

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

**CIVAUX**

**2023**

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

# SOMMAIRE

<b>Partie I - Le Centre Nucléaire de Production d'Electricité de CIVAUX en 2023</b>	<b>4</b>
I. Contexte	4
II. Le CNPE de CIVAUX	4
III. Modifications apportées au voisinage du CNPE de CIVAUX	6
IV. Évolutions scientifiques susceptibles de modifier l'étude d'impact	6
V. Bilan des incidents de fonctionnement et des évènements significatifs pour l'environnement	7
<b>Partie II - Prélèvements d'eau</b>	<b>8</b>
I. Prélèvements d'eau de la VIENNE pour le refroidissement	9
II. Prélèvement d'eau de la Vienne destinée à l'usage industriel	9
III. Prélèvement d'eau destinée à l'usage domestique	10
IV. Milieu de prélèvement : valeurs limites et maintenance	10
<b>Partie III – Restitution et consommation d'eau</b>	<b>12</b>
I. Restitution d'eau	12
II. Consommation d'eau	12
<b>Partie IV - Rejets d'effluents</b>	<b>14</b>
I. Rejets d'effluents à l'atmosphère	14
II. Rejets d'effluents liquides	22
III. Rejets thermiques	36
<b>Partie V - Prévention du risque microbiologique</b>	<b>38</b>
I. Bilan annuel du suivi des colonisations en amibes des circuits de refroidissement	38
II. Bilan de l'efficacité du traitement biocide UV	40
III. Bilan annuel des concentrations amibiennes au rejet et à l'aval du site	41
IV. Bilan annuel des colonisations en légionelles	43
<b>Partie VI - Surveillance de l'environnement</b>	<b>45</b>
I. Surveillance de la radioactivité dans l'environnement	45
II. Physico-chimie des eaux souterraines	51
III. Chimie et physico-chimie des eaux de surface	51

IV. Physico-chimie et suivi Hydrobiologique des eaux réceptrices	52
V. Acoustique environnementale	66
<b>Partie VII - Évaluation de l'impact environnemental et sanitaire des rejets de l'installation</b>	<b>68</b>
<b>Partie VIII - Gestion des déchets</b>	<b>71</b>
I. Les déchets radioactifs	71
II. Les déchets non radioactifs	75
<b>ABREVIATIONS</b>	<b>76</b>
<b>ANNEXE : Suivi radio écologique annuel du CNPE de CIVAUX Année 2022</b>	<b>77</b>

## 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 2023 du CNPE de CIVAUX en matière d'environnement.

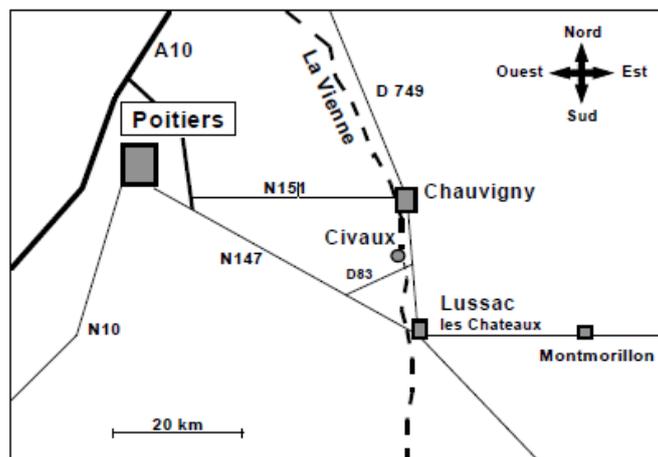
## II. Le CNPE de CIVAUX

La centrale de Civaux comprend deux tranches nucléaires de conception identique, du type eau sous pression, d'une puissance unitaire thermique de 4270 MW et d'une puissance unitaire électrique de 1495 MW, refroidies en circuits fermés par des aéroréfrigérants. Ces tranches correspondent aux « Installations Nucléaires de Base » autorisées suivantes : INB n° 158 et 159.

Le centre nucléaire de production d'électricité (CNPE) de Civaux emploie près de 1000 salariés d'EDF et 300 salariés d'entreprises prestataires. Lors des arrêts des unités pour maintenance, le site fait appel à des intervenants supplémentaires (entre 500 et 2 000) pour réaliser des travaux de maintenance.

### 1. Localisation

La centrale de CIVAUX est située sur la rive gauche de la Vienne, immédiatement en l'aval du bourg de CIVAUX, 6,5 km à l'aval de Lussac-les-châteaux et 16 km en amont de CHAUVIGNY. Le terrain d'implantation de la centrale occupe une emprise de 226 hectares sur la commune de CIVAUX.



Les environs du site : Le terrain d'implantation de la centrale fait partie de la plaine alluviale de la Vienne et est situé au centre de la région agricole des Brandes. Cette région est constituée de sols variés, couverts de prairies limitées par des haies ou dédiés à des cultures céréalières de plus en plus irriguées.

## 2. Historique

### Tranche 1

Cycle de production	Type d'arrêt
Du 29/11/1997 au 12/05/1998, première divergence du réacteur et début du cycle 1	Du 12/05/1998 au 09/09/1999, arrêt pour intervention sur circuit RRA voie A
Le 24/12/1997, première connexion au réseau électrique	
Du 09/09/1999 au 29/03/2001, poursuite cycle 1	Du 29/03/2001 au 05/01/2002, arrêt pour Visite Complète Initiale
Du 05/01/2002 au 14/09/2002, cycle 2	Du 14/09/2002 au 25/10/2002, arrêt pour Simple Rechargement.
Du 25/10/2002 au 05/07/2003, cycle 3	Du 05/07/2003 au 25/08/2003, arrêt pour Simple Rechargement.
Du 25/08/2003 au 18/06/2004, cycle 4	Du 18/06/2004 au 25/07/2004, arrêt pour Simple Rechargement.
Du 25/07/2004 au 14/05/2005, cycle 5	Du 14/05/2005 au 20/07/2005, arrêt pour Visite Partielle
Du 20/07/2005 au 06/05/2006, cycle 6	Du 06/05/2006 au 13/06/2006, arrêt pour Simple Rechargement.
Du 13/06/2006 au 10/03/2007, cycle 7	Du 10/03/2007 au 10/05/2007, arrêt pour Simple Rechargement.
Du 10/05/2007 au 01/03/2008, cycle 8	Du 01/03/2008 au 08/04/2008, arrêt pour Simple Rechargement.
Du 08/04/2008 au 11/04/2009, cycle 9	Du 11/04/2009 au 12/06/2009, arrêt pour Simple Rechargement.
Du 12/06/2009 au 16/04/2010, cycle 10	Du 16/04/2010 au 31/05/2010, arrêt pour Simple Rechargement.
Du 31/05/2010 au 13/08/2011, cycle 11	Du 13/08/2011 au 01/12/2011, arrêt pour Visite Décennale
Du 01/12/2011 au 25/06/2012, début du cycle 12	Du 25/06/2012 au 02/07/2012, arrêt pour Intervention
Du 02/07/2012 au 30/04/2013, fin du cycle 12	Du 30/04/2013 au 12/08/2013, arrêt pour Simple Rechargement.
Du 12/08/2013 au 13/07/2014, cycle 13	Du 13/07/2014 au 31/10/2014, arrêt pour Simple Rechargement.
Du 31/10/2014 au 12/03/2016, cycle 14	Du 12/03/2016 au 12/05/2016, arrêt pour Simple Rechargement.
Du 12/05/2016 au 20/05/2017, cycle 15	Du 20/05/2017 au 08/09/2017, arrêt pour Visite Partielle
Du 03/09/2017 au 22/09/2018, cycle 16	Du 22/09/2018 au 02/11/2018, arrêt pour Simple Rechargement.
Du 02/11/2018 au 14/03/2020, cycle 17	Du 14/03/2020 au 10/09/2020, arrêt pour Visite Partielle.
Du 10/09/2020 au 21/08/2021, cycle 18	Du 21/08/2021 au 25/01/2023, arrêt pour Visite Décennale prolongé par aléa corrosion sous contrainte coudes RIS
Du 25/01/2023 au 27/04/2024, cycle 19	Depuis le 27/04/2024, arrêt pour Visite Partielle.

### Tranche 2

Cycle de production	Type d'arrêt
Le 27/11/1999, divergence de la tranche	
Le 24/12/1999, couplage au réseau et début cycle 1	Du 22/11/2001 au 16/03/2002, arrêt pour Visite Complète Initiale
Du 16/03/2002 au 21/12/2002, cycle 2	Du 21/12/2002 au 30/01/2003, arrêt pour Simple Rechargement.
Du 30/01/2003 au 13/09/2003, cycle 3	Du 13/09/2003 au 20/10/2003, arrêt pour Simple Rechargement.

Cycle de production	Type d'arrêt
Du 20/10/2003 au 14/08/2004, cycle 4	Du 14/08/2004 au 11/09/2004, arrêt pour Simple Rechargement.
Du 11/09/2004 au 06/08/2005, cycle 5	Du 06/08/2005 au 22/10/2005, arrêt pour Visite Partielle
Du 22/10/2005 au 15/07/2006, cycle 6	Du 15/07/2006 au 08/08/2006, arrêt pour Simple Rechargement.
Du 08/08/2006 au 09/06/2007, cycle 7	Du 09/06/2007 au 05/08/2007, arrêt pour Simple Rechargement.
Du 05/08/2007 au 31/05/2008, cycle 8	Du 31/05/2008 au 29/06/2008, arrêt pour Simple Rechargement.
Du 29/06/2008 au 11/07/2009, cycle 9	Du 11/07/2009 au 13/09/2009, arrêt pour Simple Rechargement.
Du 13/09/2009 au 15/10/2010, cycle 10	Du 15/10/2010 au 24/11/2010, arrêt pour Simple Rechargement.
Du 24/11/2010 au 30/10/2011, début du cycle 11	Du 30/10/2011 au 24/11/2011, arrêt pour intervention 2GEV001TP phase 4
Du 24/11/2011 au 18/02/2012, fin du cycle 11	Du 18/02/2012 au 30/09/2012, arrêt pour Visite Décennale et contrôle GMPP
Du 30/09/2012 au 12/11/2013, cycle 12	Du 12/11/2013 au 01/03/2014, arrêt pour Simple Rechargement.
Du 01/03/2014 au 25/04/2015, cycle 13	Du 25/04/2015 au 22/07/2015, arrêt pour Simple Rechargement.
Du 22/07/2015 au 10/09/2016, cycle 14	Du 10/09/2016 au 26/01/2017, arrêt pour Simple Rechargement
Du 27/01/2017 au 17/03/2018, cycle 15	Du 17/03/2018 au 30/06/2018, arrêt pour Visite Partielle
Du 30/06/2018 au 19/07/2019, cycle 16	Du 19/07/2019 au 05/09/2019, arrêt pour simple rechargement
Du 05/09/2019 au 30/01/2021, cycle 17	Du 30/01/2021 au 13/08/2021, arrêt pour Visite Partielle
Du 13/08/2021 au 19/11/2021, cycle 18	Du 19/11/2021 au 03/04/2023, arrêt pour aléa corrosion sous contrainte coudes RIS, suivi de Visite Décennale
Du 03/04/2023 au 10/02/2024, poursuite cycle 18	Du 10/02/2024 au 17/03/2024, arrêt pour simple rechargement
Depuis le 17/03/2024, cycle 19	

Après une année 2022 très atypique en raison du traitement d'un phénomène de corrosion sous contrainte et de la réalisation de deux visites décennales en simultané, le début d'année 2023 de Civaux a été marqué par le retour sur le réseau de l'unité de production n°1 le 25 janvier 2023 et de l'unité de production n°2 le 3 avril 2023.

### III. Modifications apportées au voisinage du CNPE de CIVAUX

La surveillance de l'environnement industriel est réalisée en application d'une prescription interne d'EDF. Lors de l'année 2023, aucune modification notable au voisinage du CNPE de CIVAUX n'a été identifiée.

### 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 Effect Concentration), et les études testant la toxicité et l'écotoxicité des effluents CRT, pour l'analyse des incidences sur l'environnement. A noter que les PNEC sont validées par la R&D d'EDF après revue bibliographique exhaustive et, si nécessaire, réalisation de tests écotoxicologiques commandités par EDF et réalisés selon les normes OCDE et les Bonnes Pratiques de Laboratoire.

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

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

La certification ISO14001 a été évaluée et renouvelée par l'AFNOR en février 2023. 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 CIVAUX 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 CIVAUX. 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 CIVAUX a mis en place un système permettant de détecter, tracer, déclarer, les Événements Significatifs pour l'Environnement (ESE) à l'Autorité de Sécurité Nucléaire, de traiter ces événements et d'en analyser les causes profondes pour les éradiquer.

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

### 1 Bilan des événements significatifs pour l'environnement déclarés

Le tableau suivant récapitule les événements significatifs pour l'environnement déclarés par le CNPE de CIVAUX en 2023.

Typologie	Date	Description de l'évènement	Principales actions correctives
Aucun événement significatif pour l'environnement déclaré en 2023			

### 2 Bilan des incidents de fonctionnement

Le CNPE de CIVAUX n'a pas eu, durant l'année 2023, d'indisponibilité notable sur des matériels tels que :

- les dispositifs de traitement des effluents et de prélèvement,
- les dispositifs de mesure et de surveillance,
- les réservoirs d'entreposage d'effluents.

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 Vienne. Au contact de ces tubes, la vapeur se condense.

Sur les fleuves ou les rivières dont le débit est plus faible comme pour la Vienne, les CNPE fonctionnent avec un circuit en partie fermé : Le refroidissement de l'eau chaude issue du condenseur se fait par échange avec de l'air froid dans une grande tour réfrigérante atmosphérique appelée « aéroréfrigérant ». Une partie de l'eau est vaporisée sous forme d'un panache visible, quand le CNPE fonctionne, au sommet de la tour. Le reste de l'eau refroidie retourne dans le condenseur. Avec ce système, le prélèvement en eau est beaucoup moins important, seulement de l'ordre de 2 m<sup>3</sup> par seconde par tranche.

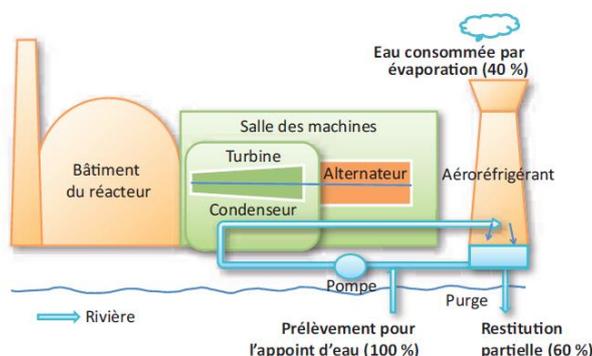


Figure 1 : Schéma d'un CNPE avec un circuit de refroidissement fermé (Source : EDF)

Annuellement, en moyenne, le volume d'eau nécessaire au fonctionnement du circuit de refroidissement d'un réacteur de CIVAUX est d'environ 50 millions de mètres cubes, le refroidissement étant assuré par un aéroréfrigérant, soit respectivement un besoin de 6 litres d'eau prélevés pour produire 1 kWh.

Que les CNPE soient en fonctionnement ou à l'arrêt, la très grande majorité de l'eau prélevée est restituée à sa source, c'est-à-dire au milieu naturel à proximité du point de prélèvement.

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

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

#### I. Prélèvements d'eau de la VIENNE pour le refroidissement

Le tableau ci-dessous détaille le cumul mensuel du prélèvement d'eau destinée au refroidissement de l'année 2023.

	Prélèvement d'eau (en millions de m <sup>3</sup> )
Janvier	5,16
Février	7,33
Mars	8,86
Avril	8,55
Mai	9,94
Juin	9,89
Juillet	10,08
Août	9,99
Septembre	9,83
Octobre	9,88
Novembre	9,87
Décembre	10,39
<b>TOTAL</b>	<b>109,78</b>

#### II. Prélèvement d'eau de la Vienne 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 2023.

	Prélèvement d'eau (en millions de m <sup>3</sup> )
Janvier	0,24
Février	0,19
Mars	0,22
Avril	0,22
Mai	0,19
Juin	0,17
Juillet	0,22
Août	0,23
Septembre	0,25
Octobre	0,25
Novembre	0,22
Décembre	0,30
<b>TOTAL</b>	<b>2,71</b>

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

Le tableau ci-dessous détaille le cumul mensuel du prélèvement d'eau destiné à l'usage domestique de l'année 2023.

	Prélèvement d'eau (en milliers de m <sup>3</sup> )
Janvier	2,51
Février	1,84
Mars	2,12
Avril	2,39
Mai	2,66
Juin	2,56
Juillet	2,53
Août	3,21
Septembre	2,83
Octobre	3,53
Novembre	3,72
Décembre	3,23
<b>TOTAL</b>	<b>33,11</b>

### IV. Milieu de prélèvement : valeurs limites et maintenance

#### 1. Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel des prélèvements d'eau pour 2023

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de prélèvement des années 2021 à 2023 avec la valeur du prévisionnel 2023.

Année	Milieu	Volume (milliers de m <sup>3</sup> )
2021	Eau douce superficielle (Vienne)	73 074
2022		27 359
2023		112 489
Prévisionnel 2023		110 000
2021	Eau douce souterraine (nappe)	/
2022		5
2023		22
Prévisionnel 2023		87

**Commentaires :** Le volume annuel d'eau prélevé en Vienne est cohérent avec le prévisionnel qui avait été défini pour l'année 2023, compte tenu du temps effectif de fonctionnement des tranches. Le prévisionnel établi pour les prélèvements en nappe était basé sur la valeur enveloppe estimée pour la phase de travaux de développement des puits, soit 87 milliers de m<sup>3</sup>. Finalement, seuls 22 milliers de m<sup>3</sup> ont été nécessaires pour achever les travaux de développement.

#### 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° 2009-DC-0138 modifiée.

Milieu	Limites de prélèvement		Prélèvement		Unité
	Prescriptions	Valeur	Valeur maximale	Valeur moyenne	
Vienne	Débit instantané	6	3,88	3,48	m <sup>3</sup> / s
	Volume journalier	432 000	335 280	300 757	m <sup>3</sup>
	Volume annuel	117	112*	S.O.	millions de m <sup>3</sup>
Nappe souterraine	Débit instantané	120	88,7	40,8	m <sup>3</sup> / h
	Volume journalier	2880	1222	386	m <sup>3</sup>
	Volume annuel	87 196	22 319*	S.O.	m <sup>3</sup>

\*Correspond au volume annuel prélevé

**Commentaires :** Les valeurs maximales observées sont inférieures aux limites autorisées.

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

L'année 2023 n'a pas été concernée par des actions de maintenance (hors maintenance programmée) et aucune intervention ou opération de maintenance anticipée n'a été nécessaire. Il n'y a pas eu en 2023 d'opérations de curage de la prise d'eau en Vienne.

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'Îlot Nucléaire (bâches d'alimentation en eau de secours des générateurs de vapeur et piscines du bâtiment combustible et du bâtiment réacteur). Sur le CNPE de CIVAUX, la solution retenue est la réalisation de puits de pompage en nappe phréatique. Les travaux ont débuté fin 2021. Le développement des puits s'est terminé fin 2023.

### 4. Opérations exceptionnelles de prélèvements

Le CNPE de CIVAUX n'a pas réalisé d'opération exceptionnelle de prélèvement d'eau en Vienne en 2023.

Dans le cadre du développement des puits de pompage en nappe phréatique, le CNPE de CIVAUX a réalisé des pompages en nappe au cours de l'année 2023.

Au total sur l'année 2023, 22 319 m<sup>3</sup> d'eau souterraine ont été prélevés et rejetés à l'émissaire secondaire SEO. Le bilan des analyses chimiques associées à ces rejets est détaillé dans la partie 4 de ce rapport, consacrée aux rejets d'effluents (dans la rubrique effluents liquides, au paragraphe concernant les rejets d'effluents chimiques dans l'émissaire secondaire).

	janv-23	févr-23	mars-23	avr-23	mai-23	juin-23
Prélèvement d'eau de nappe (m <sup>3</sup> )	2523	1993	7045	5466	5292	0

juil-23	août-23	sept-23	oct-23	nov-23	déc-23	TOTAL
0	0	0	0	0	0	22319

## Partie III – Restitution et consommation d'eau

### I. Restitution d'eau

La restitution d'eau du CNPE de Civaux pour l'année 2023 est présentée dans le tableau ci-dessous.

