



RAPPORT ENVIRONNEMENTAL ANNUEL 2019
CENTRALE NUCLEAIRE DE SAINT-LAURENT

2019

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



SOMMAIRE

Partie I - Le Centre Nucléaire de Production d'Électricité	4
de Saint-Laurent en 2019	4
I. Contexte	4
II. Le CNPE de Saint-Laurent	4
III. Modifications apportées au voisinage du CNPE de Saint-Laurent	5
IV. Évolutions scientifiques susceptibles de modifier l'étude d'impact	5
V. Bilan des incidents de fonctionnement et des évènements significatifs pour l'environnement	6
Partie II - Prélèvements d'eau	7
I. Prélèvement d'eau en Loire	8
II. Prélèvement d'eau en nappe phréatique	10
Partie III - Consommation et restitution d'eau	13
Partie IV - Rejets d'effluents	14
I. Rejets d'effluents à l'atmosphère	14
II. Rejets d'effluents liquides	22
III. Rejets thermiques	32
Partie V - Prévention du risque microbiologique	34
I. Bilan annuel des colonisations en circuit	34
II. Synthèse des traitements biocides et rejets associés	34
Partie VI - Surveillance de l'environnement	36
I. Surveillance de la radioactivité dans l'environnement	36
II. Surveillance physico-chimique et hydrobiologique	39
III. Physico chimie et hydroécologie de la Loire	46
IV. Acoustique environnementale	47
Partie VII - Évaluation de l'impact environnemental et sanitaire des rejets de l'installation	48
Partie VIII - Gestion des déchets	51
I. Les déchets radioactifs	51

II. Les déchets non radioactifs	56
---------------------------------	----

ABREVIATIONS	58
---------------------	-----------

Partie I - Le Centre Nucléaire de Production d'Électricité de Saint-Laurent en 2019

I. 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'Électricité (CNPE) d'EDF disposent d'un système de management de l'environnement certifié « ISO 14001 ».

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 2019 du CNPE de Saint-Laurent en matière d'environnement.

II. Le CNPE de Saint-Laurent

Le Centre nucléaire de production d'électricité (CNPE) de Saint-Laurent est situé dans le département du Loir-et-Cher (41) sur le territoire de la commune de Saint-Laurent Nouan. Il est implanté sur la rive gauche de la Loire, entre Orléans et Blois.

Le CNPE de Saint-Laurent a connu deux périodes de construction : Saint-Laurent A de 1963 à 1971 et Saint-Laurent B de 1975 à 1980.

1. Saint-Laurent A

Les deux réacteurs en déconstruction appartiennent à la filière Uranium naturel graphite gaz (UNGG). Le premier construit, Saint-Laurent A1, a fonctionné entre 1969 et 1991. Le second, Saint-Laurent A2, a été exploité entre 1971 et 1992. Ces deux réacteurs constituent l'installation nucléaire de base n°46. Le démantèlement complet de ces deux réacteurs a été autorisé par le décret 2010-510 du 18 mai 2010.

Les deux silos d'entreposage de chemises de graphite provenant de l'exploitation des réacteurs Saint-Laurent A1 et Saint-Laurent A2 constituent l'installation nucléaire de base n°74, dont l'exploitation par le Commissariat à l'énergie atomique (CEA) a été autorisée par le décret du 14 juin 1971. L'exploitation de cette installation de base a été transférée à EDF par le décret du 28 juin 1984.

2. Saint Laurent B

Les deux réacteurs en fonctionnement de Saint-Laurent B appartiennent à la filière REP (Réacteur à eau sous pression). Le premier construit, Saint-Laurent B1, a été mis en fonctionnement en octobre 1980, le second, Saint-Laurent B2, un an plus tard, en 1981. Ces deux réacteurs constituent l'INB n°100. Ils sont pleinement exploités aujourd'hui et développent chacun une puissance électrique disponible pour le réseau de 900 MW.

Quotidiennement, ce sont plus de 1 100 hommes et femmes qui œuvrent à la production en toute sûreté d'une électricité compétitive et faiblement émettrice de CO₂. L'ensemble des réacteurs de Saint-Laurent a déjà produit plus de 425 milliards de kWh depuis sa mise en service.



Photo 1: Centrale nucléaire de Saint-Laurent B

III. Modifications apportées au voisinage du CNPE de Saint-Laurent

La surveillance de l'environnement industriel est réalisée en application d'une prescription interne d'EDF. Lors de l'année 2019, aucune modification notable au voisinage du CNPE de Saint-Laurent n'a été identifiée.

IV. Évolutions scientifiques susceptibles de modifier l'étude d'impact

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

- L'éthanolamine a des propriétés irritantes (oculaire, cutané, brûlure d'œsophage dans le cas de l'ingestion) et corrosives. Une valeur toxicologique de référence (VTR) chronique par voie orale a été établie par la National Science Foundation (NSF - ONG étatsunienne accréditée) en 2008 pour l'éthanolamine, sa valeur étant de 4,10⁻² mg/kg/j. Il ne s'agit néanmoins pas d'un organisme reconnu au sens de la note d'information n° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014.
- 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 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.

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

En 2002, le CNPE de Saint-Laurent 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 Saint-Laurent 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 partenaires - 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 Saint-Laurent. L'ensemble des salariés du CNPE, ainsi que le personnel intervenant pour le compte d'entreprises partenaires, sont impliqués dans le respect de l'environnement.

Dans le cadre de l'amélioration continue, le CNPE de Saint-Laurent a mis en place un système permettant de détecter, tracer, déclarer, les Événements Significatifs pour l'Environnement (ESE) à l'Autorité de Sûreté Nucléaire, de traiter ces événements et d'en analyser les causes profondes pour les éradiquer.

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

3. Bilan des évènements significatifs pour l'environnement déclarés

Le tableau suivant récapitule l'évènement significatif pour l'environnement déclaré par le CNPE de Saint-Laurent en 2019.

Typologie	Date	Évènement	Impact sur l'environnement	Principales actions correctives
ESE	Du 02/09/2019 au 12/09/2019 Du 17/12/2019 au 20/12/2019	Non-respect de la limite réglementaire en pH au niveau de l'ouvrage secondaire en Loire	Le suivi du pH en aval du site ne montre pas d'incidence de l'évènement sur la qualité de l'eau de la Loire	Suite à la détection de l'évènement, l'injection de chlorure ferrique au niveau de la station d'épuration a été réduite voire stoppée (pour l'évènement survenu en septembre)

4. Bilan des incidents de fonctionnement

Le CNPE de Saint-Laurent a eu, durant l'année 2019, des indisponibilités ponctuelles du préleveur aérosol de la station de Courbouzon (AS2). En effet, deux coupures électriques sont apparues au niveau de la station AS2, rendant indisponible le prélèvement sur les filtres aérosols pendant quelques heures réparties du 24 au 27 Novembre 2019.

Ces indisponibilités n'ont pas eu d'incidence sur la qualité de la surveillance environnementale compte tenu de la remise en état rapides des matériels ayant permis de limiter au maximum l'indisponibilité du matériel. Tous les filtres aérosols impactés par ces temps d'indisponibilités ont respectés les critères minimum requis pour que le prélèvement soit conforme.

Partie II - Prélèvements d'eau

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

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

Dans un CNPE, l'eau est nécessaire pour :

- refroidir les installations,
- constituer des réserves pour réaliser des appoints ou disposer de stockage de sécurité,
- alimenter les circuits de lutte contre les incendies,
- alimenter les installations sanitaires et les équipements de restauration des salariés.

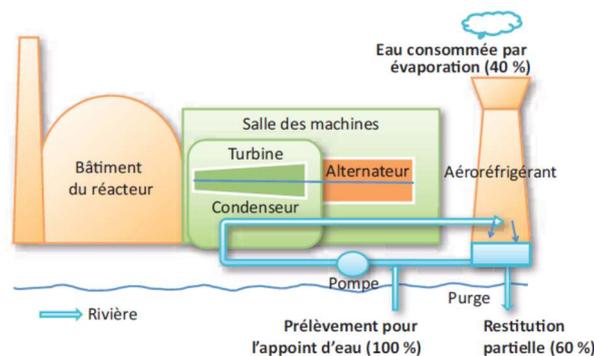


Figure 1 : Schéma d'un CNPE avec un circuit de refroidissement fermé (Source : EDF)

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

- le circuit primaire pour extraire la chaleur : c'est un circuit fermé parcouru par de l'eau sous pression (155 bars) et à une température de 300° C. L'eau passe dans la cuve du réacteur, capte la chaleur produite par la réaction de fission du combustible nucléaire et transporte cette énergie thermique vers le circuit secondaire au travers des générateurs de vapeur.
- le circuit secondaire pour produire la vapeur : au contact des milliers de tubes en « U » des générateurs de vapeur, l'eau du circuit primaire transmet sa chaleur à l'eau circulant dans le circuit secondaire, lui-aussi fermé. L'eau de ce circuit est ainsi transformée en vapeur qui fait tourner la turbine. Celle-ci entraîne l'alternateur qui produit l'électricité. Après son passage dans la turbine, la vapeur repasse à l'état liquide dans le condenseur ; cette eau est ensuite renvoyée vers les générateurs de vapeur pour un nouveau cycle.
- un troisième circuit, appelé « circuit de refroidissement » : pour condenser la vapeur et évacuer la chaleur, le circuit de refroidissement comprend un condenseur, appareil composé de milliers de tubes dans lesquels circule de l'eau froide prélevée dans la rivière ou la mer. Au contact de ces tubes, la vapeur se condense. Ce circuit de refroidissement est différent selon la situation géographique du CNPE :
 - en bord de mer ou d'un fleuve à grand débit, les CNPE fonctionnent avec un circuit de refroidissement totalement ouvert. De l'eau (environ 50 m³ par seconde) est prélevée pour assurer le refroidissement des équipements via le condenseur. Une fois l'opération de refroidissement effectuée, l'eau qui n'est jamais entrée en contact avec la radioactivité, est intégralement restituée dans la mer ou le fleuve, à une température légèrement plus élevée.
 - sur les fleuves ou les rivières dont le débit est plus faible, les CNPE fonctionnent avec un circuit en partie fermé. C'est le cas pour le CNPE de Saint-Laurent.

Le refroidissement de l'eau chaude issue du condenseur se fait par échange avec de l'air froid dans une grande tour réfrigérante atmosphérique appelée « aëroréfrigérant ». Une partie de l'eau est vaporisée sous forme d'un panache visible, quand la CNPE fonctionne, au sommet de la tour. Le reste de l'eau refroidie retourne dans le condenseur. Avec ce système, le prélèvement en eau est beaucoup moins important, seulement de l'ordre de 2 m³ par seconde.

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 aëroréfrigérant) 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 très grande majorité de l'eau prélevée est restituée à sa source, c'est-à-dire au milieu naturel à proximité du point de prélèvement.

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

- faire face, si besoin, à un incendie : l'ensemble des CNPE d'EDF est équipé d'un important réseau d'eau sous pression permettant aux équipes des services de conduite et de la protection des CNPE d'EDF d'intervenir dès la détection d'un incendie jusqu'à l'arrivée des secours externes, et ainsi en limiter sa propagation. Ces réseaux sont régulièrement testés afin de s'assurer de leur fonctionnement et de leur efficacité.
- se laver, boire et se restaurer : selon leur importance (de 2 à 6 réacteurs), les CNPE d'EDF accueillent de 600 à 2 000 salariés permanents (EDF et entreprises partenaires) auxquels s'ajoutent, lors d'un arrêt d'un réacteur pour maintenance, près de 1 000 personnes supplémentaires. Les besoins en eau potable sont alors importants, tant pour les sanitaires que pour la restauration. Les CNPE d'EDF peuvent être reliés aux réseaux d'eau potable des communes sur lesquelles ils sont implantés.

