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

Dampierre-en-Burly

2021

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'Electricité de Dampierre-en-Burly en 2021 4

I. Contexte 4

II. Le CNPE de Dampierre-en-Burly 4

III. Modifications apportées au voisinage du CNPE de Dampierre-en-Burly 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 9

I. Prélèvement d'eau destinée au refroidissement 11

II. Prélèvement d'eau destinée à l'usage industriel 11

III. Prélèvement d'eau destinée à l'usage domestique 11

IV. Milieu de prélèvement : comparaison pluriannuelle, prévisionnel, valeurs limites et maintenance 12

Partie III – Restitution et consommation d'eau 14

I. Restitution d'eau 14

II. Consommation d'eau 15

Partie IV - Rejets d'effluents 16

I. Rejets d'effluents à l'atmosphère 17

II. Rejets d'effluents liquides 27

III. Rejets thermiques 42

Partie V - Prévention du risque microbiologique 44

I. Bilan annuel des colonisations en circuit 45

II. Synthèse des traitements biocides et rejets associés 46

Partie VI - Surveillance de l'environnement 47

I. Surveillance de la radioactivité dans l'environnement 47

II. Physico-chimie des eaux souterraines 53

III. Chimie et physico-chimie des eaux de surface 54

IV. Physico-chimie et Hydrobiologie 61
V. Acoustique environnementale 65

Partie VII - Évaluation de l'impact environnemental et sanitaire des rejets de l'installation 66

Partie VIII - Gestion des déchets 70
I. Les déchets radioactifs 70
II. Les déchets non radioactifs 75

ABREVIATIONS 77

ANNEXE 1 : Suivi microbiologique du CNPE de Dampierre-en-Burly – Année 2021 78

ANNEXE 2 : Suivi radioécologique annuel du CNPE de Dampierre-en-Burly – Année 2020 80

Partie I - Le Centre Nucléaire de Production d'Electricité de Dampierre-en-Burly en 2021

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'Electricité (CNPE) d'EDF disposent d'un système de management de l'environnement certifié « ISO14001 ».

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

En application de l'article 4.4.4 de l'arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base, ce document présente le bilan de l'année 2021 du CNPE de Dampierre-en-Burly en matière d'environnement.

II. Le CNPE de Dampierre-en-Burly

Les installations nucléaires de base du site de Dampierre-en-Burly sont situées sur la commune du même nom (département du Loiret) à environ 49 km au sud-est d'Orléans et environ 9 km à l'ouest de Gien. Elles occupent une superficie de 180 hectares, sur la rive droite de la Loire. Les premiers travaux de construction ont débuté en 1974 sur une zone choisie pour sa proximité avec la région parisienne, grosse consommatrice d'énergie, et pour l'existence de lignes de transport à haute tension en provenance du Massif central.

Les installations de Dampierre-en-Burly regroupent quatre unités de production d'électricité d'une puissance de 910 mégawatts refroidies chacune par une tour aéroréfrigérante. Elles appartiennent à la filière à eau sous pression (REP). Les unités n°1 et 2 ont été mises en service en 1980. Ces deux réacteurs constituent l'installation nucléaire de base (INB) n°84. Les unités n°3 et 4 ont été mises en service en 1981. Ces deux réacteurs constituent l'installation nucléaire de base (INB) n° 85.
Le CNPE de Dampierre-en-Burly emploie 1 400 salariés d'EDF et 600 des entreprises extérieures, et fait appel, pour réaliser les travaux lors de chacun des arrêts pour maintenance des unités en fonctionnement de 600 à 2000 intervenants supplémentaires.

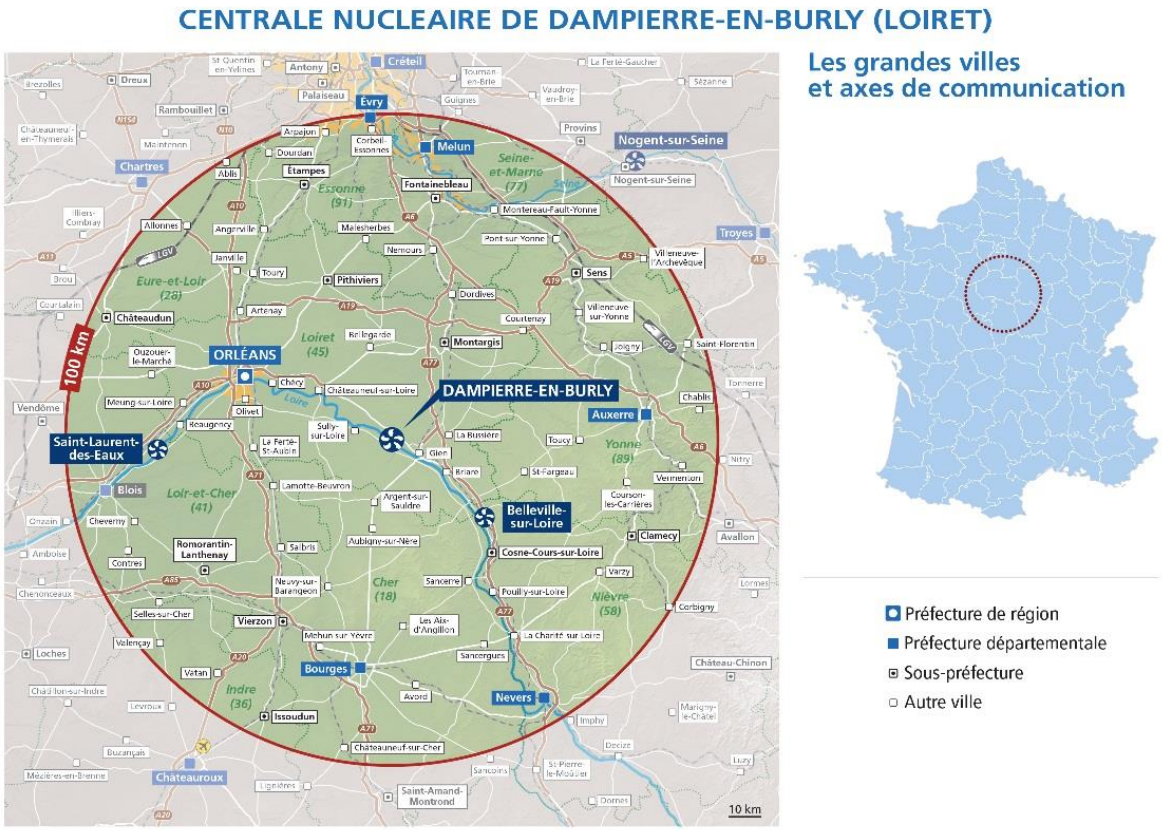


Figure 1 : Localisation du site (avec infographie localisation 100km)

III. Modifications apportées au voisinage du CNPE de Dampierre-en-Burly

La surveillance de l'environnement industriel est réalisée en application d'une prescription interne d'EDF. Lors de l'année 2021, aucune modification notable au voisinage du CNPE de Dampierre-en-Burly n'a été identifiée.

Certaines entreprises situées au voisinage du CNPE de Dampierre-en-Burly ont vu leur statut par rapport à la réglementation ICPE évoluer, du fait d'une modification de cette réglementation. Cependant, aucun nouveau risque n'a été induit.

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

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

- les Valeurs Toxicologiques de Référence pour l'impact sanitaire sur l'Homme, valeurs sélectionnées selon les critères définis dans la note d'information n°DGS/EA/DGPR/2014/307 du 31/10/2014,

- les valeurs seuils ou valeurs guides issues des textes réglementaires ou des grilles de qualité d'eau, les données écotoxicologiques, en particulier les PNEC (Predicted No Effet Concentration), et les études testant la toxicité et l'écotoxicité des effluents CRT, pour l'analyse des incidences sur l'environnement. A noter que les PNEC sont validées par la R&D d'EDF après revue bibliographique exhaustive et, si nécessaire, réalisation de tests écotoxicologiques commandités par EDF et réalisés selon les normes OCDE et les Bonnes Pratiques de Laboratoire.

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

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

En 2004, le CNPE de Dampierre-en-Burly 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 Dampierre-en-Burly et la réglementation se sont sans cesse accrues au fil des années. Cette certification est le fruit de l'implication de l'ensemble des intervenants - personnels EDF et d'entreprises externes - dans une démarche de respect de l'environnement.

La norme ISO 14001 repose sur la mise en œuvre d'un Système de Management Environnemental (SME). Cela signifie que la performance en matière de protection de l'environnement est intégrée dans l'organisation, c'est-à-dire dans toutes les décisions quotidiennes du CNPE de Dampierre-en-Burly. L'ensemble des salariés du CNPE, ainsi que le personnel intervenant pour le compte d'entreprises extérieures, sont impliqués dans le respect de l'environnement.

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

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

1. Bilan des évènements significatifs pour l'environnement déclarés

Le tableau suivant récapitule les évènements significatifs pour l'environnement déclarés par le CNPE de Dampierre-en-Burly en 2021.

Typologie	Date	Description de l'évènement	Principales actions correctives
ESE 2	14/10/2021	**Dépassement de l'autorisation de dépassement des 56 jours par an sur le flux 24h ajouté en cuivre dans l'ouvrage de rejet principal** Suite du précédent évènement sur le sujet, le CNPE de Dampierre-en-Burly n'applique plus la règle de cumul des deux prescriptions ASN [EDF-DAM-124] et [EDF-DAM-135] mais uniquement la prescription [EDF-DAM-135]. Cette dernière fixe un flux journalier en cuivre limité à 40 kg avec la possibilité d'un dépassement de ce flux 56 jours par an, dont 49 jours où la limite est portée à 70 kg et 7 jours où la limite est portée à 192 kg. En conséquence, lors de l'établissement du bilan sur les rejets du mois de septembre, il a été constaté le dépassement de la limite autorisée, portant à 59 le nombre de jours en dépassement du flux journalier ajouté en cuivre à la fin du mois de septembre. Toutefois, les valeurs mesurées de janvier à septembre 2021 demeurent dans la limite des situations couvertes par l'étude d'impact du CNPE.	Poursuivre l'instruction des projets de décisions « Modalités » et « Limites » avec l'ASN. Remplacement en 2022 et 2024 des condenseurs en laiton des tranches 2 et 4
ESE 6	17/12/2021	**Cumul annuel d'émission de fluide frigorigène supérieur à 100 kg** Suite de l'émission de 44,21 kg de fluide frigorigène de type R134A dans le cadre de la vidange des compresseurs A et B du groupe 2DEG101GF, le cumul annuel des émissions de fluides frigorigènes du CNPE de Dampierre-en-Burly dépasse le seuil de 100 kg pour l'année 2021 soit l'émission dans l'atmosphère de 123,96 kg d'un fluide contribuant à l'effet de serre sur l'année civile 2021.	Remplacer les évaporateurs des groupes 0DVT111GF et 0DVT112GF par un modèle ne présentant pas d'anomalie au niveau de ses crosses Mettre en œuvre une solution technique permettant de remplacer les charges d'huile sur les groupes DEG/DEB/DEL sans avoir à vidanger les groupes en fluide frigorigène

2. Bilan des incidents de fonctionnement

Durant l'année 2021, le CNPE de Dampierre-en-Burly a rencontré des indisponibilités :

- Sur des dispositifs de traitement des effluents :
  - Evaporateur 9TEU001EV. Cette indisponibilité n'a pas eu d'incidence sur le respect des limites de rejets.
- Sur des dispositifs de surveillance de l'environnement :
  - Indisponibilité temporaire du préleveur aérosols de la station AS3 entrainant la non-représentativité du prélèvement.
  - Indisponibilité temporaire du préleveur au niveau du canal de rejet entrainant la non-représentativité du prélèvement.

Ces indisponibilités n'ont pas eu d'incidence sur la qualité de la surveillance environnementale compte tenu de la redondance des matériels. Des remises en état rapides ont permis de limiter au maximum l'indisponibilité de ceux-ci.

Au cours de l'année 2021 le CNPE de Dampierre-en-Burly a observé des défauts d'étanchéité de l'échangeur 4SRI001RF. Ces défauts d'étanchéité ont généré des rejets de phosphates. Toutefois, ces rejets restent dans les limites applicables au CNPE de Dampierre-en-Burly.

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 dont l'alimentation des circuits de lutte contre les incendies (usage industriel),
- alimenter les installations sanitaires et les équipements de restauration des salariés (usage domestique).

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

- le circuit primaire pour extraire la chaleur : c'est un circuit fermé parcouru par de l'eau sous pression (155 bars) et à une température de 300° C. L'eau passe dans la cuve du réacteur, capte la chaleur produite par la réaction de fission du combustible nucléaire et transporte cette énergie thermique vers le circuit secondaire au travers des générateurs de vapeur.

- le circuit secondaire pour produire la vapeur : au contact des milliers de tubes en « U » des générateurs de vapeur, l'eau du circuit primaire transmet sa chaleur à l'eau circulant dans le circuit secondaire, lui-aussi fermé. L'eau de ce circuit est ainsi transformée en vapeur qui fait tourner la turbine. Celle-ci entraîne l'alternateur qui produit l'électricité. Après son passage dans la turbine, la vapeur repasse à l'état liquide dans le condenseur ; cette eau est ensuite renvoyée vers les générateurs de vapeur pour un nouveau cycle.

- un troisième circuit, appelé « circuit de refroidissement » : pour condenser la vapeur et évacuer la chaleur, le circuit de refroidissement comprend un condenseur, appareil composé de milliers de tubes dans lesquels circule de l'eau froide prélevée dans la rivière ou la mer. Au contact de ces tubes, la vapeur se condense. Ce circuit de refroidissement est différent selon la situation géographique du CNPE :
    - en bord de mer ou d'un fleuve à grand débit, les CNPE fonctionnent avec un circuit de refroidissement totalement ouvert.
      De l'eau (environ 50 m^3 par seconde) est prélevée pour assurer le refroidissement des équipements via le condenseur. Une fois l'opération de refroidissement effectuée, l'eau qui n'est jamais entrée en contact avec la radioactivité, est intégralement restituée dans la mer ou le fleuve, à une température légèrement plus élevée.
    - sur les fleuves ou les rivières dont le débit est plus faible, les CNPE fonctionnent avec un circuit en partie fermé.
      Le refroidissement de l'eau chaude issue du condenseur se fait par échange thermique avec de l'air ambiant dans une grande tour réfrigérante atmosphérique appelée « aéroréfrigérant ». Une partie de l'eau chaude se

vaporise sous forme d'un panache visible, au sommet de la tour. Cette vapeur d'eau n'est pas une fumée, elle ne contient pas de CO_2. Le reste de l'eau refroidie retourne dans le condenseur. Ce système avec aéroréfrigérants permet donc de réduire considérablement les prélèvements d'eau qui sont de l'ordre de 2 m^3 par seconde.

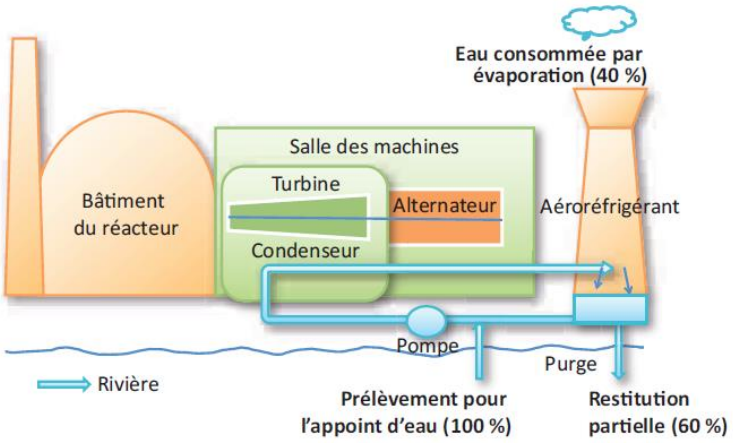


Figure 2 : Schéma d'un CNPE avec un circuit de refroidissement fermé (Source : EDF)

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

Que les CNPE soient en fonctionnement ou à l'arrêt, la grande majorité de l'eau prélevée est restituée à sa source, c'est-à-dire au milieu naturel à proximité du point de prélèvement. Plus précisément, quasiment 80 % de l'eau prélevée est restituée au fleuve pour les installations en circuit fermé, les 20% restant étant très majoritairement attribuable à l'évaporation d'eau au niveau des tours aéroréfrigérantes.