		Restitution d'eau			Unités
		Eau de refroidissement	Rejets radioactifs	Rejets industriels	
Restitution mensuelle	Janvier	4,93E+00	6,55E-04	1,99E-02	millions de m <sup>3</sup>
	Février	5,43E+00	1,33E-03	7,28E-03	
	Mars	6,98E+00	4,80E-03	2,40E-02	
	Avril	5,78E+00	5,48E-03	2,58E-02	
	Mai	5,70E+00	1,18E-03	1,52E-02	
	Juin	5,00E+00	1,10E-03	6,82E-03	
	Juillet	5,28E+00	1,21E-05	5,22E-03	
	Août	5,30E+00	4,09E-04	6,82E-03	
	Septembre	5,05E+00	4,24E-04	4,76E-03	
	Octobre	5,69E+00	1,53E-03	8,94E-03	
	Novembre	5,80E+00	2,47E-03	5,88E-03	
	Décembre	6,15E+00	1,47E-03	3,22E-03	
TOTAL	Restitution au milieu aquatique	67,3			millions de m <sup>3</sup>
	Pourcentage de restitution d'eau au milieu aquatique par rapport au prélèvement	60			%

### 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 2023.

	Consommation d'eau (en millions de m <sup>3</sup> )
Janvier	0,24
Février	1,90
Mars	1,87
Avril	2,77
Mai	4,23
Juin	4,89
Juillet	4,80
Août	4,70
Septembre	4,78
Octobre	4,18
Novembre	4,08
Décembre	4,24
TOTAL	42,67

Cette consommation correspond à l'eau évaporée dans les tours aéroréfrigérantes.

## 1. Comparaison aux valeurs limites

Limites d'évaporation		Fraction évaporée	Unité
Prescriptions	Valeur	Valeur moyenne	
Débit instantané moyen journalier sur l'année	1,7	1,35	m <sup>3</sup> / s
Volume journalier moyen sur l'année	146 900	116 905	m <sup>3</sup>
Volume annuel	49,2	42,67	millions de m <sup>3</sup>

**Commentaires :** Les valeurs moyennes sur l'année sont inférieures à la limite autorisée.

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

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

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

Les rejets d'effluents se présentent sous différentes formes :

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

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

### 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 événements des circuits de traitement des effluents liquides radioactifs, de la dépressurisation du bâtiment du réacteur ainsi que de l'air de la ventilation des locaux de l'îlot nucléaire. La ventilation maintient les locaux en légère dépression par rapport à l'extérieur et évite ainsi les pertes de gaz ou de poussières contaminées vers l'environnement. Les opérations de dépressurisation de l'air du bâtiment réacteur conduisent à des rejets dits « concertés ». L'air de ventilation transite par des filtres THE et, dans certains circuits, sur des pièges à iodes à charbon actif avant d'être rejeté en continu à la cheminée. Ces rejets sont dits « permanents ».

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

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

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

#### 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<sup>1</sup> donnent lieu à une comptabilisation d'activité rejetée égale au SD.

Les cumuls mensuels sont établis par sommation des activités rejetées pour chacun des rejets d'effluents du mois considéré. Les cumuls annuels sont égaux à la somme des cumuls mensuels.

#### 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).

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

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

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

### c. Cumul mensuel

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

	Gaz Rares (GBq)					Iodes (GBq)		Autres PF&PA (hors 14C) (GBq)					
	133Xe	135Xe	41Ar	131mXe	85Kr	131I	133I	134Cs	137Cs	58Co	60Co	54Mn	82Br
janv-23	1,47E+01	9,89E+00	6,12E-03	/	/	7,17E-05	5,58E-04	2,96E-05	2,69E-05	3,44E-05	2,38E-03	2,33E-05	/
févr-23	1,43E+01	9,31E+00	1,03E+00	/	/	3,26E-04	1,54E-03	2,52E-05	2,30E-05	2,37E-05	1,04E-04	/	/
mars-23	1,58E+01	1,04E+01	1,24E+00	4,79E-04	3,57E-03	4,27E-04	2,76E-03	2,42E-05	2,47E-05	2,26E-05	3,96E-05	/	/
avr-23	1,63E+01	9,72E+00	5,95E-01	8,70E-04	2,26E-02	5,74E-04	4,34E-03	2,36E-05	2,25E-05	2,49E-05	3,49E-05	/	/
mai-23	1,66E+01	9,69E+00	7,85E+00	1,51E-03	9,96E-03	1,22E-03	4,22E-03	2,32E-05	2,05E-05	2,40E-05	3,53E-05	/	4,21E-04
juin-23	1,48E+01	8,43E+00	1,30E+00	6,31E-03	2,85E-03	9,17E-04	3,19E-03	2,19E-05	2,08E-05	2,31E-05	3,36E-05	/	/
juil-23	1,71E+01	1,02E+01	1,91E+00	7,24E-03	6,99E-03	5,54E-04	2,87E-03	2,23E-05	2,10E-05	2,48E-05	2,29E-04	/	/
août-23	1,60E+01	9,81E+00	1,91E+00	1,78E-02	2,27E-02	7,65E-04	3,19E-03	2,38E-05	2,11E-05	2,15E-05	3,08E-05	/	/
sept-23	1,42E+01	8,92E+00	1,08E+00	1,28E-02	2,00E-02	1,15E-03	4,84E-03	2,41E-05	2,17E-05	2,01E-05	3,25E-05	/	/
oct-23	1,42E+01	8,29E+00	1,97E+00	1,43E-02	2,39E-02	3,72E-04	2,49E-03	2,22E-05	2,41E-05	2,43E-05	3,60E-05	/	/
nov-23	1,54E+01	9,38E+00	2,57E+00	1,35E-02	2,99E-03	6,87E-04	5,59E-03	2,00E-05	2,19E-05	2,12E-05	3,21E-05	/	/
déc-23	1,67E+01	9,41E+00	1,90E+00	1,06E-01	5,51E-01	1,09E-03	8,36E-03	2,17E-05	2,10E-05	2,17E-05	3,37E-05	/	/
TOTAL	1,86E+02	1,13E+02	2,34E+01	1,81E-01	6,66E-01	8,15E-03	4,40E-02	2,82E-04	2,69E-04	2,86E-04	3,02E-03	2,33E-05	4,21E-04

	Vol rejeté (m3)	Tritium (GBq)	Gaz Rares (GBq)	Iodes (GBq)	Autres PF&PA (1) (GBq)	Carbone 14 (GBq)
janv-23	3,20E+08	9,83E+01	2,46E+01	6,30E-04	2,49E-03	1,50E+01
févr-23	2,98E+08	6,67E+01	2,47E+01	1,87E-03	1,76E-04	
mars-23	2,97E+08	5,59E+01	2,75E+01	3,19E-03	1,11E-04	
avr-23	2,92E+08	4,57E+01	2,66E+01	4,91E-03	1,06E-04	2,91E+01
mai-23	3,09E+08	5,75E+01	3,42E+01	5,44E-03	5,24E-04	
juin-23	2,71E+08	4,24E+01	2,45E+01	4,11E-03	9,93E-05	
juil-23	3,00E+08	4,40E+01	2,92E+01	3,43E-03	2,97E-04	3,72E+01
août-23	2,94E+08	5,29E+01	2,78E+01	3,95E-03	9,72E-05	
sept-23	2,97E+08	5,72E+01	2,43E+01	6,00E-03	9,85E-05	
oct-23	2,73E+08	6,24E+01	2,45E+01	2,86E-03	1,07E-04	6,68E+01
nov-23	2,95E+08	6,25E+01	2,74E+01	6,28E-03	9,53E-05	
déc-23	3,08E+08	5,93E+01	2,86E+01	9,45E-03	9,81E-05	
TOTAL	3,55E+09	7,05E+02	3,24E+02	5,21E-02	4,30E-03	1,48E+02

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 rejets de l'année 2023 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2023 :

Année	Rejets par catégorie de radionucléides (GBq)				
	Gaz rares	Tritium	Carbone 14	Iodes	Autres produits de fission et d'activation
2021	3,97E+02	1,06E+03	2,75E+02	1,17E-01	1,64E-03
2022	3,29E+02	9,57E+02	1,30E+02	1,41E-02	1,44E-03
<b>2023</b>	<b>3,24E+02</b>	<b>7,05E+02</b>	<b>1,48E+02</b>	<b>5,21E-02</b>	<b>4,3E-03</b>
Prévisionnel 2023	5E+02	1,5E+03	2,5E+02	3E-02	5E-03

**Commentaires :** Les rejets sont conformes au prévisionnel pour le tritium, les gaz rares, le carbone 14 et les autres produits de fission et d'activation. Concernant les iodes gazeux, le cumul en fin d'année s'élève à 174% du prévisionnel établi en début d'année. Ce dépassement du prévisionnel est dû à la teneur en iodes mesurée sur les filtres de la cheminée DVN de la TR1 (cheminée d'extraction de la ventilation des locaux nucléaires). Il ne s'agit pas d'un rejet ponctuel mais d'une valeur ambiante continue dans l'un des locaux nucléaires de la TR1. Des investigations ont permis d'identifier les organes potentiellement responsables de cette diffusion d'iode. Ces organes ont été visités pendant l'arrêt de tranche VP TR1. Cette présence d'iode, bien que supérieure à la teneur en iode mesurée les autres années, reste bien en-deçà de la valeur limite fixée par les décisions ASN (6,5% de la valeur limite).

#### e. Comparaison aux valeurs limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2023 avec les valeurs limites de rejets fixées par la décision ASN n° 2009-DC-0139 de l'Autorité de Sûreté Nucléaire du 2 juin 2009 fixant les limites de rejets dans l'environnement des effluents liquides et gazeux des installations nucléaires de base n° 158 et n° 159 exploitées par EDF-SA sur la commune de Civaux.

Paramètres	Localisation prélèvement	Limites annuelles de rejet		Rejet	
		Prescriptions	Valeur	Valeur maximale	Commentaire
Gaz rares	Installation	Activité annuelle rejetée (GBq)	2,50E+04	3,24E+02	Valeur annuelle
	Cheminée n° 1	Débit instantané (Bq/s)	5,00E+07	8,47E+05	Max des valeurs journalières
	Cheminée n° 2	Débit instantané (Bq/s)	5,00E+07	6,67E+05	Max des valeurs journalières
Carbone 14	Installation	Activité annuelle rejetée (GBq)	1,40E+03	1,48E+02	Valeur annuelle
Tritium	Installation	Activité annuelle rejetée (GBq)	5,00E+03	7,05E+02	Valeur annuelle
	Cheminée n° 1	Débit instantané (Bq/s)	5,00E+06	1,73E+04	Max des valeurs journalières
	Cheminée n° 2	Débit instantané (Bq/s)	5,00E+06	3,99E+04	Max des valeurs journalières
Iodes	Installation	Activité annuelle rejetée (GBq)	8,00E-01	5,21E-02	Valeur annuelle
	Cheminée n° 1	Débit instantané (Bq/s)	5,00E+02	3,84E+00	Max des valeurs journalières
	Cheminée n° 2	Débit instantané (Bq/s)	5,00E+02	9,98E-01	Max des valeurs journalières
Autres produits de fission et produits d'activation	Installation	Activité annuelle rejetée (GBq)	1,00E-01	4,3E-03	Valeur annuelle
	Cheminée n° 1	Débit instantané (Bq/s)	5,00E+02	8,37E-01	Max des valeurs journalières
	Cheminée n° 2	Débit instantané (Bq/s)	5,00E+02	2,23E+00	Max des valeurs journalières

**Commentaires :** Les rejets radioactifs à l'atmosphère respectent les valeurs limites de rejet de la décision ASN n° 2009-DC-0139. Les débits instantanés ont respecté les valeurs de la décision ASN n° 2009-DC-0139 tout au long de l'année 2023.

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

Les rejets radioactifs diffus ont notamment pour origine :

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

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

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

	Volume (m <sup>3</sup> )	Rejets de vapeur du circuit secondaire		Rejets au niveau des événements des réservoirs d'eau de refroidissement des piscines et d'entreposage des effluents liquides	
		Tritium (Bq)	Iodes (Bq)	Tritium (Bq)	Iodes (Bq)
Janvier	2,66E+04	/	/	7,42E+07	0,00E+00
Février	1,24E+04	/	/	5,65E+07	0,00E+00
Mars	2,90E+04	/	/	2,81E+07	0,00E+00
Avril	3,93E+04	/	/	3,97E+07	0,00E+00
Mai	2,46E+04	/	/	7,98E+07	0,00E+00
Juin	7,94E+03	/	/	8,64E+07	0,00E+00
Juillet	5,25E+03	/	/	2,35E+07	0,00E+00
Août	7,41E+03	/	/	1,19E+07	0,00E+00
Septembre	5,18E+03	/	/	2,58E+07	0,00E+00
Octobre	2,65E+04	5,20E+08	/	3,97E+07	0,00E+00
Novembre	8,35E+03	/	/	1,08E+08	0,00E+00
Décembre	5,34E+03	/	/	1,60E+08	0,00E+00
<b>TOTAL ANNUUEL</b>	1,98E+05	5,20E+08	/	7,34E+08	0,00E+00

### 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 (SOx, NOx) de ces matériels de petite puissance 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 fluide 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'ammoniac 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) et d'azote (NOx) rejetée dans l'atmosphère lors du fonctionnement périodique des groupes électrogènes de secours (2 moteurs Diesels par tranche) ayant fonctionné pendant 83,5 heures, de la turbine à combustion (1 TAC pour le site) et des diesels d'ultime secours (1 DUS par tranche), ayant fonctionné pendant 25 heures, au total sur les 2 tranches pour 2023 est de :

Paramètre	Unité	Groupes électrogènes	TAC DUS	TOTAL
SOx	kg	1,58	0,67(TAC) 0,34 (DUS)	2,59
NOx	kg	232	98 (TAC) 49,7 (DUS)	379,7

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

En 2022, 51,91 m<sup>3</sup> de calorifuges dans les enceintes du bâtiment réacteur de l'unité 1 et 20,25m<sup>3</sup> dans les enceintes du bâtiment réacteur de l'unité 2 ont été renouvelés, soit un total de 72,16m<sup>3</sup>.

Cependant, les tranches sont restées à l'arrêt toute l'année 2022 et le redémarrage des deux tranches n'a eu lieu qu'en 2023. Les émissions de formaldéhyde et de monoxyde de carbone liées à la première chauffe des calorifuges changés en 2022 sont donc comptabilisées sur les rejets de 2023.

Concentration calculée	Unité	Paramètres	EBA	ETY
Concentration maximale ajoutée dans l'atmosphère	mg/m <sup>3</sup>	Formaldéhyde	1,19E-02	2,70E-04
		Monoxyde de carbone	1,11E-02	2,52E-04

#### c. Rejets de substances volatiles en lien avec le conditionnement de circuits à l'arrêt

Les opérations de redémarrage des tranches après les visites décennales ont eu lieu en janvier 2023 pour la TR1 et en mars-avril 2023 pour la TR2.

Paramètre	Unité	TOTAL
Ammoniac	kg	166,3
Ethanolamine		5,4

#### 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 CIVAUX.

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

Paramètre	Masse en kg	Tonne équivalent CO <sub>2</sub>
Chloro-fluoro-carbone (CFC)	0	0
Hydrogène-chloro-fluor-carbone (HCFC)	0	0
Hydrogène-fluoro-carbone (HFC)	30,68	49,25
Hexafluorure de soufre (SF6)	1,21	30,49
<b>Total des émissions de GES en tonne équivalent CO<sub>2</sub></b>		<b>79,75</b>

Dans le respect de la réglementation relative aux systèmes d'échanges de quota d'émissions de gaz à effet de serre, le CNPE déclare chaque année les émissions de CO<sub>2</sub> provenant de l'activité de combustion de combustibles des installations de secours. Pour l'année 2023, les émissions liées à cette activité représentent 431,9 tonnes équivalent CO<sub>2</sub>.

L'équivalent CO<sub>2</sub> total des émissions de GES du CNPE constituées des pertes de fluides frigorigènes et SF6 et de la combustion des diesels de secours, représente 511,6 tonnes.

L'équivalent CO<sub>2</sub> total des émissions de GES du CNPE constituées des pertes de fluides frigorigènes et SF6 et de la combustion des diesels de secours, représente 0,03 gCO<sub>2</sub>/kWh électrique produit, la production annuelle nette d'électricité ayant été de 19 TWh sur l'année 2023.

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

L'année 2023 n'a pas été concernée par des actions de maintenance (hors maintenance programmée) et aucune intervention ou opération de maintenance anticipée n'a été nécessaire.

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

Le CNPE de CIVAUX n'a pas réalisé d'opération exceptionnelle de rejets d'effluents à l'atmosphère en 2023.

## **II. Rejets d'effluents liquides**

### **6. Rejets d'effluents liquides radioactifs**

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

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

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

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

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

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

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

Les eaux issues des salles des machines (groupe turbo-alternateur) ne sont pas considérées comme des effluents radioactifs au sens de la réglementation (article 2.3.3 de la décision n°2017-DC-0588). Ces eaux sont

collectées sans traitement préalable vers des réservoirs dénommés réglementairement Ex où elles sont contrôlées avant d'être rejetées.

#### 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<sup>1</sup> donnent lieu à une comptabilisation d'activité rejetée égale au SD.

Les cumuls mensuels sont établis par sommation des activités rejetées pour 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	<sup>3</sup> H
Carbone 14	<sup>14</sup> C
Iodes	<sup>131</sup> I
Produits de fission et d'activation	<sup>54</sup> Mn
	<sup>63</sup> Ni
	<sup>58</sup> Co
	<sup>60</sup> Co
	<sup>110m</sup> Ag
	<sup>123m</sup> Te
	<sup>124</sup> Sb
	<sup>125</sup> Sb
	<sup>134</sup> Cs
	<sup>137</sup> Cs

#### c. Cumul mensuel

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

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

Civaux 1- 2	Activités rejetées (GBq)									
	Iodes	Autres produits de fission ou d'activation								
	131I	110mAg	123mTe	124Sb	125Sb	134Cs	137Cs	54Mn	58Co	60Co
janv-23	1,07E-04	3,73E-03	7,52E-05	1,10E-04	3,35E-04	1,30E-04	5,43E-04	1,28E-04	1,10E-04	1,30E-03
févr-23	2,26E-04	4,40E-03	1,63E-04	2,27E-04	6,76E-04	2,47E-04	4,19E-04	2,75E-04	2,25E-04	2,71E-03
mars-23	8,11E-04	7,25E-03	5,76E-04	8,43E-04	2,34E-03	9,02E-04	1,49E-03	6,63E-03	9,00E-04	2,20E-02
avr-23	8,85E-04	4,53E-03	6,10E-04	8,86E-04	2,55E-03	9,21E-04	2,41E-03	1,41E-03	9,22E-04	4,61E-03
mai-23	2,03E-04	1,29E-03	1,26E-04	2,38E-04	5,50E-04	9,92E-04	4,91E-03	2,25E-04	1,83E-04	1,17E-03
juin-23	2,59E-04	1,41E-03	1,28E-04	1,93E-04	5,23E-04	6,64E-04	3,04E-03	2,19E-04	1,81E-04	1,29E-03
juil-23	2,10E-06	3,03E-06	1,52E-06	1,95E-06	6,03E-06	2,05E-06	2,82E-06	2,24E-06	2,26E-06	3,00E-06
août-23	7,33E-05	1,01E-04	5,24E-05	7,71E-05	2,05E-04	3,59E-04	2,16E-03	8,59E-05	7,59E-05	2,92E-04
sept-23	6,88E-05	1,02E-04	4,67E-05	8,52E-05	2,09E-04	8,31E-04	4,02E-03	7,08E-05	6,85E-05	2,31E-04
oct-23	2,78E-04	9,93E-04	1,88E-04	2,73E-04	7,69E-04	1,44E-03	7,17E-03	3,46E-04	2,69E-04	2,87E-03
nov-23	4,31E-04	1,91E-03	3,25E-04	5,46E-04	1,20E-03	4,79E-04	2,13E-03	4,66E-04	4,44E-04	4,05E-03
déc-23	2,20E-04	3,04E-04	1,59E-04	2,27E-04	5,97E-04	2,53E-04	9,39E-04	2,43E-04	2,33E-04	4,35E-04

	Volumes rejetés (T+Ex) (m <sup>3</sup> )	Activité Tritium (GBq)	Activité Carbone 14 (GBq)	Activités Iodes (GBq)	Activités Autres PF et PA (GBq)
Janvier	2,05E+04	5,03E+01	3,08E-02	1,07E-04	6,46E-03
Février	8,61E+03	7,00E+02	7,42E-01	2,26E-04	9,34E-03
Mars	2,88E+04	1,61E+03	8,96E-01	8,11E-04	4,29E-02
Avril	3,13E+04	3,08E+03	1,99E+00	8,85E-04	1,88E-02
Mai	1,64E+04	4,60E+03	1,44E+00	2,03E-04	9,68E-03
Juin	7,92E+03	3,08E+03	1,39E+00	2,59E-04	7,64E-03
Juillet	5,23E+03	4,92E+01	3,92E-02	2,10E-06	2,49E-05
Août	7,23E+03	1,10E+02	3,64E-02	7,33E-05	3,41E-03
Septembre	5,18E+03	2,02E+02	8,93E-02	6,88E-05	5,67E-03
Octobre	1,05E+04	2,33E+03	1,55E+00	2,78E-04	1,43E-02
Novembre	8,35E+03	7,48E+03	2,94E+00	4,31E-04	1,15E-02
Décembre	4,69E+03	1,00E+04	5,53E+00	2,20E-04	3,39E-03
<b>TOTAL ANNUEL</b>	1,55E+05	3,33E+04	1,67E+01	3,56E-03	1,33E-01

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 2023 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2023.