I. Prélèvement d'eau en Loire

L'eau prélevée en Loire permet :

- de refroidir l'eau du circuit de secondaire,
- de produire de l'eau déminéralisée servant aux appoints d'eau dans le process.

1. Production d'eau déminéralisée

Le tableau ci-dessous détaille mensuellement le volume d'eau prélevé pour la production d'eau déminéralisée sur l'année 2019.

Mois	Prélèvements (en m ³)
janvier	9651
février	10590
mars	10224
avril	22593
mai	23436
juin	13666
juillet	28778
août	35289
septembre	21419

Mois	Prélèvements (en m ³)
octobre	12514
novembre	31928
décembre	42897
TOTAL	262985

2. Refroidissement des installations

Le tableau ci-dessous détaille mensuellement le volume d'eau prélevé en Loire nécessaire pour le refroidissement des installations de l'année 2019.

Mois	Prélèvement d'eau (en millions de m ³)
Janvier	8,3
Février	7,5
Mars	8,3
Avril	8,0
Mai	7,1
Juin	8,0
Juillet	9,3
Août	9,1
Septembre	8,9
Octobre	8,4
Novembre	8,7
Décembre	8,4
TOTAL	100

3. Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel des prélèvements d'eau pour 2019

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de prélèvement des années 2017 à 2019 avec la valeur du prévisionnel 2019 pour le prélèvement d'eau nécessaire au refroidissement des installations.

Année	Milieu	Volume	Unité
2017	Loire	93 000 000	m ³
2018		99 476 330	
2019		100 380 948	
Prévisionnel 2019		100 000 000	

Commentaires : Le volume annuel d'eau prélevé est légèrement supérieur au prévisionnel qui avait été défini pour l'année 2019, tout en restant cohérent.

4. Comparaison aux valeurs limites

Le tableau ci-après permet un comparatif des prélèvements effectués en Loire avec les valeurs limites fixées par la prescription [EDF-SLT-132] de la décision ASN n° 2015-DC-0499.

Limites de prélèvement			Prélèvement	
Prescriptions	Valeur	Unité	Valeur maximale	Valeur moyenne
Débit instantané	7	m ³ / s	4,33	3,16
Volume journalier	605 000	m ³	374 371	272 936
Volume annuel	127 000 000	m ³	100 380 948	

Commentaires : Les valeurs maximales observées pour le débit instantané, le volume journalier et annuel sont conformes aux limites de la décision ASN n°2015-DC-0499.

5. Principales opérations de maintenance intervenues sur les équipements et ouvrages de prélèvements en Loire

Il n'y a pas eu d'opération de maintenance significative ayant un impact sur les équipements et les ouvrages de prélèvements en 2019, au-delà des opérations classiques de maintenance sur ces matériels.

Aucune opération de dragage n'a été réalisée en 2019.

6. Opérations exceptionnelles de prélèvements en Loire

Le CNPE de Saint-Laurent n'a pas réalisé d'opération exceptionnelle de prélèvement d'eau en Loire en 2019.

II. Prélèvement d'eau en nappe phréatique

1. Volume d'eau prélevée en nappe phréatique

Le tableau ci-dessous détaille mensuellement le volume d'eau prélevé en nappe phréatique de l'année 2019 destiné à l'usage domestique (eau potable).

Mois	Prélèvement d'eau (en m ³)
Janvier	3593
Février	3124
Mars	5310
Avril	5120
Mai	5869
Juin	4663
Juillet	3964
Août	5151
Septembre	2738
Octobre	5761
Novembre	2402
Décembre	5909
TOTAL (en m³)	53604

2. Comparaison pluriannuelle des prélèvements d'eau pour 2019

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de prélèvement des années 2017 à 2019 avec la valeur du prévisionnel 2019.

Année	Milieu	Volume	Unité
2017	Nappe	38 000	m ³
2018		55 000	
2019		53 604	
Prévisionnel 2019		50 000	

Commentaires : Le volume annuel 2019 pour le prélèvement d'eau en nappe phréatique est supérieur au prévisionnel 2019 de 6 %. Il reste cependant du même ordre de grandeur que le volume prélevé en 2018.

3. Comparaison aux valeurs limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des prélèvements d'eau effectué en nappe avec les valeurs limites fixées à la prescription [EDF-SLT-132] de la décision ASN n° 2015-DC-0499.

Limites de prélèvement			Prélèvement	
Prescriptions	Valeur	Unité	Valeur maximale	Valeur moyenne
Débit instantané	0.012	m ³ /s	0.018	0.0053
Volume journalier	1 000	m ³	657	146
Volume annuel	145 000	m ³	53 604	

Commentaires : Un dépassement du débit instantané a été observé au cours des mois de mars, juin et novembre. Selon les analyses réalisées, les dépassements observés ne sont pas réels dans la mesure où un bridage mécanique des pompes de prélèvement a été mis en place en 2016. L'analyse des causes a mis en évidence un manque sur la précision des mesures de volume prélevé et du temps de fonctionnement des pompes. Afin de palier à ce manque de précision, un ajustage de l'incrémentation du volume d'eau pompée quand les pompes de forage sont en fonctionnement a été réalisé en décembre 2019.

4. Principales opérations de maintenance intervenues sur les équipements et ouvrages de prélèvements en nappe phréatique

L'année 2019 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.

Dans le cadre du retour d'expérience de l'événement survenu au CNPE de Fukushima-Daiichi, il a été décidé de mettre en place, sur l'ensemble des CNPE, un moyen complémentaire de pompage en eau d'ultime secours pour les matériels de l'Îlot Nucléaire (bâches d'alimentation en eau de secours des générateurs de vapeur et piscines du bâtiment combustible et du bâtiment réacteur). Sur le CNPE de Saint-Laurent, la solution retenue est la réalisation de deux puits de pompage en nappe phréatique (1 puit par réacteur). Les travaux ont débuté en août 2019.

Les volumes d'eau en nappe prélevés dans le cadre des travaux sont présentés dans le tableau ci-après, en comparaison avec les valeurs limites de la prescription [EDF-SLT-232] de la décision ASN n°2015-DC-0499.

Limites de prélèvement			Prélèvement	
Prescriptions	Valeur	Unité	Valeur maximale	Valeur moyenne
Débit instantané	75 ⁽¹⁾	m ³ /h	20	20
Volume journalier	600 ⁽¹⁾	m ³	157	78
Volume annuel	3 000 ⁽¹⁾	m ³	707 m ³	

(1) Les volumes maximaux annuels et journaliers et le débit maximal instantané sont portés respectivement à 23 000 m³ et 2 200 m³, et à 135 m³/h lors de la réalisation d'essais ou de travaux sur l'installation de pompage d'appoint ultime en eau prévue pour le respect de la prescription [INB100-25][ECS-16] de la décision du 26 juin 2012 susvisée.

Commentaires : Les valeurs maximales obtenues pour le débit instantané, le volume journalier et le volume annuel dans le cadre des prélèvements en nappe pour les essais des travaux du pompage d'appoint ultime sont conformes aux limites réglementaires.

Excepté pour les prélèvements d'eau effectués en nappe pour les essais de fonctionnement du pompage d'appoint ultime, le CNPE n'a pas réalisé d'opération exceptionnelle de prélèvement d'eau en nappe en 2019.

Partie III - Consommation et restitution d'eau

Le tableau ci-dessous détaille mensuellement la consommation et la restitution d'eau de Loire du CNPE de Saint-Laurent pour l'année 2019 :

Mois	Consommation d'eau (en millions de m ³)	Restitution d'eau (en millions de m ³)
Janvier	2,8	5,5
Février	2,6	4,9
Mars	2,9	5,3
Avril	2,6	5,4
Mai	1,4	5,5
Juin	1,5	6,4
Juillet	2,3	7,0
Août	2,1	6,9
Septembre	2,6	6,3
Octobre	1,5	6,9
Novembre	1,2	7,5
Décembre	1,0	7,3
TOTAL (en millions de m³)	25	75

Sur les 100 millions de m³ prélevés en Loire sur l'année 2019, 25 millions de m³ ont été consommés par l'installation et 75 millions de m³ ont été restitués.

Le graphique ci-après permet un récapitulatif mensuel entre l'eau prélevée en Loire, la consommation et la restitution sur l'année 2019 :

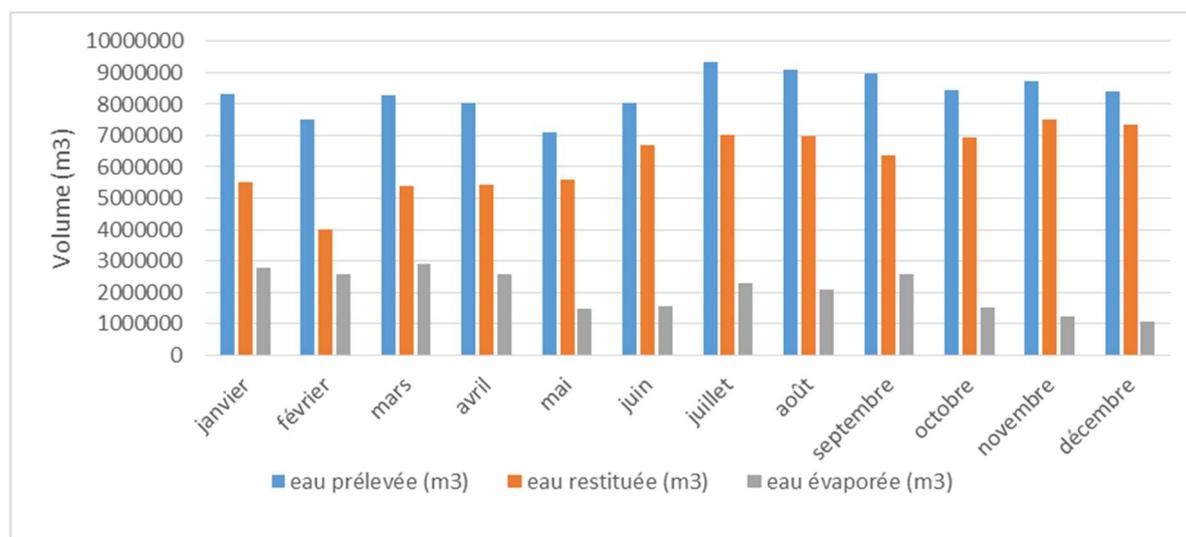


Figure 2: Tableau récapitulatif de la consommation et de la restitution d'eau de Loire

Partie IV - 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 du tritium, du carbone 14, de l'iode, des gaz rares et d'autres produits de fission ou d'activation,
 - 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 refroidissement des condenseurs, station de déminéralisation, station d'épuration).
- les rejets chimiques atmosphériques : un CNPE émet peu de substances chimiques par voie atmosphérique. Les émissions proviennent des groupes électrogènes de secours constitués de moteurs diesels ou de turbines à combustion consommant du gasoil, de pertes de fluides frigorigènes, du renouvellement de calorifuges dans le bâtiment réacteur et d'émanations de certaines substances volatiles utilisées pour la protection et le traitement des circuits.
- les rejets thermiques : quel que soit le mode de refroidissement (ouvert ou fermé) d'un CNPE, l'échauffement du milieu aquatique est limité par la réglementation propre à chaque CNPE.

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

I. Rejets d'effluents à l'atmosphère

1. Rejets d'effluents à l'atmosphère radioactifs

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

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

transite par des filtres THE et, dans certains circuits, sur des pièges à iodes à charbon actif avant d'être rejeté en continu à la cheminée. Ces rejets sont dits « permanents ».

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

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

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

Pour les autres installations nucléaires du CNPE (déconstruction notamment), les effluents sont issus de la ventilation des zones nucléaires et des procédés mis en œuvre dans l'installation. Les effluents sont canalisés, filtrés et surveillés en continu. Le rejet est réalisé par des cheminées dédiées de l'installation.

a. 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 des CNPE du parc d'EDF. Toutes les substances figurant dans plus de 90 % des analyses figurent dans cette liste. Des radionucléides comme l'iode, peu présent dans les rejets, figurent également dans cette liste, mais pour des raisons historiques.