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

- faire face, si besoin, à un incendie : l'ensemble des CNPE d'EDF est équipé d'un important réseau d'eau sous pression permettant aux équipes des services de conduite et de la protection des CNPE d'EDF d'intervenir dès la détection d'un incendie jusqu'à l'arrivée des secours externes, et ainsi en limiter sa propagation. Ces réseaux sont régulièrement testés afin de s'assurer de leur fonctionnement et de leur efficacité.
- se laver, boire et se restaurer : selon leur importance (de 2 à 6 réacteurs), les CNPE d'EDF accueillent de 600 à 2 000 salariés permanents (EDF et entreprises extérieures) auxquels s'ajoutent, lors d'un arrêt d'un réacteur pour maintenance, près de 1000 personnes supplémentaires. Les besoins en eau potable sont en permanence adaptés aux effectifs de salariés permanents et temporaires, tant pour les sanitaires que pour la restauration. Les CNPE d'EDF peuvent être reliés aux réseaux d'eau potable des communes sur lesquelles ils sont implantés.

I. Prélèvement d'eau destinée au refroidissement

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

	Prélèvement d'eau (en millions de m^3)
Janvier	17,4
Février	15,8
Mars	18,1
Avril	17,5
Mai	16,4
Juin	15,8
Juillet	14,5
Août	13,8
Septembre	13,2
Octobre	11,8
Novembre	11,3
Décembre	15,2
TOTAL	**181**

II. Prélèvement d'eau destinée à l'usage industriel

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

	Prélèvement d'eau (en millions de m^3)
Janvier	0,002145
Février	0,002031
Mars	0,002019
Avril	0,002086
Mai	0,003465
Juin	0,002491
Juillet	0,002824
Août	0,002099
Septembre	0,002319
Octobre	0,001800
Novembre	0,001408
Décembre	0,001848
TOTAL	**0,026535**

III. Prélèvement d'eau destinée à l'usage domestique

Le cumul annuel des prélèvements d'eau potable destinée à usage domestique pour l'année 2021 est de 0,059877 millions de m^3 (les données disponibles sont des relevés annuels).

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

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

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

Année	Milieu	Volume (milliers de m^3)
2019	Eau douce superficielle	184 594
2020		182 753
2021		180 767
Prévisionnel 2021		195 000
2019	Eau douce souterraine	53,340
2020		29,801
2021		26,535
Prévisionnel 2021		35,000
2019	Eau douce de réseau	39,652
2020		40,741
2021		59,877

Commentaires : Le volume annuel d'eau douce superficielle prélevé est cohérent au prévisionnel qui avait été défini pour l'année 2021, compte tenu de la disponibilité des tranches. Concernant l'eau douce souterraine, la réalisation d'un suivi renforcé des consommations a permis d'initier des travaux de fiabilisation du système de captage et ainsi de limiter la consommation.

2. Comparaison aux valeurs limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des débits instantanés et des volumes d'eau prélevés cette année avec les valeurs limites de prélèvement fixées par la décision ASN n° 2011-DC-0211.

Milieu	Limites de prélèvement		Prélèvement		Unité
	Prescriptions	Valeur	Valeur maximale	Valeur moyenne	
Eau douce superficielle	Débit instantané	12,3	8,09	5,73	m^3/ s
	Volume journalier	1 063 000	699 149	495 252	m^3
	Volume annuel	245 000 000			m^3
Eau douce souterraine	Débit instantané	48	25	3,12	m^3/ h
	Volume journalier	576	597	74,8	m^3
	Volume annuel	56 000			m^3

Commentaires : La limite journalière de prélèvement d'eau douce souterraine a été dépassée sur une journée suite à une fuite sur le réseau d'eau industrielle. Le réseau d'eau industrielle est un réseau essentiellement souterrain, les investigations ont permis de localiser rapidement et précisément cette fuite et de procéder à une remise en état de la portion de tuyauterie

affectée. Ces travaux ont permis de retrouver une consommation inférieure à la limite journalière de prélèvement dès le lendemain du dépassement.

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

Pour l'année 2021, l'une des principales opérations de maintenance réalisée sur les équipements et ouvrages de prélèvements d'eau en Loire concerne l'amélioration de la robustesse de l'instrumentation de filtration d'eau brute. Cette modification a été mise en œuvre sur la tranche 1 du CNPE de Dampierre-en-Burly, elle sera déployée sur les autres tranches du CNPE d'ici à 2024.

Aucune intervention ou opération de maintenance anticipée n'ont été nécessaires pour garantir la fiabilité des équipements et ouvrages de prélèvements d'eau en Loire.

A noter que 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'Ilot 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 Dampierre-en-Burly, la solution retenue est la réalisation de puits de pompage en nappe phréatique (1 puits par tranche). Les travaux de création des puits définitifs débuteront en 2022.

4. Opérations exceptionnelles de prélèvements

Le CNPE de Dampierre-en-Burly n'a pas réalisé d'opération exceptionnelle de prélèvements d'eau dans la Loire en 2021.

Partie III – Restitution et consommation d'eau

I. Restitution d'eau

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

		Restitution d'eau			
		Eau de refroidissement	Rejets radioactifs	Rejets industriels	Unités
Restitution mensuelle	Janvier	11,996640	0,003677	0,024443	millions de m^3
	Février	11,076480	0,003782	0,026637	
	Mars	13,976928	0,002713	0,022295	
	Avril	13,287456	0,003291	0,032062	
	Mai	13,283136	0,004328	0,021467	
	Juin	12,917664	0,002769	0,019006	
	Juillet	11,208672	0,006190	0,031994	
	Août	9,238147	0,004532	0,019557	
	Septembre	9,313488	0,004573	0,020835	
	Octobre	8,986205	0,003737	0,013195	
	Novembre	9,063533	0,003682	0,016272	
	Décembre	12,161707	0,006438	0,028343	
TOTAL	Restitution au milieu aquatique	136,836			millions de m^3
	Pourcentage de restitution d'eau au milieu aquatique par rapport au prélèvement	75,7			%

II. Consommation d'eau

1. Cumul mensuel

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

	Consommation d'eau (en millions de m3)
Janvier	5,37
Février	4,70
Mars	4,14
Avril	4,23
Mai	3,15
Juin	2,88
Juillet	3,25
Août	4,52
Septembre	3,84
Octobre	2,82
Novembre	2,27
Décembre	3,08
TOTAL	**44,3**

Cette consommation correspond en grande majorité à l'eau évaporée (tours aéroréfrigérantes).

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

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

I. Rejets d'effluents à l'atmosphère

1. Rejets d'effluents à l'atmosphère radioactifs

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

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

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

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

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

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 du parc des CNPE d'EDF. Toutes les

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

La deuxième règle fondamentale consiste à déclarer obligatoirement une activité rejetée pour les radionucléides appartenant à ces différents « spectres de référence ». Les radionucléides dont l'activité mesurée est inférieure au seuil de décision[1] 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,
- le Carbone 14,
- les Iodes,
- les autres produits de fission ou d'activation émetteurs bêta et/ou gamma (PF-PA).

Le tableau ci-dessous est un rappel du spectre de référence des rejets radioactifs à l'atmosphère.

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

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

c. Cumul mensuel

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

	^{41}Ar (TBq)	^{85}Kr (TBq)	^{131m} Xe (TBq)	^{133}Xe (TBq)	^{135}Xe (TBq)	^{131}I (GBq)	^{132}I (GBq)	^{133}I (GBq)	^{58}Co (GBq)	^{60}Co (GBq)	^{134}Cs (GBq)	^{137}Cs (GBq)	^{51}Cr (GBq)	^{124}Sb (GBq)	^{54}Mn (GBq)
Janvier	2,37E-03	9,85E-06	1,32E-06	2,22E-02	1,69E-02	1,51E-03	0,00E+00	2,20E-03	6,24E-05	7,67E-05	5,79E-05	6,71E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Février	2,45E-03	9,55E-06	1,46E-06	2,04E-02	1,56E-02	6,85E-04	0,00E+00	4,06E-03	6,68E-05	8,34E-05	5,98E-05	6,72E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Mars	2,61E-03	6,21E-06	8,33E-07	2,34E-02	1,87E-02	1,28E-03	0,00E+00	8,00E-03	7,18E-05	8,69E-05	6,66E-05	7,57E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Avril	2,89E-03	2,09E-05	4,47E-07	2,25E-02	1,73E-02	6,58E-04	0,00E+00	4,04E-03	7,10E-05	1,92E-04	6,78E-05	7,71E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Mai	1,75E-03	1,62E-05	2,15E-06	4,26E-02	1,69E-02	1,66E-04	0,00E+00	1,00E-03	1,38E-04	1,33E-04	6,17E-05	7,04E-05	3,46E-04	0,00E+00	0,00E+00
Juin	1,91E-03	4,34E-05	2,40E-06	2,83E-02	2,25E-02	2,28E-04	0,00E+00	1,35E-03	7,71E-04	7,38E-04	7,74E-05	7,36E-05	1,89E-03	8,34E-05	6,68E-05
Juillet	2,11E-03	8,01E-03	1,02E-03	3,97E-02	2,25E-02	2,28E-04	0,00E+00	1,26E-03	8,08E-05	1,51E-04	8,79E-05	8,35E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Août	2,65E-03	5,42E-03	5,51E-04	3,60E-02	2,32E-02	6,54E-04	0,00E+00	1,61E-03	8,86E-05	1,88E-04	8,55E-05	8,32E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Septembre	3,05E-03	2,69E-04	2,95E-05	7,97E-02	2,18E-02	3,02E-04	2,60E-02	1,86E-03	8,15E-05	1,05E-04	8,54E-05	8,27E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Octobre	1,93E-03	5,67E-03	1,29E-04	3,58E-02	2,10E-02	4,66E-04	0,00E+00	1,21E-03	7,25E-05	8,95E-05	7,39E-05	7,35E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Novembre	1,11E-03	2,43E-05	1,24E-06	3,15E-01	2,61E-02	5,12E-04	0,00E+00	1,22E-03	7,21E-05	8,88E-05	7,83E-05	7,12E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Décembre	2,97E-03	1,76E-03	2,00E-05	5,61E-01	2,04E-02	3,21E-04	0,00E+00	1,08E-03	7,35E-05	9,80E-05	7,82E-05	7,72E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
TOTAL ANNUEL	**2,78E-02**	**2,13E-02**	**1,76E-03**	**1,23E+00**	**2,43E-01**	**7,01E-03**	**2,60E-02**	**2,89E-02**	**1,65E-03**	**2,03E-03**	**8,81E-04**	**9,02E-04**	**2,24E-03**	**8,34E-05**	**6,68E-05**

	Volumes rejetés (m^3)	Activités gaz rares (GBq)	Activité Tritium (GBq)	Activité Carbone 14 (GBq)	Activités Iodes (GBq)	Activités Autres PF et PA (GBq)
Janvier	4,09E08	41,55	52,90		3,71E-03	2,64E-04
Février	3,71E08	38,43	38,21	225,10	4,75E-03	2,77E-04
Mars	4,29E08	44,68	69,92		9,29E-03	3,01E-04
Avril	4,20E08	42,77	88,32		4,70E-03	4,08E-04
Mai	4,15E08	61,20	131,10	292,00	1,17E-03	7,50E-04
Juin	4,11E08	52,70	156,00		1,60E-03	3,70E-03
Juillet	4,30E08	73,35	124,90		1,49E-03	4,03E-04
Août	4,24E08	67,78	140,10	330,40	2,26E-03	4,45E-04
Septembre	4,15E08	104,80	144,00		2,81E-02	3,55E-04
Octobre	4,37E08	64,52	123,50		1,67E-03	3,09E-04
Novembre	4,14E08	342,60	80,47	120,10	1,73E-03	3,10E-04
Décembre	4,02E08	586,60	58,85		1,40E-03	3,27E-04
TOTAL ANNUEL	**4,97E09**	**1520,98**	**1208,27**	**967,60**	**6,19E-02**	**7,85E-03**

Il a été vérifié que les rejets ne présentent pas d'activité volumique alpha globale d'origine artificielle supérieure aux seuils de décision.

Il a été vérifié que les rejets au niveau des cheminées annexes ne présentent pas d'activité volumique bêta globale d'origine artificielle supérieure à 0,001 Bq/m³.

d. Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2021 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2021.

Année	Rejets par catégorie de radionucléides (GBq)				
	Gaz rares	Tritium	Carbone 14	Iodes	Autres produits de fission et d'activation
2019	492	1 356	775	0,025	0,004
2020	510	1 130	757	0,016	0,007
2021	1521	1 208	968	0,0619	0,00785
Prévisionnel 2021	700	1 600	900	0,06	0,008

Commentaires : Les rejets radioactifs à l'atmosphère concernant les paramètres « tritium » et « autres produits de fission et d'activation » sont cohérents avec les valeurs du prévisionnel de l'année 2021. Concernant les paramètres « carbone 14 », « gaz rares » et « iodes », le dépassement du prévisionnel est lié à la détection d'un aléa concernant les caractéristiques de l'étanchéité du gainage du combustible d'une des unités de production du CNPE de Dampierre-en-Burly.

e. Comparaison aux valeurs limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2021 avec les valeurs limites de rejets fixées par la décision ASN n° 2011-DC-0210.

		Limites annuelles de rejet		Rejet		
Paramètres	**Localisation prélèvement**	**Prescriptions**	**Valeur**	**Valeur annuelle**	**Valeur maximale**	**Valeur moyenne**
Gaz rares	Installation	Activité annuelle rejetée (GBq)	72 000	1 520		
	Cheminée n° 1	Débit d'activité (Bq/s)	5,0E07		3,29E05	2,88E05
	Cheminée n° 2	Débit d'activité (Bq/s)	5,0E07		2,86E06	3,14E05
Carbone 14	Installation	Activité annuelle rejetée (GBq)	2 200	968		
Tritium	Installation	Activité annuelle rejetée (GBq)	10 000	1 210		
	Cheminée n° 1	Débit d'activité (Bq/s)	5,0E06		5,05E04	1,93E04
	Cheminée n° 2	Débit d'activité (Bq/s)	5,0E06		3,18E04	1,91E04
Iodes	Installation	Activité annuelle rejetée (GBq)	1,6	0,06		
	Cheminée n° 1	Débit d'activité (Bq/s)	5,0E02		1,37E00	3,57E-01
	Cheminée n° 2	Débit d'activité (Bq/s)	5,0E02		3,36E01	1,49E00
Autres produits de fission et produits d'activation	Installation	Activité annuelle rejetée (GBq)	0,8	0,008		
	Cheminée n° 1	Débit d'activité (Bq/s)	5,0E02		5,65E00	1,98E-01
	Cheminée n° 2	Débit d'activité (Bq/s)	5,0E02		8,78E-02	5,87E-02

Commentaires : Les rejets radioactifs à l'atmosphère respectent les valeurs limites de rejets de la décision ASN n°2011-DC-0210.

Les débits instantanés ont respecté les valeurs de la décision ASN n°2011-DC-0210 tout au long de l'année 2021.

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

Les rejets radioactifs diffus ont notamment pour origine :

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

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

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

	Volume (m^3)	Rejets de vapeur du circuit secondaire		Rejets au niveau des évents des réservoirs d'eau de refroidissement des piscines et d'entreposage des effluents liquides	
		Tritium (Bq)	Iodes (Bq)	Tritium (Bq)	Iodes (Bq)
Janvier	2,07E+04	0	0	5,97E+07	0
Février	2,18E+04	0	0	7,83E+07	0
Mars	1,70E+04	0	0	4,32E+07	0
Avril	2,82E+04	0	0	4,10E+07	0
Mai	2,36E+04	0	0	6,90E+07	0
Juin	1,51E+04	0	0	2,79E+07	0
Juillet	3,01E+04	0	0	4,16E+07	0
Août	1,94E+04	0	0	4,43E+07	0
Septembre	2,30E+04	0	0	4,94E+07	0
Octobre	1,21E+04	0	0	3,28E+07	0
Novembre	1,54E+04	0	0	2,76E+07	0
Décembre	2,72E+04	0	0	5,44E+07	0
TOTAL ANNUEL	2,54E+05	0	0	5,69E+08	0

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

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

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

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

La quantité annuelle évaluée d'oxyde de soufre (SOx) rejetée dans l'atmosphère lors du fonctionnement périodique des groupes électrogènes de secours (moteurs Diesel) ayant fonctionné pendant 273 heures et diesels d'ultime secours (DUS) ayant fonctionné pendant 100 heures, au total sur les 4 tranches pour 2021 est de :

Paramètre	Unité	Groupes électrogènes	DUS	TOTAL
SOx	kg	3	0	3

b. Rejets de formaldéhyde et de monoxyde de carbone

En 2021, 360 m^3 de calorifuges dans les enceintes des bâtiments réacteurs ont été renouvelés.

