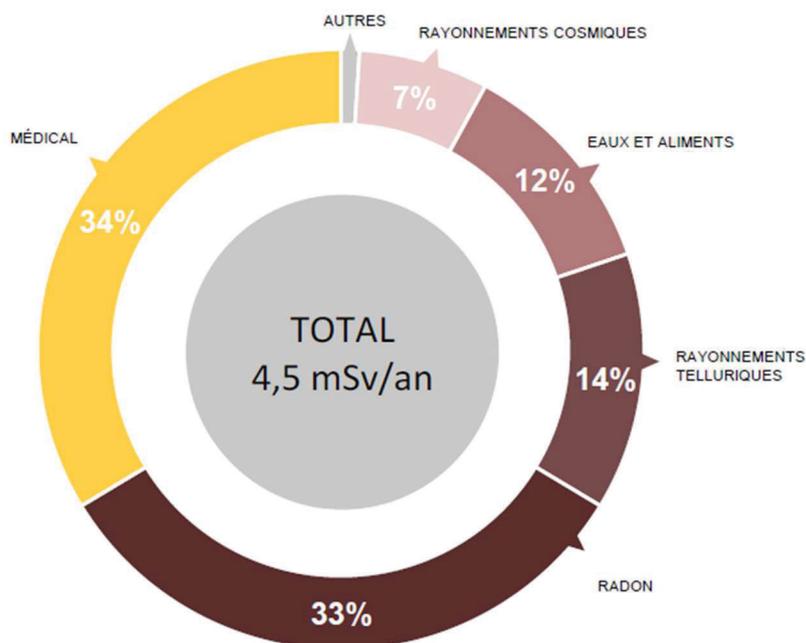


Figure 1 : Echelle des ordres de grandeur de doses résultant de situations courantes et comparaison aux seuils réglementaires (Source : EDF)

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 2022 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	2,6 <sup>E-06</sup>	2,8 <sup>E-05</sup>	3,1 <sup>E-05</sup>
Rejets d'effluents liquides	3,6 <sup>E-05</sup>	1,4 <sup>E-05</sup>	5,0 <sup>E-05</sup>
<b>TOTAL</b>	<b>3,9<sup>E-05</sup></b>	<b>4,3<sup>E-05</sup></b>	<b>8,2<sup>E-05</sup></b>

ENFANT DE 10 ANS	EXPOSITION EXTERNE (mSv)	EXPOSITION INTERNE (mSv)	TOTAL (mSv)
Rejets d'effluents à l'atmosphère	2,5 <sup>E-06</sup>	2,6 <sup>E-05</sup>	2,9 <sup>E-05</sup>
Rejets d'effluents liquides	1,2 <sup>E-04</sup>	7,9 <sup>E-06</sup>	1,3 <sup>E-04</sup>
<b>TOTAL</b>	<b>1,2<sup>E-04</sup></b>	<b>3,4<sup>E-05</sup></b>	<b>1,6<sup>E-04</sup></b>

ENFANT DE 1 AN	EXPOSITION EXTERNE (mSv)	EXPOSITION INTERNE (mSv)	TOTAL (mSv)
Rejets d'effluents à l'atmosphère	2,7 <sup>E-06</sup>	6,7 <sup>E-05</sup>	6,9 <sup>E-05</sup>
Rejets d'effluents liquides	4,5 <sup>E-05</sup>	3,9 <sup>E-06</sup>	4,9 <sup>E-05</sup>
<b>TOTAL</b>	<b>4,8<sup>E-05</sup></b>	<b>7,1<sup>E-05</sup></b>	<b>1,2<sup>E-04</sup></b>

Les valeurs de doses calculées sont inférieures à 1.10<sup>-4</sup> mSv/an pour l'adulte et 1.10<sup>-3</sup> mSv/an pour l'enfant de 10 ans et pour l'enfant de 1 an.

Les valeurs de doses calculées pour l'adulte, l'enfant de 10 ans et l'enfant de 1 an, attribuables aux rejets d'effluents radioactifs de l'année 2022 sont plus de 1 000 fois inférieures à la limite d'exposition fixée à 1 mSv par an pour la population, par l'article R1333-11 du Code de la Santé Publique. L'ensemble des populations résidant de manière permanente ou temporaire autour du CNPE est exposé à une dose efficace inférieure ou égale à la dose calculée pour la personne représentative, présentée ci-dessus.