La deuxième règle fondamentale consiste à déclarer obligatoirement une activité rejetée pour les radionucléides appartenant à ces différents « spectres de référence ». Les radionucléides dont l'activité mesurée est inférieure au Seuil de décision¹ (SD) 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.

b. 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,

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

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

Les tableaux ci-dessous sont des rappels des spectres de référence des rejets radioactifs à l'atmosphère (à gauche pour Saint-Laurent B et à droite pour Saint-Laurent A) :

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

Paramètres	Radionucléide
Tritium	^3H
Carbone 14	^{14}C
Produits de fission et d'activation	^{137}Cs
	^{36}Cl
	^{60}Co
	^{55}Fe
	^{90}Sr
	^{151}Sm
	^{241}Pu
Alpha	^{238}Pu
	$^{239+240}\text{Pu}$
	^{241}Am

c. Résultats pour Saint-Laurent B

- **Volumes et activités rejetés**

Les volumes mensuels d'effluents rejetés ainsi que les valeurs maximales d'activités rejetées pour Saint-Laurent B sont donnés dans le tableau suivant :

	Volumes rejetés (m ³)	Activités gaz rares (TBq)	Activité Tritium (TBq)	Activités Iodes (GBq)	Activités Autres PF et PA (GBq)	Activité Carbone 14 (GBq)
Janvier	2,18E+08	0,029	0,039	7,15E-04	1,42E-04	31,7
Février	1,98E+08	0,026	0,032	9,08E-04	1,40E-04	28,1
Mars	2,16E+08	0,029	0,048	7,09E-04	1,44E-04	30,3
Avril	2,04E+08	0,027	0,054	1,05E-03	1,46E-04	26,6
Mai	2,26E+08	0,030	0,107	8,49E-04	1,42E-04	17
Juin	2,22E+08	0,030	0,117	7,54E-04	2,40E-04	14,6
Juillet	2,08E+08	0,026	0,073	7,58E-04	1,45E-04	20,3
Août	2,09E+08	0,026	0,072	7,09E-04	1,44E-06	18,8
Septembre	2,13E+08	0,030	0,063	1,07E-03	1,57E-04	24,9
Octobre	2,34E+08	0,030	0,110	8,20E-04	1,70E-04	15,6
Novembre	2,11E+08	0,029	0,035	7,83E-04	1,68E-04	13,4

Décembre	2,18E+08	0,028	0,020	8,29E-04	1,36E-04	11,6
TOTAL ANNUEL	2,58E+09	0,338	0,77	9,96E-03	1,73E-03	252,9

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 1.10^{-3} m^3 .

- **Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel**

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2019 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2019.

Année	Rejets par catégorie de radionucléides (GBq)				
	Gaz rares	Tritium	Carbone 14	Iodes	Autres produits de fission et d'activation
2017	337	769	329	0,01120	0,00183
2018	334	875	290	0,01100	0,00189
2019	339	770	253	0,00996	0,00187
Prévisionnel 2019	400	800	400	0,01	0,002

Commentaires : Les rejets radioactifs à l'atmosphère sont cohérents avec les valeurs des années précédentes et du prévisionnel 2019.

- **Comparaison aux valeurs limites**

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2019 avec les valeurs limites de rejets fixées par les prescriptions [EDF-SLT-230] et [EDF-SLT-232] de la décision ASN 2015-DC-0498 pour Saint-Laurent B.

Paramètres	Limites annuelles de rejet		Rejet	
	Prescriptions	Valeur	Valeur maximale	Valeur moyenne
Gaz rares	Activité annuelle rejetée (TBq)	30 000	0.339	
	Débit instantané (Bq/s)	10⁸	2,85E+06	1,98E+06
Carbone 14	Activité annuelle rejetée (GBq)	1 100	253	
Tritium	Activité annuelle rejetée (TBq)	4 000	0.770	
	Débit instantané (Bq/s)	10⁷	7,03E+04	2,44E+04
Iodes	Activité annuelle rejetée (GBq)	0,6	9.96E-03	
	Débit instantané (Bq/s)	1 000	8,00E-01	3,11E-01
Autres produits de fission et produits d'activation	Activité annuelle rejetée (GBq)	0,4	1,73E-03	
	Débit instantané (Bq/s)	900	1,70E-01	5,97E-02

Commentaires : Les rejets radioactifs à l'atmosphère respectent les valeurs limites de rejets de la décision ASN n°2015-DC-0498. Les débits instantanés ont respecté les valeurs de la décision ASN n°2015-DC-0498 tout au long de l'année 2019.

d. Résultats pour Saint-Laurent A

- **Volumes et activités rejetés**

Les cumuls mensuels des rejets d'effluents radioactifs à l'atmosphère pour les installations nucléaires en déconstruction sont donnés dans le tableau suivant :

	Volumes rejetés (m ³)	Activité Tritium (GBq)	Activité Carbone 14 (GBq)	Activités Autres PF et PA (GBq)	Activités émetteurs Alpha
Janvier	3,79.10 ⁷	2,92	1,35.10 ⁻¹	3,88.10 ⁻⁴	1,17.10 ⁻⁶
Février	3,36.10 ⁷	3,90			1,20.10 ⁻⁶
Mars	3,58.10 ⁷	3,24			1,30.10 ⁻⁶
Avril	3,40.10 ⁷	5,36	1,64.10 ⁻¹	3,66.10 ⁻⁴	1,11.10 ⁻⁶
Mai	3,43.10 ⁷	3,92			1,17.10 ⁻⁶
Juin	3,15.10 ⁷	4,12			1,18.10 ⁻⁶
Juillet	3,28.10 ⁷	3,29	1,07.10 ⁻¹	3,67.10 ⁻⁴	1,56.10 ⁻⁶
Août	3,30.10 ⁷	5,11			9,31.10 ⁻⁷
Septembre	3,24.10 ⁷	4,54			8,78.10 ⁻⁷
Octobre	3,37.10 ⁷	4,34	4,98.10 ⁻¹	3,48.10 ⁻⁴	7,78.10 ⁻⁷
Novembre	3,31.10 ⁷	3,77			6,87.10 ⁻⁷
Décembre	3,35.10 ⁷	3,53			7,74.10 ⁻⁷
TOTAL ANNUEL	4,06.10⁸	4,80.10¹	9,05.10⁻¹	1,47.10⁻³	1,27.10⁻⁵

- **Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel**

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2019 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2019 pour les installations en déconstruction de Saint-Laurent A.

Année	Rejets par catégorie de radionucléides (GBq)			
	Tritium	Carbone 14	Autres produits de fission et d'activation	Émetteurs Alpha
2017	3,48.10 ¹	4,53.10 ⁻¹	2,55.10 ⁻³	1,57.10 ⁻⁵
2018	5,00.10 ¹	5,80.10 ⁻¹	1,74.10 ⁻³	1,66.10 ⁻⁵
2019	4,80.10 ¹	9,05.10 ⁻¹	1,47.10 ⁻³	1,27.10 ⁻⁵
Prévisionnel 2019	9,00.10 ¹	9,00.10 ⁻¹	5,00.10 ⁻³	3,00.10 ⁻⁵

Commentaires : Les rejets radioactifs à l'atmosphère sont inférieurs au prévisionnel concernant le tritium, les autres produits de fission et d'activation ainsi que les émetteurs alpha. Ces résultats s'expliquent par le décalage d'opérations de démantèlement prévues en 2019. On observe un léger dépassement du prévisionnel concernant le carbone 14, lié à une augmentation au quatrième trimestre 2019, cette évolution reste bien inférieure aux limites de rejet, des investigations sont cependant en cours.

- **Comparaison aux valeurs limites**

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs d'activité rejetée de l'année 2019 avec les valeurs limites de rejets fixées par la décision ASN n°2015-DC-0498 pour les installations en déconstruction de Saint-Laurent A :

Paramètres	Localisation prélèvement	Limites annuelles de rejet		Rejet 2019	
		Prescriptions	Valeur annuelle (GBq)	Cumul annuel (GBq)	% du réalisé par rapport à la limite
Carbone 14	Installations de Saint-Laurent A	Activité annuelle rejetée (GBq)	30	0,905	3 %
Tritium	Installations de Saint-Laurent A	Activité annuelle rejetée (GBq)	4 000	48	1 %
Autres produits de fission et produits d'activation	Installations de Saint-Laurent A	Activité annuelle rejetée (GBq)	0,1	0,00147	2 %
Alpha	Installations de Saint-Laurent A	Activité annuelle rejetée (GBq)	0,00005	0,000013	25 %

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de débits instantané de l'année 2019 avec les valeurs limites de rejets fixées par la décision ASN n°2015-DC-0498 pour les installations en déconstruction de Saint-Laurent A :

Paramètres	Localisation prélèvement	Limites annuelles de rejet		Rejet 2019	
		Prescriptions	Valeur (Bq/s)	Valeur maximale (Bq/s)	Valeur moyenne (Bq/s)
Tritium	BIC / SCE	Débit instantané	800	19,9	7,34
	BPA1	Débit instantané	3000	28,5	12,7
	BCI	Débit instantané	40 000	1 150	525
	BPA2	Débit instantané	1 000 000	1 810	981
Autres produits de fission et produits d'activation	BIC / SCE	Débit instantané	40	0	0
	BPA1	Débit instantané	75	0,0694	0,0325
	BCI	Débit instantané	20	0	0
	BPA2	Débit instantané	75	0,0317	0,0173

Commentaires : Les rejets radioactifs à l'atmosphère respectent les valeurs limites de rejets de la décision ASN n°2015-DC-0498.

2. Évaluation des rejets diffus d'effluents à l'atmosphère radioactifs

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.

	Activité diffusée (Bq) Tritium	Activité diffusée (Bq) iodes	Volumes (m ³)
Janvier	2,70E+07	0	2800
Février	1,45E+07	0	3170
Mars	6,92E+07	0	2690
Avril	4,10E+07	0	4140
Mai	3,29E+07	0	6470
Juin	4,04E+07	0	6900
Juillet	2,29E+07	0	1320
Août	1,09E+07	0	9990
Septembre	2,06E+07	0	8530
Octobre	3,77E+07	0	7130
Novembre	3,66E+07	0	1310
Décembre	4,35E+07	0	2020
TOTAL ANNUEL	3,97E+08	0	5,65E+04

3. Rejets diffus d'effluents à l'atmosphère non radioactifs

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

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

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

La quantité annuelle 2019 évaluée d'oxyde de soufre (SOx) rejetée dans l'atmosphère lors du fonctionnement périodique des groupes électrogènes de secours (moteurs Diesels) ayant fonctionné pendant 67 heures, et des diesels d'ultime secours (DUS) ayant fonctionné pendant 31 heures, est de 1 Kg.

b. Rejets de formaldéhyde et de monoxyde de carbone

Les calorifuges utilisés dans les bâtiments réacteurs ne dégagent pas de formaldéhyde ou de monoxyde de carbone. Par conséquent, il n'y a pas eu de rejet de formaldéhyde et de monoxyde de carbone via les circuits ETY ou EBA.

c. 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	135,2
Ethanolamine		38,8

d. 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 Saint-Laurent.

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

Paramètre	Unité	TOTAL
Chloro-fluoro-carbone (CFC)	Kg	0
Hydrogène-chloro-fluor-carbone (HCFC)		12,43
Hydrogène-fluoro-carbone (HFC)		0
Hexafluorure de soufre (SF6)		0

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

L'année 2019 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. Opérations exceptionnelles de rejets d'effluents à l'atmosphère

Le CNPE de Saint-Laurent n'a pas réalisé d'opération exceptionnelle de rejets d'effluents à l'atmosphère en 2019.