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

Concentration calculée	Unité	Paramètres	EBA	ETY
Concentration maximale ajoutée dans l'atmosphère	mg/m^3	Formaldéhyde	3,94E-02	9,34E-04
		Monoxyde de carbone	3,68E-02	8,72E-04

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	138,9
Morpholine		95

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 Dampierre-en-Burly.

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

Paramètre	Masse en kg	Tonne équivalent CO_2
Chloro-fluoro-carbone (CFC)	0	0
Hydrogéno-chloro-fluoro-carbone (HCFC)	0	0
Hydrogéno-fluoro-carbone (HFC)	123,95	201,87
Hexafluorure de soufre (SF6)	4,44	104,34
Total des émissions de GES en tonne équivalent CO2		306,21

Dans le respect de la règlementation relative aux systèmes d'échanges de quota d'émissions de gaz à effet de serre, le CNPE déclare chaque année les émissions de CO_2 provenant de l'activité de combustion de combustibles dans les installations dont la puissance thermique totale de combustion est supérieure à 20 MW. Pour l'année 2021, les émissions liées à cette activité représentent 482,3 tonnes équivalent CO_2.

L'équivalent CO_2 total des émissions de GES du CNPE constituées des pertes de fluides frigorigène et SF6 et de la combustion des diesels de secours, représente $3,95.10^{-2}$ gCO_2 / kWh électrique produit, la production annuelle nette d'électricité ayant été de 19,95 TWh sur l'année 2021.

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

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

5. Opérations exceptionnelles de rejets d'effluents à l'atmosphère

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

II. Rejets d'effluents liquides

1. Rejets d'effluents liquides radioactifs

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

- Les effluents provenant du circuit primaire dits « effluents primaires hydrogénés » contiennent des gaz de fission (xénons, iodes, césiums, ...) et des produits d'activation (cobalts, manganèse, tritium, carbone 14...) et de fission. Ces effluents sont essentiellement produits en phase d'exploitation du fait des mouvements d'eau primaire effectués lors des variations de puissance ou de l'ajustement des paramètres chimiques de l'eau du réacteur…).
- Les effluents issus des circuits auxiliaires dits « effluents usés » constituent le reste des effluents. Ils résultent principalement des opérations de maintenance nécessitant des vidanges de circuit (filtres, déminéraliseurs, échangeurs…), des opérations d'évacuation du combustible usé et de conditionnement des résines usées, des actions de maintien de la propreté des installations (lavage du sol et du linge).

La totalité de ces effluents est collectée, puis traitée, pour retenir l'essentiel de la radioactivité.

Les effluents issus du circuit primaire sont dirigés vers le circuit de Traitement des Effluents Primaires (TEP). Celui-ci comprend une chaîne de filtration et de déminéralisation, un dégazeur permettant d'envoyer les gaz dissous vers le système de Traitement des Effluents Gazeux (TEG), et une chaîne d'évaporation permettant de séparer l'effluent traité en un distillat (eau) d'activité volumique faible pouvant être recyclé ou rejeté le cas échéant, et en un concentrat renfermant le bore, qui est généralement recyclé vers le circuit primaire.

Les effluents liquides oxygénés recueillis dans les puisards des différents locaux sont dirigés vers le circuit de Traitement des Effluents Usés (TEU) où ils sont traités. Collectés sélectivement suivant plusieurs catégories (résiduaires, chimiques, planchers, servitudes), le traitement de ces effluents, approprié à leurs caractéristiques physico-chimiques, peut se faire:

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

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

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

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

La deuxième règle fondamentale consiste à déclarer obligatoirement une activité rejetée pour les radionucléides appartenant à ces différents « spectres de référence ». Les radionucléides dont l'activité mesurée est inférieure au seuil de décision[1] 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.

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

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

c. Cumul mensuel

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

	^{131}I (MBq)	^{54}Mn (MBq)	^{63}Ni (MBq)	^{58}Co (MBq)	^{60}Co (MBq)	^{110m}Ag (MBq)	^{123m}Te (MBq)	^{124}Sb (MBq)	^{125}Sb (MBq)	^{134}Cs (MBq)	^{137}Cs (MBq)	^{51}Cr (MBq)	^{95}Nb (MBq)	^{95}Zr (MBq)
Janvier	1,04E+00	1,20E+00	6,99E+00	1,97E+00	2,58E+01	1,29E+01	8,48E-01	1,08E+00	3,01E+00	1,05E+00	1,57E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Février	9,86E-01	1,37E+00	3,33E+00	1,31E+00	3,24E+01	1,83E+01	1,06E+00	1,02E+00	2,89E+00	1,03E+00	1,86E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Mars	7,38E-01	1,45E+00	3,26E+00	1,54E+00	3,33E+01	1,86E+01	6,92E-01	7,39E-01	2,21E+00	7,39E-01	1,16E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Avril	9,43E-01	1,13E+00	6,58E+00	5,18E+00	1,81E+01	1,30E+01	9,98E-01	9,53E-01	2,62E+00	9,42E-01	1,15E+00	3,94E+00	0,00E+00	0,00E+00
Mai	1,38E+00	2,19E+00	9,52E+00	3,25E+00	4,35E+01	5,03E+01	1,12E+00	1,41E+00	3,98E+00	1,40E+00	2,26E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Juin	9,78E-01	1,57E+00	7,76E+00	4,65E+00	2,12E+01	1,37E+01	7,16E-01	1,08E+00	2,69E+00	1,00E+00	2,68E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Juillet	2,23E+00	5,02E+00	1,70E+01	1,34E+01	9,66E+01	1,12E+02	1,62E+00	3,62E+00	6,32E+00	2,24E+00	3,09E+00	0,00E+00	5,19E+00	2,20E+00
Août	1,73E+00	2,68E+00	7,01E+00	7,91E+00	5,40E+01	4,12E+01	1,25E+00	3,02E+00	4,78E+00	1,71E+00	1,88E+00	0,00E+00	9,42E-01	0,00E+00
Septembre	1,69E+00	5,06E+00	2,29E+00	1,07E+01	8,06E+01	4,12E+01	1,25E+00	1,93E+00	4,85E+00	1,72E+00	8,37E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Octobre	1,39E+00	3,48E+00	5,23E+00	8,43E+00	5,85E+01	3,33E+01	1,24E+00	5,28E+00	3,74E+00	1,44E+00	2,57E+00	1,57E+01	4,32E+00	3,17E+00
Novembre	1,28E+00	1,83E+00	4,56E+00	4,84E+00	3,34E+01	3,97E+01	9,86E-01	2,34E+00	3,75E+00	1,35E+00	1,81E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Décembre	2,25E+00	2,48E+00	5,41E+00	3,59E+00	5,04E+01	2,28E+01	1,79E+00	3,62E+00	6,20E+00	2,27E+00	3,16E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
TOTAL ANNUEL	**1,66E+01**	**2,95E+01**	**7,90E+01**	**6,68E+01**	**5,48E+02**	**4,16E+02**	**1,36E+01**	**2,61E+01**	**4,70E+01**	**1,69E+01**	**3,16E+01**	**1,96E+01**	**1,05E+01**	**5,38E+00**

	Volumes rejetés (m^3)	Activité Tritium (GBq)	Activité Carbone 14 (GBq)	Activités Iodes (GBq)	Activités Autres PF et PA (GBq)
Janvier	1,97E+04	4,88E+03	5,27	1,04E-03	5,64E-02
Février	2,10E+04	6,32E+03	11	9,86E-04	6,46E-02
Mars	1,62E+04	2,66E+03	7,65	7,38E-04	6,37E-02
Avril	2,50E+04	2,77E+03	2,81	9,43E-04	5,46E-02
Mai	1,76E+04	5,17E+03	5,7	1,38E-03	1,19E-01
Juin	1,40E+04	1,90E+03	3,75	9,78E-04	5,71E-02
Juillet	2,81E+04	3,20E+03	3,36	2,23E-03	2,68E-01
Août	1,70E+04	2,85E+03	2,85	1,73E-03	1,26E-01
Septembre	1,75E+04	3,61E+03	4,12	1,69E-03	1,58E-01
Octobre	1,11E+04	2,46E+03	2,1	1,39E-03	1,46E-01
Novembre	1,39E+04	2,00E+03	1,6	1,28E-03	9,46E-02
Décembre	2,50E+04	4,17E+03	2,55	2,25E-03	1,02E-01
TOTAL ANNUEL	**2,26E+05**	**4,20E+04**	**52,8**	**1,66E-02**	**1,31E+00**

Il a été vérifié que les rejets ne présentent pas d'activité volumique alpha globale d'origine artificielle supérieure aux seuils de décision.

d. Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejet de l'année 2021 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2021.

	Rejets par catégorie de radionucléides (GBq)			
	Tritium	Carbone 14	Iodes	Autres PF et PA
2019	49 900	37,4	0,011	1,23
2020	37 100	38	0,012	0,93
2021	42 000	52,8	0,0166	1,31
Prévisionnel 2021	50 000	50	0,02	1,2

Commentaires : Les rejets radioactifs liquides concernant les paramètres « tritium », « carbone 14 » et « iodes » sont cohérents avec les valeurs du prévisionnel défini pour l'année 2021, compte tenu de la disponibilité des unités de production.

Un dépassement du prévisionnel est observé concernant le paramètre « autres produits de fission et d'activation », en lien avec l'indisponibilité de l'évaporateur 9TEU001EV.

e. Comparaison aux limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2021 avec les valeurs limites de rejets fixées par la décision ASN n° 2011-DC-0210.

	Limites annuelles de rejet		Rejet
Paramètres	Prescriptions	Valeur	Valeur annuelle (GBq)
Tritium	Activité annuelle rejetée (GBq)	100 000	42 000
Carbone 14	Activité annuelle rejetée (GBq)	260	52,8
Iodes	Activité annuelle rejetée (GBq)	0,6	0,0166
Autres PA et PF	Activité annuelle rejetée (GBq)	36	1,31

Commentaires : Les limites réglementaires de rejets ont été respectées.

f. Surveillance des eaux de surface

Des prélèvements d'eau de la Loire sont réalisés lors de chaque rejet d'effluents liquides radioactifs (à mi-rejet jusqu'au 31/05/21 puis à mi-volume à partir du 01/06/2021). Des prélèvements journaliers sont également réalisés en dehors des périodes de rejet. Plusieurs analyses sont réalisées sur ces échantillons d'eau filtrée (mesure de l'activité bêta globale, du tritium et de la teneur en potassium sur l'eau et mesures de l'activité bêta globale sur les matières en suspension). Ces analyses permettent de s'assurer du respect des valeurs d'activité volumique limites fixées par la réglementation.

Les résultats des mesures réalisées sur les eaux de surface pour l'année 2021 sont donnés dans le tableau suivant (valeurs moyennes et maximales).

	Paramètre analysé	Activité volumique horaire à mi-rejet et à mi-volume			Activité volumique : moyenne journalière		
		Valeur moyenne mesurée en 2021	Valeur maximale mesurée en 2021	Limite réglementaire	Valeur moyenne mesurée en 2021	Valeur maximale mesurée en 2021	Limite réglementaire
Eau filtrée	Activité bêta globale (Bq/L)	0,191	0,462 Bq/L	2	-	-	-
	Tritium (Bq/L)	56,42	133	280	24,29	119	140(1) / 100(2)
	Potassium (mg/L)	3,63	4,97	-	-	-	-
Matières en suspension	Activité bêta globale (Bq/L)	0,043	0,219	-	-	-	-

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

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

2. Rejets d'effluents liquides chimiques

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

Ces rejets d'effluents chimiques sont issus :

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

Les principales substances utilisées sont :

- l'acide borique (H_3BO_3) : le bore contenu dans cet acide est « avide » des neutrons produits lors de la réaction nucléaire. C'est une substance neutrophage, qui permet donc le contrôle de la réaction de fission et donc le pilotage du réacteur. Ce bore est dissous dans l'eau du circuit primaire.
- la lithine (LiOH) : ce produit est utilisé pour maintenir le pH du circuit primaire. En effet, le bore est sous forme acide. Pour éviter les effets de corrosion liés à cet acide, de la lithine est ajoutée à l'eau du circuit primaire afin d'ajuster le pH à celui de moindre corrosion. La concentration en lithine est donc directement liée à celle du bore.
- l'hydrazine (N_2H_4) : ce produit est utilisé principalement dans le circuit secondaire comme un agent anti-oxydant. Il permet d'éliminer l'oxygène dissous dans le mélange eau-vapeur, et ainsi maintenir là aussi un pH de moindre corrosion du circuit secondaire.
- La morpholine (C_4H_9NO), l'éthanolamine (C_2H_7NO) et l'ammoniaque (NH_4OH) sont des amines volatiles qui peuvent être employées, seules ou en combinaison, pour maintenir le bon pH dans le circuit secondaire. Elles complètent l'action de l'hydrazine. Le mode de conditionnement du circuit secondaire a évolué avec les années pour tenir compte du retour d'expérience interne et étranger. L'éthanolamine (C_2H_7NO), utilisée sur quelques CNPE, constitue une alternative intéressante à la morpholine, en particulier pour la protection des pièces internes des générateurs de vapeur et des purges des sécheurs-surchauffeurs de la turbine.
- le phosphate trisodique (Na_3PO_4) : comme l'hydrazine, le phosphate est utilisé pour le conditionnement des circuits de refroidissement intermédiaires.
- les détergents : ces produits sont régulièrement utilisés pour le nettoyage des locaux industriels ; qu'ils soient en ou hors zone contrôlée. Ils sont également utilisés à la laverie du CNPE pour le nettoyage des tenues d'intervention.

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

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

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 contre le tartre ou un traitement biocide est mis en œuvre dans les circuits fermés de refroidissement des condenseurs.

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 et de ses produits dérivés

Une évolution des connaissances sur la toxicité de la morpholine a été identifiée en 2019. De même, une substance formée à partir de la réaction de nitrosation d'un sous-produit de la morpholine a été identifiée récemment. Ces évolutions sont présentées ci-après.

Les principaux effets connus sont également rappelés ci-après.

- La morpholine a des propriétés irritantes (respiratoire, oculaire et cutané) et corrosives. Une Valeur Toxicologique de Référence (VTR) chronique par voie orale de 0,12 mg/kg/j a été établie par l'ANSES en 2019. Une mise à jour de l'évaluation de risque sanitaire suite à la prise en compte de cette VTR pour la morpholine a été réalisée. Elle conclut à une absence de risque sanitaire pour les populations riveraines et à des concentrations ajoutées faibles dans l'environnement.

- Les produits de dégradation de la morpholine sont constitués de composés carbonés : ions acétates, formiates, glycolates et oxalates, ainsi que de composés azotés : diéthanolamine, éthanolamine, méthylamine, pyrrolidine, diéthylamine, éthylamine, N-nitrosomorpholine. Il s'agit de substances qui sont faiblement toxiques dans les conditions de rejet. Aucune VTR issue des bases de données de référence n'est associée à ces substances à l'exception de la N-nitrosomorpholine.

- De plus, la morpholine peut notamment être transformée in vivo en N-nitrosomorpholine en présence de nitrites. Une VTR chronique par voie orale pour la N-nitrosomorpholine de 4 $(mg/kg/j)^{-1}$ a été établie par l'ANSES en 2012.

- De même, la pyrrolidine peut être transformée in vivo en N-nitrosopyrrolidine. Il s'agit d'une substance formée à partir de la réaction de nitrosation d'un sous-produit de la morpholine, la pyrrolidine. Une VTR chronique par voie orale pour la N-nitrosopyrrolidine de 2,1 $(mg/kg/j)^{-1}$ a été établie par l'US EPA en 1987. Une mise à jour de l'évaluation de risque sanitaire suite à la prise en compte de cette substance a été réalisée. Elle conclut à une absence de risque sanitaire pour les populations riveraines et à des concentrations ajoutées faibles dans l'environnement.

L'étude d'impact n'a pas mis en évidence de risque sanitaire attribuable aux rejets liquides de morpholine et de ses produits dérivés.