	Rejets par catégorie de radionucléides			
	Tritium (GBq)	Carbone 14 (GBq)	Iodes (GBq)	Autres PA et PF (GBq)
2021	3,58E+04	3,81E+01	3,36E-03	2,58E-01
2022	6,43E+03	1,48E+00	1,99E-03	3,32E-01
<b>2023</b>	<b>3,33E+04</b>	<b>1,67E+01</b>	<b>3,56E-03</b>	<b>1,33E-01</b>
Prévisionnel 2023	6,00E+04	4,00E+01	4,00E-3	3,50E-01

**Commentaires :** Rejets inférieurs au prévisionnel.

Concernant le tritium, la production sur l'année 2023 est de 5,50E+04 GBq, soit une valeur conforme au prévisionnel pour deux tranches en marche. Une partie de cette activité tritium était encore stockée sur les tranches et dans les réservoirs d'effluents et n'a pas été rejetée sur l'année 2023, les conditions d'étiage s'étant prolongées jusqu'à début novembre.

Concernant les autres PF/PA, il y avait en 2022 une présence d'Ag110m dans les effluents en provenance de la TR2 lors de sa mise à l'arrêt. Cette activité en Ag110m s'est résorbée, d'où des rejets moindres en PF/PA pour l'année 2023.

### e. Comparaison aux limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2023 avec les valeurs limites de rejets fixées par la décision n°2009-DC-0138 modifiée.

Paramètres	Limites annuelles de rejet		Rejet
	Prescriptions	Valeur	Valeur (GBq)
Tritium	Activité annuelle rejetée (GBq)	9,00E+04	3,33E+04
Carbone 14	Activité annuelle rejetée (GBq)	1,90E+02	1,67E+01
Iodes	Activité annuelle rejetée (GBq)	1,00E-01	3,56E-03
Autres PA et PF	Activité annuelle rejetée (GBq)	5,00E+00	1,33E-01

**Commentaires :** Les limites réglementaires de rejets ont été respectées.

### f. Surveillance des eaux réceptrices

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

Les résultats des mesures réalisées sur les eaux de surface pour l'année 2023 sont donnés dans le tableau suivant (valeurs moyennes et maximales).

Paramètre analysé	Activité volumique horaire à mi-rejet			Activité volumique : moyenne journalière			
	Valeur moyenne mesurée en 2023	Valeur maximale mesurée en 2023	Limite réglementaire	Valeur moyenne mesurée en 2023	Valeur maximale mesurée en 2023	Limite réglementaire	
Eau filtrée	Activité bêta globale (Bq/L)	0,15	0,25	2	-	-	-
	Tritium (Bq/L)	27,6	69,0	280	15,2	68,0	140 <sup>(1)</sup> / 100 <sup>(2)</sup>
	Potassium (mg/L)	2,47	3,85	-	-	-	-
Matières en suspension	Activité bêta globale (Bq/L)	0,039	0,075	-	-	-	-

(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 2023 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.

## 7. Rejets d'effluents liquides chimiques

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

Ces rejets d'effluents chimiques sont issus :

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

Les principales substances utilisées sont :

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

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

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

### a. Etat des connaissances sur la toxicité de l'éthanolamine et de ses produits dérivés

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

- L'éthanolamine a des propriétés irritantes (oculaire, cutané, brûlure d'œsophage dans le cas de l'ingestion) et corrosives. Aucune VTR issue des bases de données de référence n'est associée à cette substance.
- Les produits de dégradation de l'éthanolamine sont constitués des ions acétates, formiates, glycolates et oxalates, ainsi que de méthylamine et d'éthylamine. Il s'agit de substances irritantes voire corrosives, qui sont faiblement toxiques dans les conditions de rejet. Aucune VTR issue des bases de données de référence n'est associée à ces substances.

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

#### **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'émissaire 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)	Hydrazine (kg)	Ethanolamine (kg)	Azote (kg)	Détergents (kg)	DCO (kg)	MES (kg)	Phosphates KER/SEK (kg)	Métaux totaux KER/SEK + fer station de déminéralisation (kg)	Sodium (kg)	Chlorures (kg)
Janvier	1,01E+02	8,95E-02	5,14E-01	1,45E+01	1,00E+02	6,60E+01	2,47E+01	8,24E+00	5,73E+00	6,77E+03	9,01E+03
Février	2,99E+02	2,32E-02	2,15E-01	2,24E+01	8,61E+00	3,54E+01	1,52E+01	1,30E+01	2,26E+00	3,69E+03	5,05E+03
Mars	8,65E+02	1,07E-01	7,21E-01	8,33E+01	2,88E+01	8,65E+01	2,88E+01	1,12E+01	1,28E+01	7,34E+03	1,05E+04
Avril	5,62E+02	9,22E-02	1,84E+00	9,71E+01	3,13E+01	1,93E+02	1,74E+02	1,80E+01	1,94E+01	7,13E+03	1,09E+04
Mai	3,74E+02	5,29E-02	2,77E+00	7,93E+01	1,64E+01	7,85E+01	1,87E+01	3,69E+00	2,97E+00	4,47E+03	7,10E+03
Juin	7,02E+02	1,98E-02	1,98E-01	1,13E+02	2,84E+01	9,62E+01	1,12E+01	8,50E+00	1,85E+00	3,96E+03	6,11E+03
Juillet	3,16E+00	2,00E-02	1,31E-01	1,12E+02	7,94E-01	3,17E+01	5,23E+00	2,28E+00	1,18E+00	2,48E+03	4,29E+03
Août	2,99E+01	2,59E-02	1,81E-01	1,21E+02	2,19E+01	6,00E+01	8,86E+00	1,36E+00	1,80E+00	3,62E+03	6,35E+03
Septembre	5,92E+01	1,53E-02	1,30E-01	7,02E+01	1,18E+01	4,80E+01	1,07E+01	3,79E+00	9,64E-01	3,03E+03	5,88E+03
Octobre	2,30E+02	1,16E-01	4,68E+00	8,26E+01	1,94E+01	5,82E+01	2,99E+01	1,89E+01	2,12E+00	2,99E+03	5,23E+03
Novembre	1,73E+03	4,11E-02	3,50E+00	6,47E+01	8,35E+00	2,32E+01	1,89E+01	2,95E+00	1,79E+00	2,56E+03	4,05E+03
Décembre	5,60E+02	1,33E-02	1,33E-01	1,09E+02	5,34E+00	3,60E+01	1,36E+01	5,29E+00	1,94E+00	3,55E+03	4,66E+03
<b>TOTAL ANNUEL</b>	<b>5,52E+03</b>	<b>6,16E-01</b>	<b>1,50E+01</b>	<b>9,69E+02</b>	<b>2,81E+02</b>	<b>8,13E+02</b>	<b>3,60E+02</b>	<b>9,72E+01</b>	<b>5,48E+01</b>	<b>5,16E+04</b>	<b>7,91E+04</b>

## ii. Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets d'effluents non radioactifs liquides de l'année 2023 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2023.

Substances	Unité	2021	2022	2023	Prévisionnel 2023
Acide borique	kg	6560	4000	5520	7000
Hydrazine	kg	0,419	0,134	0,616	0,5
Ethanolamine	kg	17,9	1,55	15,1	5
Détergents	kg	163,2	52,2	281	100
Azote	kg	747	40,4	969	750
Phosphates	kg	99,8	139	97,2	120
Sodium	kg	24 000	20 100	51 600	40 000
Chlorures	kg	54200	31 400	79 100	60 000
Métaux totaux KER/SEK + fer station de déminéralisation	kg	37,8	18,9	54,8	50 pour les métaux issus de KER/SEK
MES	kg	293	114	360	/
DCO	kg	641	211	813	/
AOX	kg	S.O	S.O	S.O	/
THM	kg	S.O	S.O	S.O	/
Sulfates	kg	0	0	0	10

### Commentaires :

Le cumul annuel de plusieurs paramètres chimiques dépasse le prévisionnel 2023. Concernant l'acide borique, les métaux totaux et les phosphates, les flux rejetés sont conformes au prévisionnel.

Concernant les détergents, les rejets mesurés en fin d'année sont de 281kg, soit 281% du prévisionnel. Cela n'est pas dû à un rejet inhabituel de détergents, mais à un problème d'analyse. Les échantillons de certains mois présentaient des interférences et ont nécessité d'être dilués pour que la mesure soit possible. Cette dilution a entraîné une multiplication par 5 de la limite de détection. Les analyses étant généralement seuillées, la quantité rejetée calculée dépend de la limite de détection et du volume d'effluents rejetés. Ce volume d'effluents conventionnels est plus élevé cette année que les années précédentes. Ces deux phénomènes ont conduit à un rejet calculé de détergents supérieur au prévisionnel annuel. En revanche la limite réglementaire de 1700kg est respectée.

Concernant l'éthanolamine, les rejets en fin d'année sont de 15kg pour un prévisionnel à 5kg. Cela est dû au volume de rejets conventionnels SEK réalisés cette année (134 000 m3).

Ce volume d'effluents SEK implique également une plus forte demande en eau déminéralisée, ce qui a impacté également les rejets de chlorures et de sodium. En effet, l'eau est déminéralisée à l'aide de chaînes de déminéralisation qui doivent être régénérées régulièrement avec de l'acide chlorhydrique et de l'hydroxyde de sodium. Les effluents produits par la station de déminéralisation, après chaque régénération, sont des effluents contenant du chlorure et du sodium issus de la neutralisation de l'acide chlorhydrique et de l'hydroxyde de sodium utilisés.

Concernant l'azote total, le contributeur principal est l'ammoniac issu de la décomposition de l'hydrazine, réactif de conditionnement du circuit secondaire. Pour éviter les rejets d'azote dans le milieu récepteur, cet ammoniac est récupéré puis réinjecté dans le circuit secondaire, contribuant à la fois à maintenir le pH de moindre corrosion du circuit et à limiter les rejets dans l'environnement. Cette année, la pompe de réinjection des effluents ammoniacés a été indisponible une partie de l'année, ce qui a conduit à orienter les effluents vers les bâches de rejet plutôt qu'à les recycler, d'où le flux rejeté supérieur au prévisionnel. Le flux annuel rejeté reste inférieur à la limite réglementaire (88% de la limite réglementaire).

Les métaux totaux issus des rejets SEK et KER représentent un rejet total de kg sur l'année 2023, répartis de la manière suivante :

Plomb total (kg)	Chrome total (kg)	Cuivre total (kg)	Nickel total (kg)	Titane total (kg)	Aluminium total (kg)	Manganèse total (kg)	Zinc total (kg)	Fer total (kg)	Métaux totaux (kg)
2,94E-01	3,87E-01	6,12E-01	3,87E-01	7,74E-01	7,02E+00	3,54E+00	2,03E+00	2,35E+01	3,86E+01

A ces métaux rejetés via les bâches KER et SEK, on ajoute le fer issu de la station de déminéralisation, soit 16,2kg pour l'année 2023.

La somme des métaux rejetés en 2023 s'élève donc à 54,8kg.

### iii. Comparaison aux limites

Le tableau ci-après permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2023 avec les valeurs limites de rejets fixées par la décision n° 2009-DC-0139 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 2 juin 2009 fixant les limites de rejets dans l'environnement des effluents liquides et gazeux des installations nucléaires de base n° 158 et n° 159 exploitées par EDF-SA sur la commune de Civaux.

	Limite	Rejet	Limite	Rejet	Limite	Rejet	Limite	Rejet
Substances	Concentration maximale ajoutée dans l'ouvrage de rejet	Valeur maximale calculée	Flux 24h (kg)	Valeur maximale calculée	Flux 2h (kg)	Valeur maximale calculée	Flux annuel ajouté (kg)	Flux annuel calculé
Acide borique	3,50E+01	3,02E+00	3,20E+03	3,36E+02	2,75E+02	4,03E+01	1,80E+04	5,52E+03
Ethanolamine	1.0 E+00	2,50E-01	1,00E+01	3,87E+00	-	-	5,40E+02	1,50E+01
Hydrazine	1.0 E-01	3,36E-03	1,00E+00	5,98E-02	-	-	2,50E+01	6,16E-01
Détergents	2.8 E+00	2,31E-01	1,40E+02	9,82E+00	2,00E+01	3,03E+00	1,70E+03	2,81E+02
Azote	6.9 E+00	1,30E+00	1,00E+02	3,71E+01	5,00E+01	2,11E+01	1,10E+03	9,69E+02
Phosphates (réservoirs T,S, Ex)	2.9 E+00	4,75E-01	6,10E+01	6,88E+00	2,00E+01	4,62E+00	6,00E+02	9,72E+01
Phosphates (UV)	2.9 E+00	4,10E-02	1,0E+01	4,72E+00	1,2E+00	3,93E-01	4,50E+02	2,92E+02
Sodium	1,70E+01	4,93E+00	7,60E+02	5,97E+02	-	-	-	-
Chlorures	2,00E+01	7,45E+00	1,08E+03	9,36E+02	-	-	-	-
Métaux totaux	3.0 E-01	3,84E-02	5,00E+00	1,19E+00	-	-	1,00E+02	5,48E+01
Sulfates issus de la station de déminéralisation	4.30 E-01	0	-	-	-	-	3,00E+03	0
MES	2.9 E+00	3,82E-01	5,30E+01	1,22E+01	-	-	-	-
DCO	1,30E+01	6,84E-01	1,80E+02	3,24E+01	-	-	-	-

L'article 5.3.1 de la décision ASN n°2017-DC-0588 demande une évaluation de la quantité annuelle de lithine rejetée. En 2023, la quantité de lithine rejetée par le CNPE de Civaux est évaluée à 0,26 kg.

**Commentaires :** Les rejets liquides chimiques respectent les valeurs limites annuelles de rejet de la décision ASN n° 2009-DC-0139.

#### d. Rejets d'effluents liquides chimiques via l'émissaire secondaire

Ce paragraphe présente les rejets du CNPE de CIVAUX pour l'année 2023 de substances chimiques liées à l'exploitation des structures communes telles que décrites dans la décision n° 2011-DC-0234 du 5 juillet 2011 de l'Autorité de sûreté nucléaire modifiant la décision n°2009-DC-0138 du 2 juin 2009 de l'Autorité de sûreté nucléaire :

Situé à l'aval immédiat de l'ouvrage de rejet principal en Vienne, l'émissaire secondaire collecte les effluents suivants :

- eaux pluviales des aires goudronnées du site ;
- les effluents de l'installation de déminéralisation provenant de :
  - la surverse de l'épaississeur des boues traitées,
  - la surverse de la station de prétraitement ;
  - les eaux de nettoyage des filtres à sable de la station de déminéralisation ;
- les effluents issus de la station d'épuration du site après traitement ;
- les eaux de ruissellement des aires d'entreposages des déchets TFA ;
- les eaux de lavage non polluées des aires de dépotage et d'entreposage ;
- les eaux de vidange du circuit d'eau de circulation CRF, des bâches incendie (JPD) et d'eau brute (SEB), de la bâche d'entreposage de l'eau potable ;
- les eaux d'exhaure de la station de pompage, des galeries électriques vers les transformateurs auxiliaires et sous-sol du local d'éclissage ;
- les eaux de nettoyage des filtres de la station de pompage d'eau brute (SFI) ;
- eaux non polluées de lutte contre l'incendie
- eaux issues des développements des puits APU-SEU

#### i. Cumul mensuel

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

	AOX (kg)	COT (kg)	Chlorures (kg)	DCO (kg)	Hydrocarbures (C10-C40) (kg)	Hydrocarbures (C5-C10) (kg)	MES (kg)	Sodium (kg)	Sulfates (kg)	Ammonium (kg)	Azote Kjeldhal (kg)	Nitrates (kg)
janvier	2,57E-02	5,13E+00	1,32E+03	5,13E+01	6,42E-02	3,85E-02	7,44E+02	5,22E+02	5,65E+01	1,28E-02	8,11E+00	3,59E+01
février	4,18E-02	1,19E+00	1,44E+03	9,95E+00	4,97E-02	2,98E-02	1,99E+00	4,06E+02	8,95E+01	9,95E-03	4,97E-01	2,19E+01
mars	3,54E-02	2,83E+00	1,02E+03	3,54E+01	1,77E-01	1,06E-01	4,04E+02	3,96E+02	1,27E+02	1,42E-01	1,77E+00	1,13E+02
avril	2,72E-02	3,80E+00	1,02E+03	2,72E+01	1,36E-01	8,15E-02	5,43E+00	1,79E+02	1,14E+02	2,72E-02	1,36E+00	9,24E+01
mai	7,41E-02	2,65E+00	1,44E+03	2,65E+01	1,32E-01	7,94E-02	5,29E+00	3,24E+02	1,85E+02	2,65E-02	1,91E+01	8,47E+01
juin	/	/	1,48E+03	/	/	/	/	7,73E+02	/	/	/	/
juillet	/	/	1,21E+03	/	/	/	/	2,77E+02	/	/	/	/
août	/	/	6,39E+02	/	/	/	/	1,68E+02	/	/	/	/
septembre	/	/	6,00E+02	/	/	/	/	1,36E+02	/	/	/	/
octobre	/	/	8,86E+02	/	/	/	/	1,70E+02	/	/	/	/
novembre	/	/	9,61E+02	/	/	/	/	2,90E+02	/	/	/	/
décembre	/	/	8,86E+02	/	/	/	/	3,45E+02	/	/	/	/
TOTAL	2,04E-01	1,56E+01	1,29E+04	1,50E+02	5,59E-01	3,35E-01	1,16E+03	3,99E+03	5,72E+02	2,18E-01	3,08E+01	3,48E+02

	Nitrites (kg)	Azote global (kg)	Aluminium dissous (kg)	Chrome dissous (kg)	Cuivre dissous (kg)	Fer dissous (kg)	Manganese dissous (kg)	Nickel dissous (kg)	Plomb dissous (kg)	Titane dissous (kg)	Zinc dissous (kg)	Metaux totaux dissous (kg)
janvier	1,28E-02	8,11E+00	2,57E-02	1,28E-03	1,28E-02	1,28E-02	2,05E-02	1,28E-03	5,13E-04	6,42E-03	1,28E-02	2,05E-02
février	9,95E-03	4,97E-01	1,99E-02	3,98E-03	9,95E-03	9,95E-03	9,95E-04	9,95E-04	3,98E-04	4,97E-03	9,95E-03	3,98E-03
mars	7,08E-02	1,77E+00	7,08E-02	3,54E-03	3,54E-02	3,54E-02	2,83E-02	3,54E-03	1,42E-03	1,77E-02	3,54E-02	2,83E-02
avril	5,43E-02	1,36E+00	5,43E-02	2,72E-03	2,72E-02	2,72E-02	7,06E-02	2,72E-03	1,09E-03	1,36E-02	2,72E-02	7,06E-02
mai	2,65E-02	1,91E+01	5,29E-02	2,65E-03	2,65E-02	2,65E-02	2,65E-03	2,65E-03	1,06E-03	1,32E-02	2,65E-02	5,29E-02
juin	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
juillet	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
août	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
septembre	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
octobre	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
novembre	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
décembre	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
TOTAL	1,74E-01	3,08E+01	2,24E-01	1,42E-02	1,12E-01	1,12E-01	1,23E-01	1,12E-02	4,48E-03	5,59E-02	1,12E-01	1,76E-01

## ii. Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel

Les limites réglementaires relatives aux rejets des substances chimiques dans l'émissaire secondaire sont réglementées par la décision ASN n° 2009-DC-0139.

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets d'effluents liquides chimiques de l'année 2023 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2023.

Paramètres	Unité	2021	2022	2023	Prévisionnel 2023
Chlorures	kg	8100	7470	12900	-
Sodium	kg	2380	1740	3990	-
AOX	kg	0,016	0,016	0,204	-
THM	kg	< 0,00006	<0,00004	0,00108	-
Nitrites	kg	1,01	0,03	0,174	-
Nitrates	Kg	452	0,584	348	-
Hydrocarbures	kg	0,79	0,072	0,559	-
Azote Kjeldhal	kg	27.4	0,957	30,9	-
DCO	kg	97	15,6	150	-
MES	kg	72.8	297	1160	-
Sulfates	Kg	-	60,8	573	-
Fer	kg	< 10	0,014	0,112	10

**Commentaires :** Les quantités de fer rejetées pour l'année 2023 sont conformes au prévisionnel.

## iii. Comparaison aux limites et au prévisionnel

Le tableau ci-dessous présente les rejets annuels relatifs à l'émissaire secondaire pour chaque type de substance chimique.

Paramètres	Limite	Rejet	Limite	Rejet
	Concentration maximale ajoutée au rejet (mg/L)	Valeur maximale	Flux annuel ajouté (kg)	Flux annuel (kg)
AOX	0,3	0,036	-	-
CRT	0,1	<0,01	-	-
Hydrocarbures	5	0,42	-	-
Sulfates	-	-	1100	573
Fer	-	-	70	0,112

Commentaires : Les rejets sont conformes aux limites imposées. Les rejets en AOX et CRT, correspondent à un rejet ponctuel au moment de la chloration annuelle du circuit TRI en juin 2023.