II. Rejets d'effluents liquides

1. Rejets d'effluents liquides radioactifs

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

- les effluents provenant du circuit primaire dits « effluents primaires hydrogénés » contiennent des gaz de fission (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.

Pour les autres installations nucléaires (déconstruction notamment), des effluents liquides radioactifs peuvent être générés par les procédés mis en œuvre. Sur Saint Laurent A, il n'existe pas d'autorisation de rejet d'effluents liquides.

a. Règles spécifiques de comptabilisation

Ces règles s'appuient en premier lieu sur la définition de « spectres de référence », en fonction du type de rejet (liquide ou atmosphérique). 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 des CNPE du parc d'EDF. Toutes les substances figurant dans plus de 90 % des analyses figurent dans cette liste. Des

radionucléides comme l'iode, peu présent dans les rejets, figurent également dans cette liste, mais pour des raisons historiques.

La deuxième règle fondamentale consiste à déclarer obligatoirement une activité rejetée pour les radionucléides appartenant à ces différents « spectres de référence ». Les radionucléides dont l'activité mesurée est inférieure au seuil de décision² donnent lieu à une comptabilisation d'activité rejetée égale au SD.

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

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

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

- le tritium,
- le carbone 14,
- les iodes,
- les autres produits de fission ou d'activation émetteurs bêta et/ou gamma (PF-PA).

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

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

c. Résultats pour Saint-Laurent B

- **Volumes et activités rejetés**

Les volumes mensuels d'effluents rejetés ainsi que les valeurs maximales d'activités rejetées pour Saint-Laurent B sont donnés dans le tableau suivant.

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

	Volumes rejetés (m ³)	Activité Tritium (MBq)	Activité Carbone 14 (MBq)	Activités Iodes (MBq)	Activités Autres PF et PA (MBq)
Janvier	54440	1,69E+06	315	0,287	20,24
Février	5860	1,30E+06	66	0,279	11,56
Mars	6100	5,13E+06	1989	0,436	24,28
Avril	8050	3,70E+06	2075	0,704	18,81
Mai	8843	2,09E+06	2282	0,698	27,06
Juin	5380	7,52E+05	211	0,513	41,00
Juillet	13000	1,34E+06	880	0,597	25,88
Août	9990	7,99E+05	1077	0,910	30,15
Septembre	8530	1,61E+06	1052	0,740	42,80
Octobre	6110	1,75E+06	304	0,619	38,93
Novembre	13000	1,52E+06	213	0,501	28,30
Décembre	20800	2,88E+06	668	1,279	33,19
TOTAL ANNUEL	160103	2,46E+07	11133	7,562	342,20

- **Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel**

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2019 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2019.

	Rejets par catégorie de radionucléides (GBq)			
	Tritium	Carbone 14	Iodes	Autres PA et PF
2017	26 900	4,63	0,00662	0,230
2018	23 400	6,06	0,00650	0,224
2019	24 600	11	0,00757	0,342
Prévisionnel 2019	34 000	10	0,01	0,300

Commentaires : Les prolongations d'arrêts en 2019 expliquent la différence entre le prévisionnel et le réalisé.

- **Comparaison aux valeurs limites**

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2019 avec les valeurs limites de rejets fixées par la prescription [EDF-SLT-237] de la décision ASN 2015-DC-0498 pour Saint-Laurent B.

Paramètres	Limites annuelles de rejet		Rejet
	Prescriptions	Valeur	Valeur
Tritium	Activité annuelle rejetée (GBq)	45 000	34 000
Carbone 14	Activité annuelle rejetée (GBq)	130	11
Iodes	Activité annuelle rejetée (GBq)	0,2	0,0076
Autres PA et PF	Activité annuelle rejetée (GBq)	20	0,300

Commentaires : Les valeurs d'activités annuelles rejetées sont conformes aux limites réglementaires.

d. Surveillance des eaux de surface

Des prélèvements d'eau de fleuve 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 alpha globale, 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 2019 sont donnés dans le tableau suivant :

	Paramètre analysé	Activité volumique horaire à mi-rejet			Activité volumique : moyenne journalière		
		Valeur moyenne	Valeur maximale	Limite réglementaire	Valeur moyenne	Valeur maximale	Limite réglementaire
Eau filtrée	Activité alpha globale (Bq/l)	0,047	0,095	-	-	-	-
	Activité bêta globale (Bq/l)	0,18	0,89	2 Bq/L	-	-	-
	Tritium (Bq/l)	48,20	110	280 Bq/L	34,4	120	140 ⁽¹⁾ / 100 ⁽²⁾ Bq/L
	Potassium (mg/l)	3,78	4,9	-	-	-	-
Matières en suspension	Activité bêta globale (Bq/l)	0,033	0,22	-	-	-	-

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

Commentaires : Les mesures de surveillance dans les eaux de surface pour l'année 2019 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.

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 sur le parc nucléaire français et étranger. L'éthanolamine (C_2H_7NO), utilisée sur quelques CNPE, constitue une alternative intéressante à la morpholine, en particulier pour la protection des pièces internes des générateurs de vapeur et des purges des sécheurs-surchauffeurs de la turbine.
- le phosphate trisodique (Na_3PO_4) : comme l'hydrazine, le phosphate est utilisé pour le conditionnement des circuits de refroidissement intermédiaires.
- les détergents : ces produits sont régulièrement utilisés pour le nettoyage des locaux industriels ; qu'ils soient en ou hors zone contrôlée. Ils sont également utilisés à la laverie du CNPE pour le nettoyage des tenues d'intervention.

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

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

Les circuits fermés de refroidissement des condenseurs véhiculent de l'eau chaude dans laquelle peuvent se développer des salissures et des micro-organismes. Pour limiter leurs développements pendant la période estivale, un traitement biocide est mis en œuvre dans les circuits fermés de refroidissement des condenseurs du CNPE de Saint-Laurent.

Il existe également des rejets chimiques résultant du traitement contre la prolifération des amibes *Naegleria fowleri* et des légionelles *Legionella pneumophila* qui sont :

- des composés liés à la fabrication de la monochloramine sur CNPE, tels que le sodium, les chlorures et l'ammonium issus respectivement de l'hypochlorite de sodium ($NaOCl$) et de l'ammoniaque (NH_4OH),
- des composés issus de la réaction du chlore de la monochloramine avec les matières organiques présentes dans l'eau circulant dans les circuits de refroidissement, tels que les AOX (dérivés organo-halogénés),
- des nitrites et nitrates liés à la décomposition de la monochloramine et à l'oxydation de l'azote réduit (ammonium).

Le résiduel en chlore total à maintenir en sortie de condenseur (paramètre de pilotage) est à l'origine du flux de Chlore Résiduel Total (CRT).

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

Dans le cadre d'une démarche d'amélioration continue, EDF mène des études afin d'améliorer la connaissance de ses rejets (identification de sous-produits de la morpholine et de l'éthanolamine, de sous-produits issus des traitements biocides, dégradation de la monochloramine et de l'hydrazine dans l'environnement etc.). EDF mène

également des études afin d'améliorer la connaissance de l'incidence de ses rejets sur l'homme et l'environnement. Ces évaluations d'impact nécessitent en effet l'utilisation de valeurs de référence qui font l'objet d'une veille scientifique :

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

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

b. Règles spécifiques de comptabilisation

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

c. Rejets d'effluents liquides chimiques via l'ouvrage de rejet

- **Rejets mensuels**

Les rejets mensuels d'effluents liquides chimiques transitant par l'ouvrage de rejet principal sont donnés dans les tableaux suivants :

	Acide borique (kg)	Morpholine (kg)	Ethanolamine (kg)	Hydrazine (kg)	Ammonium (kg)	Détergents (kg)
Janv	245	0	0,812	0,0136	116,00	2,50
Février	230	0	1,085	0,0150	95,36	1,67
Mars	220	0	0,910	0,0154	94,42	1,47
Avril	283	0	1,196	0,0760	89,30	6,07
Mai	404	0	5,884	0,0220	50,07	2,40
Juin	12	0	1,262	0,0460	35,20	5,20
Juillet	17	0	3,660	0,4540	43,77	35,50
Août	5	0	1,481	0,0280	52,10	5,32
Septembre	479	0	3,620	0,0230	77,60	4,68
Octobre	20	0	0,910	0,0170	37,60	5,99
Novembre	161	0	3,976	0,3500	40,70	4,21
Décembre	120	0	8,449	0,1800	57,34	6,03
TOTAL ANNUEL	2196	0	33	1,24	789	81

	Azote (kg)	Nitrates (kg)	Nitrites (kg)	Phosphates (kg)	Métaux totaux (kg)
Janvier	133,0	18,1	129,0	7,00	0,2
Février	133,0	11,7	29,8	16,34	0,3
Mars	123,0	10,9	151,8	9,97	0,6
Avril	103,4	21,0	100,3	33,29	0,5
Mai	75,1	69,2	68,3	49,52	2,2
Juin	64,1	133,4	21,1	12,52	1,7

	Azote (kg)	Nitrates (kg)	Nitrites (kg)	Phosphates (kg)	Métaux totaux (kg)
Juillet	97,5	119,9	118,8	13,21	3,1
Août	94,7	66,1	126,6	3,57	1,9
Septembre	107,3	39,1	123,7	3,76	2,5
Octobre	65,3	89,5	52,9	10,22	0,4
Novembre	51,3	59,5	9,4	2,73	5,7
Décembre	75,2	77,0	21,8	4,40	3,8
TOTAL ANNUEL	1123	715	954	167	23

- **Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel**

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets d'effluents non radioactifs liquides de l'année 2019 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2019 pour Saint-Laurent B :

Substances	Unité	2017	2018	2019	Prévisionnel 2019	Commentaires
Acide borique	kg	2520	2800	2196	4000	-
Ethanolamine	kg	23	23,9	33	25	La quantité d'éthanolamine rejetée est proportionnelle au volume d'effluents rejetés. Le fonctionnement des installations a généré plus d'effluents en 2019.
Hydrazine	kg	1,08	0,98	1,2	0,9	Le dépassement du prévisionnel est lié aux fonctionnements des réacteurs et au rejet d'un réservoir présentant plus d'hydrazine qu'habituellement.
Détergents	kg	53,2	44,4	81	50	La quantité de détergents rejetée est proportionnelle au volume d'effluents rejetés et à la quantité de produits de nettoyage utilisée. Le fonctionnement des installations a généré plus d'effluents en 2019.
Azote	kg	1180	1050	1123	1100	La quantité d'azote rejetée est proportionnelle au volume d'effluents rejetés. Le fonctionnement des installations a généré plus d'effluents en 2019.

Substances	Unité	2017	2018	2019	Prévisionnel 2019	Commentaires
Phosphates	kg	151	119	167	150	La quantité de phosphates rejetée est proportionnelle au volume d'effluents rejetés. Le fonctionnement des installations a généré plus d'effluents en 2019.
Métaux totaux	kg	32,5	33,84	23	35	-

- **Comparaison aux valeurs limites**

Le tableau ci-après permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2019 avec les valeurs limites de rejets fixées par la prescription [EDF-SLT-240] de la décision ASN 2015-DC-0498 pour Saint-Laurent B.

Substances	Limite	Rejet	Limite	Rejet	Limite	Rejet	Limite	Rejet
	Concentration maximale ajoutée (mg/L)	Valeur maximale calculée	Flux 24h (kg)	Valeur maximal calculée	Flux 2h (kg)	Valeur maximale calculée	Flux annuel ajouté (kg)	Flux annuel calculé
Acide borique	29	1,20	1400	410	250	15	10 000	2196
<i>Morpholine</i>	0,71	0	11	0	/	/	500	0
Ethanolamine	1,7	0.05	9,5	2.1	/	/	400	33
Hydrazine	0,10	0.003	1,5	0.12	/	/	16	1.24
Détergents	3,5	0.04	100	6.90	30	0.57	1500	6.90
Azote	3,5	1.0	54	21	/	/	6000	789
Phosphates	1,2	0.42	90	27	10	4.9	710	167
Métaux totaux	0,14	0.005	/	/	/	/	62	23
MES	5,3	0.22	80	8.9	/	/	/	/
Ammonium	3,5	0.99	54	21	/	/	6000	789
Nitrates	3,5	1.90	54	40	/	/	6000	715
Nitrites	3,5	1.50	54	31	/	/	6000	954

Commentaires : Toutes les valeurs limites ont été respectées.