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 principal » :

i. Cumul mensuel

Le cumul mensuel des rejets chimiques transitant par l'ouvrage de rejet principal est donné dans le tableau suivant :

	Acide borique (kg)	Morpholine (kg)	Hydrazine (kg)	Détergents (kg)	Azote[(1)] (kg)	Phosphates (kg)	Sodium[(2)] (kg)	Chlorure[(3)] (kg)	Métaux totaux[(4)] (kg)	Sulfates[(5)] (kg)	MES (kg)	DCO (kg)
Janvier	1,04E+03	6,60E+01	1,63E-01	2,75E-01	2,61E+02	1,11E+01	3,36E+03	6,59E+02	1,88E+03	7,95E+03	1,99E+01	2,18E+02
Février	9,96E+02	6,34E+01	2,07E-01	2,64E-01	2,05E+02	1,43E+01	3,85E+03	8,17E+02	1,19E+03	9,22E+03	9,08E+01	1,63E+02
Mars	5,52E+02	6,26E+01	1,53E-01	2,04E-01	2,23E+02	1,12E+01	3,14E+03	7,39E+02	8,16E+02	7,33E+03	4,05E+01	1,08E+02
Avril	1,32E+03	8,34E+01	1,72E-01	2,35E-01	1,78E+02	1,77E+01	5,20E+03	1,24E+03	1,44E+03	1,35E+04	6,53E+01	2,43E+02
Mai	1,06E+03	5,44E+01	8,43E-02	2,65E-01	1,15E+02	3,06E+01	1,17E+04	1,30E+04	1,46E+03	8,80E+03	5,23E+01	2,72E+02
Juin	4,38E+02	3,85E+01	4,91E-02	7,36E-01	1,16E+02	2,63E+01	2,29E+04	2,79E+04	9,17E+02	1,23E+04	6,78E+01	1,89E+02
Juillet	1,38E+03	7,19E+01	1,12E-01	4,89E-01	5,59E+01	2,32E+01	9,06E+03	5,41E+03	1,50E+03	1,40E+04	1,09E+02	3,50E+02
Août	8,30E+02	6,19E+01	7,63E-02	3,69E-01	1,10E+02	8,91E+00	1,45E+04	1,65E+04	1,39E+03	1,03E+04	8,73E+01	2,94E+02
Septembre	1,33E+03	5,72E+01	9,17E-02	4,00E-01	9,20E+01	9,98E+00	8,27E+03	8,58E+03	1,37E+03	7,52E+03	1,75E+01	2,08E+02
Octobre	1,01E+03	2,44E+01	2,99E-02	1,83E+00	2,04E+01	2,95E+01	2,72E+03	6,18E+02	1,43E+03	6,44E+03	2,59E+01	2,65E+02
Novembre	9,89E+02	3,19E+01	4,07E-02	4,38E+00	2,11E+01	1,42E+01	3,57E+03	7,26E+02	1,12E+03	9,22E+03	2,34E+01	4,94E+02
Décembre	7,09E+02	6,62E+01	3,30E-01	1,14E+00	5,26E+01	2,75E+01	5,90E+03	2,35E+03	1,29E+03	1,40E+04	2,50E+01	3,01E+02
TOTAL ANNUEL	**1,17E+04**	**6,82E+02**	**1,51E+00**	**1,06E+01**	**1,45E+03**	**2,47E+02**	**9,42E+04**	**7,85E+04**	**1,58E+04**	**1,21E+05**	**6,25E+02**	**3,11E+03**

	Aluminium[6] (kg)	Chrome[6] (kg)	Cuivre[6] (kg)	Fer[6] (kg)	Manganèse[6] (kg)	Nickel[6] (kg)	Plomb[6] (kg)	Zinc[6] (kg)	AOX (kg)	CRT (kg)	Ammonium (kg)	Nitrites (kg)	Nitrates (kg)	CCl (kg)
Janvier	0,197	0,049	0,695	0,766	0,049	0,049	0,02	0,194	0	0	0	0	0	0,35
Février	0,491	0,053	2,01	1,63	0,34	0,053	0,021	0,93	0	0	0	0	0	0
Mars	0,167	0,041	1,146	1,64	0,37	0,041	0,066	0,47	0	0	0	0	0	0
Avril	0,93	0,062	1,49	1,43	0,37	0,062	0,102	1,34	0	0	0	0	0	0
Mai	0,173	0,044	0,34	1,28	3,21	0,043	0,017	0,603	2,99	0	140	0,86	10999	0,031
Juin	0,227	0,035	1,038	1,588	0,521	0,043	0,014	1,56	26	122	52,5	22,049	21460	0
Juillet	0,467	0,07	2,001	1,525	0,734	0,07	0,067	0,898	4,04	0	0	3,58	3353	0
Août	3,401	0,043	1,53	1,047	0,219	0,06	0,017	0,275	50,59	0	14,04	71,47	13117	0
Septembre	0,356	0,044	1,411	1,238	0,281	0,044	0,017	1,355	13,7	22,9	0	0	6074	0
Octobre	0,111	0,028	0,383	0,744	0,196	0,019	0,011	0,413	0	0	0	0	0	0
Novembre	0,617	0,035	0,478	0,9	0,221	0,035	0,014	0,63	0	0	0	0	0	0
Décembre	0,566	0,063	2,434	2,551	0,246	0,063	0,025	1,841	3	0	28	2	905	0
TOTAL ANNUEL	**7,704**	**0,565**	**14,956**	**16,339**	**6,757**	**0,58**	**0,392**	**10,509**	**100,31**	**145**	**234,5**	**100**	**55 908**	**0,381**

(1) La valeur donnée correspond à la somme des rejets azote issus des réservoirs SEK/KER.

(2) La valeur donnée correspond à la somme des rejets sodium issus des réservoirs SEK/KER, du traitement biocide et des rejets de la station de déminéralisation.

(3) La valeur donnée correspond à la somme des rejets chlorures issus du traitement biocide et des rejets de la station de déminéralisation.

(4) La valeur donnée correspond à la somme des rejets métaux totaux issus des réservoirs SEK/KER et des Cuivre/Zinc issues de l'usure des condenseurs.

(5) La valeur donnée correspond à la somme des rejets sulfates issus des rejets de la station de déminéralisation.

(6) La valeur donnée correspond à un paramètre constitutif de la mesure globale « métaux totaux ».

ii. Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets d'effluents non radioactifs liquides issus des réservoirs T, S et Ex de l'année 2021 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2021.

Substances	Unité	2019	2020	2021	Prévisionnel 2021
Acide borique	kg	11 700	9 610	11 700	11 000
Morpholine	kg	682	688	682	820
Hydrazine	kg	1,4	1,93	1,51	2
Détergents	kg	3,0	4,08	10,6	9
Azote	kg	1 930	1 930	1 450	2 300
Phosphates	kg	211	387	247	350
Sodium	kg	894	725,23	464,1	900
Métaux totaux	kg	88,7	69,7	51,8	80

Commentaires : Les rejets issus des réservoirs T, S et Ex sont supérieurs au prévisionnel 2021 concernant les paramètres « bore » et « détergents » :

- Pour le paramètre « bore », le dépassement est lié à des opérations de purification afin d'optimiser l'application des spécifications chimiques d'exploitation des tranches.

- Pour le paramètre « détergents », le dépassement est lié au volume d'activités nécessaires pour la réalisation de la quatrième visite décennale de la tranche 1. Ce volume d'activité inédit nécessite un renforcement du fonctionnement de la laverie du CNPE notamment pour le lavage des tenues de zone contrôlée.

Pour les autres paramètres, les rejets sont du même ordre de grandeur que les années précédentes et conformes aux hypothèses de calcul du prévisionnel de rejets.

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets d'effluents non radioactifs liquides issus de la station de production d'eau déminéralisée de l'année 2021 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2021.

Substances	Unité	2019	2020	2021	Prévisionnel 2021
Chlorures	kg	9 136	14 120	10 381	10 000
Sodium	kg	44 589	45 327	49 490	42 000
Sulfates	kg	108 360	109 000	120 557	110 000

Commentaires : Les rejets issus de la station de déminéralisation sont supérieurs au prévisionnel pour les trois paramètres « chlorures », « sodium » et « sulfates ». Ces dépassements sont liés, d'une part, aux activités de la visite décennale de la tranche 1 et plus particulièrement aux épreuves hydrauliques qui ont nécessité une augmentation de la production d'eau déminéralisée et, d'autre part, aux opérations de redémarrage des tranches.
Nota : Les épreuves hydrauliques nécessitent de remplir les tuyauteries du circuit mis sous épreuve (par exemple le circuit primaire), l'eau utilisée est de l'eau déminéralisée.

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets d'effluents non radioactifs liquides issus de l'usure des condenseurs de l'année 2021 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2021.

Substances	Unité	2019	2020	2021	Prévisionnel 2021
Cuivre	kg	10 671	9 017	11 551	13 000
Zinc	kg	4 202	3 400	4 204	4 500

Commentaires : Compte tenu de la disponibilité des tranches, les rejets en cuivre et zinc sont du même ordre de grandeur que les années précédentes et sont conformes aux hypothèses de calcul du prévisionnel de rejets.
D'une année sur l'autre, des variations des quantités rejetées peuvent être observées. En effet, les rejets de cuivre et de zinc sont issus de l'abrasion des condenseurs en laiton des tranches 2 et 4, sous l'effet des matières en suspension (MeS) contenues dans l'eau de Loire. La concentration en MeS de l'eau de Loire est très variable et a tendance à augmenter à chaque variation à la hausse du débit.

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets d'effluents non radioactifs liquides issus du traitement biocide à la monochloramine de l'année 2021 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2021.

Substances	Unité	2019	2020	2021	Prévisionnel 2021
Chlorures	kg	88 849	77 714	78 498	80 000
Sodium	kg	57 664	50 350	44 246	55 000
AOX	kg	327	161	100,31	450
THM*	kg	0*	0*	0*	*
CRT	kg	11,6	401	145	450
Ammonium	kg	150	321	234,50	400
Nitrites	kg	4,76	89,4	100	100
Nitrates	kg	81 644	71 990	55 908	75 000
Chlore libre*	kg	0*	0*	0*	*
Sulfates*	kg	0*	0*	0*	*

(*) Paramètre réglementé en cas de mise en œuvre de chloration massive acidifiée.

Commentaires : La stratégie de traitement a été adaptée au cours de la campagne de traitement biocide sans entraîner de dépassement du prévisionnel ou des limites.

Les rejets des substances chimiques issues du traitement biocide sont inférieurs au prévisionnel. Cette diminution des rejets par rapport à l'estimation est liée à un arrêt de la tranche 3 pour maintenance (hors rechargement du combustible) au cours de l'été 2021. Pendant cet arrêt, le traitement biocide a été interrompu.

iii. Comparaison aux limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2021 avec les valeurs limites de rejets fixées par la décision ASN n° 2011-DC-0210.

	Limite	Rejet	Limite	Rejet	Limite	Rejet	Limite	Rejet
Substances	**Concentration maximale ajoutée dans l'ouvrage de rejet principal (mg/L)**	**Valeur maximale calculée**	**Flux 24h (kg)**	**Valeur maximale (kg)**	**Flux 2h (kg)**	**Valeur maximale (kg)**	**Flux annuel ajouté (kg)**	**Flux annuel (kg)**
Acide borique	79	15,3	2 860	461	570	120	24 200	11 700
Morpholine	3,4	0,29	27	17			2 000	682
Hydrazine	0,14	0,000736	1	0,0678			30	1,51
Détergents	12	0,0109	780	3,14	83	0,261	8 100	10,6
Azote	10	0,38	71	23			9 800	1 450
Phosphates	11	0,147	175	9,68	81	5,17	730	247
Sodium	58	2,53	1 980	1 010				
Chlorures	24	2,93	1 750	1 188				
Métaux totaux	0,84	0,411	72 (1)	162			29 300	15 800
Sulfates	65	3,66	1 360	1 134,70				
MES	4,8	0,497	150	11,3				
DCO	12	2,29	530	47,4				
CCI							30	0,381
Cuivre	0,46	0,236	40 (2)	91				
Zinc	0,29	0,111	25 (3)	71				
AOX*	0,22	0,0156	19 (4)	4.58			1 245	100,31
THM*	0,21	0	7	0	1,5	0		
CRT*	0,58	0,0562	50	26,8			4 500	145
Ammonium*	10	0,0699	90	18,25				
Nitrites*		0,0186	70	14,53				
Nitrates*		2,40	1 520	965				
Chlore libre*	0,1	0						

* : traitement biocide à la monochloramine

(1) Les flux 24h et la concentration ajoutée dans l'ouvrage de rejet peuvent être dépassés 56 jours par an, dont 49 jours durant lesquels les limites sont portées à 137 kg et 1,6 mg/L et 7 jours durant lesquels les limites sont portées à 345 kg et 4 mg/L. En cas de chloration massive à pH contrôlé, soit au maximum 4 fois par an, les limites de 345 kg et 4 mg/L sont portées à 415 kg et 4,9 mg/L.

(2) Les flux 24h et la concentration ajoutée dans l'ouvrage de rejet peuvent être dépassés 56 jours par an, dont 49 jours durant lesquels les limites sont portées à 70 kg et 0,81 mg/L et 7 jours durant lesquels les limites sont portées à 192 kg et 2,3 mg/L.

(3) Les flux 24h et la concentration ajoutée dans l'ouvrage de rejet peuvent être dépassés 56 jours par an, dont 49 jours durant lesquels les limites sont portées à 60 kg et 0,69 mg/L et 7 jours durant lesquels les limites sont portées à 146 kg et 1,7 mg/L. En cas de chloration massive à pH contrôlé, soit au maximum 4 fois par an, les limites de 146 kg et 1,7 mg/L sont portées à 217 kg et 2,5 mg/L.

(4) Les limites du flux 24h et de la concentration ajoutée dans l'ouvrage de rejet sont portées respectivement à : 27 kg et 0,31 mg/l en cas de traitement à la monochloramine renforcé ; 117 kg et 3 mg/l en cas de chloration massive.
Lorsque le traitement à la monochloramine est mis en œuvre quand le débit de la Loire est inférieur à 47 m3/s, la concentration moyenne journalière ajoutée en Loire est limitée à 0,007 mg/l.
Lorsqu'une chloration massive est réalisée quand le débit de la Loire est inférieur à 60 m3/s, la concentration moyenne journalière ajoutée en Loire est limitée à 0,023 mg/l.

L'article 5.3.1 de la décision ASN n°2017-DC-0588 demande une évaluation de la quantité annuelle de lithine rejetée. En 2021, la quantité de lithine rejetée par le CNPE de Dampierre-en-Burly est évaluée à 0,39 kg.

Commentaires : Les rejets liquides chimiques respectent les valeurs limites annuelles de rejets de la décision ASN n° 2011-DC-0210.

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

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

4. Opérations exceptionnelles de rejets d'effluents liquides

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

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 aéroréfrigérant dans un circuit dit fermé ou semi-fermé.

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

L'échauffement de l'eau (écart de température entre la sortie et l'entrée : ΔT°C) est lié à la puissance thermique (Pth) à évacuer au condenseur et du débit d'eau brute au condenseur (Q).

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

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

1. En conditions climatiques normales

Les rejets thermiques issus du circuit de refroidissement du CNPE de Dampierre-en-Burly et des différents circuits secondaires nécessaires à son fonctionnement doivent respecter les limites fixées dans la décision ASN n°2011-DC-0210.

Le CNPE de Dampierre-en-Burly réalise en continu des mesures de températures en amont, au rejet et en aval du CNPE et un suivi des rejets thermiques conformément aux autorisations de rejet en vigueur (*échauffement moyen journalier*). Le bilan des valeurs mensuelles de ce paramètre pour l'année 2021 sont présentés dans le tableau suivant :

	Echauffement moyen journalier calculé (°C)		
	Max	Min	Moy
Janvier	0,29	0,06	0,12
Février	0,18	0,03	0,09
Mars	0,31	0,13	0,22
Avril	0,34	0,06	0,23
Mai	0,27	0,04	0,11
Juin	0,11	-0,06	0,05
Juillet	0,1	0,02	0,05
Août	0,29	0,09	0,18
Septembre	0,41	0,07	0,20
Octobre	0,31	0,05	0,16
Novembre	0,25	0,08	0,16
Décembre	0,17	0,04	0,10

2. Comparaison aux limites

Les rejets thermiques doivent respecter les limites fixées à l'article [EDF-DAM-137] de la décision ASN n° 2011-DC-0210

Paramètres	Unité	Limite en vigueur	Valeurs maximales
Echauffement moyen journalier calculé	°C	1,0	0,41

Commentaires : La limite réglementaire associée aux rejets thermiques a toujours été respectée.

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

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

Partie V - Prévention du risque microbiologique

Le CNPE de Dampierre-en-Burly 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 1er 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 Dampierre-en-Burly applique un traitement biocide à l'eau des circuits de refroidissement depuis l'année 2000. Dans l'objectif de limiter l'impact sur l'environnement de ce traitement par injection de monochloramine, le CNPE de Dampierre-en-Burly 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 corréler 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 2021 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 2021	Seuil d'action
Legionella pneumophila	Tranche 1	< 5000 UFC/L	10 000 UFC / L
Legionella pneumophila	Tranche 2	18 000 UFC/L	5 000 000 UFC/L
Legionella pneumophila	Tranche 3	< 50 000 UFC/L (flore interférente)* < 5000 UFC/L	10 000 UFC/L
Legionella pneumophila	Tranche 4	80 000 UFC/L	5 000 000 UFC/L
Naegleria fowleri		9	100 *N.fowleri* / L

**la présence de flore interférente ne permet pas de conclure que la concentration en Legionella pneumophila est inférieure à 10 000 UFC/L. Lorsque ces conditions sont rencontrées un nouveau prélèvement est réalisé au plus tôt.*

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.