## 8. Opérations exceptionnelles de rejets d'effluents liquides

Le CNPE de Civaux n'a pas réalisé d'opération exceptionnelle de rejet d'effluents liquides chimiques en 2023.

### 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.

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

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

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

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

#### 1 En conditions climatiques normales

Les rejets thermiques issus du circuit de refroidissement du CNPE de CIVAUX et des différents circuits secondaires nécessaires à son fonctionnement doivent respecter les limites fixées dans la décision modifiée n° 2009-DC-0139 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 2 juin 2009 fixant les limites de rejets dans l'environnement des effluents liquides et gazeux des installations nucléaires de base n° 158 et n° 159 exploitées par EDF-SA sur la commune de Civaux.

Le CNPE de CIVAUX réalise en continu des mesures de températures en amont (SM1), au rejet (SM2) et en aval du CNPE (SM3) et un suivi des rejets thermiques conformément aux autorisations de rejet en vigueur. Le bilan du suivi pour l'année 2023 est présenté dans les tableaux suivants :

	Température amont (°C)			Température rejet (°C)			Echauffement amont-aval calculé (°C)			Température aval après mélange (°C)		
	Max	Min	Moy	Max	Min	Moy	Max	Min	Moy	Max	Min	Moy
Janvier	10,40	4,00	7,37	20,82	7,03	11,01	0,5	0,0	0,1	10,40	4,50	7,53
Février	8,80	3,93	6,22	17,25	7,70	12,61	0,9	0,1	0,4	9,20	4,50	6,65
Mars	12,90	5,10	9,71	21,15	8,25	14,19	0,6	0,0	0,2	12,90	5,30	9,80
Avril	17,90	9,32	13,41	25,03	12,26	16,99	0,3	-0,1	0,1	18,00	9,60	13,45
Mai	24,60	15,89	18,67	26,34	15,84	15,80	0,4	-0,3	0,1	24,10	15,80	18,83
Juin	27,08	21,59	24,42	27,70	18,07	21,98	0,1	-0,9	-0,2	26,50	21,30	24,30
Juillet	28,41	21,36	24,25	25,36	17,85	21,36	0,1	-1,0	-0,4	27,50	21,10	23,84
Août	29,70	19,94	23,97	28,04	17,00	21,89	0,9	-0,7	-0,2	28,90	19,60	23,73
Septembre	26,39	17,90	22,59	25,10	14,88	21,56	0,5	-0,7	-0,1	25,70	17,70	22,47
Octobre	22,80	13,60	16,97	24,42	12,20	19,12	1,2	-0,8	0,1	21,90	13,60	17,07
Novembre	13,60	7,70	11,36	26,70	14,90	21,49	0,3	0,0	0,1	13,70	7,80	11,48
Décembre	11,00	6,20	8,34	25,35	13,94	20,32	0,3	0,0	0,2	11,00	6,40	8,52

## 2 Comparaison aux limites

Les rejets thermiques doivent respecter les limites fixées à l'article 7 de la décision n° 2009-DC-0139 modifiée de l'Autorité de sûreté nucléaire du 2 juin 2009 fixant les limites de rejets dans l'environnement des effluents liquides et gazeux des installations nucléaires de base n° 158 et n° 159 exploitées par Électricité de France (EDF-SA) sur la commune de Civaux.

Paramètres	Unité	Limite en vigueur	Valeurs maximales
Echauffement amont-aval calculé avec T° de Vienne <25°C	°C	2	1,2
Echauffement amont-aval calculé avec T° de Vienne >25°C	°C	0	0,16
Température aval après mélange	°C	-	28,90

**Commentaires :** le 7 juin 2023, une intervention sur CVP a rendu le système indisponible pendant environ une heure, pendant laquelle l'échauffement calculé sur la fraction horaire concernée a dépassé 0°C, alors que la température Vienne était supérieure à 25°C. L'échauffement moyen journalier de cette journée a été de -0,11°C.

## 3 En conditions climatiques exceptionnelles

Aucun épisode caniculaire nécessitant l'utilisation des limites en conditions climatiques exceptionnelles n'a eu lieu en 2023.

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

L'année 2023 n'a pas été concernée par des actions de maintenance (hors maintenance programmée) et aucune intervention ou opération de maintenance anticipée n'a été nécessaire.

Le CNPE de CIVAUX 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. Les seuils d'action sur critères légionelles définis dans cette réglementation, sont applicables au CNPE depuis le 1er janvier 2022.

Dans l'attente de disposer d'une installation de traitement biocide opérationnelle (CTE monochloramine) et des autorisations de rejets associés (modification des décisions limites de rejets en Vienne permettant la réalisation de ce traitement, à visée anti-légionelles), le CNPE de CIVAUX applique depuis le 1er janvier 2022 des mesures compensatoires dans le cadre de la Décision ASN n° CODEP-CLG-2022-024241 portant dérogation aux articles 4.1.2 et 4.1.3 de la Décision ASN n° 2016-DC-0578. Ainsi, la décision dérogatoire ASN autorise le CNPE à déroger à la mise en œuvre d'action curative sur atteinte des seuils légionelles de 10 000 UFC/L et 100 000 UFC/L, et à l'arrêt de la dispersion sur l'atteinte des 100 000 UFC/L. En contrepartie des mesures compensatoires sont mises en œuvre par le site de CIVAUX :

- des mesures préventives (augmentation de la fréquence du suivi légionelles, renforcement de la fiabilité et de la surveillance des systèmes contribuant au maintien en propreté du circuit de refroidissement),

- des mesures correctives sur atteinte du seuil de 10 000 UFC/L (traitement en priorité des actions de maintenance ou de réparation des systèmes participant à la propreté du circuit de refroidissement en fonctionnement, réalisation d'un appoint exceptionnel de boules de nettoyage du condenseur si besoin),

- des mesures correctives sur atteinte du seuil de 100 000 UFC/L (traitement en priorité des actions de maintenance ou de réparation des systèmes participant à la propreté du circuit de refroidissement en fonctionnement, mise en œuvre d'une recharge de boules de nettoyage du condenseur plus abrasives),

- des mesures curatives (mise en œuvre d'une chloration massive sur atteinte du seuil légionelles de  $2 \cdot 10^6$  UFC / L).

Afin de limiter le risque de dispersion des amibes, le CNPE de CIVAUX applique un traitement biocide par UV à la purge de l'eau des circuits de refroidissement depuis l'année 1999.

Les résultats microbiologiques indiqués sont issus de l'exigence 5.4.1 de la décision ASN n°2016-DC-0578 dite « Amibes Légionelles ». Pour corrélérer 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 du suivi des colonisations en amibes des circuits de refroidissement

En 2023, les prélèvements pour analyse amibes ont été réalisés mensuellement de janvier à mars, puis quotidiennement au cours de la période estivale, du 15 avril au 15 octobre. Un suivi complémentaire a été effectué du 16 octobre au 15 novembre. Ce dernier a été hebdomadaire jusqu'au 1er novembre, avant de repasser en mensuel jusqu'au 15 novembre. Enfin, du 16 novembre au 31

décembre, la fréquence a été mensuelle. Le suivi amibien a donc été réalisé dans le respect de la réglementation. Le bilan statistique des concentrations amibiennes dans les circuits des 2 tranches est présenté dans le tableau suivant.

Concentrations en <i>Naegleria fowleri</i> (Nf/L)	Moyenne	Minimum	Maximum	Nombre de prélèvements
Tranche 1	606	< 4	4287	192
Tranche 2	1359	< 4	12041	191

- **Circuit de refroidissement de la Tranche 1 :**

L'amibe pathogène a été détectée à des concentrations significatives dès le début de la saison estivale. Ceci a nécessité le démarrage des installations de traitement UV dès le 20 avril. Un premier pic, d'une valeur de 2285 Nf/L, a pu être observé le 30 avril. Cette valeur a été mesurée lorsque les températures maximales en sortie du condenseur ont commencé à être supérieures à 40 °C. Un arrêt de la tranche du 13 au 19 mai a entraîné la baisse des températures au niveau du condenseur et a ainsi limité le développement des amibes. Par la suite, la colonisation du circuit par l'amibe *Naegleria fowleri* a été permanente et significative jusqu'au 4 octobre, avec notamment une prolifération le 5 septembre à 4287 Nf/L, correspondant à la concentration maximale mesurée cette année dans le circuit de la tranche 1. Cette colonisation coïncide avec des températures maximales en sortie du condenseur élevées puisqu'elles ont été en moyenne de 43°C. A partir du 5 octobre et jusqu'à la fin de l'année, *Naegleria fowleri* a été souvent détectée (69 % des échantillons positifs), mais sa présence est restée négligeable puisque sa concentration moyenne au cours de cette période a été de 134 Nf/L.

- **Circuit de refroidissement de la Tranche 2 :**

La colonisation du circuit par *Naegleria fowleri* a été tardive dans la saison, mais d'une amplitude marquante. Les amibes pathogènes ont proliféré très rapidement après leur apparition, le 24 mai, nécessitant la mise en service des installations de traitement UV à partir du 27 mai. Tout comme le circuit de la tranche 1, la colonisation du circuit est naturellement influencée par les températures de l'eau élevées en sortie du condenseur. Ainsi, la colonisation amibienne a été quasi constante jusqu'au début du mois d'octobre, au cours duquel cette température a commencé à diminuer. Cependant, un deuxième facteur a pu jouer un rôle important dans la prolifération amibienne exceptionnelle observée entre le 20 juin et le 11 juillet. En effet, il a pu être observé une dégradation de la qualité de l'eau entre le 23 juin et le 7 juillet. Ceci a engendré un apport nutritif significatif pour les amibes déjà présentes dans le circuit de refroidissement, et a donc pu faciliter leur multiplication. La conjonction de ces deux paramètres a permis d'obtenir des conditions de prolifération idéales pour *Naegleria fowleri*. Au cours de cette période, les populations amibiennes ont été mesurées à des concentrations moyennes de 7459 Nf/L. De plus, celles-ci ne sont jamais descendues en dessous de 2873 Nf/L et la concentration maximale de 12041 Nf/L mesurée cette année a été atteinte à cinq reprises.

La décroissance des populations amibiennes a probablement été facilitée par un court arrêt de la tranche début octobre, qui a engendré une baisse de la température en sortie du condenseur. Ainsi, à partir du 5 octobre, et jusqu'à la fin de l'année *Naegleria fowleri* a été rarement détectée dans le circuit de refroidissement de la tranche 2. La concentration maximale mesurée au cours de cette période a été de 201 Nf/L le 12 octobre.

## II. Bilan de l'efficacité du traitement biocide UV

La stratégie du CNPE de Civaux pour limiter le risque sanitaire lié à la présence potentielle de *Naegleria fowleri* dans les purges des circuits de refroidissement de la centrale et de prévenir un dépassement des limites réglementaires 80 Nf/L et 100 Nf/L dans l'environnement est basée sur l'action germicide des Ultraviolets (UV).

L'efficacité du traitement est liée de façon directe et indirecte à la qualité de l'eau à traiter :

- de façon directe en modifiant la diffusion du rayonnement UV soit par absorption du rayonnement, soit par diffraction de celui-ci.
- de façon indirecte via le phénomène d'encrassement du système de traitement avec la formation de dépôts sur les gaines en quartz des lampes et sur les capteurs, ainsi que l'encrassement des systèmes de nettoyage.

- **Tranche 1 :**

Les installations de traitement UV ont fonctionné du 20 avril jusqu'au 31 octobre. Le bilan statistique des doses UV appliquées est présenté dans le tableau suivant.

Type de relevés		Moyenne	Minimum	Maximum
Dose UV EPA moyenne journalière (mJ/cm <sup>2</sup> )	Canaux 1-2	228	93	395
	Canaux 3-4	244	134	405

Afin d'évaluer l'efficacité du traitement biocide, les concentrations ambiantes à l'aval des stations UV sont mesurées quotidiennement durant toute la période de suivi, et peuvent être comparées aux concentrations de l'eau du circuit à traiter. Un bilan statistique est présenté dans le tableau suivant à partir des données de concentrations obtenues en aval des installations de traitement UV.

Concentrations en <i>Naegleria fowleri</i> (Nf/L)	Moyenne	Minimum	Maximum
Aval UV Canaux 1-2 de la tranche 1	57	< 26	525
Aval UV Canaux 3-4 de la tranche 1	45	< 26	400

Globalement, le traitement UV a permis d'éliminer une part importante des amibes présentes dans la purge du circuit de refroidissement de la tranche 1.

- **Tranche 2 :**

Les installations de traitement UV ont fonctionné du 27 mai jusqu'au 31 octobre. Le bilan statistique des doses UV appliquées est présenté dans le tableau suivant.

Type de relevés		Moyenne	Minimum	Maximum
Dose UV EPA moyenne journalière (mJ/cm <sup>2</sup> )	Canaux 1-2	295	162	466
	Canaux 3-4	254	131	382

Le bilan statistique des concentrations ambiennes résiduelles en aval des installations de traitement UV est présenté dans le tableau suivant.

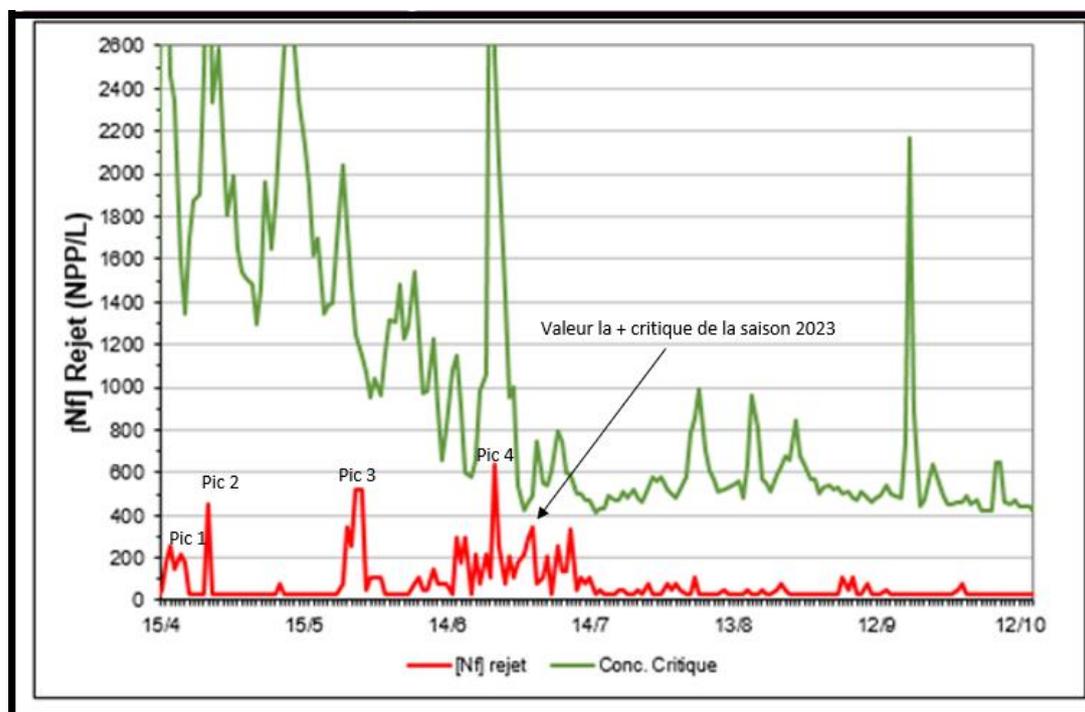
Concentrations en <i>Naegleria fowleri</i> (Nf/L)	Moyenne	Minimum	Maximum
Aval UV Canaux 1-2 de la tranche 2	73	< 26	1498
Aval UV Canaux 3-4 de la tranche 2	58	< 26	805

Globalement, le traitement UV a permis d'éliminer une part importante des amibes présentes dans la purge du circuit de refroidissement de la tranche 2. On note toutefois quelques populations résiduelles significatives, notamment sur la période située entre le 24 juin et le 8 juillet. Cette période correspond à une forte colonisation du circuit de refroidissement, associée à une dégradation de la qualité de l'eau à traiter, rendant le traitement moins efficace.

### III. Bilan annuel des concentrations ambiennes au rejet et à l'aval du site

Les effluents de purge des deux tranches se mélangent dans l'ouvrage de rejet. Un suivi ambien de cet ouvrage est effectué et la mesure à ce point de prélèvement permet de calculer l'apport théorique en amibes dans l'environnement.

La figure suivante présente les concentrations en *Naegleria fowleri* obtenues au cours du suivi réalisé dans le canal de rejet en comparaison de la concentration critique (concentration ambiante à ne pas atteindre dans l'eau du point rejet pour ne pas dépasser la limite de 100 Nf/L en aval du rejet dans l'environnement définie dans la décision n°2016-DC-0578).



La figure montre que les concentrations en *Naegleria fowleri* ont été parfois élevées dans les effluents du CNPE, notamment avec une maximale de 637 Nf/L le 24 juin. Quatre pics ambiens significatifs peuvent être observés au cours de ce suivi :

Le premier pic, observé entre le 15 et le 20 avril, correspond aux populations significatives observées en tranche 1 avant la mise en service du traitement UV. Ces concentrations n'ayant pas été traitées, elles se retrouvent naturellement dans l'ouvrage de rejet.

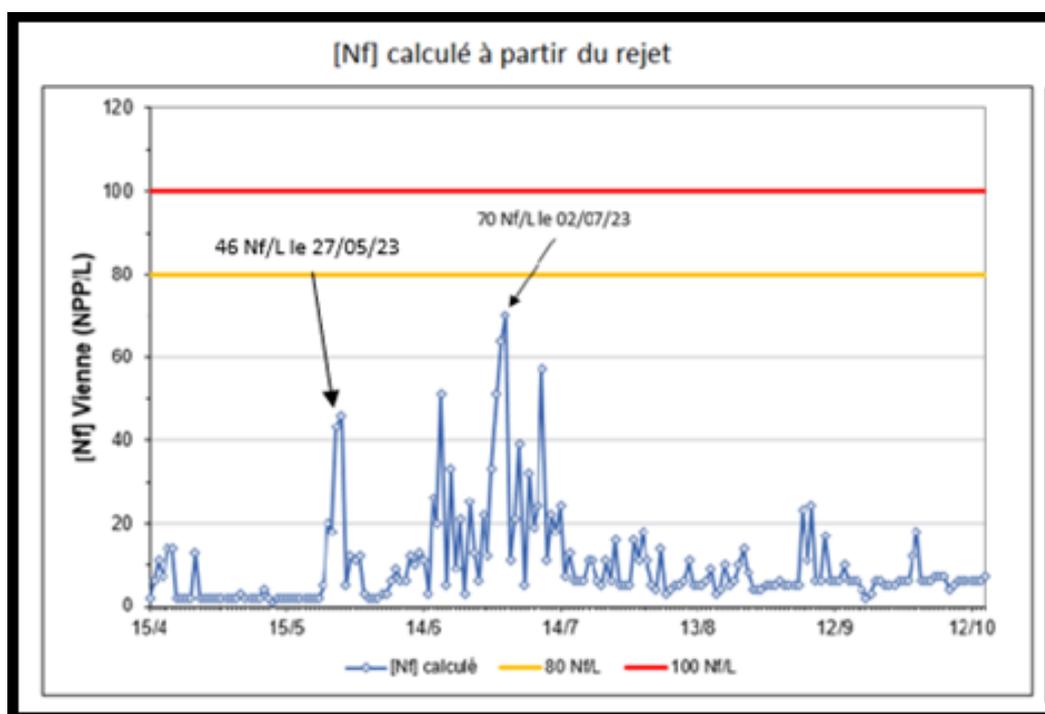
Le deuxième pic, observé le 25 avril, correspond à une période de forte dégradation de la qualité de l'eau à traiter.

Le troisième pic, observé entre le 24 et le 27 mai, est à rapprocher de la prolifération ambiante en tranche 2 observée fin mai. La mise en service des installations de traitement UV a ensuite limité l'arrivée de population amibiennes dans l'ouvrage de rejet.

Enfin, le quatrième pic a été plus marquant puisqu'il s'est étendu du 16 juin au 10 juillet. Celui-ci provient des circuits des tranches 1 et 2. Dans les parties précédentes, il a pu être identifié de fortes concentrations ambiennes dans les circuits à cette période, ainsi qu'une qualité d'eau médiocre qui a réduit l'efficacité du traitement UV. De plus, cet épisode s'est déroulé à un moment où le débit de la Vienne a fortement baissé.

A plusieurs reprises, la concentration s'est rapprochée de sa valeur critique, notamment le 2 juillet, date présentant le risque sanitaire le plus important. Au cours de cette journée, 341 Nf/L ont été mesurées dans l'ouvrage de rejet, alors que la concentration critique n'était que de 494 Nf/L.