L'article 5.3.1 de la décision ASN n°2017-DC-0588 demande une évaluation de la quantité annuelle de lithine rejetée. En 2019, la quantité de lithine rejetée par le CNPE de Saint-Laurent est évaluée à maximum à 5032 g.

d. Rejets d'effluents liquides chimiques via le traitement biocide

Ce paragraphe présente les rejets de substances chimiques 2019 liés au traitement biocide mis en œuvre contre le risque microbiologique du CNPE de Saint-Laurent pour l'année 2019.

- **Rejets mensuels**

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

	Ammonium (kg)	Nitrites (kg)	Nitrates (kg)	Chlore libre (kg)	Sulfates (kg)
Janvier	0,00	0	0	0	0
Février	0,00	0	0	0	0
Mars	0,00	0	0	0	0
Avril	0,00	103	8776	0	0
Mai	0,09	268	7964	0	0
Juin	0,03	51	11585	0	0
Juillet	55,28	42	13175	0	0
Août	212,74	195	11485	0	0
Septembre	26,33	113	9353	0	0
Octobre	0,00	0	4602	0	0
Novembre	0,00	0	0	0	0
Décembre	0,00	0	0	0	0
TOTAL ANNUEL	294,47	774	66940	0	0

- **Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel**

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets d'effluents liquides chimiques de l'année 2019 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2019.

Paramètres	Unité	2017	2018	2019	Prévisionnel 2019
Chlorures	kg	52247	107124	72544	87000
Sodium	Kg	40890	80667	57710	64000
AOX	kg	223	385	347	400
THM	kg	0	0	0	0
CRT	kg	637	1699	578	1800
Ammonium	kg	119	853	295	890
Nitrites	kg	211	1320	774	1400
Nitrates	kg	46628	94975	66940	77000
Chlore libre	kg	0	0	0	0
Sulfates	kg	0	0	0	0

Commentaires : La stratégie de traitement a été adaptée au cours de la campagne de traitement biocide sans entraîner de dépassement du prévisionnel. Le prévisionnel des flux chimiques peut être fluctuant pour permettre la maîtrise des colonisations amibes et légionnelles.

- **Comparaison aux limites réglementaires**

Les limites réglementaires relatives aux rejets des substances chimiques liées au traitement biocide sont réglementées par la prescription [EDF-SLT-240] de la décision 2015-DC-0498.

Le tableau ci-dessous présente les rejets annuels relatifs au traitement biocide à la monochloramine pour chaque type de substance chimique :

Paramètres	Limite	Rejet	Limite	Rejet	Limite	Rejet	Limite	Rejet
	Concentration maximale ajoutée au rejet (mg/L)	Valeur maximale	Flux 24h ajouté (kg)	Valeur maximale (kg)	Flux 2h (kg)	Valeur maximale (kg)	Flux annuel ajouté (kg)	Flux annuel (kg)
Chlorures	14	5	1740	812	/	/	/	/
Sodium	20	4	1900	741	/	/	/	/
AOX	0,11	0,037	15	8,2	/	/	1000	347
THM	0,3	0	9,5	0	2,5	0	/	/
CRT	0,31	0,06	45	10,9	/	/	4500	578
Ammonium	3,5	0,19	70	14	/	/	/	/
Nitrites	3,5	0,52	70	19	/	/	/	/
Nitrates	3,5	3,4	1470	735	/	/	/	/
Chlore libre	0,1	0	/	/	/	/	/	/
Sulfates	41	0	1925	0	/	/	/	/

Commentaires : La stratégie de traitement a été adaptée au cours de la campagne de traitement biocide sans entraîner de dépassement des limites réglementaires. Le prévisionnel des flux chimiques peut être fluctuant pour permettre la maîtrise des colonisations amibes et légionnelles.

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

L'année 2019 n'a pas été concernée par des actions de maintenance (hors maintenance programmée) et aucune intervention ou opération de maintenance anticipée n'a été nécessaire.

4. Opérations exceptionnelles de rejets d'effluents liquides

Le CNPE de Saint-Laurent n'a pas réalisé d'opération exceptionnelle de rejet d'effluents liquides chimiques en 2019.

III. 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 aérateur 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'aérateurs. Dans un aérateur, 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'aérateur 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 pendant 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.

1. En conditions climatiques normales

Les rejets thermiques issus du circuit de refroidissement du CNPE de Saint-Laurent et des différents circuits secondaires nécessaires à son fonctionnement doivent respecter les limites fixées par la prescription [EDF-SLT-242] dans la décision ASN 2015-DC-0498.

Le CNPE de Saint-Laurent réalise en continu des mesures de températures en amont, au point de rejet et en aval du CNPE et un suivi des rejets thermiques conformément aux autorisations de rejet en vigueur.

Le bilan des valeurs mensuelles de ces différents paramètres pour l'année 2019 est présenté dans le tableau suivant :

	Température amont (°C)			Température aval (°C)			Échauffement (°C)		
	Max	Min	Moy	Max	Min	Moy	Max	Min	Moy
Janvier	7,3	3,1	7,2	7,7	3,9	7,6	0,23	0,09	0,15
Février	9,8	4,3	9,2	9,9	4,8	9,6	0,14	0,06	0,09
Mars	14,5	8,3	13,6	14,4	8,8	13,7	0,16	0,07	0,12
Avril	19,4	13,3	12	18,9	11,8	18,2	0,18	0,07	0,15
Mai	25,8	12,1	20,2	20,8	12,6	20	0,13	0,07	0,1
Juin	29	17,1	28,3	28,3	16,4	27,6	0,16	0,07	0,08
Juillet	29	20,1	28,3	29	21,1	27,8	0,19	0	0,07
Août	25,2	19,5	24,6	25	19,7	24,1	0,22	0,07	0,16
Septembre	23,5	15,3	22,6	23	15,7	22,5	0,43	0,09	0,23
Octobre	17,7	12,9	17,4	18,4	13,3	17,7	0,45	0,05	0,27
Novembre	14,2	6,6	14	14,4	7,7	14,3	0,09	0,03	0,07
Décembre	9,3	5,7	9	9,7	6,4	9,6	0,1	0,01	0,03

2. Comparaison aux limites

Les rejets thermiques doivent respecter les limites fixées à l'article [EDF-SLT-242] dans la décision ASN 2015-DC-0498.

Paramètres	Unité	Limite réglementaire	Valeur maximale
Échauffement amont-aval calculé	°C	1	0.45

Commentaires : les limites réglementaires associées aux rejets thermiques ont toujours été respectées.

3. En conditions climatiques exceptionnelles

Aucun épisode caniculaire nécessitant l'utilisation des limites en conditions climatiques exceptionnelles n'a eu lieu en 2019.

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

L'année 2019 n'a pas été concernée par des actions de maintenance (hors maintenance programmée) et aucune intervention ou opération de maintenance anticipée n'a été nécessaire.

Partie V - Prévention du risque microbiologique

Le CNPE de Saint-Laurent peut être confronté au risque de prolifération de micro-organismes pathogènes pour l'homme, comme les amibes ou les légionelles, qui sont naturellement présents dans les cours d'eau en amont des installations et transitent par les circuits de refroidissement.

Ces micro-organismes trouvent en effet un terrain de développement favorable dans l'eau des circuits de refroidissement dits « semi fermés » des CNPE. Ces circuits de refroidissement, équipés de tours aéroréfrigérantes, sont soumis depuis le 1^{er} avril 2017 à une réglementation commune, la décision ASN n° 2016-DC-0578 relative à la prévention des risques résultant de la dispersion de micro-organismes pathogènes, qui fixe des seuils à partir desquels des actions doivent être menées afin de rétablir les concentrations à des niveaux inférieurs.

Afin de limiter ces proliférations, le CNPE de Saint-Laurent applique un traitement biocide à l'eau des circuits de refroidissement depuis l'année 2010. Dans l'objectif de limiter l'impact sur l'environnement de ce traitement par injection de monochloramine, le CNPE de Saint-Laurent développe depuis plusieurs années une méthodologie de traitement séquentiel au lieu d'une injection continue. Cette méthode permet de maîtriser le risque microbiologique tout en diminuant de façon notable les quantités de produits chimiques rejetés.

Les résultats microbiologiques indiqués sont issus de l'exigence 5.4.1 de la décision ASN n°2016-DC-0578 dite « Amibes Légionelles ». Pour corréliser les résultats microbiologiques et le traitement biocide associés mis en place sur les CNPE, les exigences des décisions individuelles des CNPE liées à la surveillance et aux résultats de mesures du traitement biocide sont présentées également ci-dessous.

I. Bilan annuel des colonisations en circuit

Les valeurs maximales observées en 2019 en *Legionella pneumophila* mesurées en bassin et en *Naegleria fowleri* calculées en aval dans le fleuve sont détaillées dans le tableau ci-dessous.

Les résultats des analyses de suivi de la concentration en *Legionella pneumophila* et en *Naegleria fowleri* calculés en aval dans le fleuve sont détaillés en annexe 1.

Paramètre	Valeur maximale observée en 2019	Seuil d'action
<i>Legionella pneumophila</i>	3 500 UFC/L	10 000 UFC / L
<i>Naegleria fowleri</i>	41	100 <i>N.fowleri</i> / L

Pendant toute la durée du suivi microbiologique, la concentration en *Naegleria fowleri* calculée dans la Loire après dilution du rejet n'a jamais atteint la valeur limite de 100 *Nf/L*, et la concentration en *Legionella pneumophila* n'a jamais atteint le seuil d'action de 10 000 UFC/L.

II. Synthèse des traitements biocides et rejets associés

Les données concernant les rejets associés aux traitements biocides se trouvent dans la Partie IV- Rejets d'effluents.

La stratégie de traitement communiquée en début d'année consistait en un traitement continu pendant une dizaine de jours, suivi d'un traitement séquentiel si les conditions météorologiques et microbiologiques sont favorables. Le traitement séquentiel consiste en une injection continue de 12 heures par jour. Le traitement est démarré et arrêté sur des critères basés sur les niveaux de colonisations en amibes *Naegleria fowleri*.

Le tableau ci-après retranscrit l'ensemble des données de la campagne de traitement 2019 :

Paramètres	Unité de production	
	N°1	N°2
Période de traitement	Du 19/04/2019 au 03/05/2019 et du 24/07/2019 au 23/10/2019	Du 19/04/2019 au 06/08/2019 et du 26/08/2019 au 19/09/2019
Arrêt de tranche pour maintenance	Du 03/05/2019 au 24/07/2019	Du 07/08/2019 au 25/08/2019 Du 21/09/2019 au 10/12/2019
Nombre de jours de traitement continu	59	105
Nombre de jours de traitement séquentiel	48	29
Date de mise en œuvre du traitement renforcé	Du 24/07/2019 au 31/07/2019 et du 08/08/2019 au 16/08/2019	Du 27/06/2019 au 02/07/2019 et du 22/07/2019 au 28/07/2019
Nombre de jours de Chloration massive	0	0
CRT moyen sortie condenseur (mg/L)	0,26	0,25
Consommation réelle d'eau de Javel (m ³)	484	
Consommation réelle d'ammoniaque (m ³)	82,5	

Les approvisionnements en réactifs se sont déroulés comme prévu et n'ont pas posé de difficulté particulière.