La concentration en *Legionella pneumophila* n'a jamais atteint le seuil d'action de 10 000 UFC/L au niveau de la tranche 1. Le seuil d'action a été atteint en tranche 3 suite à la présence d'une flore interférente début 2021. Cette présence de flore interférente a empêché le dénombrement des *Legionella pneumophila* et, par conséquent, n'a pas permis de conclure à une concentration inférieure à 10 000 UFC/L. Afin de réduire la présence de flore interférente, une augmentation du débit d'appoint a été mise en œuvre pour déconcentrer le circuit de refroidissement et retrouver un dénombrement précis des *Legionella pneumophila*.

Les tranches 2 et 4 du CNPE de Dampierre-en-Burly ne disposent pas de traitement biocide. Les résultats en *Legionella pneumophila* diffèrent généralement de ceux des tranches 1 et 3 et plus particulièrement durant les périodes estivales. Cette différence est due au traitement biocide pratiqué sur les tranches 1 et 3 pour lutter contre les amibes; celui-ci agit également sur la prolifération des légionelles.

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 préventif estival communiquée en début d'année consistait en un traitement continu, suivi d'un traitement séquentiel. 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,* les concentrations en légionelles *Legionella pneumophila* et en tenant compte des conditions climatiques (débit de Loire, températures atmosphériques diurnes / nocturnes).

Données d'ensemble de la campagne de traitement 2021 :

Paramètres	N°1	N°3
Date de démarrage et d'arrêt du traitement préventif	Traitement non démarré	04/05/21 au 17/09/21
Date d'arrêt de Tranche (début et fin)	10/04/2021 au 05/02/2022	18/09/2021 au 19/12/2021
Nombre de jour de traitement continu	0	60
Nombre de jour de traitement séquentiel	0	47
Date de mise en œuvre du traitement renforcé	/	/
Nombre de jours de Chloration massive	0	0
CRT moyen sortie condenseur (mg/L)	0	0,29
Consommation réelle d'eau de Javel (m3)	391	
Consommation réelle d'ammoniaque (m3)	70,8	

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 programmés ou inopinés 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 (https://www.edf.fr/centrale-nucleaire-dampierre). Les résultats des mesures de radioactivité réalisées dans le cadre de la surveillance réglementaire de l'environnement sont également accessibles en ligne gratuitement sur le site internet du Réseau National de Mesures de la radioactivité de l'environnement (RNM - http://www.mesure-radioactivite.fr).

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

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

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

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

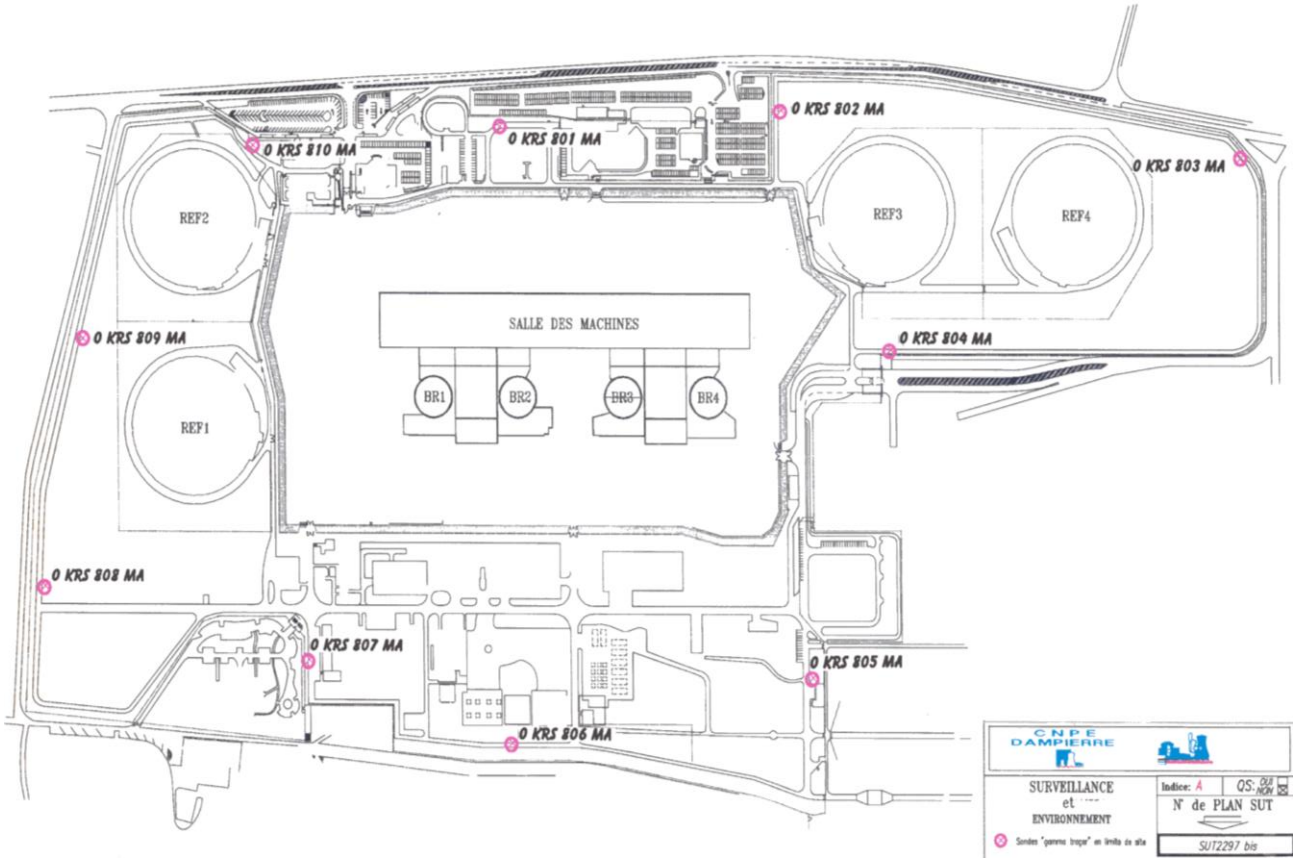
Les stations de prélèvements sont choisies en fonction de la rose des vents locale, des conditions hydrologiques, de la répartition de la population et de la disponibilité des échantillons dans l'environnement du CNPE. Les prélèvements collectés dans l'environnement terrestre sont répartis en distinguant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

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

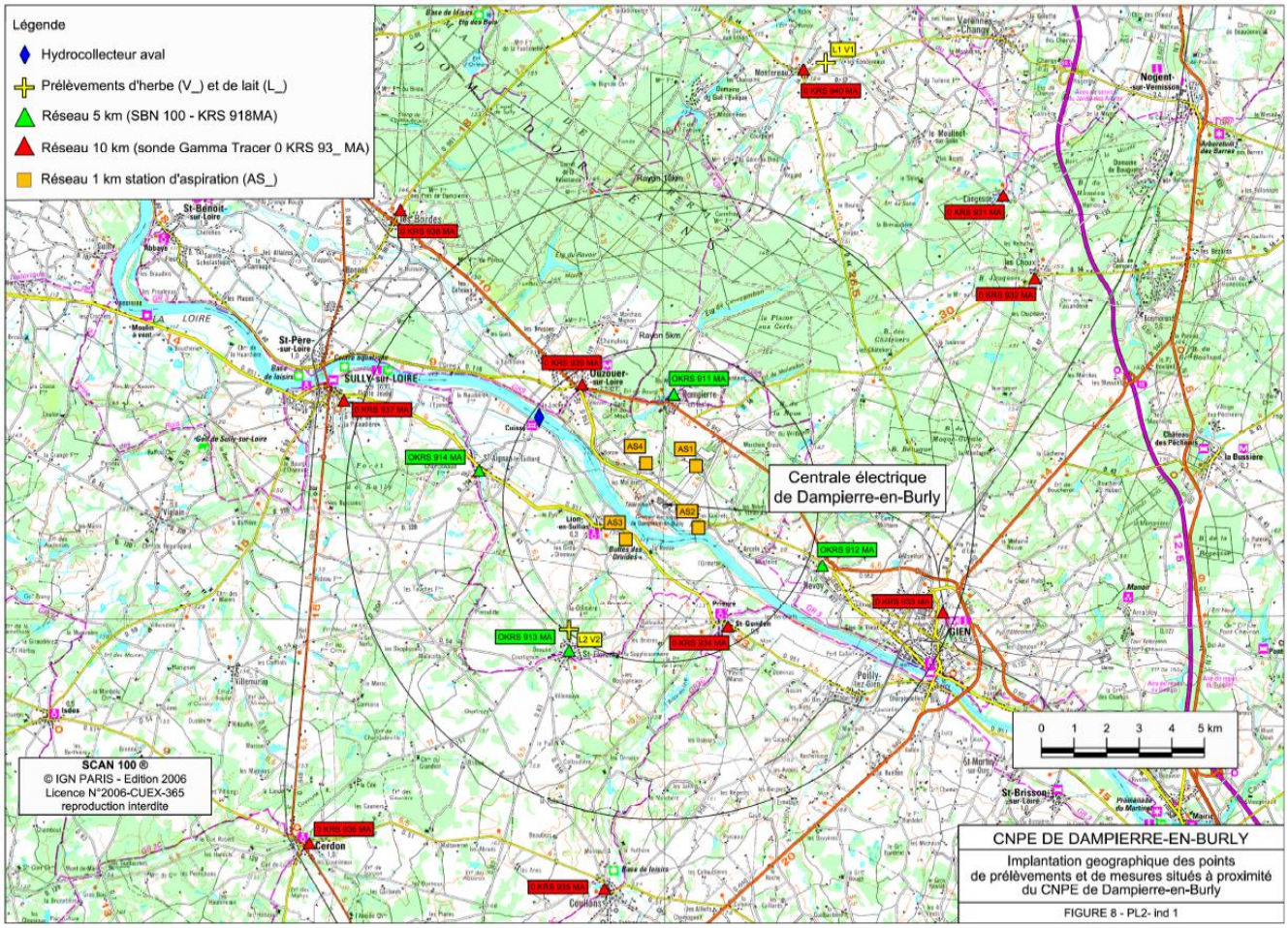
rejets de ses installations nucléaires, le niveau de radioactivité dans l'environnement à proximité du CNPE a considérablement diminué depuis une vingtaine d'année.

1. Surveillance de la radioactivité ambiante

Le système de surveillance de la radioactivité ambiante s'articule autour de 4 réseaux de balises radiamétriques (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.



Réseau de balises radiamétriques « clôture »



Réseau de balises radiamétriques 1 km ; 5km ; 10km

Les informations (débits de dose et états de fonctionnement) issues des balises sont envoyées en continu vers un centralisateur qui permet la visualisation et l'enregistrement des données. Les débits de dose moyens enregistrés par les différents réseaux de mesure pour l'année 2021 sont présentés dans le tableau suivant. Les débits de dose maximaux et les données relatives à l'année antérieure sont également présentés à titre de comparaison.

Réseau de mesure	Débit de dose moyen année 2021 (nSv/h)	Débit de dose max année 2021 (nSv/h)	Débit de dose moyen année 2020 (nSv/h)	Débit de dose moyen année 2019 (nSv/h)
Clôture	125	550	127	146,4
1 km	112	182	110	127,2
5 km	136	230	137	144,0
10 km	124	208	127	141,6

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

Le débit de dose maximum observé sur le réseau « Clôture » correspond à la présence d'un emballage combustible à proximité.

2. Surveillance du compartiment atmosphérique

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

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

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

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

Compartiment	Paramètres		Moyenne annuelle	Valeur maximale mesurée	Limite réglementaire (pour chaque analyse)
Poussières atmosphériques	Bêta globale (Bq/Nm^3)		5,07E-04	2,00E-03	0,01 Bq/m^3
	Spectrométrie gamma (Bq/Nm^3)	^{58}Co	< 6,68E-06	< 8,20E-06	
		^{60}Co	< 5,00E-06	< 7,50E-06	
		^{134}Cs	< 5,05E-06	< 6,90E-06	
		^{137}Cs	< 3,74E-06	< 4,80E-06	
		^{40}K	< 1,04E-04	< 1,20E-04	
		^{131}I	< 1,06E-03	< 2,30E-03	
Tritium atmosphérique (Bq/Nm^3)			< 0,378	< 12,13	50 Bq/m^3
Eau de pluie	Bêta globale (Bq/L)		0,111	0,326	
	Tritium (Bq/L)		4,44	4,74	

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

3. Surveillance du milieu terrestre

Les résultats des mesures réalisées sur le compartiment terrestre pour l'année 2021 sont donnés dans le tableau suivant. Concernant les résultats des analyses par spectrométrie gamma, seules les activités relatives aux radionucléides d'origine artificielle et supérieures aux seuils de décision sont présentées.

Nature du prélèvement	Radionucléide		Périodicité	Moyenne annuelle	Valeur maximale mesurée
Végétaux terrestres	Spectrométrie gamma (Bq/kg sec)	^{58}Co	Mensuelle	< 0,36	< 0,50
		^{60}Co		< 0,39	< 0,50
		^{134}Cs		< 0,33	< 0,40
		^{137}Cs		< 0,35	< 0,50
		^{40}K		676	966
		^{54}Mn		< 0,34	< 0,50
Lait	Spectrométrie gamma (Bq/L)	^{58}Co	Mensuelle	< 0,40	< 0,60
		^{60}Co		< 0,39	< 0,70
		^{134}Cs		< 0,38	< 0,50
		^{137}Cs		< 0,42	< 0,50
		^{40}K		44,54	54
		^{54}Mn		<0,38	<0,60

Commentaires : Les mesures des radioéléments artificiels pour les végétaux et le lait sont inférieures aux seuils de décision.

Les résultats des mesures annuelles réalisées sur le compartiment terrestre ainsi que leur interprétation pour l'année 2020 sont présentés dans le rapport du suivi radioécologique annuel, présenté en **annexe 2**.

4. Surveillance du milieu aquatique

Les résultats des mesures annuelles réalisées sur le compartiment aquatique ainsi que leur interprétation pour l'année 2020 sont présentés dans le rapport du suivi radioécologique annuel, présenté en **annexe 2**.

5. 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	76,6
Bêta global	Bq/L	2,05
Bêta global MES	Bq/L	0,525

Commentaires : L'activité maximale de 76,6 Bq/L a été mesurée au niveau du piézomètre 0SEZ008PZ en janvier 2021. Ce piézomètre fait l'objet d'un marquage historique suite au déversement de la bâche PTR tranche 1, une surveillance complémentaire mensuelle a été mise en place sur le CNPE de Dampierre-en-Burly suite à l'évènement significatif pour l'environnement déclaré en 2011.

Concernant le piézomètre 0SEZ002PZ, une activité maximale de 32,2 Bq/L a été observée. Ce piézomètre fait également l'objet d'un marquage historique lié à une inétanchéité de la bâche PTR tranche 3 en 1996. Un suivi renforcé hebdomadaire a été mis en œuvre de septembre 2020 à janvier 2021. A partir de janvier 2021, un retour à des valeurs habituellement mesurées au niveau de ce piézomètre a été constaté, toutefois, un suivi renforcé mensuel a été maintenu.

Piézomètre	Paramètres	Unité	Valeur maximale mesurée
0SEZ002PZ	Tritium	Bq/L	32,2
0SEZ008PZ	Tritium	Bq/L	76,6

II. Physico-chimie des eaux souterraines

Une surveillance physico-chimique des eaux souterraines est effectuée sur les paramètres physicochimiques par le biais de prélèvements sur 31 piézomètres du CNPE.

Paramètres	Unité	Valeur maximale mesurée
pH	-	8,2
Conductivité	µS/cm	817
Hydrocarbures totaux	mg/L	63 (0SEZ005PZ) 0,13 mg/L (hors 0SEZ005PZ)
DCO		21,9
Ammonium		0,27
NTK		2,9
Métaux totaux		4,74
Phosphates		0,54
Nitrites		0,022
Nitrates		62
Chlorures		86
Sulfates		70
Sodium		36

Commentaires : Une valeur maximale en hydrocarbures de 63 mg/L a été observée au niveau du piézomètre 0SEZ005PZ. Une surveillance complémentaire mensuelle est mise en place par le CNPE de Dampierre-en-Burly suite à l'évènement significatif pour l'environnement déclaré en 2008.