Les concentrations en *Naegleria fowleri* en rivière à l'aval du CNPE sont calculées quotidiennement lors de l'obtention des résultats microbiologiques du point rejet afin de s'assurer du respect des limites réglementaires de 80 et 100 Nf/L. L'évolution des concentrations en *Naegleria fowleri* calculées à l'aval du CNPE ainsi que les limites réglementaires en aval du rejet dans l'environnement, sont présentées dans la figure suivante.

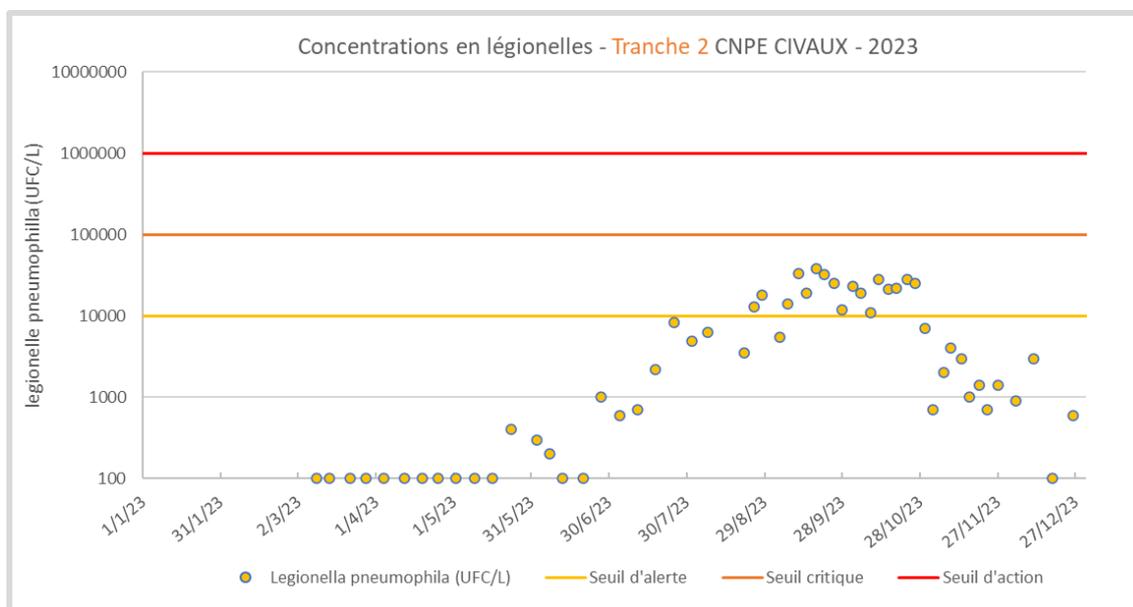
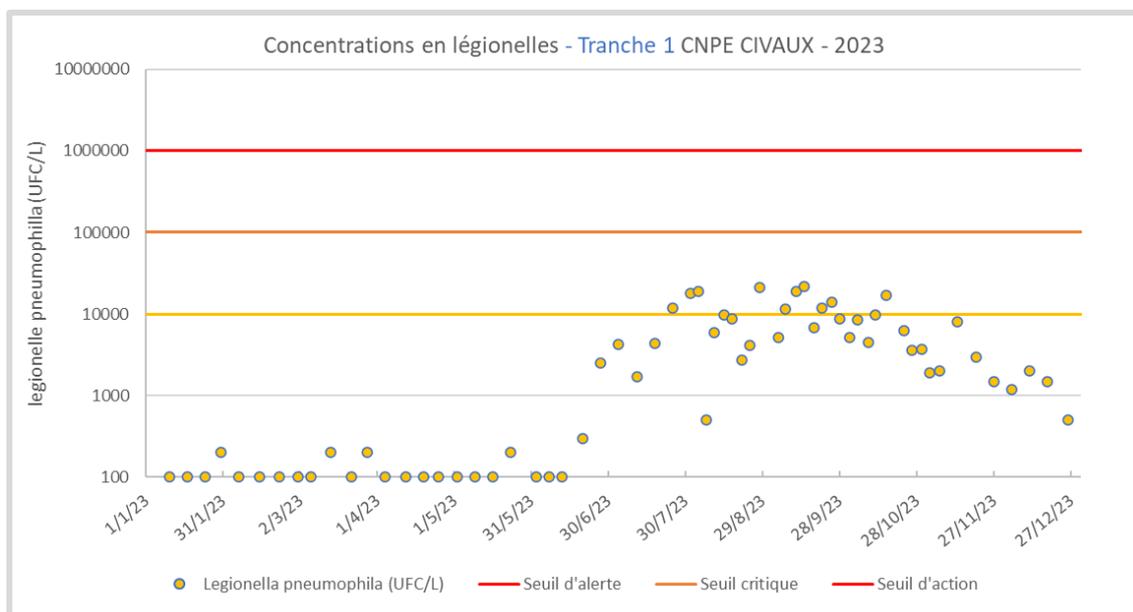


Bien que les concentrations en aval calculées aient parfois été élevées, **les seuils réglementaires de 80 Nf/L et 100 Nf/L ont été respectés**. La concentration maximale de 70 Nf/L a été calculée en aval dans l'environnement pour la journée du 2 juillet. Des valeurs significatives sont observées essentiellement entre mi-juin et mi-juillet. Cette période correspond à la baisse d'efficacité du traitement

des purges des deux tranches (traitement UV perturbé par la qualité d'eau à traiter) et coïncide avec des débits de rivière en forte baisse (et donc une baisse des concentrations critiques au point rejet).

#### IV. Bilan annuel des colonisations en légionelles

L'évolution des concentrations en légionelles dans les circuits de refroidissement des tranches 1 et 2 et le bilan statistique sont présentés dans les figures et tableaux suivants.



Concentrations en <i>Legionella pneumophila</i> (UFC/L)	Moyenne	Minimum	Maximum	Seuil d'action curative
tranche 1	4748	< 100	22 000	2 000 000
tranche 2	7908	< 100	38 000	

Le suivi légionelles a mis en évidence une colonisation importante des circuits de refroidissement par *Legionella pneumophila*. En effet, près de 80 % des échantillons se sont révélés positifs à la présence de la bactérie pour chacune des deux tranches.

Le circuit de refroidissement de la tranche 1 a été colonisé par *Legionella pneumophila* à partir de la deuxième moitié de l'année. En effet, à partir du 20 juin, la bactérie pathogène a été systématiquement retrouvée dans les échantillons jusqu'à la fin de l'année. A partir du 25 juillet, sa concentration a été telle qu'elle a dépassé le seuil d'alerte des 10 000 UFC/L. Une concentration maximale de 22 000 UFC/L a été mesurée le 14 septembre.

La colonisation du circuit de la tranche 2 a été effective à partir du prélèvement du 23 mai. Au-delà de cette date et jusqu'à la fin de l'année, la bactérie pathogène a été détectée dans quasiment tous les échantillons. A partir du 25 août, sa concentration a été telle qu'elle a dépassé le seuil d'alerte des 10 000 UFC/L. Ces fortes concentrations se sont maintenues jusqu'au prélèvement du 26 octobre inclus, avec une concentration maximale de 38 000 UFC/L le 18 septembre.

En 2023, le seuil d'alerte en *Legionella pneumophila* de 10 000 UFC/L a été dépassé 27 fois sur les 2 tranches (10 fois en tranche 1 et 17 fois en tranche 2) sans toutefois atteindre le seuil critique de 100 000 FC/L, sur la période allant de juillet à octobre 2023. Les mois précédant et succédant cette période, les colonisations rencontrées se sont maintenues à des niveaux supérieures au seuil de détection sans dépasser les 8 000 UFC/L.

Il n'a pas été nécessaire de réaliser d'action curative (chloration massive) étant donné que les concentrations sont restées très éloignées du seuil d'action des 2 000 000 UFC/L.

### I. Surveillance de la radioactivité dans l'environnement

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Ces études sont donc confiées à des laboratoires externes qualifiés, agréés et reconnus pour leurs compétences spécifiques.

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

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

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

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

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

## **1. Surveillance de la radioactivité ambiante**

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

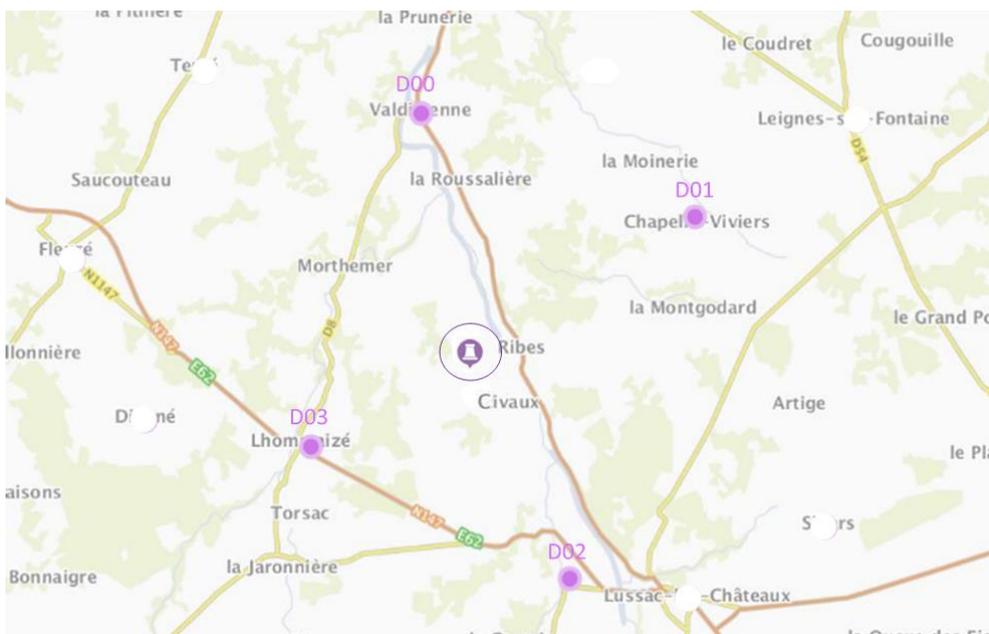
**Réseau de balises radiométriques « Clôture »**



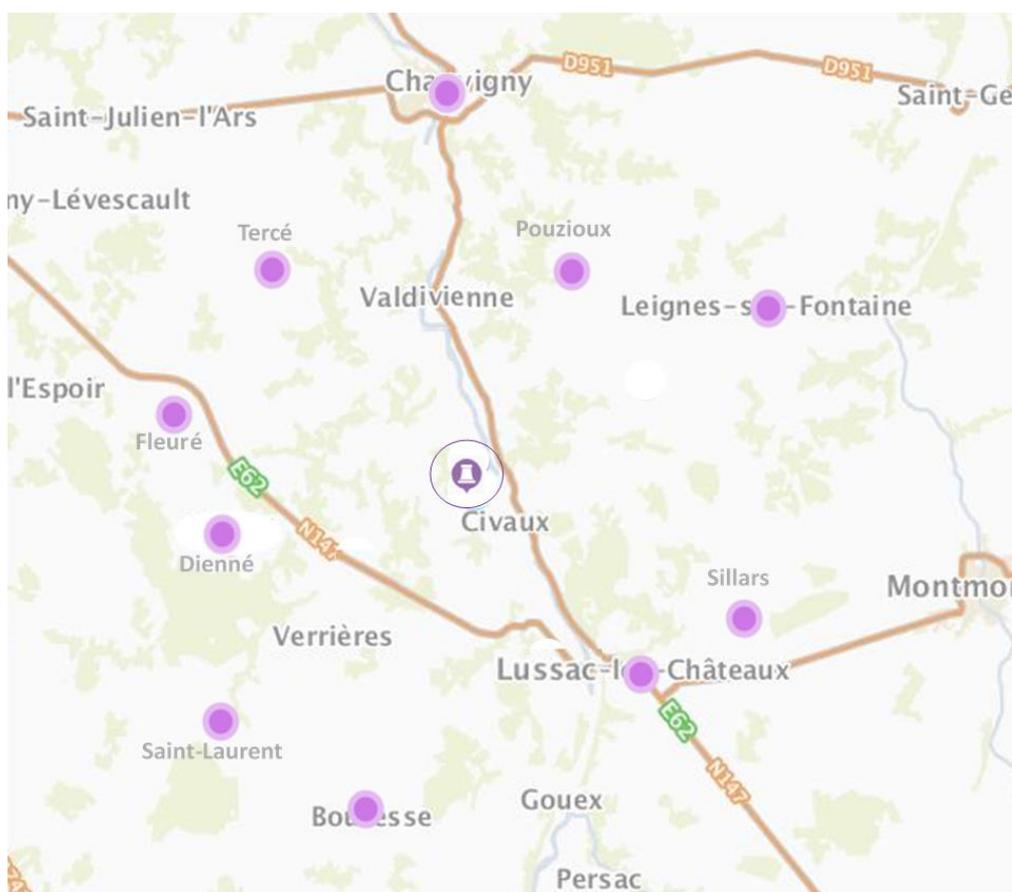
**Réseau des balises radiométriques « 1Km »**



### Réseau des balises radiamétriques « 5Km »



### Réseau des balises radiamétriques « 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 2023 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 2023 (nSv/h)	Débit de dose max année 2023 (nSv/h)	Débit de dose moyen année 2022 (nSv/h)	Débit de dose moyen année 2021 (nSv/h)
Clôture	1,30E+02	2,40E+02	1,27E+02	1,25E+02
1 km	1,14E+02	1,90E+02	1,14E+02	1,10E+02
5 km	1,36E+02	2,20E+02	1,37E+02	1,33E+02
10 km	1,22E+02	1,80E+02	1,24E+02	1,23E+02

**Commentaires :** Pour les quatre réseaux, les débits de dose moyens enregistrés pour l'année 2023 sont de l'ordre de grandeur du bruit de fond et cohérents avec les résultats des années antérieures.

## 2. Surveillance du compartiment atmosphérique

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

Un dispositif de prélèvement du tritium atmosphérique par barbotage est également implanté sous les vents dominants à la station dite AS1. L'analyse du tritium atmosphérique piégé est réalisée pour chacune des périodes définies réglementairement (du 1<sup>er</sup> 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 2023 sont donnés dans le tableau suivant.

Compartiment	Paramètres	Moyenne annuelle	Valeur minimale mesurée	Valeur maximale mesurée	Limite réglementaire (pour chaque analyse)	
Poussières atmosphériques (Bq/m <sup>3</sup> )	Bêta globale	5,67E-04	8,40E-05	3,39E-03	1,00E-02	
	Spectrométrie gamma	<sup>58</sup> Co	1,83E-05	3,80E-06	5,50E-05	-
		<sup>60</sup> Co	1,58E-05	3,00E-06	3,90E-05	-
		<sup>134</sup> Cs	1,56E-05	2,90E-06	3,70E-05	-
		<sup>137</sup> Cs	1,25E-05	2,40E-06	3,20E-05	-
	<sup>40</sup> K	3,01E-04	8,40E-05	8,50E-04	-	
Tritium atmosphérique (Bq/m <sup>3</sup> )		<=1,74E-01	<=8,70E-02	<=2,40E-01	50	
Eau de pluie (Bq/L)	Bêta globale	2,03E-01	<=8,00E-02	6,70E-01	-	
	Tritium	<=5,65E+00	<=4,80E+00	<=6,00E+00	-	

**Commentaires :** Les mesures de surveillance du compartiment atmosphérique pour l'année 2023 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 2022 sont donnés dans le tableau suivant. Concernant les résultats des analyses par spectrométrie gamma, seules les activités relatives aux radionucléides d'origine artificielle et supérieures aux seuils de décision sont présentées.

Nature du prélèvement	Radionucléide		Périodicité	Moyenne annuelle	Valeur maximale mesurée
Végétaux terrestres (Bq/kg sec)	Spectrométrie gamma	<sup>58</sup> Co	Mensuelle	3,63E-01	5,00E-01
		<sup>60</sup> Co		4,00E-01	6,00E-01
		<sup>134</sup> Cs		3,00E-01	4,00E-01
		<sup>137</sup> Cs		3,21E-01	5,00E-01
		<sup>40</sup> K		6,35E+02	1,18E+03
Lait (Bq/L)	Spectrométrie gamma	<sup>58</sup> Co	Mensuelle	4,42E-01	6,00E-01
		<sup>60</sup> Co		4,08E-01	5,00E-01
		<sup>134</sup> Cs		4,21E-01	6,00E-01
		<sup>137</sup> Cs		4,29E-01	5,00E-01
		<sup>110</sup> Ag		4,38E-01	6,00E-01
		<sup>54</sup> Mn		4,00E-01	6,00E-01
		<sup>40</sup> K		5,53E+01	9,50E+01

#### Commentaires :

Les résultats des mesures annuelles réalisées sur le compartiment terrestre ainsi que leur interprétation pour l'année 2022 sont présentés dans le rapport du suivi radioécologique annuel, présenté en annexe.

### 4. Surveillance du milieu aquatique

Les résultats des mesures annuelles réalisées sur le compartiment aquatique ainsi que leur interprétation pour l'année 2022 sont présentés dans le rapport du suivi radioécologique annuel, présenté en annexe.

### 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 mesurée
3H	Bq/L	< 2,00E+01
Beta Global	Bq/L	< 1,00E+00
Beta Global MES	Bq/L	2,49E-02

Commentaires : RAS.

## II. Physico-chimie des eaux souterraines

Une surveillance physico-chimique des eaux souterraines est effectuée sur les paramètres physicochimiques par le biais de prélèvements de 13 piézomètres du CNPE.

Paramètres	Unité	Valeur maximale mesurée
pH	-	11
Conductivité	µS/cm	6,75E+02
AOX	mg/L	1,00E-02
Azote de Kjeldahl (NTK)		< 2,00E+00
Chlorures		< 1,00E+02
DCO		1,00E+01
Fer dissous		1,00E-02
Fer Total		3,30E-02
Hydrocarbures		< 1,00E-01
Nitrates		< 2,50E+01
Phosphates		< 3,00E-01
Potassium		1,18E+01
Sodium		< 1,00E+02

**Commentaires :** RAS

## 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 2023 pour les stations amont (SM1), rejet (SM2) et aval (SM3).

Station amont - SM1	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
Oxygène dissous (mg/L)	11,45	12,06	10,05	9,22	8,38	8,02	8,70	7,97	8,40	9,16	9,25	11,37
Conductivité (µS/cm)	136,61	159,67	127,02	112,93	123,60	134,12	170,09	179,68	169,44	189,25	110,64	101,22
pH	7,2	7,46	7,33	7,17	7,32	7,43	8,03	7,80	7,89	7,74	6,89	7,01
Température	7,37	6,22	9,71	13,41	18,67	24,42	24,25	23,97	22,59	16,97	11,36	8,34

Station rejet - SM2	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
Oxygène dissous (mg/L)	11,45	11,01	10,71	9,61	9,19	8,95	9,09	9,02	9,08	9,50	9,20	9,47
Conductivité (µS/cm)	148,22	228,65	167,11	162,39	199,61	242,60	292,02	313,75	303,19	311,85	172,79	155,43
pH	7,55	7,84	7,64	7,63	7,83	8,09	8,20	8,19	8,16	8,09	7,71	7,69
Température	11,01	12,61	14,19	16,99	21,55	21,98	21,36	21,89	21,56	19,12	21,49	20,32

Station aval - SM3	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
Oxygène dissous (mg/L)	11,17	11,79	9,84	9,61	8,85	7,86	8,85	8,15	8,48	9,22	8,42	9,74
Conductivité (µS/cm)	142,49	162,60	143,00	117,51	130,10	143,47	191,19	200,84	192,54	209,33	151,04	140,56
pH	7,29	7,84	7,35	7,23	7,39	7,48	8,16	7,87	7,90	7,84	7,00	6,89
Température	7,53	6,65	9,80	13,45	18,83	24,30	23,84	23,73	22,47	17,07	11,48	8,52

### **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.

## **IV. Physico-chimie et suivi Hydrobiologique des eaux réceptrices**

Les tableaux suivants présentent le suivi 2023 des analyses chimiques et physico-chimique des eaux de surface (Vienne) :

- Le CNPE fait réaliser par le laboratoire AQUASCOP via IANESCO des mesures de certains paramètres physico-chimiques soutenant la vie biologique. Des prélèvements d'eau de la Vienne sont effectués mensuellement, en amont (MAZEROLLES), en aval 1 (CUBORD), en aval 2 (VALDIVIENNE), ainsi que des mesures bimestrielles en aval 3 (BONNES).
- Les rejets chimiques font l'objet d'une surveillance des concentrations présentes dans le milieu récepteur. A cet effet, des mesures de substances chimiques sont effectuées trimestriellement dans la Vienne en amont et sur les points en aval du CNPE.

Les rejets chimiques résultant du fonctionnement du CNPE sont issus :

- des produits de conditionnement des circuits pour réduire la corrosion ou participer à la maîtrise de la réactivité ;
- des traitements de purification des eaux de Vienne par déminéralisation pour en faire une utilisation industrielle;
- de l'usure normale des matériaux par érosion.
- du lavage du linge utilisé en zone contrôlée.