Partie VI - Surveillance de l'environnement

I. Surveillance de la radioactivité dans l'environnement

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

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

- une fonction d'alerte assurée au moyen de mesures en continu. Elle permet la détection précoce de toute évolution atypique d'un ou plusieurs paramètres environnementaux en lien avec l'exploitation des installations afin de déclencher les investigations et, si nécessaire, des actions de prévention (arrêt du rejet...);
- une fonction de contrôle du bon fonctionnement global des installations au travers des paramètres que la réglementation demande de suivre à différentes fréquences. Les résultats des analyses sont comparés, soit aux limites autorisées, soit à des valeurs repères (seuil de détection des appareils de mesure, bruit de fond naturel...);
- une fonction de suivi et d'étude visant à s'assurer de l'absence d'impact à long terme des prélèvements et des rejets sur les écosystèmes terrestre et aquatique. C'est l'objet des campagnes de mesures saisonnières de radioécologie.

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

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

Ainsi, le CNPE réalise annuellement, sous le contrôle de l'ASN, plusieurs milliers d'analyses dont les résultats sont transmis à l'administration et publiés par EDF sur le site internet du CNPE. Les résultats des mesures de radioactivité réalisées dans le cadre de la surveillance réglementaire de l'environnement sont également accessible 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 complétés depuis 1992 par un suivi radioécologique annuel des écosystèmes terrestre et aquatique auquel sont venues 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'analyses 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 bio-indicateurs, 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.

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 2019 sont présentés dans le tableau ci-après. Les débits de dose maximaux et les données relatives à l'année antérieure sont également présentés à titre de comparaison.

Réseau de mesure	Débit de dose moyen année 2019 (nSv/h)	Débit de dose max année 2019 (nSv/h)	Débit de dose moyen année 2018 (nSv/h)	Débit de dose moyen année 2017 (nSv/h)
Clôture	133	241	157,2	158,4
1 km	129	223	156	146,4
5 km	145	211	154,8	153,6
10 km	137	217	135,6	133,2

Commentaires : Pour les quatre réseaux, les débits de dose moyens enregistrés pour l'année 2019 sont de l'ordre de grandeur du bruit de fond et cohérents avec les résultats des années antérieures.

2. Surveillance du compartiment atmosphérique

Quatre stations d'aspiration en continu des poussières atmosphériques (aérosols) sont implantées dans un rayon de 1 km autour du CNPE. Des analyses journalières de l'activité alpha globale et 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 de l'île aux mouettes (AS1). Des analyses bimensuelles des activités alpha globale, bêta globale et tritium sont réalisées. En parallèle du dispositif d'EDF, un deuxième collecteur d'eau de pluie est présent. Celui-ci appartient à l'IRSN qui réalise également des analyses.

Les résultats des mesures réalisées sur le compartiment atmosphérique pour l'année 2019 sont donnés dans le tableau suivant :

Compartiment	Paramètres	Moyenne annuelle	Valeur minimale mesurée	Valeur maximale mesurée	Limite réglementaire	
Poussières atmosphériques	Alpha globale	< 5,06E-05	<1,36E-05	1,90E-04	-	
	Bêta globale (Bq/m ³)	<6,07E-04	<8,20E-05	2,1E-03	0,01 Bq/m ³	
	Spectrométrie gamma	⁵⁸ Co	<8,05E-06	<5,30E-06	<9,30E-06	-
		⁶⁰ Co	<5,63E-06	<2,40E-06	<7,20E-06	-
		¹³⁴ Cs	<6,21E-06	<5,70E-06	<7,50E-06	-
		¹³⁷ Cs	<4,97E-06	<2,40E-06	<6,00E-06	-
		¹³¹ I	<5,79E-04	<4,10E-05	<1,40E-03	-
⁴⁰ K	<1,56E-04	<8,60E-05	<1,20E-04	-		
Tritium atmosphérique (Bq/m ³)		<0,14	<0,085	<0,18	50 Bq/m ³	
Eau de pluie	Alpha globale (Bq/L)	/	/	0,04	/	
	Bêta globale (Bq/L)	/	/	0,20	/	
	Tritium (Bq/L)	/	/	<6,0	/	

Commentaires : Les mesures de surveillance du compartiment atmosphérique pour l'année 2019 respectent les limites réglementaires.

3. Surveillance du milieu terrestre

Les résultats des mesures réalisées sur le compartiment terrestre pour l'année 2019 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 limites de détection sont présentées.

Nature du prélèvement	Radionucléide	Périodicité	Moyenne annuelle	Valeur minimale mesurée	Valeur maximale mesurée
Lait (Bq/L)	¹³⁷ Cs	Mensuelle	<0,37	<0,30	<0,45
	⁴⁰ K		82,25	430	40
Végétaux terrestres (Bq/kg sec)	¹³⁷ Cs	Mensuelle	0,38	0,31	0,44
	⁴⁰ K		641	65	1500

Les résultats des mesures annuelles réalisées sur le compartiment terrestre ainsi que leur interprétation pour l'année 2018 sont présentés dans le rapport du suivi radioécologique annuel, présenté en annexe 2.

4. 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
Tritium	Bq/L	33,2
Bêta global	Bq/L	0,4
Potassium	mg/L	6,7
Bêta Global MES	Bq/L	3,3

5. Surveillance du milieu aquatique

Les résultats des mesures annuelles réalisées sur le compartiment aquatique ainsi que leur interprétation pour l'année 2018 sont présentés dans le rapport du suivi radioécologique annuel, présenté en annexe 2.

II. Surveillance physico-chimique et hydrobiologique

1. Physico-chimie des eaux souterraines

Une surveillance physico-chimique des eaux souterraines est effectuée sur les paramètres physicochimiques par le biais de prélèvements sur 12 piézomètres règlementaires du CNPE.

Paramètres	Unité	Valeur maximale mesurée
pH	-	8,0
Conductivité	µS / cm	620,0
Hydrocarbures totaux	mg / l	0,8
NTK		<1,0
Métaux totaux		12,0
Phosphates	mg / l	0,2
Nitrates		23,0

Paramètres	Unité	Valeur maximale mesurée
Chlorures	mg / l	27,0
Sulfates		27,0
Sodium		18,0
AOX		0,0
COV		0,0

Suite à la découverte d'un marquage des sols au niveau de la zone des anciens transformateurs de SLA2 en 2014, un plan de gestion des sols a été transmis à l'ASN fin 2018 et est en cours d'instruction.

Le suivi de la qualité de la nappe alluviale au droit de la zone a été poursuivi en 2019. Aucune concentration significative en hydrocarbures n'a été observée lors de ce suivi ($[HCTC10-C40] \leq 0,1$ mg/l). La surveillance de la nappe alluviale au droit de la zone sera maintenue jusqu'à la mise en œuvre de la solution retenue dans le plan de gestion des sols.

Sur Saint-Laurent A, l'ancienne centrale auxiliaire a connu des événements d'exploitation du temps de son fonctionnement ayant entraînés un marquage aux hydrocarbures des sols et du sous-sol de cette zone. Un traitement des sols et des eaux souterraines de la zone a été réalisé entre 2009 et 2011, suivi par une phase d'observations jusqu'en 2013. La surveillance de la zone est assurée depuis 2013 à l'aide du réseau piézométrique de Saint-Laurent A.

Une réapparition de phase libre a été observée fin 2018 à la surface des eaux souterraines au niveau de l'ancienne centrale auxiliaire. Un plan de surveillance a été mis en place pour assurer le suivi de ces réapparitions. Il a permis de confirmer que les apparitions de phase libre au niveau de l'ancienne centrale auxiliaire sont principalement observées en période de basses eaux (notamment de septembre à décembre), comme cela avait été constaté lors du traitement de la zone. Des écrémeurs passifs jetables (boudins oléophiles) seront mis en place au niveau des piézomètres de la zone afin de récupérer la phase libre transitant par ces ouvrages en période de basses eaux et réaliser un suivi plus précis des réapparitions.

La surveillance piézométrique réalisée en aval hydrogéologique de la zone a démontré le caractère localisé de ce marquage à la zone concernée par les événements d'exploitation. En effet aucun transfert de substances en direction de la Loire (concentrations en hydrocarbures totaux dissous inférieures à 1 mg/l (limite de qualité des eaux brutes de l'arrêté du 11/01/07), absence d'irisation en berge, ...) n'a été mis en évidence.

2. Physico-chimie des eaux de surface

a. Surveillance en continu

Les stations multi-paramètres (SMP), situées à « l'amont » et à « l'aval » du CNPE, mesurent en continu le pH, la conductivité, la température de l'eau et l'oxygène dissous dans le milieu récepteur.

Les tableaux suivants présentent les valeurs maximales mesurées sur l'année 2019 pour les stations amont, rejet et aval.

STATION AMONT	Oxygène dissous (mg/L)	Conductivité (μ S/cm)	pH	Température
Janvier	13,4	323	8,2	7,3
Février	12,6	309	8,2	9,6
Mars	11,4	290	8,1	14,5
Avril	15,4	314	9,3	19,5
Mai	13,1	279	8,9	25,8
Juin	12,9	320	8,9	29,5
Juillet	13,9	327	9,1	29,0
Aout	12,3	328	9,0	25,2
Septembre	12,7	325	9,2	23,5
Octobre	11,8	349	8,7	17
Novembre	11,6	284	7,9	14,2
Décembre	12,2	259	8,0	9,6

Commentaires : Aucun problème générant l'indisponibilité des données n'est survenu sur la station amont durant l'année 2019.

STATION REJET	Oxygène dissous (mg/L)	Conductivité (μ S/cm)	pH	Température
Janvier	14,6	487	8,7	24
Février	10,2	434	8,7	29,1
Mars	10,7	432	8,6	30,0
Avril	12,8	451	8,7	32,3
Mai	12,3	407	11,0	31,5
Juin	14,4	380	8,8	64,1
Juillet	12,5	491	8,9	34,9
Aout	9,4	474	8,7	31,4
Septembre	11,4	470	8,7	29,1
Octobre	11,1	442	8,6	30,3
Novembre	11,8	321	8,4	21,6
Décembre	11,8	273	8,6	22,3

Commentaires : Indisponibilités des données le 26/02 suite à une coupure électrique.

STATION AVAL	Oxygène dissous (mg/L)	Conductivité ($\mu\text{S/cm}$)	pH	Température
Janvier	13,7	339	8,3	7,7
Février	12,8	324,0	8,1	9,9
Mars	11,5	302	8,1	14,4
Avril	14	311	9,0	18,9
Mai	11,1	292	8,7	20,8
Juin	11,1	335	8,9	28,3
Juillet	11,6	347	9,0	29,0
Aout	12,8	343	9,1	24,8
Septembre	12,8	342	9,1	23,0
Octobre	11,1	365	8,9	18,4
Novembre	11,5	293	7,9	14,4
Décembre	11,7	265	8,0	9,7

Commentaires :

- Indisponibilité des données du 21/04 au 01/05 suite à un problème matériel. Un enregistreur en local a été mis en place afin de récupérer les données ;
- Indisponibilité des données du 15/11 au 19/11 suite à un défaut de la base de données en local.

b. Surveillance physico-chimique

Le CNPE réalise un suivi à la maille mensuelle de certains paramètres physico-chimiques soutenant la vie biologique aux stations multi paramètres amont, rejet et aval. Ce suivi s'inscrit dans le respect des prescriptions de la décision ASN n°2015-DC-0499.

Les résultats sont présentés dans les tableaux ci-après.