Paramètres	Unité	Valeur maximale mesurée
Hydrocarbures totaux 0SEZ005PZ	mg/L	63

III. Chimie et physico-chimie des eaux de surface

1. Physico-chimie 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 résultats du suivi sur l'année 2021 pour les stations amont, rejet et aval.

Station amont	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Oxygène dissous (mg/L)	12	11	11,3	11,1	9,5	8,7	8	9,6	8,5	10,0	11,3	11,9
Conductivité (µS/cm)	233	219	252	256	225	227	228	252	266	283	274	247
pH	7,8	7,7	8	8,4	7,9	8,1	7,9	8,5	7,9	7,7	8,0	7,9
Température	4,7	7,6	9,3	13,3	15,5	22,6	21,2	21,6	20,5	13,6	8,4	5,9

Station rejet	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Oxygène dissous (mg/L)	9	8,9	9,3	8,9	8,7	7,7	7,9	7,7	7,7	8,6	9,6	9,9
Conductivité (µS/cm)	323	300	319	358	289	305	297	396	392	364	333	296
pH	8,2	8,2	8,3	8,4	8,2	8,4	8,4	8,5	8,4	8,3	8,3	8,2
Température	19	19,9	18,5	19,8	20,5	24,3	24,8	26,6	26,3	21,2	16,5	14,9

Station aval	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Oxygène dissous (mg/L)	11,5	10,9	11,6	10,7	8,6	6,7	6,8	8,8	7,5	9,2	10,1	10,4
Conductivité (µS/cm)	238	221	241	283	240	250	236	278	284	293	281	234
pH	7,6	7,6	8,1	8,2	7,7	7,8	7,6	8,2	7,7	7,9	8,0	7,8
Température	5	7,8	9,6	13,6	15,7	22,8	21,4	21,9	20,9	14,0	8,8	6,1

Commentaires : Il n'y a pas de différence significative des mesures moyennes mensuelles de pH, oxygène dissous et de conductivité entre les stations amont et aval du CNPE.

2. Physico-chimie des eaux de surface

Le CNPE fait réaliser par le laboratoire IANESCO, en amont et en aval, des mesures mensuelles et bimestrielles de certains paramètres physico-chimiques soutenant la vie biologique. Les résultats sont présentés dans les tableaux suivants :

Station amont	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Température (°C)	4	9	11	12	13	22	22	22	26	16	13	7
pH	7,7	7,9	7,9	9,2	8,1	8,2	7,8	7,9	8,4	7,9	8,4	8,2
O_2 (mgO_2/L)	12,5	10,8	11,6	15,7	9,7	9,4	8,2	9,2	9,8	9,7	11,9	12,6
Conductivité (µS/cm)	226	-	247	-	260	-	232	-	295	-	297	-
DCO (mgO_2/L)	12	-	<10	-	12	-	16	-	<10	-	17	-
DBO_5 (mgO_2/L)	<0,5	-	<0,5	-	0,5	-	<0,5	-	<0,5	-	4	-
MES (mg/L)	18	-	7	-	7	-	27	-	2	-	4	-
Turbidité (FNU)	18	49	5,9	1,5	2,9	10	17	6,7	1,3	34	2,9	12
Silice (mg/L)	12	11	13	2,7	3,4	9,4	15	12	9,2	13	10	13
COD (mg/L)	4,5	-	3,3	-	3,1	-	6,1	-	3,3	-	5,2	-
Phosphates (mg/L)	0,12	0,11	0,08	<0,02	<0,02	0,07	0,2	0,17	0,07	0,17	0,07	0,09
Phosphore total (mg/L)	0,09	0,16	0,06	0,02	0,03	0,06	0,13	0,07	0,04	0,14	0,05	0,08
Nitrites (mg/L)	0,03	-	0,01	-	0,02	-	0,01	-	0,06	-	0,01	-
Nitrates (mg/L)	17	-	13	-	7	-	7,7	-	7,1	-	8	-
Ammonium (mg/L)	0,03	-	0,02	-	0,02	-	<0,01	-	0,03	-	<0,01	-
Azote Kjeldahl (mg/L)	<0,5	-	<0,5	-	<0,5	-	0,5	-	<0,5	-	<0,5	-
Calcium (mg/L)	32	24	30	33	34	30	28	29	32	29	32	34
Magnésium (mg/L)	3,7	2,8	3,7	4,5	4,9	4,3	4,3	4,7	5,5	5,1	5,4	5,1
Potassium (mg/L)	3,1	2,9	2,8	2,8	3,5	3,1	3,5	3,6	3,7	3,9	3,6	3,7
TAC (°f)	6,9	5,4	7,7	9,5	8,9	8	7,8	8,7	9,9	8,4	9	9,7
TH (°f)	8,9	-	9,4	-	9,4	-	8,6	-	11	-	11	-
Sulfates (mg/L)	14	11	14	16	15	12	13	14	17	17	17	17
Chlorures (mg/L)	12	9,8	13	16	17	13	13	14	19	18	20	17
Sodium (mg/L)	8,9	6,7	8,6	11	14	12	9,7	11	14	13	14	15
Bicarbonates (mg/L)	85	-	94	-	108	-	95	-	116	-	107	-

Station aval proche	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Température (°C)	4	9	11	12	13	22	22	22	26	16	13	7
pH	7,7	7,9	7,9	9	8,1	8,2	7,8	8,2	8,6	7,9	8,4	8,2
O_2 (mgO_2/L)	12,8	10,9	11,4	12,7	10	9	8,4	9,1	8,9	9,7	10,7	12,4
Conductivité (µS/cm)	226	-	243	-	266	-	232	-	308	-	299	-
DCO (mgO_2/L)	14	-	12	-	13	-	18	-	11	-	21	-
DBO_5 (mgO_2/L)	1	-	1	-	0,9	-	0,9	-	<0.5	-	3	-
MES (mg/L)	19	-	8	-	7	-	25	-	5	-	5	-
Turbidité (FNU)	19	51	5,8	2,1	6,4	13	19	6	1,2	30	4,3	11
Silice (mg/L)	12	11	13	2,8	3,7	9,5	15	12	9,4	13	10	13
COD (mg/L)	4,5	-	3,4	-	3	-	5,8	-	3,5	-	4,7	-
Phosphates (mg/L)	0,14	0,1	0,04	<0,02	0,02	0,09	0,21	0,17	0,09	0,17	0,07	0,09
Phosphore total (mg/L)	0,09	0,16	0,07	0,02	0,04	0,07	0,13	0,07	0,05	0,15	0,05	0,08
Nitrites (mg/L)	0,02	-	0,01	-	<0,01	-	<0,01	-	0,03	-	<0,01	-
Nitrates (mg/L)	18	-	13	-	7,3	-	7,9	-	7,3	-	8	-
Ammonium (mg/L)	0,03	-	0,01	-	0,02	-	0,02	-	0,01	-	<0,01	-
Azote Kjeldahl (mg/L)	<0.5	-	<0.5	-	<0.5	-	0,6	-	0,7	-	<0,5	-
Calcium (mg/L)	31	25	30	33	34	30	31	29	33	30	32	33
Magnésium (mg/L)	3,6	2,9	3,8	4,7	5,1	4,4	4,7	4,8	5,8	5,2	5,4	5
Potassium (mg/L)	3,1	2,8	2,8	3,1	3,6	3,2	3,9	3,7	4	4	3,7	3,6
TAC (°f)	6,9	5,5	7,6	9,6	9,2	8,3	7,6	8,9	10,1	8,9	9,1	9,8
TH (°f)	8,8	-	9,4	-	9,4	-	8,6	-	11	-	11	-
Sulfates (mg/L)	13	11	14	17	15	12	13	14	18	17	17	17
Chlorures (mg/L)	12	10	13	16	17	13	13	14	20	18	20	17
Sodium (mg/L)	8,8	6,7	8,6	11	14	12	11	11	15	13	13	14
Bicarbonates (mg/L)	84	-	93	-	112	-	93	-	116	-	111	-

Station aval éloigné	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Température (°C)	5	9	11	12	13	22	22	21	26	16	13	7
pH	7,5	7,9	7,8	9,2	8,1	8,2	7,7	7,9	8,7	7,7	8,4	8,1
O_2 (mgO_2/L)	11,8	10,8	10,6	14,2	9,9	9,3	7,8	8,9	12	9,2	11,1	12,4
Conductivité (µS/cm)	234	-	274	-	266	-	238	-	303	-	306	-
DCO (mgO_2/L)	12	-	10	-	12	-	15	-	<10	-	15	-
DBO_5 (mgO_2/L)	<0.5	-	<0.5	-	0,7	-	<0,5	-	<0,5	-	2	-
MES (mg/L)	11	-	6	-	6	-	17	-	5	-	5	-
Turbidité (FNU)	13	53	5,2	2,5	2,7	8,9	11	7,4	3	8,8	4,1	7,4
Silice (mg/L)	12	11	14	2,7	3,6	9,4	15	12	9,6	14	11	13
COD (mg/L)	4,7	-	2,9	-	3	-	5,5	-	3,5	-	4,5	-
Phosphates (mg/L)	0,15	0,12	0,08	0,03	<0,02	0,06	0,21	0,15	0,07	0,18	0,07	0,1
Phosphore total (mg/L)	0,08	0,16	0,07	0,02	0,03	0,06	0,12	0,07	0,05	0,1	0,05	0,07
Nitrites (mg/L)	0,03	-	0,02	-	0,02	-	0,02	-	0,04	-	0,01	-
Nitrates (mg/L)	17	-	16	-	7,3	-	8	-	7,1	-	8,9	-
Ammonium (mg/L)	0,04	-	0,02	-	0,03	-	<0,01	-	0,03	-	0,01	-
Azote Kjeldahl (mg/L)	0,5	-	<0.5	-	<0,5	-	0,5	-	1,1	-	<0,5	-
Calcium (mg/L)	32	24	37	34	34	31	33	33	34	31	35	36
Magnésium (mg/L)	3,6	2,9	3,6	4,7	5	4,4	4,7	4,6	5,8	5,2	5,5	5,3
Potassium (mg/L)	3,2	2,8	2,8	2,9	3,5	3,1	3,9	4,6	4	4,1	3,7	4
TAC (°f)	7,2	5,4	9,3	9,6	8,9	8	8,2	9,5	10,2	8,9	9,5	9,9
TH (°f)	9,1	-	11	-	9,6	-	8,8	-	11	-	11	-
Sulfates (mg/L)	14	11	14	16	15	13	13	14	18	17	17	17
Chlorures (mg/L)	13	10	13	16	17	13	13	14	21	19	19	17
Sodium (mg/L)	9,1	6,8	8,3	11	14	12	11	11	15	13	13	16
Bicarbonates (mg/L)	87	-	114	-	108	-	100	-	110	-	113	-

Commentaires : Les conclusions de la surveillance sont notifiées dans le paragraphe IV.

3. Chimie des eaux de surface

Les rejets chimiques résultant du fonctionnement du CNPE sont issus :

- des produits de conditionnement des circuits ;
- des traitements de l'eau des circuits contre le tartre, la corrosion ;
- 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. A cet effet, des mesures de substances chimiques sont effectuées mensuellement ou trimestriellement dans la Loire en amont et en aval du CNPE. Les tableaux suivants présentent les valeurs mesurées aux deux stations amont et aval sur l'année 2021.

Paramètres Station amont		Janvier	Mai	Septembre	Novembre
Bore (mg/L)		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Métaux totaux (mg/L)	Fraction brute	2,256	0,424	0,148	0,321
	Fraction dissoute	0,0672	0,0894	0,0321	0,0727
Aluminium (µg/L)		1200	150	55	91
Chrome (µg/L)		2,2	0,6	0,4	0,5
Cuivre (µg/L)		2,9	3	5,6	3,5
Fer (µg/L)		990	240	70	210
Manganèse (µg/L)		48	25	10	10
Nickel (µg/L)		2,1	1,1	1,1	1,1
Plomb (µg/L)		1,5	0,3	<0,2	0,4
Zinc (µg/L)		9	4	6	4
Acides chloroacétiques (µg/L)		< 5,5	<5,5	<5,5	<5,5
Chlore résiduel total (mg/L)		<0,04	<0,04	<0,04	<0,04

Station amont	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Hydrazine (mg/L)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Morpholine (µg/L)	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50
Hydrocarbures (µg/L)	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50
Détergent (mg/L)	0,7	<0,4	0,8	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Chloroforme (µg/L)	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15

Paramètres Station aval proche		Janvier	Mai	Septembre	Novembre
Bore (mg/L)		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Métaux totaux (mg/L)	Fraction brute	2,366	0,576	0,289	0,493
	Fraction dissoute	0,0606	0,0527	0,0369	0,082
Aluminium (µg/L)		1300	230	110	160
Chrome (µg/L)		2,5	0,7	0,6	0,6
Cuivre (µg/L)		3	17	18	9,7
Fer (µg/L)		1000	290	140	300
Manganèse (µg/L)		49	26	12	14
Nickel (µg/L)		2	1,2	1,1	1,2
Plomb (µg/L)		1,6	0,5	0,3	0,6
Zinc (µg/L)		8	11	7	7
Acides chloroacétiques (µg/L)		<5,5	<5,5	<5,5	<5,5
Chlore résiduel total (mg/L)		<0,04	<0,04	<0,04	<0,04

Station aval proche	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Hydrazine (mg/L)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Morpholine (µg/L)	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50
Hydrocarbures (µg/L)	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50
Détergent (mg/L)	0,6	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Chloroforme (µg/L)	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15

Paramètres Station aval éloigné		Janvier	Mai	Septembre	Novembre
Bore (mg/L)		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Métaux totaux (mg/L)	Fraction brute	1,899	0,375	0,205	0,417
	Fraction dissoute	0,0751	0,0687	0,0401	0,094
Aluminium (µg/L)		1100	140	78	120
Chrome (µg/L)		2,2	0,6	0,5	0,6
Cuivre (µg/L)		3,5	12	15	8
Fer (µg/L)		750	190	92	260
Manganèse (µg/L)		33	24	12	23
Nickel (µg/L)		1,9	1,1	1,1	1,1
Plomb (µg/L)		1	0,3	<0.2	0,4
Zinc (µg/L)		8	7	6	4
Acides chloroacétiques (µg/L)		<5,5	<5,5	<5,5	<5,5
Chlore résiduel total (mg/L)		<0,04	<0,04	<0,04	<0,04

Station aval éloigné	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Hydrazine (mg/L)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Morpholine (µg/L)	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50
Hydrocarbures (µg/L)	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50
Détergent (mg/L)	0,5	0,6	0,5	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Chloroforme (µg/L)	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15

Commentaires : Les conclusions de la surveillance sont notifiées dans le paragraphe IV.

IV. Physico-chimie et Hydrobiologie

Chaque année, le CNPE confie la réalisation de la surveillance physico-chimique et hydrobiologique à IANESCO et du suivi ichtyologique au bureau d'études FISH-PASS.

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

1. Surveillance pérenne

La synthèse du rapport de surveillance, réalisée par IANESCO et Aquascop, est présentée ci-dessous.

Cette étude s'inscrit dans le cadre du suivi hydro-écologique réglementaire du CNPE de DAMPIERRE EN BURLY, prescrit par l'Autorité de Sûreté Nucléaire, en vue de mettre en évidence toute influence particulière du CNPE sur la Loire.

Ce suivi hydro-écologique 2021 intègre un programme d'échantillonnage mensuel pour la caractérisation physico-chimique des eaux de la Loire et saisonnier de mai à septembre pour l'expertise du phytoplancton et du zooplancton (8 campagnes), la réalisation de 4 campagnes pour le peuplement des diatomées benthiques (périodes juin, août (2 campagnes) et novembre) et des macro-invertébrés benthiques (avril, juin, août et octobre) et d'une campagne pour la communauté de macrophytes aquatiques effectuée en conditions estivales (septembre).

Le suivi hydrobiologique 2021 s'inscrit dans un contexte hydrologique globalement déficitaire au printemps (mars-avril), les débits moyens journaliers s'avérant inférieurs aux références interannuelles. A partir du mois de mai, le débit journalier moyen s'est avéré être supérieur à la valeur du débit mensuel interannuel quinquennal sec, excepté lors du mois de juin.

► Après une caractérisation des principaux paramètres physico-chimiques, utilisés pour évaluer la qualité des eaux de surface, l'analyse détaille les disparités spatio-temporelles pointées par ces indicateurs physico-chimiques déterminés à l'amont et à l'aval du CNPE de DAMPIERRE EN BURLY.