### **Point de prélèvement : pont de MAZEROLLES**

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	
Température de l'eau (IN SITU)	10	5	6	10	19	23	°C
pH (IN SITU)	7,2	7,3	7,6	7,4	7,3	7,7	unité pH
Conductivité à 25°C (IN SITU)	159	151	167	112	133	138	µS/cm
Oxygène dissous (IN SITU)	10,4	12,7	12,6	11	8,3	8,9	mgO <sub>2</sub> / L
Saturation en oxygène dissous (IN SITU)	91	98	100	98	90	104	%
Turbidité	6,1	4,9	4,7	9,6	4	3,5	NFU
Titre alcalimétrique complet (TAC)	3,4	3,1	3,8	2,8	3,3	3,6	°F
Carbone organique dissous (COD)	6,2	4,7	4,7	5	4,1	5,4	mg/l

Silice (SiO <sub>2</sub> )		14		14		11		12		9,5		10	mg/l
Calcium dissous		10		9,8		12		6,7		7,6		8,9	mg/l
Magnésium dissous		3,2		2,9		3,4		2,4		2,6		2,9	mg/l
Sodium dissous		14		11		14		7,6		11		12	mg/l
Potassium dissous		2,7		2,2		2,3		1,6		1,9		2	mg/l
Hydrogénocarbonates HCO <sub>3</sub>		41		38		46		34		40		44	mg/l
Chlorures (Cl)		14		13		14		9,5		9,1		12	mg/l
Sulfates (SO <sub>4</sub> )		16		15		14		9,9		13		9,5	mg/l
DBO <sub>5</sub> J (non diluée)(éch.congelé)	<	0,5	<	0,5	<	0,5	<	0,5	<	0,5	<	0,5	mgO <sub>2</sub> /l
ST-DCO		22		15		14		16		13		16	mgO <sub>2</sub> /l
Matières en suspension (MES)		6		4		4		10		4,8		3,7	mg/L
Nitrates (NO <sub>3</sub> )		8,3		11		8,9		6,8		5,9		5,3	mg/L
Nitrites (NO <sub>2</sub> )		0,06		0,06		0,08		0,03		0,03		0,02	mg/L
Ammonium (NH <sub>4</sub> )		0,04		0,05		0,02		0,04		0,02		0,02	mg/L
Azote Kjeldahl (NTK)		0,6		0,6		1,1		0,8	<	0,5		0,6	mg/L
Phosphore total (en P)		0,07		0,05		0,04		0,06		0,06		0,07	mg/L
Bore (B)	<	0,05		0,06		0,05	<	0,05	<	0,05	<	0,05	mg/L
Agents de surface anion. (en lauryl sulfate)	<	0,05	<	0,05	<	0,05	<	0,05	<	0,05	<	0,05	mg/L
Hydrazine	<	0,2	<	0,2	<	0,2	<	0,2	<	0,2	<	0,2	mg/L
Orthophosphates (PO <sub>4</sub> )		0,11		0,04		0,02		0,05		0,08		0,13	mg/L
METAUX TOTAUX		941,7		737,4		750,5		1453,4		810,5		886,2	µg/L
Aluminium total (Al)		280		220		230		560		220		180	µg/L
Chrome total (Cr)		0,8		0,7		0,7		1,3		0,6		0,9	µg/L
Cuivre total (Cu)		2,3		2		2,1		2,3		1,8		1,9	µg/L
Fer total (Fe)		600		460		480		800		540		650	µg/L
Manganèse total (Mn)		44		31		26		51		35		33	µg/L
Nickel total (Ni)		0,9		0,7		0,8		1		0,7		0,8	µg/L
Plomb total (Pb)		0,7		0,8		0,5		0,8		0,6		0,6	µg/L
Titane total (Ti)		9		7,2		6,4		21		6,8		6	µg/L
Zinc total (Zn)		4		15		4		16		5		13	µg/L
Indice hydrocarbure (C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> )	<	50	<	50	<	50	<	50	<	50	<	50	µg/L
Chloroforme (trichlorométhane)	<	0,15	<	0,15	<	0,15	<	0,15	<	0,15	<	0,15	µg/L
Ethanolamine	<	10	<	10	<	10	<	10	<	10	<	10	µg/L
Morpholine	<	50	<	50	<	50	<	50	<	50	<	50	µg/L
Coliformes thermotolérants		200		100		240		80		51000		500	/100mL
Coliformes totaux		300		200		300		300		62000		600	/100mL
Escherichia coli		220		94		130		110		17000		77	/100mL
Entérocoques		30		77	<	15		77		4600		130	/100mL
Choropyle a					<	5	<	5	<	5	<	5	µg/L
Phéopigments					<	5	<	5	<	5	<	5	µg/L
Acide dibromoacétique		\		\	<	1		\		\	<	1	µg/L

Acides haloacétiques totaux		\		\	<	4,5		\		\	<	4	µg/L
Acide monochloroacétique		\		\	<	2,5		\		\	<	1	µg/L
Acide dichloroacétique		\		\	<	1		\		\	<	1	µg/L
Acide trichloroacétique		\		\	<	0,5		\		\	<	1	µg/L

	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	
Température de l'eau (IN SITU)	23	21	21	16	12	8	°C
pH (IN SITU)	7,5	7,4	7,3	7,3	7,2	11,5	unité pH
Conductivité à 25°C (IN SITU)	163	179	178	212	120	105	µS/cm
Oxygène dissous (IN SITU)	8,6	7,5	7,6	8,5	10,4	11,5	mgO2/L
Saturation en oxygène dissous (IN SITU)	101	84	85	86	101	99	%
Turbidité	2,3	1,5	1,7	1,1	54	7,4	NFU
Titre alcalimétrique complet (TAC)	4	4,2	4,3	4,8	2,2	2,2	°F
Carbone organique dissous (COD)	6,3	5,4	5,6	5,4	7,9	5,6	mg/l
Silice (SiO2)	6,7	4,3	4,5	3,8	12	12	mg/l
Calcium dissous	11	11	11	13	7,9	6,8	mg/l
Magnésium dissous	3,1	2,8	2,8	3,2	2,5	2,2	mg/l
Sodium dissous	16	18	18	20	7,7	7,6	mg/l
Potassium dissous	2,4	2,7	2,8	3,7	2,9	1,9	mg/l
Hydrogénocarbonates HCO3	49	51	52	59	27	27	mg/l
Chlorures (Cl)	13	16	15	18	10	8,8	mg/l
Sulfates (SO4)	16	16	16	19	9,2	7	mg/l
DBO5J (non diluée)(éch.congelé)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	mgO2/l
ST-DCO	17	13	13	12	37	17	mgO2/l
Matières en suspension (MES)	< 2	< 2	< 2	< 2	66	11	mg/L
Nitrates (NO3)	4,5	4,7	3,9	6,1	8,2	6,5	mg/L
Nitrites (NO2)	0,01	0,01	< 0,01	0,01	0,03	0,04	mg/L
Ammonium (NH4)	< 0,01	0,03	0,01	0,01	0,07	0,12	mg/L
Azote Kjeldahl (NTK)	< 0,5	< 0,5	1,8	< 0,5	1,1	0,5	mg/L
Phosphore total (en P)	0,07	0,05	0,06	0,04	0,17	0,07	mg/L
Bore (B)	0,07	0,09	0,06	< 0,05	< 0,05	< 0,05	mg/L
Agents de surface anion. (en lauryl sulfate)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	mg/L
Hydrazine	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	mg/L
Orthophosphates (PO4)	0,09	0,1	0,1	0,03	0,08	0,05	mg/L
METAUX TOTAUX	807,8	388,3	452,7	321,9	5881,7	1506,9	µg/L
Aluminium total (Al)	130	53	62	57	2300	510	µg/L

Chrome total (Cr)		0,5	<	0,5	<	0,5	<	0,5		3,9		1,4	µg/L
Cuivre total (Cu)		1,9		1,8		1,8		1,3		5,5		2,6	µg/L
Fer total (Fe)		600		360		360		250		3300		920	µg/L
Manganèse total (Mn)		24		20		22		9,3		160		44	µg/L
Nickel total (Ni)		0,6		0,6		0,7		0,5		2,8		1,2	µg/L
Plomb total (Pb)		0,6		0,4		0,4		0,3		3,5		0,7	µg/L
Titane total (Ti)		5,2		2		2,3		2		88		20	µg/L
Zinc total (Zn)		45		3		3	<	1		18		7	µg/L
Indice hydrocarbure (C10-C40)	<	50	<	50	<	50	<	50	<	50	<	50	µg/L
Chloroforme (trichlorométhane)	<	0,15	<	0,15	<	0,15	<	0,15	<	0,15	<	0,15	µg/L
Ethanolamine	<	10	<	10	<	10	<	10	<	10	<	10	µg/L
Morpholine	<	50	<	50	<	50	<	50	<	50	<	50	µg/L
Coliformes thermotolérants	<	100		400		40	<	100		1200		1000	/100mL
Coliformes totaux		300		2000	<	100		200				900	/100mL
Escherichia coli		61		410		30		130		2300		580	/100mL
Entérocoques		77		370		61		15		830		94	/100mL
Choropyle a	<	5	<	5	<	5	<	5		\		\	µg/L
Phéopigments	<	5	<	5	<	5	<	5		\		\	µg/L
Acide dibromoacétique		\		\	<	0,5		\		\	<	0,5	µg/L
Acides haloacétiques totaux		\		\	<	5,5		\		\	<	1	µg/L
Acide monochloroacétique		\		\	<	3		\		\	<	3	µg/L
Acide dichloroacétique		\		\	<	1		\		\	<	0,5	µg/L
Acide trichloroacétique		\		\	<	1		\		\	<	5	µg/L

#### Point de prélèvement : pont de CUBORD

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	
Température de l'eau (IN SITU)	10	6,00	6	11	18,00	22	°C
pH (IN SITU)	7,2	7,30	7,6	7,4	7,30	7,5	unité pH
Conductivité à 25°C (IN SITU)	159	158,00	170	115	145,00	152	µS/cm
Oxygène dissous (IN SITU)	10,5	12,30	12,7	10,8	8,20	8,1	mgO2/L
Saturation en oxygène dissous (IN SITU)	92	98,00	100	97	86,00	92	%
Turbidité	6	5,60	4,7	11	4,90	3,2	NFU
Titre alcalimétrique complet (TAC)	4,5	3,20	3,6	2,5	3,50	3,8	°F
Carbone organique dissous (COD)	6,1	5,00	4,7	5,2	4,40	5,8	°F

Silice (SiO <sub>2</sub> )		14		14,00		12		12		10,00		11		mg/l
Calcium dissous		9,8		10,00		12		7,1		8,40		10		mg/l
Magnésium dissous		3,2		3,00		3,5		2,6		2,50		3,3		mg/l
Sodium dissous		13		12,00		14		7,8		12,00		13		mg/l
Potassium dissous		2,6		2,20		2,4		1,6		2,10		2,1		mg/l
Hydrogénocarbonates HCO <sub>3</sub>		54		39,00		49		30		43,00		46		mg/l
Chlorures (Cl)		14		14,00		15		8,9		10,00		13		mg/l
Sulfates (SO <sub>4</sub> )		15		15,00		14		9,7		14,00		10		mg/l
DBO <sub>5</sub> J (non diluée)(éch.congelé)	<	0,5	<	0,50	<	0,5	<	0,5		1,00	<	0,5		mgO <sub>2</sub> /l
ST-DCO		22		18,00		13		19		16,00		18		mgO <sub>2</sub> /l
Matières en suspension (MES)		6		3,00		4		10		5,50		4		mg/L
Nitrates (NO <sub>3</sub> )		8,2		11,00		9		6,7		6,20		5,8		mg/L
Nitrites (NO <sub>2</sub> )		0,05		0,07		0,08		0,03		0,03		0,02		mg/L
Ammonium (NH <sub>4</sub> )		0,04		0,05		0,03		0,05		0,03		0,03		mg/L
Azote Kjeldahl (NTK)		0,7		0,60		0,9		0,5	<	0,50		0,6		mg/L
Phosphore total (en P)		0,06		0,05		0,04		0,06		0,07		0,07		mg/L
Bore (B)	<	0,05		0,08		0,07	<	0,05	<	0,05	<	0,05		mg/L
Agents de surface anion. (en lauryl sulfate)	<	0,05	<	0,05	<	0,05	<	0,05	<	0,05	<	0,05		mg/L
Hydrazine	<	0,2	<	0,20	<	0,2	<	0,2	<	0,20	<	0,2		mg/L
Orthophosphates (PO <sub>4</sub> )		0,12		0,04		0,02		0,05		0,09		0,12		mg/L
METAUX TOTAUX		929		755,20		738,5		1487,4		877,90		858,6		µg/L
Aluminium total (Al)		280		220,00		220		570		240,00		160		µg/L
Chrome total (Cr)		0,8		0,80		0,7		1,2		0,70		1,2		µg/L
Cuivre total (Cu)		2,1		1,70		2,2		2,4		2,00		2,2		µg/L
Fer total (Fe)		590		480,00		480		820		580,00		630		µg/L
Manganèse total (Mn)		41		36,00		24		51		41,00		34		µg/L
Nickel total (Ni)		0,9		0,80		0,8		1		0,80		0,9		µg/L
Plomb total (Pb)		0,6		0,50		0,6		0,8		0,60		0,6		µg/L
Titane total (Ti)		9,6		7,40		6,2		20		7,80		5,7		µg/L
Zinc total (Zn)		4		8,00		4		21		5,00		24		µg/L
Indice hydrocarbure (C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> )	<	50	<	50,00	<	50	<	50	<	50,00	<	50		µg/L
Chloroforme (trichlorométhane)	<	0,15	<	0,15	<	0,15	<	0,15	<	0,15	<	0,15		µg/L
Ethanolamine	<	10	<	10,00	<	10	<	10	<	10,00	<	10		µg/L
Morpholine	<	50	<	50,00	<	50	<	50	<	50,00	<	50		µg/L
Coliformes thermotolérants		210		200,00		260		190		2 400,00		80		/100mL
Coliformes totaux		400		400,00		500		400		2 500,00		600		/100mL
Escherichia coli		210		110,00		270		270		2 400,00		61		/100mL
Entérocoques		61		46,00		61		61		1 400,00		160		/100mL

Acide dibromoacétique	\	\	< 0,5	\	\	< 1	µg/L
Acides haloacétiques totaux	\	\	< 4,5	\	\	< 4	µg/L
Acide monochloroacétique	\	\	< 2,5	\	\	< 1	µg/L
Acide dichloroacétique	\	\	< 1	\	\	< 1	µg/L
Acide trichloroacétique	\	\	< 0,5	\	\	< 1	µg/L
	<b>Juillet</b>	<b>Août</b>	<b>Septembre</b>	<b>Octobre</b>	<b>Novembre</b>	<b>Décembre</b>	
Température de l'eau (IN SITU)	23	20,00	21	16	12	8	°C
pH (IN SITU)	7,5	7,40	7,6	7,5	7,3	7,7	unité pH
Conductivité à 25°C (IN SITU)	176	198,00	202	235	147	107	µS/cm
Oxygène dissous (IN SITU)	7,6	7,40	7,6	9	10,1	11,3	mgO2/L
Saturation en oxygène dissous (IN SITU)	89	82	86	91	97	98	%
Turbidité	1,8	1,70	1,7	1,3	46	8,7	NFU
Titre alcalimétrique complet (TAC)	4,2	4,70	4,8	5,4	3	2,2	°F
Carbone organique dissous (COD)	6,4	6,70	6,7	6	8,3	5,5	°F
Silice (SiO2)	7	4,30	5,1	4,1	13	12	mg/l
Calcium dissous	12	12,00	13	14	12	7,2	mg/l
Magnésium dissous	3,4	3,20	3	3,5	2,8	2,2	mg/l
Sodium dissous	15	20,00	21	22	7,9	7,6	mg/l
Potassium dissous	2,5	3,10	3,2	4,2	3,2	2	mg/l
Hydrogénocarbonates HCO3	51	57,00	59	66	37	27	mg/l
Chlorures (Cl)	13	17,00	17	19	11	8,8	mg/l
Sulfates (SO4)	17	17,00	18	22	11	7,2	mg/l
DBO5J (non diluée)(éch.congelé)	< 0,5	< 0,50	< 0,5	< 0,5	0,6	0,8	mgO2/l
ST-DCO	17	16,00	16	14	31	18	mgO2/l
Matières en suspension (MES)	< 2	< 2,00	< 2	< 2	44	10	mg/L
Nitrates (NO3)	4,8	4,90	4,1	6,6	11	6,6	mg/L
Nitrites (NO2)	< 0,01	0,01	< 0,01	0,01	0,03	0,03	mg/L
Ammonium (NH4)	< 0,01	0,02	0,02	0,02	0,05	0,1	mg/L
Azote Kjeldahl (NTK)	< 0,5	< 0,50	0,6	< 0,5	1	0,5	mg/L
Phosphore total (en P)	0,07	0,06	0,07	0,04	0,14	0,06	mg/L
Bore (B)	0,07	0,09	0,06	< 0,05	< 0,05	< 0,05	mg/L
Agents de surface anion. (en lauryl sulfate)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	mg/L
Hydrazine	< 0,2	< 0,20	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	mg/L
Orthophosphates (PO4)	0,12	0,11	0,13	0,04	0,11	0,05	mg/L

METAUX TOTAUX		663,5		434,90		483,4		335,2		4637,5		1540,1	µg/L
Aluminium total (Al)		82		60,00		69		62		1900		550	µg/L
Chrome total (Cr)	<	0,5	<	0,50		0,6	<	0,5		3		1,3	µg/L
Cuivre total (Cu)		1,9		2,00		2,2		1,6		4,7		2,9	µg/L
Fer total (Fe)		540		340,00		370		250		2500		860	µg/L
Manganèse total (Mn)		22		27,00		30		17		100		46	µg/L
Nickel total (Ni)		0,7		0,80		0,7		0,6		2,3		1,1	µg/L
Plomb total (Pb)		0,6		0,40		0,4		0,3		2,5		0,8	µg/L
Titane total (Ti)		2,8		2,20		2,5		2,2		62		22	µg/L
Zinc total (Zn)		13		2,00		8	<	1		13		6	µg/L
Indice hydrocarbure (C10-C40)	<	50	<	50,00	<	50	<	50	<	50	<	50	µg/L
Chloroforme (trichlorométhane)	<	0,15	<	0,15	<	0,15	<	0,15	<	0,15	<	0,15	µg/L
Ethanolamine	<	10	<	10,00	<	10	<	10	<	10	<	10	µg/L
Morpholine	<	50	<	50,00	<	50	<	50	<	50	<	50	µg/L
Coliformes thermotolérants		300		700,00		120		100		1100		800	/100mL
Coliformes totaux		300		1 000,00		160		200				1000	/100mL
Escherichia coli		250		390,00		61		130		2300		680	/100mL
Entérocoques		77		230,00		15		46		980		94	/100mL
Acide dibromoacétique		\		\	<	0,5		\		\	<	0,5	µg/L
Acides haloacétiques totaux		\		\	<	5,5		\		\	<	5	µg/L
Acide monochloroacétique		\		\	<	3		\		\	<	3	µg/L
Acide dichloroacétique		\		\	<	1		\		\	<	1	µg/L
Acide trichloroacétique		\		\	<	1		\		\	<	0,5	µg/L

**Point de prélèvement : pont de St MARTIN la rivière**

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	
Température de l'eau (IN SITU)	10	6	6	11	18	22	°C
pH (IN SITU)	7,2	7,3	7,6	7,6	7,4	7,6	unité pH
Conductivité à 25°C (IN SITU)	165	162	176	119	147	158	µS/cm
Oxygène dissous (IN SITU)	10,5	12,5	12,6	10,9	8,7	8,3	mgO2/L
Saturation en oxygène dissous (IN SITU)	93	99	99	99	91	96	%
Turbidité	5,4	5	4,9	9,9	3,5	2,3	NFU
Titre alcalimétrique complet (TAC)	3,7	3,4	4	3	3,7	4	°F