- **Station amont**

	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Aluminium brute (mg/l)	0,084	0,65	0,11	0,065	0,12	0,02	0,18	0,049	0,068	0,064	0,28	2,5
Aluminium dissous (mg/l)	0,007	0,009	0,006	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,01	0,038
Chrome brute (mg/l)	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Chrome dissous (mg/l)	2,00E-04	<2,0E-04	<2,0E-04	<5,0E-04	<2,0E-04	0,003						
Cuivre brute (mg/l)	<0,005	0,008	0,005	0,005	<0,005	<0,005	0,006	<0,005	0,006	0,006	0,005	0,005
Cuivre dissous (mg/l)	0,0024	0,0027	0,003	0,0027	0,0033	0,0041	0,0047	0,0045	0,0055	0,0038	0,004	0,0038
Fer brute (mg/l)	0,17	1	0,19	0,11	0,7	0,032	0,15	0,043	0,076	0,069	0,32	2,1
Fer dissous (mg/l)	0,021	0,028	0,013	0,009	0,015	0,007	0,007	<0,005	0,075	0,01	0,047	0,076
Manganèse brute (mg/l)	0,014	0,084	0,015	0,009	0,014	<0,01	0,017	0,008	0,02	0,019	0,036	<0,005
Manganèse dissous (mg/l)	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,003	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,078
Nickel brute (mg/l)	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Nickel dissous (mg/l)	6,00E-04	8,00E-04	6,00E-04	6,00E-04	7,00E-04	7,00E-04	8,00E-04	8,00E-04	0,001	0,0044	0,0014	0,0015
Titane brute (mg/l)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,006	<0,01	<0,01	<0,01	0,013	0,085
Titane dissous (mg/l)	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Zinc brute (mg/l)	<0,02	0,009	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,016	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,009
Zinc dissous (mg/l)	<0,002	<0,002	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,003	<0,002	<0,002	<0,003

- **Station Rejet**

	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Acide borique (mg/l)	<0,57	0,87	<0,57	0,74	1	0,85	<0,57	<0,57	<0,57	<0,57	<0,57	1,2
Aluminium (mg/l)	0,073	0,22	0,14	0,053	0,11	0,11	0,28	0,19	0,27	0,17	0,29	1,5
Azote (mg/l)	5,2	7,9	4,5	3,4	0,9	1,9	1,9	1,8	2	0,14	1,8	3,3
Chlorure (mg/l)	21	24	31	26	18	28	31	38	41	35	25	14
Chrome (mg/l)	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,003	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Cuivre (mg/l)	0,006	0,006	0,007	<0,005	<0,005	0,007	0,008	0,007	0,009	0,007	0,007	0,005
DBO5 (mg/l)	2	<2	1,3	<2,0	2	1,2	1,1	<2	1,3	1,1	1,3	1,1
DCO (mg/l)	<30	<30	<30	<30	31	<30	<30	<30	32	<30	<30	<30
Détergents (mg/l)	<4	4,7	<2	<2,0	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2,0
Ethanolamine (mg/l)	<1,2	<0,3	<0,9	<0,3	<0,6	<0,6	<0,6	<1,2	<1,2	<0,3	<0,3	<0,3
Fer (mg/l)	0,15	0,48	0,26	0,13	0,19	0,17	0,27	0,2	0,31	<0,19	<0,34	1,2
Hydrocarbures (mg/l)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Manganèse (mg/l)	<0,01	0,023	0,025	0,008	0,016	0,022	0,018	0,015	0,03	0,018	0,023	0,039
MES (mg/l)	5	21	14	5	9	9	9	7	11	6	9	20
Nickel (mg/l)	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Phosphates (mg/l)	0,14	0,12	0,097	0,092	0,089	0,066	0,13	<0,05	<0,005	0,061	0,21	0,15
Sodium (mg/l)	16	18	21	18	14	21	0,24	28	38	28	20	14
Titane (mg/l)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,009	<0,01	0,012	0,007	0,012	0,085
Zinc (mg/l)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,024	<0,01	0,005	0,013	0,009

- **Station Aval**

	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Aluminium Fraction brute (mg/l)	0,12	0,66	0,12	0,072	0,13	0,019	0,11	0,2	0,063	0,085	0,39	3
Aluminium dissous (mg/l)	0,01	0,01	0,008	<0,05	0,005	<0,005	<0,005	0,006	0,005	<0,005	0,012	0,035
Chrome Fraction brute (mg/l)	<0,003	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Chrome Dissous (mg/l)	2,00E-04	<2,0E-04	<2,0E-04	<2,0E-04	<2,0e-04	3,00E-04	<2,0E-04	<2,0E-04	<2,0E-04	<2,0E-04	<2,0E-4	3,00E-04
Cuivre Fraction brute (mg/l)	<0,005	0,008	0,006	<0,005	<0,005	<0,005	0,006	0,007	0,005	0,005	0,007	0,005
Cuivre dissous (mg/l)	0,0023	0,027	0,003	0,0026	0,0029	0,0038	0,0043	0,0044	0,005	0,0044	0,0042	0,003
DBO5 (mg/l)	0,61	0,60	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,6	0,8	0,6	0,7	1	<0,5
DCO (mg/l)	<10	19	12	10	13	10	10	12	11	11	18	19
Fer fraction brute (mg/l)	0,22	1	0,21	0,12	0,17	0,026	0,097	0,2	0,07	0,092	0,43	2,5
Fer dissous (mg/l)	0,024	0,031	0,014	0,008	0,013	0,006	0,008	<0,005	0,011	0,01	0,045	0,076
Manganèse fraction brute (mg/l)	0,021	0,1	0,015	0,008	0,013	<0,01	0,011	0,007	0,02	0,026	0,046	0,083
Manganèse dissous (mg/l)	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
MES (mg/L)	9	54	27	5	13	4	3	2	2	26	13	40
Nickel fraction brute(mg/l)	<0,05	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Nickel dissous (mg/l)	6,00E-04	9,00E-04	6,00E-04	6,00E-04	7,00E-04	7,00E-04	8,00E-04	9,00E-04	0,001	0,001	0,0013	0,0015
Titane fraction brute (mg/l)	<0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,017	0,1
Titane dissous (mg/l)	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Zinc fraction brute (mg/l)	<0,01	0,009	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,005	0,024	<0,01	<0,01	0,005	0,013
Zinc dissous (mg/l)	<0,002	<0,002	0,002	<0,002	<0,002	0,015	<0,002	<0,003	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002

c. Surveillance chimique

Les rejets chimiques résultant du fonctionnement du CNPE sont issus :

- des produits de conditionnement des circuits ;
- des traitements de l'eau des circuits contre les micro-organismes ;
- de l'usure normale des matériaux ;
- du lavage du linge utilisé en zone contrôlée.

Ces rejets font l'objet d'une surveillance des concentrations présentes dans le milieu récepteur. À cet effet, des mesures de substances chimiques sont effectuées trimestriellement dans le fleuve en amont et en aval du CNPE. Les tableaux suivants présentent les valeurs mesurées aux deux stations amont et aval sur l'année 2019.

STATION AMONT	T1	T2	T3	T4
Bore (mg/l)	0,018	0,015	0,031	0,027
Chloroforme (mg/l)	<5,0E-04	<5,0E-4	<5,0E-04	<0,005
Hydrazine (mg/l)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Ethanolamine (mg/l)	<0,6	<0,3	<0,6	<0,30
Détergents (mg/l)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Hydrocarbures (mg/l)	<0,1	<0,1	<0,03	<0,03
AOX (mg/l)	0,095	0,056	0,015	0,039
acides chloracétiques (mg/l)	<0,02	<0,002	<0,02	<0,02
CRT (mg/l)	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05

STATION AVAL	T1	T2	T3	T4
Acides chloracétiques (mg/L)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
AOX (mg/l)	0,054	0,022	0,017	0,02
Bore	0,017	0,018	0,031	0,028
Chloroforme (mg/l)	<5,0E-04	<5,0E-04	<5,0E-04	<5,0E-04
CRT	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05
Détergents (mg/l)	<0,05	<0,05	<0,05	/
Ethanolamine (mg/l)	<0,6	<0,3	<0,6	<0,3
Hydrazine (mg/l)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Hydrocarbures (mg/l)	<0,1	<0,1	<0,03	<0,03

III. Physico chimie et hydroécologie de la Loire

L'objectif de la surveillance pérenne est de suivre l'évolution naturelle du milieu récepteur et de détecter une évolution anormale de l'écosystème, sur le long terme, qui pourrait être attribuable au fonctionnement du CNPE. Au contraire, les surveillances en conditions climatiques exceptionnelles et situations exceptionnelles ont plutôt pour objectif d'étudier la réponse à court terme de l'écosystème sous conditions de débits contraints et températures ambiantes élevées, le CNPE étant en fonctionnement.

Pour l'année 2019, les prélèvements et les analyses physico-chimiques ont été réalisés par le bureau d'étude IANESCO. Les prélèvements et analyses hydrobiologiques ont été confiés à AQUASCOP.

Sur la base des différentes expertises, le suivi hydro-écologique 2019 ne permet pas de déceler une évolution anormale de l'hydrosystème ligérien et de la qualité physico-chimique de l'eau de la Loire qui proviendrait du fonctionnement de la centrale de Saint-Laurent.

IV. Acoustique environnementale

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

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

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

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

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 Saint-Laurent s'adresse directement à la Commission locale d'information et 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.

L'actualité de la centrale est disponible sur le site internet www.edf.fr/saint-laurent-des-eaux et sur le compte Twitter @EDFSaint-Laurent.

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

Une surveillance des niveaux de radioactivité est effectuée dans l'environnement du CNPE de Saint-Laurent 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 des niveaux très faibles de radioactivité artificielle dans l'environnement du CNPE. La majeure partie trouve son origine dans les retombées atmosphériques des essais nucléaires et de l'accident de Tchernobyl. L'analyse détaillée des résultats est présentée dans le rapport du suivi radioécologique annuel réalisé par Subatech, présenté en annexe 2.

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-2015-2017.pdf

À partir des activités annuelles rejetées par radionucléide, une dose efficace³ est calculée en tenant compte des mécanismes de transfert de l'environnement jusqu'à l'homme. Cette dose permet de « mesurer » le niveau d'exposition attribuable aux rejets d'effluents radioactifs liquides et atmosphériques d'une installation et de le positionner par rapport à la limite réglementaire pour l'exposition de la population aux rayonnements ionisants conformément à l'article R1333-11 du Code de la Santé Publique.

Le calcul de dose efficace annuelle tient compte de données spécifiques à chaque CNPE telles que les conditions météorologiques, les habitudes alimentaires des riverains, les conditions de dispersion des effluents rejetés dans le milieu récepteur, etc. Les données alimentaires et les temps consacrés aux activités intérieures ou extérieures dans les environnements terrestre et aquatique ont été actualisés en 2019 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 sur leur lieu d'habitation (non prise en compte de leurs périodes d'absence pour le travail, les vacances...);
- l'eau captée à l'aval des installations est considérée comme provenant de captages d'eaux superficielles, même s'il s'agit de captages en nappes d'eaux souterraines, ce qui revient à considérer que le milieu aquatique à l'aval du CNPE est toujours influencé par les rejets d'effluents liquides de l'installation ;
- on considère que l'eau de boisson n'a subi aucun traitement de potabilisation (autre que la filtration), et donc qu'aucune rétention de radionucléides n'a été effectuée lors de procédés de traitement ;
- la pêche de poissons dans les fleuves à l'aval des CNPE est supposée systématique, sans exclure les zones de pêche interdite.

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).

³ La **dose efficace** est la somme des doses absorbées par tous les tissus, pondérée d'un facteur radiologique W_R (W_R = Radiation Weighting factor) facteur de pondération du rayonnement) pour tenir compte de la qualité du rayonnement (α , β , γ ...) et d'un facteur de pondération tissulaire W_T (W_T = Tissu Weighting factor) correspondant à la radiosensibilité relative du tissu exposé. La dose efficace a pour objectif d'apprécier le risque total et s'exprime en sievert (Sv). Elle est appelée communément « **dose** ».

L'échelle suivante présente des ordres de grandeur de doses résultant de situations courantes et la comparaison aux seuils réglementaires :

ECHELLE DES EXPOSITIONS Seuils réglementaires



Figure 3 : 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 3 ci-après.