Très peu de différences de la qualité physico-chimique de l'eau de la LOIRE sont constatées en 2021 en amont et en aval de la centrale. Globalement, les caractéristiques physico-chimiques sont équivalentes aux trois stations (1 amont et 2 stations aval) pour la période considérée de janvier à décembre 2021. Si le cuivre présente des valeurs légèrement supérieures à la station aval proche, les mesures restent du même ordre de grandeur au niveau des stations amont et aval éloigné.

Les moyennes obtenues en 2021 sont du même ordre de grandeur que celles obtenues en 2020 et en 2019, pour les paramètres analysés dans le cadre du suivi hydro-écologique de la Loire.

L'analyse spatio-temporelle à partir des indicateurs physico-chimiques déterminés à l'amont et à l'aval (au niveau de 2 stations aval) du CNPE de DAMPIERRE-EN-BURLY ne met pas en évidence de différences particulières.

► Les teneurs moyennes en chlorophylle a et en phéopigments 2021 sont du même ordre de grandeur que celles obtenues depuis 2016.

L'analyse spatio-temporelle des suivis chlorophylliens déterminés à l'amont et à l'aval (au niveau de 2 stations aval) du CNPE de DAMPIERRE-EN-BURLY ne met pas en évidence de différences particulières.

► Le suivi phytoplanctonique 2021 révèle des peuplements caractéristiques d'un grand cours d'eau comme la Loire. L'analyse du phytoplancton montre des diversités taxonomiques élevées et des densités algales assez élevées en début du suivi. Les diatomées dominent largement les peuplements, accompagnées par les chlorophytes. La diatomée centrique *Discostella pseudostelligera*, ainsi que la chlorophyte coloniale *Dictyosphaerium subsolitarium,* sont présentes dans tous les prélèvements et aux 3 stations**. Les comparaisons interstationnelles ne montrent que peu d'écarts et permettent donc de conclure à l'absence d'impact du C.N.P.E. de Dampierre-en-Burly sur les peuplements phytoplanctoniques de la Loire.**

► L'expertise des peuplements zooplanctoniques en 2021 révèlent des densités faibles à moyennes sur l'ensemble du suivi. Les représentants de la classe des rotifères dominent les communautés des 3 stations. Les densités faunistiques apparaissent plus élevées aux stations aval immédiat et aval éloigné. Une proportion plus élevée d'herbiers, habitats favorables au développement du zooplancton, à l'aval du C.N.P.E. pourrait expliquer cette différence. Cette augmentation des densités est donc très probablement liée à cette différence interstationnelle. Par ailleurs, même si une légère baisse de la diversité taxonomique est observée à l'aval immédiat du CNPE, la grande majorité des taxons est commune aux 3 stations. **Ces résultats ne mettent pas en évidence d'impact du fonctionnement de ce C.N.P.E. sur le zooplancton ligérien.**

► Ce suivi intègre également le suivi des diatomées benthiques associées aux substrats durs du lit de la Loire, au niveau des 3 stations. En 2021, les peuplements de diatomées benthiques observés sont typiques du secteur de la Loire moyenne. La bio-indication associée à cet indicateur biologique révèle un état écologique moyen sur l'ensemble du secteur. **Ainsi, les résultats obtenus aux 3 stations sont globalement comparables et ne mettent donc pas en évidence d'impact du site de Dampierre-en-Burly sur les peuplements de diatomées benthiques.**

► La végétation aquatique présente à l'amont et à l'aval éloigné du C.N.P.E. de Dampierre a été expertisée début septembre 2021 par la méthode IBMR (norme NF T90-395). L'indicateur révèle une faible disparité trophique entre les 2 stations (-0,55 point). Les compositions floristiques sont proches, avec une dominance de taxons relativement ubiquistes et inféodés aux milieux mésotrophes à eutrophes, typiques des grands cours d'eau de plaine. **Au regard de l'analyse des macrophytes, aucune différence n'est donc perçue entre l'amont et l'aval éloigné du C.N.P.E., ne révélant aucune influence particulière du fonctionnement du C.N.P.E.**

► L'expertise des peuplements de macro-invertébrés benthique s'appuie sur 4 campagnes d'échantillonnage saisonnières (avril, juin, août et octobre). La norme MGCE (XP T90-337 de mars 2019) a été mise en œuvre aux stations amont et aval éloigné ; la station aval immédiat a été échantillonnée selon la norme IBGN (NF T90-350 ; mars 2004).

Les investigations réalisées aux stations amont et aval éloigné sont conformes aux caractéristiques biocénotiques attendues pour ce secteur de la Loire. Les peuplements de ces 2 stations sont diversifiés, et dotés d'un niveau de polluosensibilité très élevé, repéré par les *Chloroperlidae*. Les caractéristiques des peuplements de ces 2 stations sont très proches et traduisent une très bonne qualité biologique au cours de ce suivi annuel. Aucune des métriques prises en compte pour caractériser ces peuplements ne révèle de différences entre l'amont et l'aval éloigné du C.N.P.E.

Comme la méthodologie mise en œuvre à la station aval immédiat (IBGN) diffère fortement de celle des 2 autres stations (MGCE), il n'est pas possible de confronter les résultats obtenus à cette station avec ceux des 2 autres. La qualité biologique de cette station apparait bonne (campagne d'avril et d'août) à très bonne (en juin et en octobre), avec un niveau de polluosensibilité souvent identique à celui des 2 autres stations.

Ainsi, le suivi de la communauté invertébrée ne révèle ainsi aucune influence du fonctionnement de ce C.N.P.E.

Sur la base de ces différentes expertises, et comme pour le suivi annuel précédent, ce suivi hydro-écologique 2021 ne permet la mise en évidence d'aucun dysfonctionnement de l'hydroécosystème et d'aucune modification de la qualité physico-chimique de l'eau de la LOIRE imputables au fonctionnement du CNPE DAMPIERRE EN BURLY.

Chaque année, le CNPE de Dampierre-en-Burly confie la réalisation du suivi ichtyologique au bureau d'études FISH-PASS. La synthèse du suivi annuel du peuplement piscicole réalisée par FISH-PASS est présentée ci-dessous.

Depuis 1997, un suivi annuel du peuplement piscicole est réalisé en amont et en aval du site CNPE de Dampierre-en-Burly. Cette étude a pour objectif d'évaluer l'impact potentiel du fonctionnement de la centrale sur les peuplements piscicoles en place.

Le suivi piscicole est réalisé par pêche électrique suivant une prospection partielle avec des Échantillonnages Ponctuels d'Abondance (EPA). Depuis 2016, le mode de prospection est mixte (à pied et en bateau) alors qu'auparavant la prospection était entièrement réalisée en bateau. La prospection mixte a été mise en place notamment pour les cours d'eau associant des zones très peu profondes (type radier) et des zones profondes. Pour le suivi du CNPE de Dampierre-en-Burly, 3 stations de pêche sont suivies : une à l'amont, une à l'aval proche et une à l'aval éloigné. Également, à partir de 2016, 100 points de pêche ont été réalisés sur les deux stations amont et aval éloigné en cohérence avec les préconisations de la norme XP-T90-383. La station aval proche, qui compte 30 points, a malgré tout été conservée après 2016.

Les campagnes de suivis se sont déroulées entre le 13 et le 15 septembre 2021. En termes d'habitats échantillonnés, les stations amont et aval éloigné présentaient une

répartition assez semblable avec respectivement 82 % et 86 % des points réalisés en chenal. La station aval proche est bien différente avec 70 % des points réalisés en berge. Les principaux habitats prospectés ont été la pleine eau et la végétation aquatique.

Les échantillonnages ont permis de contacter 18 espèces à l'amont et à l'aval éloigné ainsi que 17 espèces sur la station aval proche pour des effectifs respectifs de 261, 349 et 304 individus. La station aval proche présente des CPUE 3 à 4 fois plus élevées que les autres stations, mettant en évidence comme pour les campagnes 2010 à 2020 un habitat plus diversifié et influencé par le seuil du CNPE. Les indices de diversité et d'équitabilité sur les stations sont assez élevés, signe d'une bonne diversité et d'une bonne répartition des effectifs entre les espèces. La représentativité des différentes guildes trophiques est proche sur les 3 stations. Le peuplement est ainsi dominé par la guilde « omnivore » (ablette, barbeau fluviatile, brème, gardon, vandoise) en effectifs. En biomasse, c'est la guilde « piscivore » qui domine pour les trois stations. Cette guilde est principalement représentée par le silure sur les stations amont et aval proche et par le brochet sur la station aval éloigné. Concernant les guildes de reproduction, la répartition des effectifs entre les guildes est différente. Ainsi sur la station amont c'est la guilde « lithophile » qui domine et sur les stations aval proche et éloigné, la guilde « phytolithophile » est majoritaire.

En 2021, le nombre d'individus présentant des pathologies sur les stations est relativement faible avec respectivement de 14 individus sur la station amont, 19 individus sur la station « aval proche » et 14 individus sur la station « aval éloigné ». Les principales pathologies identifiées sont des absences d'organes (AO), notamment de parties de nageoire caudale, et des érosions cutanées (ER). Les indices de condition du chevaine et du goujon ne présentent pas de différences significatives entre les stations.

D'après la note de l'Indice Poisson Rivière, les stations amont et aval sont considérées comme ayant un peuplement piscicole de « bonne » qualité.

Ainsi, pour l'année 2021, l'analyse comparative de la richesse spécifique, des CPUE, des indices de diversité et d'équitabilité, des guildes ne mettent pas en évidence de différence notable entre les stations amont et aval éloigné. Les principales différences sont à relier notamment à l'habitat qui est particulièrement impacté par le seuil sur la station amont. Le fonctionnement du CNPE de Dampierre-en-Burly ne semble donc pas avoir d'effet sur le peuplement piscicole.

D'un point de vue interannuel, au total, 31 espèces différentes ont été identifiées sur l'amont comme sur l'aval. L'évolution des richesses spécifiques indique également que le secteur aval présente la majeure partie du temps une plus grande diversité d'espèces. Depuis le début du suivi, les indices de diversité et d'équitabilité sont relativement proches chaque année entre l'amont et l'aval. L'indice IPR apparait globalement bon sur les deux stations amont et aval depuis 2010, ne mettant pas en exergue de nette différence de qualité du milieu entre l'amont et l'aval. L'analyse interannuelle met en évidence l'impact du changement de protocole principalement sur la diversité en 2016 et 2017 en diminuant la richesse spécifique mais aussi en creusant un écart concernant le nombre d'espèces contactées entre les stations amont et aval. L'indice IPR semble moins sensible au changement de protocole, principalement du fait de la non prise en compte d'une partie des espèces.

Le rapport complet est disponible sur demande auprès du CNPE de Dampierre-en-Burly.

V. Acoustique environnementale

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

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

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

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

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

La Mission Communication du CNPE de Dampierre-en-Burly réalise des informations en s'adressant directement aux mairies dans un rayon de 2 km (Dampierre-en-Burly, Ouzouer-sur-Loire, Nevoy et Lion-en-Sullias) et au président de la Commission Locale d'Information (CLI) de Dampierre-en-Burly lors de la réalisation d'opérations pouvant générer du bruit, comme par exemple lors de la réalisation de certains essais périodiques sur l'installation.

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 Dampierre-en-Burly dans le cadre du programme de surveillance réglementaire et du suivi radioécologique du CNPE (cf. Partie VI Surveillance de l'environnement, I-Surveillance de la radioactivité dans l'environnement).

Les résultats de cette surveillance et des mesures associées montrent que la radioactivité mesurée dans l'environnement du CNPE est principalement d'origine naturelle. Les niveaux de radioactivité artificielle mesurés dans l'environnement du CNPE sont faibles et trouvent pour partie leur origine dans d'autres sources (retombées atmosphériques des essais nucléaires, Tchernobyl,…). L'analyse détaillée des résultats est présentée dans le rapport du suivi radioécologique annuel réalisé par le laboratoire 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-2018-2020.pdf

À partir des activités annuelles rejetées par radionucléide, une dose efficace[3] est calculée en tenant compte des mécanismes de transfert de l'environnement jusqu'à l'homme. Cette dose permet de « mesurer » le niveau d'exposition attribuable aux rejets d'effluents radioactifs liquides et atmosphériques d'une installation et de le positionner par rapport à la limite réglementaire pour l'exposition de la population aux rayonnements ionisants conformément à l'article R1333-11 du Code de la Santé Publique.

Le calcul de dose efficace annuelle tient compte de données spécifiques à chaque CNPE telles que les conditions météorologiques, les habitudes alimentaires des riverains, les conditions de dispersion des effluents rejetés dans le milieu récepteur, etc. Les données alimentaires et les temps consacrés aux activités intérieures ou extérieures dans les environnements terrestre et aquatique ont été actualisés en 2013-2014 avec les dernières bases de données et enquêtes disponibles.

Les principales hypothèses retenues sont les suivantes :

- les habitants consomment pour partie des aliments produits dans l'environnement proche du CNPE ;
- ils vivent toute l'année à proximité de leur lieu d'habitation (non prise en compte de leurs périodes d'absence pour le travail, les vacances…) ;
- 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

[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** ».

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).

L'échelle suivante présente des ordres de grandeur de doses résultant de situations courantes :

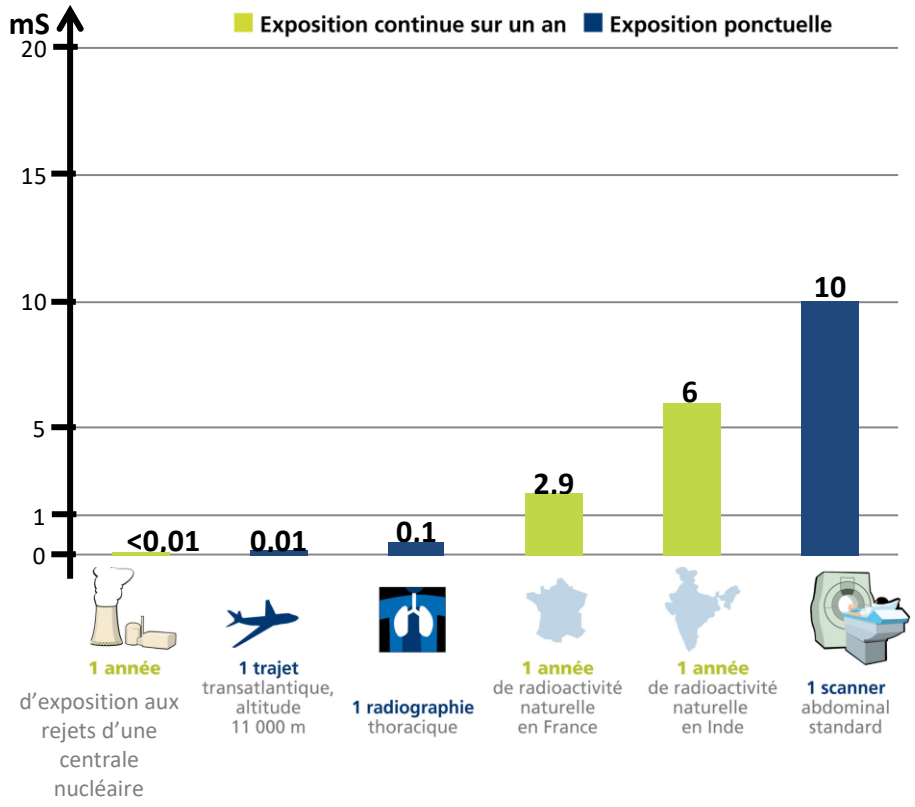


Figure 3 : Echelle des ordres de grandeur de doses résultant de situations courantes et comparaison aux seuils réglementaires (Source : EDF)

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 2 ci-après.

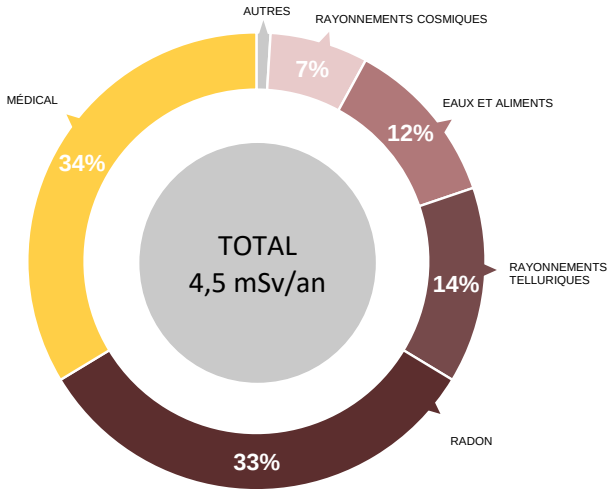


Figure 4 : Part relative des différentes sources d'expositions de la population française aux rayonnements ionisants (Source : Bilan IRSN 2021)

Les tableaux suivants fournissent les valeurs de dose efficace totale calculées à partir des rejets radioactifs réels de l'année 2021 effectués par le CNPE de Dampierre-en-Burly, pour la personne représentative. Cette personne représente les individus pouvant recevoir la dose efficace annuelle maximale induite par les rejets d'effluents radioactifs autorisés du CNPE.