Carbone organique dissous (COD)		6,1		4,9		4,7		5,2		4,5		5,6	mg/l
Silice (SiO <sub>2</sub> )		14		14		12		12		10		11	mg/l
Calcium dissous		11		11		13		7,5		9,1		12	mg/l
Magnésium dissous		3,4		3		3,7		2,6		2,7		3,3	mg/l
Sodium dissous		14		12		14		7,6		12		13	mg/l
Potassium dissous		2,7		2,2		2,4		1,6		2		2,2	mg/l
Hydrogénocarbonates HCO <sub>3</sub>		45		41		44		37		45		49	mg/l
Chlorures (Cl)		14		14		15		9,3		10		13	mg/l
Sulfates (SO <sub>4</sub> )		15		16		14		9,9		14		9,9	mg/l
DBO <sub>5</sub> J (non diluée)(éch.congelé)	<	0,5	<	0,5	<	0,5	<	0,5		0,5	<	0,5	mgO <sub>2</sub> /l
ST-DCO		21		15		15		19		13		17	mgO <sub>2</sub> /l
Matières en suspension (MES)		5		3		4		11		3,4		2,1	mg/L
Nitrates (NO <sub>3</sub> )		8,4		12		9,1		7,1		6,4		5,8	mg/L
Nitrites (NO <sub>2</sub> )		0,05		0,06		0,08		0,03		0,03		0,02	mg/L
Ammonium (NH <sub>4</sub> )		0,04		0,05		0,03		0,05		0,01		0,02	mg/L
Azote Kjeldahl (NTK)	<	0,5		0,6		0,7		0,6	<	0,5		0,6	mg/L
Phosphore total (en P)		0,06		0,04		0,04		0,06		0,05		0,07	mg/L
Bore (B)	<	0,05		0,05		0,05	<	0,05	<	0,05	<	0,05	mg/L
Agents de surface anion. (en lauryl sulfate)	<	0,05	<	0,05	<	0,05	<	0,05	<	0,05	<	0,05	mg/L
Hydrazine	<	0,2	<	0,2	<	0,2	<	0,2	<	0,2	<	0,2	mg/L
Orthophosphates (PO <sub>4</sub> )		0,13		0,05		0,02		0,05		0,07		0,12	mg/L
Indice hydrocarbure (C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> )	<	50	<	50	<	50	<	50	<	50	<	50	µg/L
Chloroforme (trichlorométhane)	<	0,15	<	0,15	<	0,15	<	0,15	<	0,15	<	0,15	µg/L
Ethanolamine	<	10	<	10	<	10	<	10	<	10	<	10	µg/L
Morpholine	<	50	<	50	<	50	<	50	<	50	<	50	µg/L
Choropyle a		\		\	<	5	<	5	<	5	<	5	µg/L
Phéopigments		\		\	<	5	<	5	<	5	<	5	µg/L
Acide dibromoacétique		\		\	<	0,5		\		\	<	1	µg/L
Acides haloacétiques totaux		\		\	<	4,5		\		\	<	4	µg/L
Acide monochloroacétique		\		\	<	2,5		\		\	<	1	µg/L
Acide dichloroacétique		\		\	<	1		\		\	<	1	µg/L
Acide trichloroacétique		\		\	<	0,5		\		\	<	1	µg/L

	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	
Température de l'eau (IN SITU)	24	20	22	16	12	8	°C
pH (IN SITU)	7,9	7,5	7,6	8,2	7,3	7,7	unité pH
Conductivité à 25°C (IN SITU)	178	204	208	241	127	110	µS/cm
Oxygène dissous (IN SITU)	8,5	7,5	7,9	9,4	10,3	11,4	mgO2/L
Saturation en oxygène dissous (IN SITU)	102	83	90	96	99	99	%
Turbidité	1,8	2,3	1,8	1,4	55	8,6	NFU
Titre alcalimétrique complet (TAC)	4,6	4,9	5,1	5,5	2,3	2,8	°F
Carbone organique dissous (COD)	7,2	5,8	6,5	5,9	8,3	5,8	mg/l
Silice (SiO2)	7,2	4,4	5,1	4,1	13	12	mg/l
Calcium dissous	12	13	13	16	8,5	7,7	mg/l
Magnésium dissous	3,4	3,4	3,1	3,8	2,8	2,3	mg/l
Sodium dissous	14	20	21	22	7,9	7,6	mg/l
Potassium dissous	2,3	3	3,1	4,2	3,1	1,9	mg/l
Hydrogénocarbonates HCO3	56	60	62	67	28	34	mg/l
Chlorures (Cl)	13	17	17	19	10	8,9	mg/l
Sulfates (SO4)	16	17	18	22	9,7	7,3	mg/l
DBO5J (non diluée)(éch.congelé)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,6	< 0,5	mgO2/l
ST-DCO	18	17	16	15	37	18	mgO2/l
Matières en suspension (MES)	< 2	2,5	< 2	< 2	62	9,4	mg/L
Nitrates (NO3)	4,8	5	4,2	6,7	9,3	6,7	mg/L
Nitrites (NO2)	< 0,01	0,01	< 0,01	0,01	0,03	0,03	mg/L
Ammonium (NH4)	< 0,01	0,04	0,02	0,01	0,06	0,1	mg/L
Azote Kjeldahl (NTK)	< 0,5	< 0,5	0,6	< 0,5	1,1	0,5	mg/L
Phosphore total (en P)	0,07	0,06	0,07	0,04	0,16	0,06	mg/L
Bore (B)	0,07	0,09	0,06	0,05	< 0,05	< 0,05	mg/L
Agents de surface anion. (en lauryl sulfate)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	mg/L
Hydrazine	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	mg/L
Orthophosphates (PO4)	0,12	0,11	0,12	0,04	0,09	0,05	mg/L
Indice hydrocarbure (C10-C40)	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	µg/L
Chloroforme (trichlorométhane)	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	µg/L
Ethanolamine	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	µg/L
Morpholine	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	µg/L

Chorophyle a	<	5	<	5	<	5	<	5	\	\	µg/L
Phéopigments	<	5	<	5	<	5	<	5	\	\	µg/L
Acide dibromoacétique	\	\	<	0,5	\	\	<	0,5	\	µg/L	
Acides haloacétiques totaux	\	\	<	5,5	\	\	<	5	\	µg/L	
Acide monochloroacétique	\	\	<	3	\	\	<	3	\	µg/L	
Acide dichloroacétique	\	\	<	1	\	\	<	1	\	µg/L	
Acide trichloroacétique	\	\	<	1	\	\	<	0,5	\	µg/L	

**Point de prélèvement : pont de BONNES**

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	
Température de l'eau (IN SITU)	10	\	7	\	19	\	°C
pH (IN SITU)	7,2	\	7,6	\	7,4	\	unité pH
Conductivité à 25°C (IN SITU)	183	\	193	\	169	\	µS/cm
Oxygène dissous (IN SITU)	10,2	\	12,6	\	8,3	\	mgO2/L
Saturation en oxygène dissous (IN SITU)	90	\	102	\	89	\	%
Chlorures (Cl)	14	\	15	\	10	\	mg/l
Sulfates (SO4)	15	\	13	\	14	\	mg/l
DBO5J (non diluée)(éch.congelé)	< 0,5	\	< 0,5	\	< 0,5	\	mgO2/l
ST-DCO	17	\	14	\	13	\	mgO2/l
Matières en suspension (MES)	3	\	3	\	2	\	mg/L
Nitrates (NO3)	9,5	\	10	\	7,2	\	mg/L
Ammonium (NH4)	0,04	\	0,02	\	< 0,01	\	mg/L
Azote Kjeldahl (NTK)	< 0,5	\	0,6	\	< 0,5	\	mg/L
Phosphore total (en P)	0,07	\	0,03	\	0,05	\	mg/L
Bore (B)	< 0,05	\	0,05	\	< 0,05	\	mg/L
Agents de surface anion. (en lauryl sulfate)	< 0,05	\	< 0,05	\	< 0,05	\	mg/L
Orthophosphates (PO4)	0,09	\	< 0,02	\	0,07	\	mg/L
METAUX TOTAUX	769,6	\	570,2	\	638,9	\	µg/L
Aluminium total (Al)	210	\	160	\	150	\	µg/L
Chrome total (Cr)	0,7	\	1	\	0,7	\	µg/L
Cuivre total (Cu)	2,1	\	1,9	\	1,9	\	µg/L
Fer total (Fe)	510	\	380	\	450	\	µg/L
Manganèse total (Mn)	35	\	18	\	27	\	µg/L

Nickel total (Ni)		0,8	\	1,7	\	0,7	\	µg/L
Plomb total (Pb)		0,6	\	0,4	\	0,5	\	µg/L
Titane total (Ti)		7,4	\	4,2	\	4,1	\	µg/L
Zinc total (Zn)		3	\	3	\	4	\	µg/L
Indice hydrocarbure (C10-C40)	<	50	\	< 50	\	< 50	\	µg/L
Chloroforme (trichlorométhane)	<	0,15	\	< 0,15	\	< 0,15	\	µg/L
Coliformes thermotolérants		300	200	220	\	60	60	/100mL
Coliformes totaux		500	200	400	\	200	800	/100mL
Escherichia coli		230	140	230	\	30	94	/100mL
Entérocoques		61	< 15	61	\	30	30	/100mL
Acide dibromoacétique		\	\	< 0,5	\	\	\	µg/L
Acides haloacétiques totaux		\	\	< 4,5	\	\	\	µg/L
Acide monochloroacétique		\	\	< 2,5	\	\	\	µg/L
Acide dichloroacétique		\	\	< 1	\	\	\	µg/L
Acide trichloroacétique		\	\	< 0,5	\	\	\	µg/L
		<b>Juillet</b>	<b>Août</b>	<b>Septembre</b>	<b>Octobre</b>	<b>Novembre</b>	<b>Décembre</b>	
Température de l'eau (IN SITU)		24	\	21	\	13	\	°C
pH (IN SITU)		7,7	\	7,8	\	7,3	\	unité pH
Conductivité à 25°C (IN SITU)		200	\	249	\	127	\	µS/cm
Oxygène dissous (IN SITU)		8,9	\	8,8	\	10,1	\	mgO2/L
Saturation en oxygène dissous (IN SITU)		105	\	99	\	97	\	%
Chlorures (Cl)		13	\	18	\	10	\	mg/l
Sulfates (SO4)		13	\	18	\	9,7	\	mg/l
DBO5J (non diluée)(éch.congelé)	<	0,5	\	< 0,5	\	0,6	\	mgO2/l
ST-DCO		12	\	12	\	36	\	mgO2/l
Matières en suspension (MES)	<	2	\	2,2	\	55	\	mg/L
Nitrates (NO3)		6,1	\	5,5	\	9,4	\	mg/L
Ammonium (NH4)		0,01	\	0,04	\	0,06	\	mg/L
Azote Kjeldahl (NTK)	<	0,5	\	0,6	\	1,2	\	mg/L
Phosphore total (en P)		0,06	\	0,05	\	0,15	\	mg/L
Bore (B)		0,07	\	0,05	\	< 0,05	\	mg/L
Agents de surface anion. (en lauryl sulfate)	<	0,05	\	< 0,05	\	< 0,05	\	mg/L
Orthophosphates (PO4)		0,08	\	0,08	\	0,08	\	mg/L
METAUX TOTAUX		539,9	\	448,1	\	5759,8	\	µg/L

Aluminium total (Al)		72	\	90	\	2200	\	µg/L
Chrome total (Cr)	<	0,5	\	0,6	\	3,6	\	µg/L
Cuivre total (Cu)		1,7	\	1,9	\	5,3	\	µg/L
Fer total (Fe)		440	\	310	\	3300	\	µg/L
Manganèse total (Mn)		21	\	38	\	150	\	µg/L
Nickel total (Ni)		0,6	\	0,7	\	2,7	\	µg/L
Plomb total (Pb)		0,5	\	0,4	\	3,2	\	µg/L
Titane total (Ti)		2,6	\	3,5	\	79	\	µg/L
Zinc total (Zn)		1	\	3	\	16	\	µg/L
Indice hydrocarbure (C10-C40)	<	50	\	< 50	\	< 50	\	µg/L
Chloroforme (trichlorométhane)	<	0,15	\	< 0,15	\	< 0,15	\	µg/L
Coliformes thermotolérants		100	800	310	50	1700	1600	/100mL
Coliformes totaux		500	900	1100	600		2100	/100mL
Escherichia coli		77	310	93	110	3300	800	/100mL
Entérocoques		77	270	30	< 15	940	190	/100mL
Acide dibromoacétique		\	\	< 0,5	\	\	\	µg/L
Acides haloacétiques totaux		\	\	< 6	\	\	\	µg/L
Acide monochloroacétique		\	\	< 3	\	\	\	µg/L
Acide dichloroacétique		\	\	< 1	\	\	\	µg/L
Acide trichloroacétique		\	\	< 1,5	\	\	\	µg/L

### **Conclusion de la surveillance pérenne :**

Cette étude s'inscrit dans le cadre de la surveillance chimique et hydro-écologique (physicochimique et hydrobiologique) réglementaire du CNPE de Civaux, répondant aux prescriptions de l'Autorité de Sécurité Nucléaire (décision n°2009-DC-0138 modifiée), en vue de mettre en évidence toute influence particulière du site sur la Vienne. Ce programme a évolué depuis juillet 2016, en intégrant les exigences DCE de l'arrêté du 25 janvier 2010 modifié<sup>3</sup>, conformément à la Décision ASN n°2013-DC-0360 modifiée.

Ce document présente les résultats de cette surveillance obtenus par le groupement AQUASCOP – IANESCO au cours de l'année 2023, et plus particulièrement :

- **Surveillance chimique** au niveau de trois stations de mesure (Mazerolles, Cubord et Valdivienne), et de manière plus allégée à la station de Bonnes. Cette surveillance concerne trente paramètres :
  - Métaux (Al, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Ti, Zn) et métalloïde (Bore) : Les métaux sont dosés mensuellement à Mazerolles et à Cubord et à fréquence bimestrielle à Bonnes, sur eau brute et filtrée. Le bore (eau filtrée) est suivi mensuellement à Mazerolles, Cubord et Valdivienne. Des dosages de métaux dans les bryophytes sont également réalisés à Mazerolles et Cubord (analyses semestrielles) ;
  - Acides mono, dichloro et trichloroacétique : suivi semestriel (Bonnes) ou trimestriel (trois autres stations) ;

<sup>3</sup> Arrêté du 9 octobre 2023 modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement.

- Agents de surface anioniques (détergents) : suivi mensuel, sauf Bonnes (bimestriel) ;
  - Indice hydrocarbure et chloroforme : suivi mensuel, sauf Bonnes (bimestriel) ;
  - Morpholine, hydrazine et éthanolamine, dosées mensuellement dans l'eau au niveau de trois stations (Mazerolles, Cubord et Valdivienne).
- **Surveillance hydro-écologique** au niveau de quatre stations de mesures (Mazerolles, Cubord, Valdivienne et Bonnes) :
    - **Suivi mensuel des principaux paramètres physico-chimiques** (vingt-six paramètres) utilisés pour évaluer la qualité des eaux de surface ; stations de Mazerolles, Cubord et Valdivienne. Un suivi physicochimique restreint (quinze paramètres seulement ; fréquence bimestrielle) est réalisé à la station de Bonnes ;
    - **Suivi des peuplements planctoniques et benthiques** (Phytoplancton et pigments chlorophylliens, zooplancton, diatomées, macro-invertébrés). Ce suivi, à fréquence variable selon le groupe biologique concerné, est réalisé aux stations amont (Mazerolles) et aval éloigné (Valdivienne). Pour **la végétation aquatique**, en plus de la station amont, une autre station est expertisée : l'Île de Traineau / Cubord (station aval proche) ;
    - **Suivi bactériologique** (fréquence mensuelle) au niveau des stations de Mazerolles, de Cubord et de Bonnes.

Ce suivi 2023 s'est inscrit dans un **contexte climatique plus chaud que les années de référence (1991 – 2020) et un contexte pluviométrique légèrement excédentaire, avec une inégalité de précipitations** (déficitaire en février, avril-mai puis en juillet-septembre et décembre ; fortement excédentaire les autres mois).

L'hydrologie **annuelle est ainsi marquée par un net déficit des écoulements**, malgré un bilan annuel globalement excédentaire. Ce déficit est perceptible dès le début de l'année (janvier et encore plus février), puis la fin de l'hiver est marquée par une augmentation des écoulements (bilan mensuel légèrement supérieur au débit caractéristique de la période 1985-2024). Une baisse rapide des débits est observée en avril et se prolonge jusqu'à la fin juin. Les écoulements sont nettement déficitaires au printemps, même si l'on note des épisodes ponctuels d'augmentation des débits (mi-avril, mi-mai, fin juin). Les conditions d'étiage s'installent ensuite début juillet et perdurent jusqu'à la fin d'octobre. La fin de l'automne et le début de l'hiver se caractérisent par un très net excédant hydrologique, atteignant en novembre + 277 % par rapport aux débits caractéristiques de la période 1985-2023. Les écoulements sont également très forts en décembre (+ 136 %).

**Les éléments physicochimiques** suivis en amont et en aval du CNPE de Civaux sont globalement similaires. Si quelques disparités sont observées pour certains paramètres (certains éléments azotés ou encore la charge en éléments minéraux par exemple), les valeurs médianes obtenues pour ces derniers sont assez voisines. En termes d'état physicochimique, aucune différence n'est observée entre l'amont (Mazerolles) et l'aval immédiat du CNPE (Cubord), avec un bon état évalué à partir des paramètres physicochimiques généraux pour l'année 2023. A noter un état physicochimique moyen en aval éloigné (Valdivienne) en lien avec une charge en carbone organique un peu élevée.

Ces différences ne semblent pas liées au fonctionnement du CNPE, mais plutôt aux variables environnementales et structurelles des sites de prélèvement (morphologie, végétalisation, hydrologie, activités anthropiques, etc...).

**Sur l'ensemble des trente paramètres chimiques** contrôlés, onze éléments (non-métalliques) ne sont pas quantifiés ni en amont ni en aval du CNPE, comme lors des précédents suivis. L'analyse spatiotemporelle des dix-neuf éléments métalliques quantifiés affiche peu de disparités interstationnelles entre l'amont et l'aval proche du CNPE de Civaux. De plus, la variabilité temporelle des métaux semble principalement influencée par l'hydrologie de la Vienne.

Les résultats relatifs à **la qualité microbiologique** des eaux de la Vienne indiquent un niveau de contamination bactériologique évoluant en lien avec les événements hydrologiques, ainsi que d'autres apports potentiels non dépendants de l'hydrologie et non identifiés. Les contaminations par les bactéries sont donc ponctuelles en 2023 ; une très forte pollution fécale est par ailleurs détectée en mai dès l'amont du CNPE jusqu'en aval immédiat. **La surveillance bactériologique permet de conclure à l'absence de différences notables entre l'amont et l'aval proche du CNPE pour cette année de suivi.**

De même, l'analyse des métaux sur des bryophytes récoltées en amont et à l'aval du CNPE de Civaux lors d'une seule campagne (au lieu de deux) montre des concentrations compatibles avec une très bonne qualité de l'eau (SEQ-Eau ; paramètres Chrome, Cuivre, Nickel, Plomb et Zinc).

**Ainsi, le suivi physicochimique et la surveillance chimique de l'année 2023 n'ont relevé aucune différence notable entre l'aval et l'amont attribuable au fonctionnement du CNPE de Civaux.**

Les teneurs en pigments chlorophylliens sont en général inférieures à la limite de quantification analytique. Les mesures quantifiées en 2023 ne révèlent pas de manifestation d'eutrophisation, notamment en période estivale, avec des valeurs toujours inférieures à la limite de quantification de 5 µg/l. Les concentrations en pigments chlorophylliens peuvent être considérées comme identiques aux stations amont et aval éloigné, **la différence observée ne suffisant pas à retenir une quelconque influence du CNPE sur ce paramètre biologique.**

Les méthodologies mises en œuvre pour le suivi du phytoplancton se réfèrent au « *Protocole standardisé d'échantillonnage et de conservation du phytoplancton en grands cours d'eau applicable aux réseaux de mesure DCE* » (Cemagref, version 2) et respectent les normes d'échantillonnage du phytoplancton (XP T90-719) et de dénombrement (NF EN 15204).

Le peuplement phytoplanctonique de la Vienne au niveau du CNPE de Civaux est bien diversifié, mais peu productif. La grande majorité des taxons inventoriés (principalement des *Bacillariophyta* et des *Chlorophyta*) est commune aux grands cours d'eau et à ce secteur de la Vienne.

Les différentes métriques analysées (densité cellulaire, biomasse algale, richesse taxonomique et composition du peuplement) s'avèrent très similaires entre les deux stations du suivi, permettant de conclure **à l'absence d'influence du fonctionnement du CNPE de Civaux sur cette communauté biologique.**

Les peuplements de zooplancton présentent des densités considérées faibles aux deux stations du suivi, en lien avec la faible production primaire de ce secteur de la Vienne. Cette faible abondance du zooplancton est par ailleurs conforme aux données issues des années antérieures.

Le groupe des Rotifera domine l'ensemble des peuplements. Il s'agit en majorité d'espèces communes à ce secteur de la Vienne.

L'expertise révèle l'absence de différence significative entre les deux peuplements zooplanctoniques tant sur le plan quantitatif que qualitatif. **Les résultats de l'expertise du zooplancton permettent de conclure à la similarité biologique des stations de Mazerolles (station amont) et de Valdivienne (station aval éloigné), et ne mettent pas en évidence d'influence du fonctionnement du CNPE de Civaux sur ce compartiment biologique.**

Les diatomées benthiques ont fait l'objet d'expertises printanière (juin) et automnale (octobre), en deux points du suivi du CNPE de Civaux : station amont (Mazerolles) et station aval éloigné (Valdivienne). La méthode normalisée (NF T90-354 – indice IBD ou Indice Biologique Diatomées) a été appliquée.