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

## **7. 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

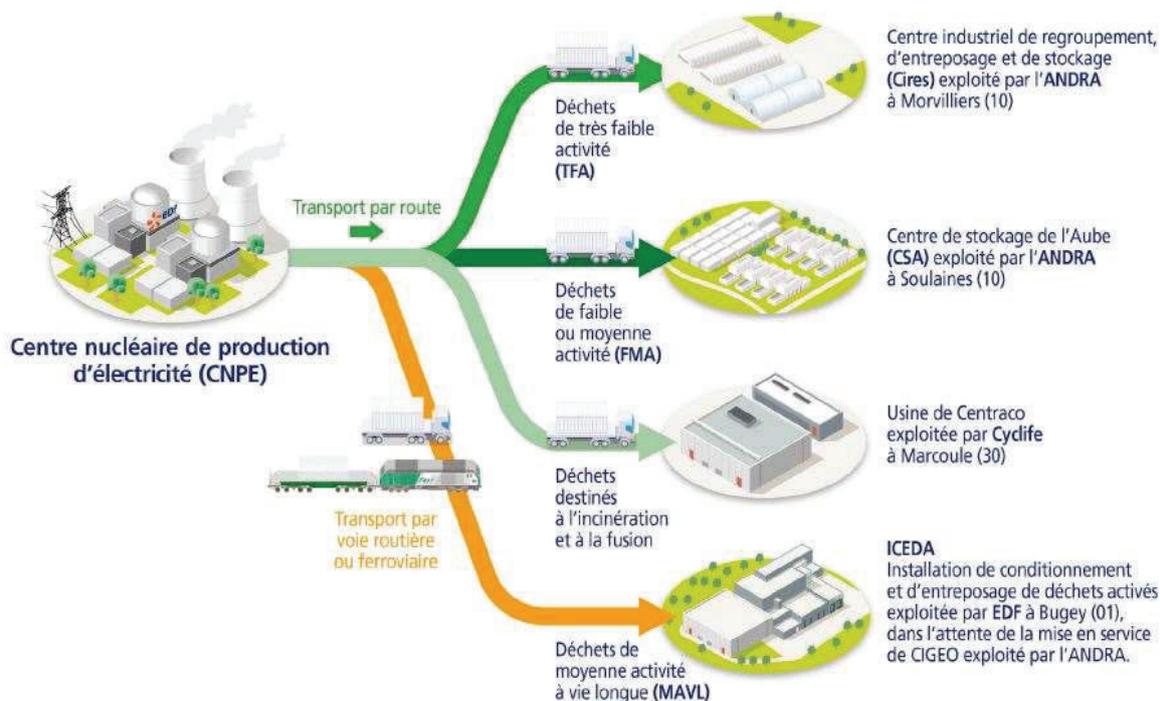


Figure 2 : Transport des déchets radioactifs (Source : EDF)

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

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

Catégorie déchet	Quantité entreposée au 31/12/2022	Commentaires
TFA	127,67 tonnes	En conteneur sur l'aire TFA
FMAVC (Liquides)	17,83 tonnes	Effluents du lessivage chimique, huiles, solvants...
FMAVC (Solides)	93,13 tonnes	Localisation Bâtiment des Auxiliaires Nucléaires et Bâtiment Auxiliaire de Conditionnement (BAC)
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 2022 pour les 2 réacteurs en fonctionnement du CNPE de Flamanville.

Catégorie déchet	Quantité entreposée au 31/12/2022	Type d'emballage
TFA	234 colis	Tous type d'emballage confondus
FMAVC	113 colis	Coques Bétons
FMAVC	570 colis	Fûts (métalliques, PEHD)
FMAVC	14 colis	Autres (caissons, pièces massives...)

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

Site destinataire	Nombre de colis évacués
Cires à Morvilliers	205
CSA à Soulaines	1046
Centraco à Marcoule	3358

En 2022, 4069 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 2022 par le CNPE.

Quantités 2022 en tonnes	Déchets dangereux		Déchets non dangereux non inertes		Déchets inertes		Total	
	Produits	Valorisés	Produits	Valorisés	Produits	Valorisés	Produits	Valorisés
Exploitation	10283	8383	34493	29822	97458	97393	142234	135598
Déconstruction	475	316	1085	988	2222	2218	3783	3521

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

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

La production de déchets inertes a été historiquement conséquente en 2021 du fait de la poursuite d'importants chantiers, liés notamment aux chantiers de modifications post Fukushima, au projet Grand Carénage, ainsi qu'à des chantiers de voirie, d'aménagement de zones d'entrepôt, de parkings, de bâtiments tertiaires et des chantiers de rénovation des systèmes de traitement des eaux usées.

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

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

- la création en 2006 du Groupe Déchets Economie Circulaire, chargé d'animer la gestion des déchets conventionnels pour l'ensemble des entités d'EDF. Ce groupe, qui s'inscrit dans le cadre du Système de Management Environnemental certifié ISO 14001 d'EDF, est composé de représentants des Divisions/Métiers des différentes Directions productrices de déchets. Ses principales missions consistent à apporter de la cohérence en proposant des règles et outils de référence aux entités productrices de déchets,
- les entités productrices de déchets conventionnels disposent d'un outil informatique qui permet en particulier de maîtriser les inventaires de déchets et leurs voies de gestion,
- la définition depuis 2008 d'un objectif de valorisation pour l'ensemble des déchets valorisables. 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 2022, les 3 unités de production du CNPE de Flamanville ont produit 4203,91 tonnes de déchets conventionnels : 93,7 % de ces déchets ont été valorisés ou recyclés.