ADULTE	Exposition externe (mSv)	Exposition interne (mSv)	Total (mSv)
Rejets d'effluents à l'atmosphère	1,4E-06	2,3E-05	2,4E-05
Rejets d'effluents liquides	1,8E-05	3,9E-04	4,1E-04
Total	**1,9E-05**	**4,1E-04**	**4,3E-04**

ENFANT DE 10 ANS	Exposition externe (mSv)	Exposition interne (mSv)	Total (mSv)
Rejets d'effluents à l'atmosphère	1,4E-06	2,1E-05	2,3E-05
Rejets d'effluents liquides	s.o.	3,9E-04	3,9E-04
Total	**1,4E-06**	**4,2E-04**	**4,2E-04**

ENFANT DE 1 AN	Exposition externe (mSv)	Exposition interne (mSv)	Total (mSv)
Rejets d'effluents à l'atmosphère	1,4E-06	3,6E-05	3,7E-05
Rejets liquides	s.o.	4,7E-04	4,7E-04
Total	**1,4E-06**	**5,0E-04**	**5,1E-04**

Les valeurs de doses calculées sont inférieures à 1.10^{-3} mSv/an pour l'adulte, pour l'enfant de 10 ans et pour l'enfant de 1 an.

Les valeurs de doses calculées pour l'adulte, l'enfant de 10 ans et l'enfant de 1 an, attribuables aux rejets d'effluents radioactifs de l'année 2021 sont plus 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.

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 Dampierre-en-Burly, 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.

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

2. Le transport des déchets

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

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

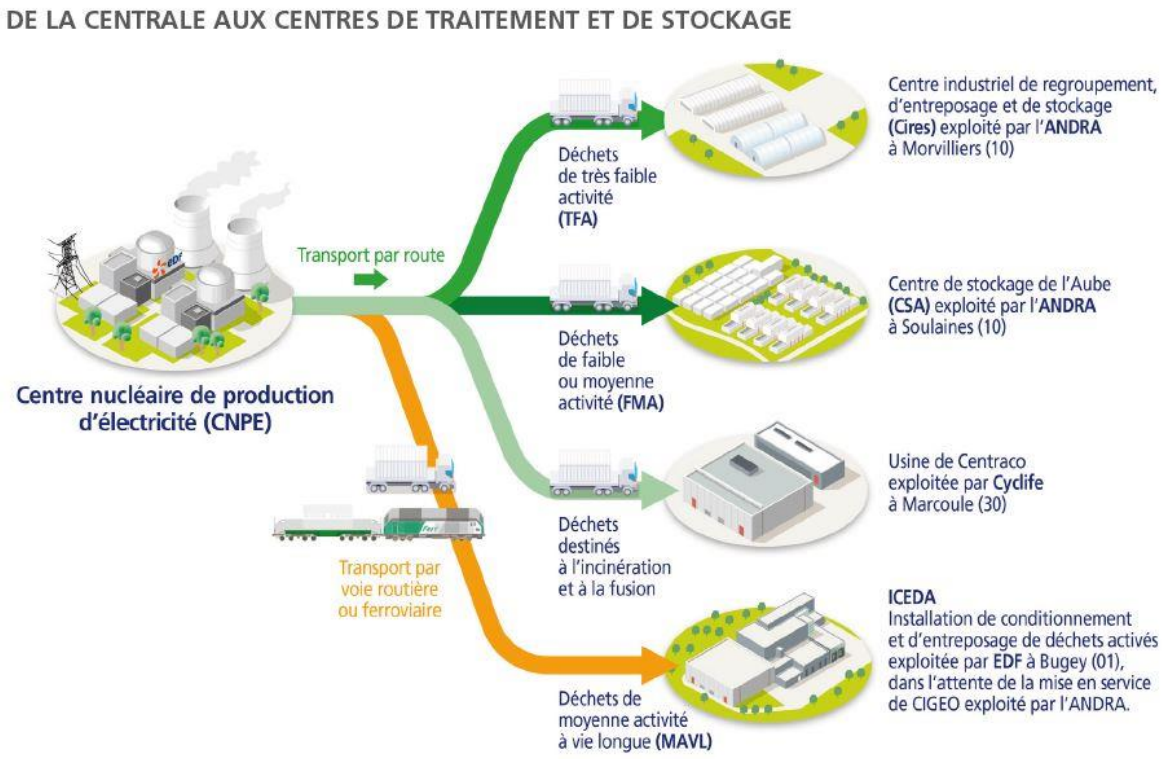


Figure 5 : Transport des déchets radioactifs (Source : EDF)

3. Les quantités de déchets entreposées au 31/12/2021

Le tableau suivant présente les quantités de déchets en attente de conditionnement au 31 décembre 2021 pour les 4 réacteurs en fonctionnement du CNPE de Dampierre-en-Burly.

Catégorie déchet	Quantité entreposée au 31/12/2021	Commentaires
TFA	192,6 tonnes	En conteneur sur l'aire TFA
FMAVC (Liquides)	83,9 tonnes	Effluents du lessivage chimique, soude, huiles, solvants…
FMAVC (Solides)	302,8 tonnes	Localisation Bâtiment des Auxiliaires Nucléaire et Bâtiment Auxiliaire de Conditionnement
MAVL	638 objets	Concerne les grappes et les étuis dans les piscines de désactivation

Le tableau suivant présente les quantités de déchets conditionnés en attente d'expédition au 31 décembre 2021 pour les 4 réacteurs en fonctionnement du CNPE de Dampierre-en-Burly.

Catégorie déchet	Quantité entreposée au 31/12/2021	Type d'emballage
TFA	85 colis	Tous types d'emballages confondus
FMAVC	47 colis	Coques béton
	686 colis	Fûts (métalliques, PEHD)
	19 colis	Autres (caissons, pièces massives…)

Le tableau suivant présente le nombre de colis évacués et les sites d'entreposage en 2021 pour les 4 réacteurs en fonctionnement du CNPE de Dampierre-en-Burly.

Site destinataire	Nombre de colis évacués
Cires à Morvilliers	67
CSA à Soulaines	698
Centraco à Marcoule	2405

En 2021, 3170 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 (en tonnes) produites en 2021 pour les quatre réacteurs en fonctionnement du CNPE de Dampierre-en-Burly.

Quantités 2021 en tonnes	Déchets dangereux		Déchets non dangereux non inertes		Déchets inertes		Total	
	Produits	Valorisés	Produits	Valorisés	Produits	Valorisés	Produits	Valorisés
	1011,2	871,38	2154,101	1893,9	4653,97	4653,97	7819,3	7419,24

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 2020 du fait d'importants chantiers, en particulier les chantiers de modifications post Fukushima et l'aménagement de parkings ou bâtiments tertiaires. En 2021, cette production est redevenue stable par rapport aux années précédentes tout comme celles des déchets dangereux et des déchets non dangereux non inertes.

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

- la création en 2006 du Groupe Déchets Economie Circulaire, chargé d'animer la gestion des déchets conventionnels pour l'ensemble des entités d'EDF. Ce groupe, qui s'inscrit dans le cadre du Système de Management Environnemental certifié ISO 14001 d'EDF, est composé de représentants des Divisions/Métiers des différentes

Directions productrices de déchets. Ses principales missions consistent à apporter de la cohérence en proposant des règles et outils de référence aux entités productrices de déchets,

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

En 2021, les 4 unités de production du CNPE de Dampierre-en-Burly ont produit 7819 tonnes de déchets conventionnels : 95 % 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 tranche à l'arrêt

ESE - Évènement Significatif Environnement

FMA - Faible Moyenne Activité

ICPE - Installations Classées pour la Protection de l'Environnement

INB - Installation Nucléaire de Base

IRSN - Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire

ISO - International Standard Organization

KRT – Chaîne de mesure de radioactivité

MES - Matières En Suspension

PA – Produit d'Activation

PF – Produit de Fission

REX - Retour d'Expérience

SME - Système de Management de l'Environnement

SMP - Station Multi Paramètres

TAC – Turbine à Combustion

TEU - Traitement des Effluents Usés

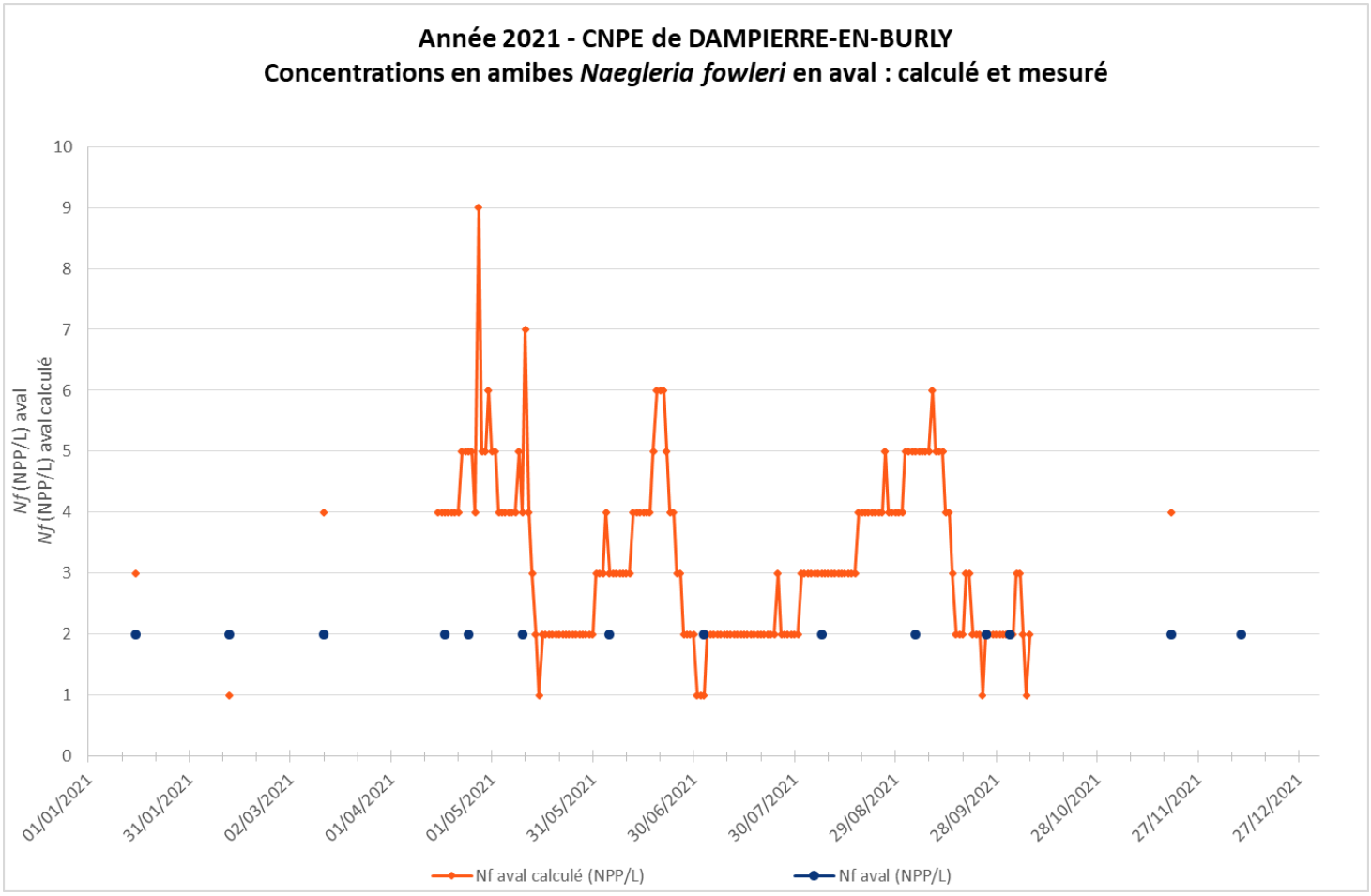
TFA - Très Faible Activité

THE – Très Haute Efficacité

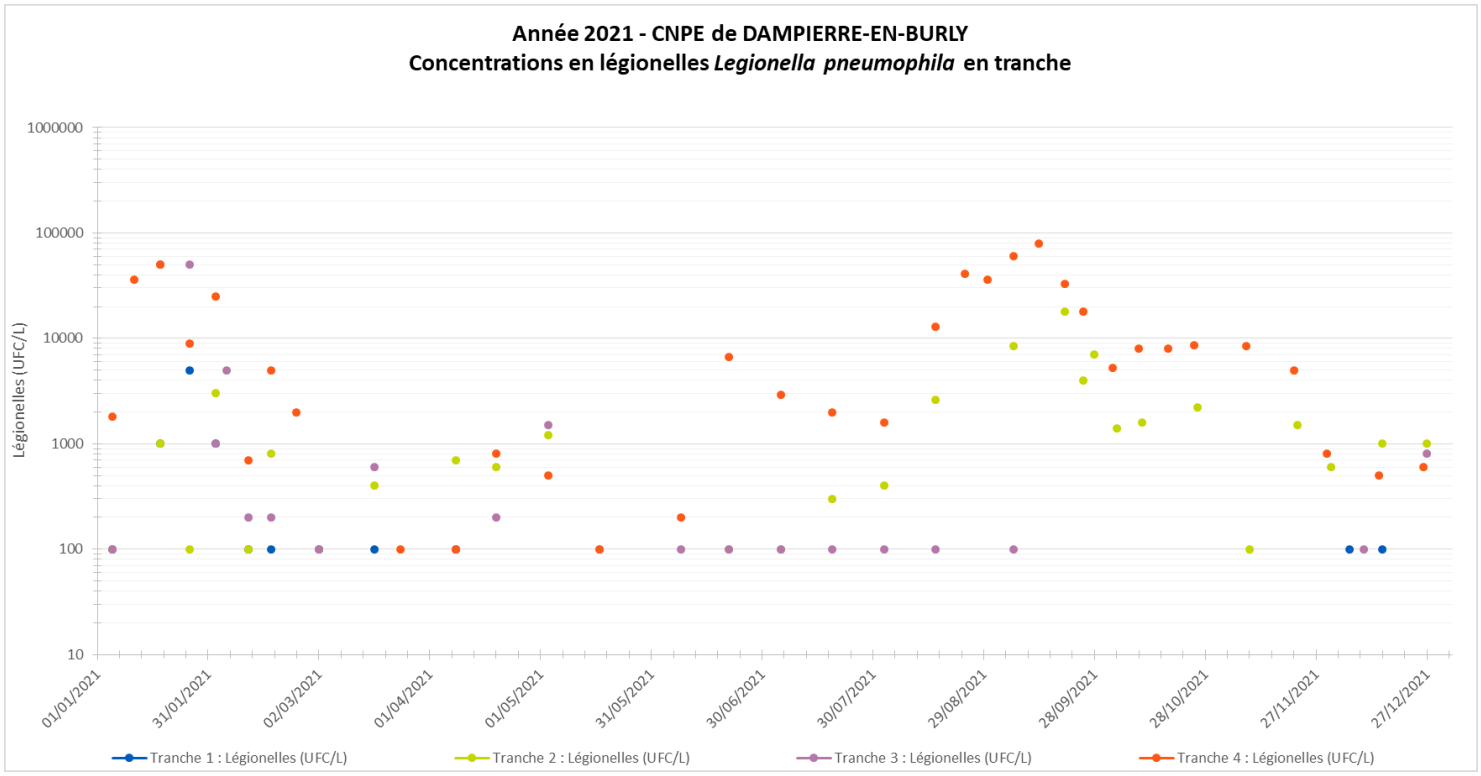
UFC - Unité Formant Colonie

ANNEXE 1 : Suivi microbiologique du CNPE de Dampierre-en-Burly – Année 2021

Graphique représentant la concentration en amibes *Naegleria Fowleri* en aval calculé et mesuré pour l'année 2021 :



Graphique représentant la concentration en légionelles *Legionella pneumophila* sur chaque tranche pour l'année 2021 :



ANNEXE 2 : Suivi radioécologique annuel du CNPE de Dampierre-en-Burly – Année 2020

Le rapport radioécologique de l'environnement – année 2020 est joint sur support clé USB.

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

CNPE de Dampierre-en-Burly
BP 18
45570 OUZOUER SUR LOIRE
Numéro de téléphone : 02.38.29.70.70

Couverture : © Julie Clément

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