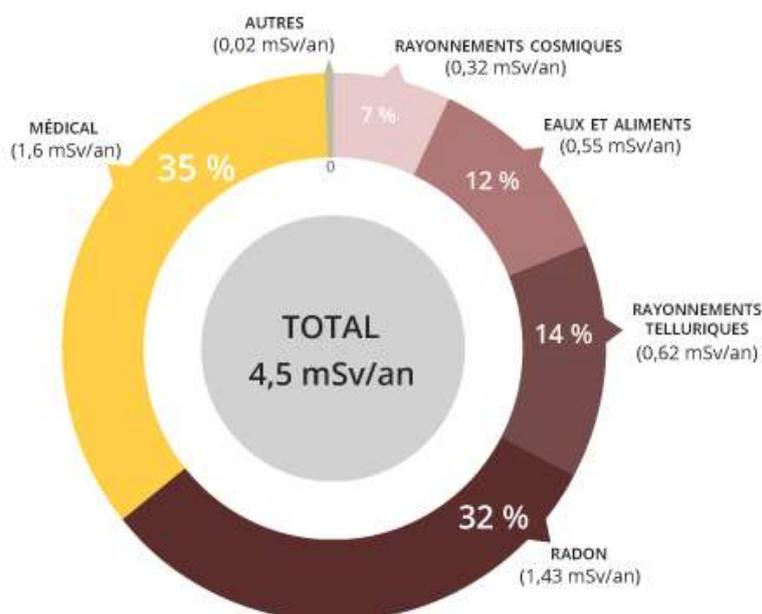


Figure 4 : Part relative des différentes sources d'expositions de la population française aux rayonnements ionisants

(Source : Bilan IRSN 2015)

Le tableau suivant fournit les valeurs de dose efficace totale calculées à partir des rejets radioactifs réels de l'année 2019 effectués par le CNPE de Saint-Laurent, 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 atmosphériques	5,1E-07	6,3E-06	6,8E-06
Rejets liquides	4,9E-06	7,0E-05	7,5E-05
Total	5,4E-06	7,7E-05	8,2E-05

ENFANT DE 10 ANS	Exposition externe (mSv)	Exposition interne (mSv)	Total (mSv)
Rejets atmosphériques	5,3E-07	5,8E-06	6,3E-06
Rejets liquides	s.o.	7,1E-05	7,1E-05
Total	5,3E-07	7,7E-05	7,8E-05

ENFANT DE 1 AN	Exposition externe (mSv)	Exposition interne (mSv)	Total (mSv)
Rejets atmosphériques	5,3E-07	1,0E-05	1,1E-05
Rejets liquides	s.o.	9,3E-05	9,3E-05
Total	5,3E-07	1,0E-04	1,0E-04

Les valeurs de doses calculées sont inférieures à 1.10^{-4} mSv/an pour l'adulte, 1.10^{-4} mSv/an pour l'enfant de 10 ans et 1.10^{-3} mSv/an 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 2019 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.

À titre de comparaison, la dose moyenne liée à la radioactivité naturelle en France est de l'ordre de 2,4 mSv par an.

Partie VIII - Gestion des déchets

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

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

La démarche industrielle repose sur 4 principes :

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

Pour les installations nucléaires de base du CNPE de Saint-Laurent, 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.

I. 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.

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)

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

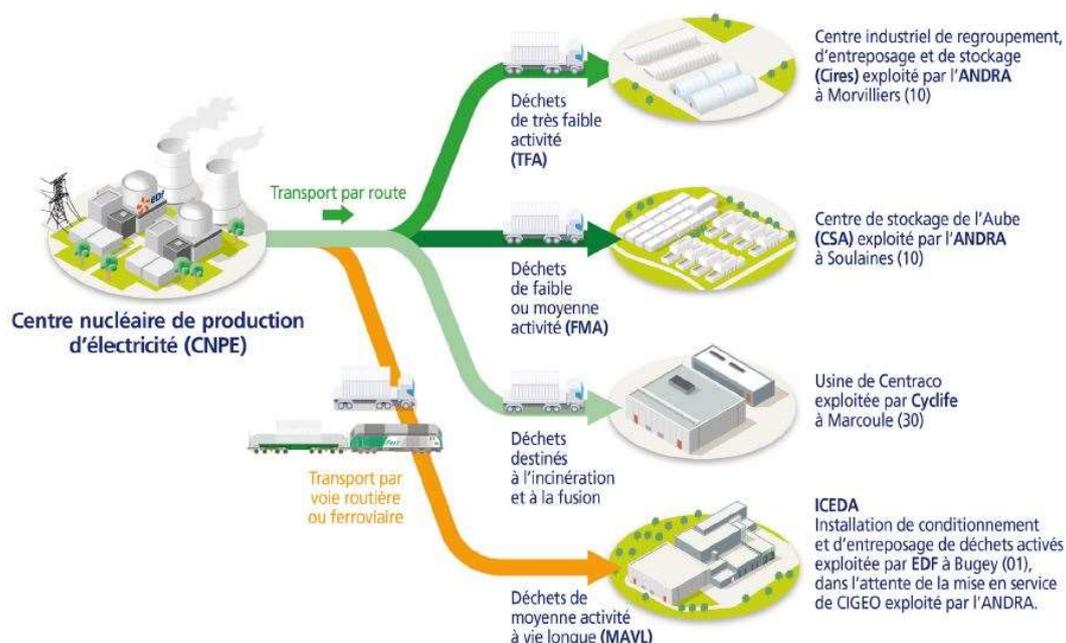


Figure 5 : Transport des déchets radioactifs (Source : EDF)

3. Les quantités de déchets entreposées au 31/12/2019

Le tableau suivant présente les quantités de déchets en attente de conditionnement au 31 décembre 2019 pour les deux réacteurs en fonctionnement du CNPE de Saint-Laurent.

Catégorie déchet	Quantité entreposée au 31/12/2019	Commentaires
TFA	47 tonnes	En conteneur sur l'aire TFA
FMAVC (Liquides)	8 tonnes	Effluents du lessivage chimique, huiles, solvants...
FMAVC (Solides)	59 tonnes	Localisation Bâtiment des Auxiliaires Nucléaire et Bâtiment Auxiliaire de Conditionnement (BAC)
FAVL	0	/
MAVL	186 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 2019 pour les deux réacteurs en fonctionnement du CNPE de Saint-Laurent.

Catégorie déchet	Quantité entreposée au 31/12/2019	Type d'emballage
TFA	72 colis	Tous types d'emballages confondus
FMAVC (Liquides)	0	
FMAVC (Solides)	302 colis	Coques, fûts (métalliques, PEHD) et autres (caissons, pièces massives...)
FAVL	0	Entreposage en piscine site
MAVL	0	Entreposage en piscine site

Le tableau suivant présente le nombre de colis évacués et les sites d'entreposage en 2019 pour les deux réacteurs en fonctionnement du CNPE de Saint-Laurent.

Site destinataire	Nombre de colis évacués
Cires à Morvilliers	358
CSA à Soulaines	96
Centraco à Marcoule	762

En 2019, 1 216 colis ont été évacués vers les différents sites de traitement ou de stockage appropriés (Centraco et Andra).

Le tableau suivant présente les quantités de déchets en attente de conditionnement au 31 décembre 2019 pour les deux réacteurs en déconstruction de Saint-Laurent A.

Catégorie déchet	Quantité entreposée au 31/12/2019
TFA (tonnes)	137,443
FMAVC (Liquides) (tonnes)	94,973
FMAVC (Solides) (tonnes)	72,119
FAVL (tonnes)	1993,5
MAVL (objets)	3

Le tableau suivant présente les quantités de déchets conditionnés en attente d'expédition au 31 décembre 2019 pour les deux réacteurs en déconstruction de Saint-Laurent A.

Catégorie déchet	Nombre de colis au 31/12/2019	Type d'emballage
TFA	65	Tous types d'emballages confondus
FMAVC	220	Fûts métalliques, PEHD
FMAVC	6	Autres dont caissons, pièces massives, ...

Le tableau suivant présente le nombre de colis évacués et les sites d'entreposage en 2019 pour les deux réacteurs en déconstruction de Saint-Laurent A.

Site destinataire	Nombre de colis évacués
Cires à Morvilliers	182
CSA à Soulaines	216
Centraco à Marcoule	113

En 2019, 511 colis ont été évacués vers les différents sites de traitement ou de stockage appropriés (Centraco et Andra).

II. 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 2019 par les INB d'EDF.

Quantités 2019 en tonnes	Déchets dangereux		Déchets non dangereux non inertes		Déchets inertes		Total	
	Produits	Valorisés	Produits	Valorisés	Produits	Valorisés	Produits	Valorisés
Sites en exploitation	624	515	975	720	936	936	2535	2171
Sites en déconstruction	0,8	0,5	45	43	70	70	116	113,5

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 2016 du fait d'importants chantiers, en particulier les chantiers de modifications post Fukushima et l'aménagement de parkings ou bâtiments tertiaires. Les productions de déchets dangereux et de déchets non dangereux non inertes restent relativement stables.

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

- la création en 2006 du Groupe Déchets Economie Circulaire, chargé d'animer la gestion des déchets conventionnels pour l'ensemble des entités d'EDF. Ce groupe, qui s'inscrit dans le cadre du Système de Management Environnemental certifié ISO 14001 d'EDF, est composé de représentants des Divisions/Métiers des différentes Directions productrices de déchets. Ses principales missions consistent à apporter de la cohérence en proposant des règles et outils de référence aux entités productrices de déchets,

- les entités productrices de déchets conventionnels disposent d'un outil informatique qui permet en particulier de maîtriser les inventaires de déchets et leurs voies de gestion,
- la définition depuis 2008 d'un objectif de valorisation pour l'ensemble des déchets valorisables. Cet objectif est actuellement fixé à 90 %,
- la prise en compte de la gestion des déchets dans les contrats de gestion des sites,
- la mise en place de structures opérationnelles assurant la coordination et la sensibilisation à la gestion des déchets de l'ensemble des métiers,
- la création de stages de formation spécifiques « gestion des déchets conventionnels »,
- le recensement annuel des actions de prévention de production des déchets.

En 2019, les deux unités de production du CNPE de Saint-Laurent ont produit 2 535 tonnes de déchets conventionnels : 86 % de ces déchets ont été valorisés ou recyclés.

Concernant les unités en déconstruction, 114,3 tonnes de déchets conventionnels ont été produites en 2019. 97,6 % de ces déchets ont été valorisés ou recyclés.

ABREVIATIONS

ANDRA - Agence Nationale pour la gestion des Déchets RAdioactifs

ASN - Autorité Sûreté Nucléaire

CNPE - Centre Nucléaire de Production d'Électricité

COT - Carbone Organique Total

DBO5 - Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours

DCO - Demande Chimique en Oxygène

DUS – Diesel d'Ultime Secours

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

ESE - Évènement Significatif Environnement

FMA - Faible Moyenne Activité

ICPE - Installations Classées pour la Protection de l'Environnement

INB - Installation Nucléaire de Base

IRSN - Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire

ISO - International Standard Organization

KRT – Chaîne de mesure de radioactivité

MES - Matières En Suspension

PA – Produit d'Activation

PF – Produit de Fission

REX - Retour d'Expérience

SME - Système de Management de l'Environnement

SMP - Station Multi Paramètres

TAC – Turbine à Combustion

TEU - Traitement des Effluents Usés

TFA - Très Faible Activité

THE – Très Haute Efficacité

UFC - Unité Formant Colonie



552 081 317 R.C.S. Paris
www.edf.fr

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

EDF SA
22-30, avenue de Wagram
75382 Paris cedex 08
Capital de 1 525 484 813 euros

CNPE de Saint Laurent
La centrale, 41 220 Saint-Laurent-
Nouan
Numéro de téléphone :
02.54.45.84.84