Les peuplements de diatomées échantillonnés présentent un nombre modéré d'espèces. Les mêmes espèces dominent les cortèges des deux stations au cours de l'année. Ces communautés algales témoignent d'une bonne oxygénation de l'eau, d'une faible charge organique et de faibles teneurs en azote organique dans le milieu, en accord avec les résultats du suivi physicochimique.

Les indices diatomiques caractérisent un bon état biologique à la station amont et un état biologique moyen (octobre) à bon (juin) à la station aval éloigné. Cette différence notée à la campagne automnale ne semble pas significative puisque les indices des deux stations sont très proches de la limite inférieure du bon état.

**Ainsi, l'expertise des communautés diatomiques ne révèle aucune influence du fonctionnement du CNPE de Civaux sur la qualité du milieu.**

**La végétation aquatique** de la Vienne est expertisée sur la base de deux campagnes d'échantillonnage réalisées en juin et en octobre aux stations amont (Mazerolles) et aval proche (Cubord – Ile de Traineau). La méthode normalisée dite de « Indice Biologique Macrophytique en Rivière » (IBMR – NF T90-395) est mise en œuvre.

La bio-indication fournie en 2023 par la végétation aquatique révèle un niveau trophique élevé aux deux stations du suivi. Les comparaisons interstationnelles témoignent de compositions floristiques relativement similaires.

L'espèce exotique envahissante *Egeria densa* semble continuer son expansion déjà observée depuis quelques années et perturbe les communautés autochtones.

**L'expertise de la végétation aquatique permet de conclure à l'absence d'influence du CNPE de Civaux sur la végétation aquatique de la Vienne.**

L'expertise des peuplements de **macro-invertébrés benthiques** met en œuvre le protocole MGCE (Macro-invertébrés Grands Cours d'eau) qui s'appuie sur les normes XP T90-337 (phase d'échantillonnage) et NF T90-388 (analyses au laboratoire). Les quatre campagnes d'échantillonnage ont été planifiées en avril, en juin, en août et en octobre.

Le suivi des macro-invertébrés benthiques de la Vienne dans le secteur du CNPE de Civaux révèlent des peuplements relativement proches aux deux stations du suivi. Ceux-ci sont plutôt diversifiés et pointent généralement une qualité d'eau modérée.

Cette diminution de la qualité de l'eau, dès l'amont du CNPE de Civaux, semble imputable aux conditions hydrologiques sévères constatées depuis plusieurs années, qui provoquent le colmatage des substrats par sédimentation des particules fines et qui semblent également bénéfiques au développement de l'Egérie dense, qui colonise de plus en plus les deux stations du suivi.

Lors du suivi 2023, la qualité biologique de la Vienne apparaît bonne (avril, août et octobre) à très bonne (juin) de part et d'autre du CNPE de Civaux. Par ailleurs, selon l'arrêté de 3 octobre 2023 qui modifie celui du 25 janvier 2010, ce secteur de la Vienne conserve un bon état biologique pour l'élément de qualité « invertébré ».

**Ce suivi valide donc l'absence d'influence du fonctionnement du CNPE de Civaux sur les communautés d'invertébrés benthiques de la Vienne.**

**En conclusion l'ensemble des résultats de la surveillance chimique et hydro-écologique mise en œuvre en 2023 permet de conclure à l'absence d'influence du CNPE de Civaux sur le fonctionnement écologique de la Vienne.**

## V. Acoustique environnementale

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

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

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

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

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

Au second semestre 2020, des mesures acoustiques ont été menées au CNPE de Civaux et dans son environnement proche pour actualiser les données d'entrée. Ces mesures de longue durée, effectuées avec les meilleures techniques disponibles, ont permis de prendre en compte l'influence des conditions météorologiques.

Les valeurs d'émergence obtenues aux points situés en Zone à Émergence Réglementée du site de Civaux sont statistiquement conformes vis-à-vis de l'article 4.3.5 de l'arrêté INB du 7 février 2012. Les contributions des sources industrielles calculées en limite d'établissement sont inférieures à 60 dBA et les points de ZER associés présentent des valeurs d'émergences statistiquement conformes.

En cohérence avec l'approche « nuisance » proposée par EDF pour les points situés en Zone à Émergence Réglementée, les niveaux sonores mesurés en limite d'établissement du site de Civaux permettent d'atteindre les objectifs fixés par l'article 4.3.5 de l'arrêté INB du 7 février 2012.

Une surveillance des niveaux de radioactivité est effectuée dans l'environnement du CNPE de Civaux 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 SUBATECH, présenté en annexe.

L'IRSN produit également un bilan radiologique de l'environnement français disponible au lien suivant :

[https://www.irsn.fr/FR/expertise/rapports\\_expertise/Documents/environnement/IRSN-ENV\\_Bilan-Radiologique-France-2018-2020.pdf](https://www.irsn.fr/FR/expertise/rapports_expertise/Documents/environnement/IRSN-ENV_Bilan-Radiologique-France-2018-2020.pdf)

À partir des activités annuelles rejetées par radionucléide, une dose efficace<sup>4</sup> est calculée en tenant compte des mécanismes de transfert de l'environnement jusqu'à l'homme. Cette dose permet de « mesurer » le niveau d'exposition attribuable aux rejets d'effluents radioactifs liquides et atmosphériques d'une installation et de le positionner par rapport à la limite réglementaire pour l'exposition de la population aux rayonnements ionisants conformément à l'article R1333-11 du Code de la Santé Publique.

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

Les principales hypothèses retenues sont les suivantes :

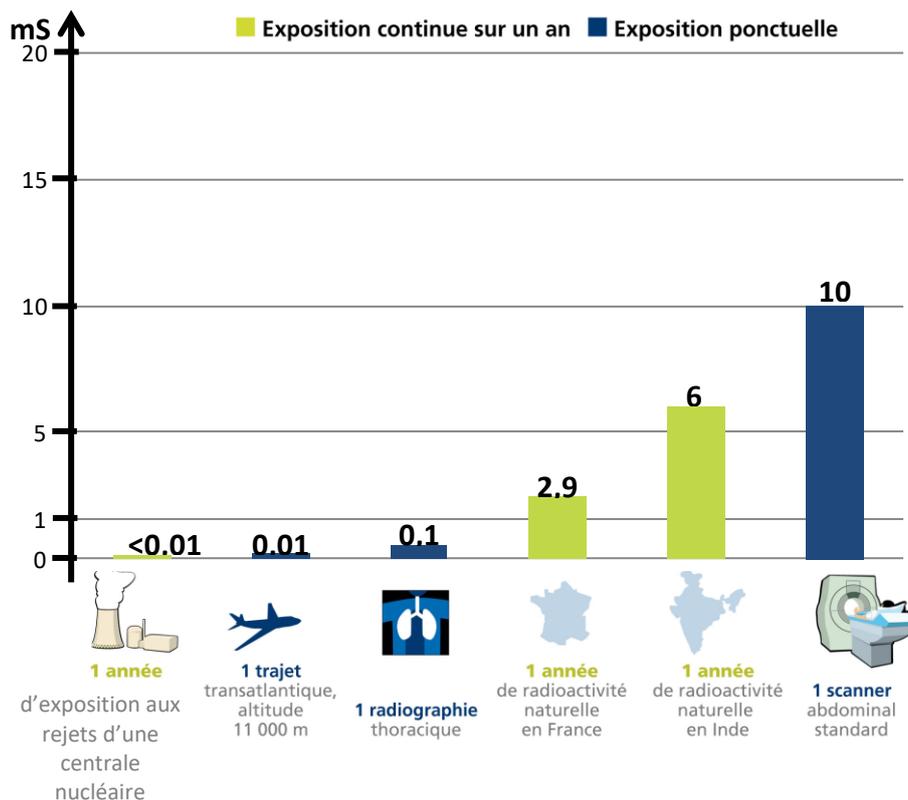
- les habitants consomment pour partie des aliments produits dans l'environnement proche du CNPE ;
- ils vivent toute l'année à proximité de leur lieu d'habitation (non prise en compte de leurs périodes d'absence pour le travail, les vacances...);
- l'eau captée à l'aval des installations est considérée comme provenant de captages d'eaux superficielles, même s'il s'agit de captages en nappes d'eaux souterraines, ce qui revient à considérer que le milieu aquatique à l'aval du CNPE est toujours influencé par les rejets d'effluents liquides de l'installation ;
- on considère que l'eau de boisson n'a subi aucun traitement de potabilisation (autre que la filtration), et donc qu'aucune rétention de radionucléides n'a été effectuée lors de procédés de traitement ;
- la pêche de poissons dans les fleuves à l'aval des CNPE est supposée systématique, sans exclure les zones de pêche interdite.

Les principaux facteurs d'incertitudes dans le calcul de dose sont associés essentiellement à quelques données et paramètres difficiles à acquérir sur le terrain, tels que certaines caractéristiques de l'environnement et comportements précis des populations riveraines (les rations alimentaires par exemple).

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

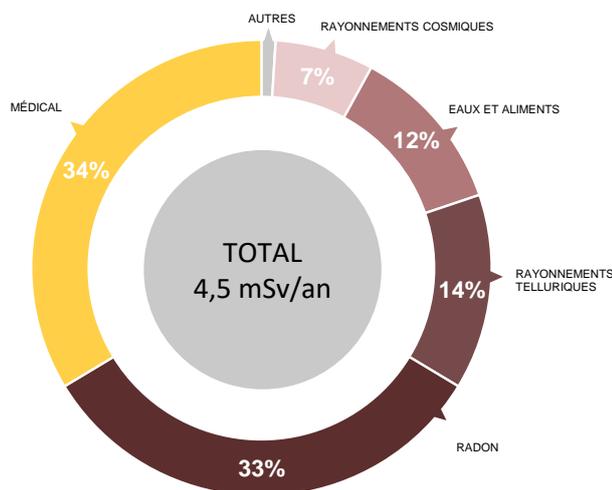
---

<sup>4</sup> 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 ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ...) 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** ».



**Figure 2 : 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 3 : 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 2023 effectués par le CNPE de Civaux, 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	3,4E-07	2,9E-06	3,2E-06
Rejets d'effluents liquides	1,2E-06	3,4E-04	3,4E-04
<b>Total</b>	<b>1,5E-06</b>	<b>3,5E-04</b>	<b>3,5E-04</b>

ENFANT DE 10 ANS	Exposition externe (mSv)	Exposition interne (mSv)	Total (mSv)
Rejets d'effluents à l'atmosphère	3,0E-07	2,4E-06	2,7E-06
Rejets d'effluents liquides	s.o.	3,5E-04	3,5E-04
<b>Total</b>	<b>3,0E-07</b>	<b>3,5E-04</b>	<b>3,5E-04</b>

ENFANT DE 1 AN	Exposition externe (mSv)	Exposition interne (mSv)	Total (mSv)
Rejets d'effluents à l'atmosphère	2,7E-07	3,1E-06	3,4E-06
Rejets liquides	s.o.	6,3E-04	6,3E-04
<b>Total</b>	<b>2,7E-07</b>	<b>6,3E-04</b>	<b>6,3E-04</b>

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 2023 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.

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

### I. Les déchets radioactifs

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

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

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

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

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

#### 1. Les catégories de déchets radioactifs

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

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

Ces déchets proviennent essentiellement :

- des systèmes de filtration (épuration du circuit primaire : filtres, résines, concentrats, boues...)

- des opérations de maintenance sur matériels : pompes, vannes...
- des opérations d'entretien divers : vinyles, tissus, gants...
- de certains travaux de déconstruction des centrales mises à l'arrêt définitif (gravats, pièces métalliques...).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## 2. Le transport des déchets

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

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

### DE LA CENTRALE AUX CENTRES DE TRAITEMENT ET DE STOCKAGE

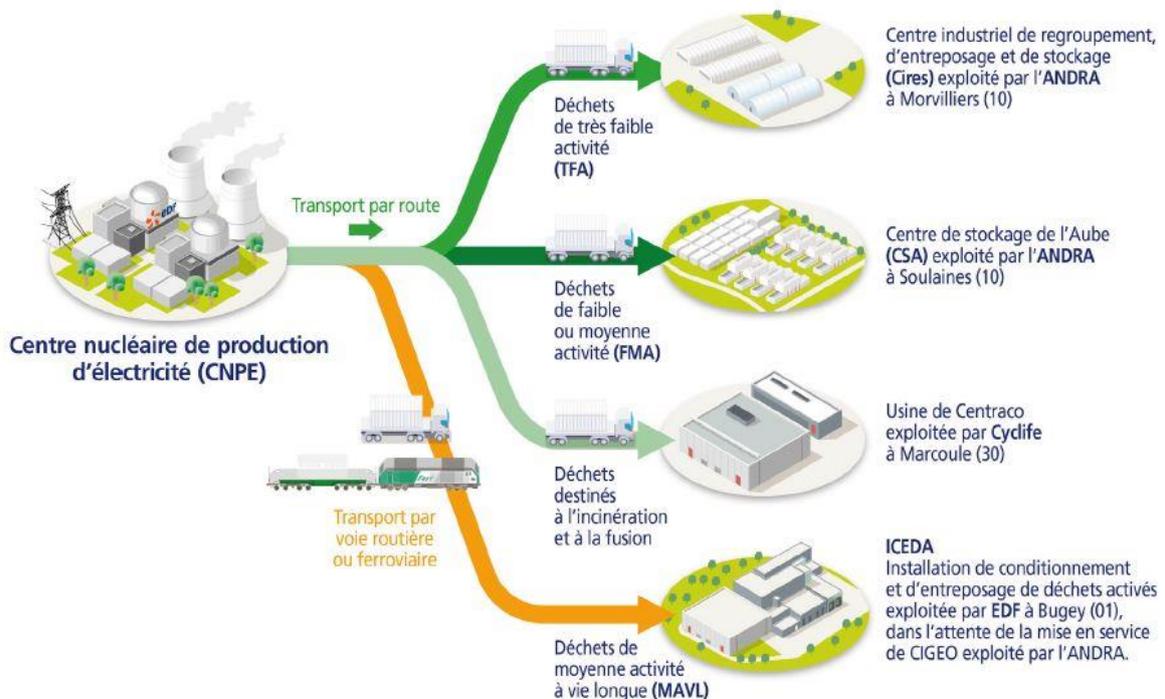


Figure 4 : Transport des déchets radioactifs (Source : EDF)

### 3. Les quantités de déchets entreposées au 31/12/2023

Le tableau suivant présente les quantités de déchets en attente de conditionnement au 31 décembre 2023 pour les 2 réacteurs en fonctionnement du CNPE de CIVAUX.

Catégorie déchet	Quantité entreposée au 31/12/2023	Commentaires
TFA	87 tonnes	En conteneur sur l'aire TFA
FMAVC (Liquides)	8 tonnes	Effluents de lessivage chimique, huiles, solvants...
FMAVC (Solides)	145 tonnes	Localisation Bâtiment des Auxiliaires Nucléaires (BAN) et Bâtiment de Traitement des Effluents (BTE)
FAVL	0 tonne	
MAVL	100 objets	Concerne les grappes et les étuis dans les piscines de désactivation (déchets technologiques, galette inox, bloc béton et chemise graphite)

Le tableau suivant présente les quantités de déchets conditionnés en attente d'expédition au 31 décembre 2023 pour les 2 réacteurs en fonctionnement du CNPE de CIVAUX.

Catégorie déchet	Quantité entreposée au 31/12/2023	Type d'emballage
TFA	58 colis	Tous types d'emballages confondus
FMAVC	17 colis	Coques béton
FMAVC	232 colis	Fûts (métalliques, PEHD)
FMAVC	8 colis	Autres (caissons, pièces massives...)

Le tableau suivant présente le nombre de colis évacués et les sites d'entreposage en 2023 pour les 2 réacteurs en fonctionnement du CNPE de CIVAUX.

Site destinataire	Nombre de colis évacués
Cires à Morvilliers	36
CSA à Soulaines	588
Centraco à Marcoule	1480
ICEDA au Bugey	0

En 2023, 2104 colis ont été évacués vers les différents sites de traitement ou de stockage appropriés (Centraco et Andra).

## II. Les déchets non radioactifs

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

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

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

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

Le tableau ci-dessous présente les quantités de déchets conventionnels produites en 2023 par les INB d'EDF.

Quantités 2023 en tonnes	Déchets dangereux		Déchets non dangereux non inertes		Déchets inertes		Total	
	Produits	Valorisés	Produits	Valorisés	Produits	Valorisés	Produits	Valorisés
Sites en exploitation	12 413	10 648	47 494	38 151	94 495	91 502	154 402	140 301
Sites en déconstruction	109	39	2 010	1 978	938	938	3 057	2 954

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

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

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

- la création en 2006 du Groupe Déchets Economie Circulaire, chargé d'animer la gestion des déchets conventionnels pour l'ensemble des entités d'EDF. Ce groupe, qui s'inscrit dans le cadre du Système de Management Environnemental certifié ISO14001 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 2023, les 2 unités de production du CNPE de CIVAUX ont produit 4942 tonnes de déchets conventionnels : 98,7 % 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

Suivi radioécologique de l'environnement des C.N.P.E. du bassin de la Loire – Année 2022  
Rapport SUB/RE/RC/22-L



Suivi radioécologique de l'environnement  
proche des Centres Nucléaires  
de Production d'Electricité

- Année 2022 -

Bassin de la Loire

Belleville-sur-Loire

Dampierre-en-Burly

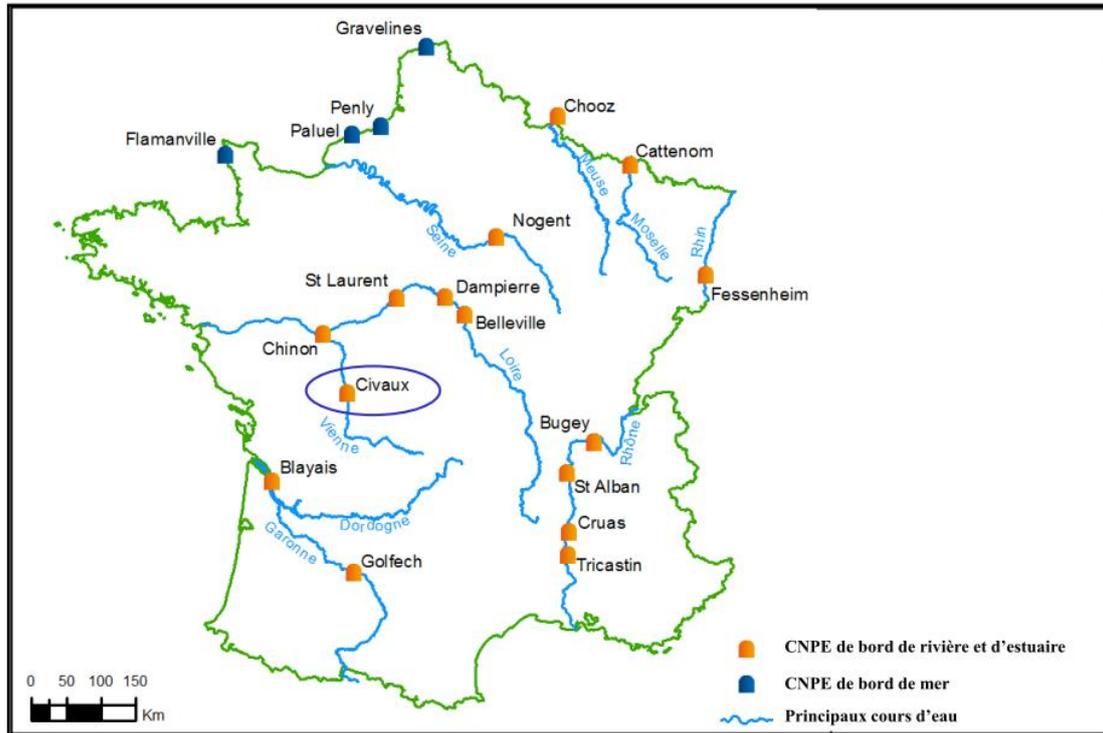
Saint-Laurent-des-Eaux

Chinon-Avoine

**Civaux**



## C.N.P.E. de Civaux



Source : EDF/DIPDE.



<b>Résumé</b>	<b>253</b>
<b>9. Etat radiologique de l'environnement du C.N.P.E. de Civaux</b>	<b>254</b>
<i>9.1 Généralités et chronologie des études radioécologiques</i>	<i>254</i>
<i>9.2. Etat radiologique de l'environnement terrestre</i>	<i>256</i>
<i>9.2.</i>	<i>256</i>
9.2.1. Stratégie d'échantillonnage	256
9.2.2. Résultats et interprétation	259
9.2.2.1. Radionucléides émetteurs gamma	259
9.2.2.2. Radionucléides émetteurs bêta	261
<i>9.3. Etat radiologique de l'environnement aquatique</i>	<i>264</i>
<i>9.3.</i>	<i>264</i>
9.3.1. Stratégie d'échantillonnage	264
9.3.2. Résultats et interprétation	267
9.3.2.1. Radionucléides émetteurs gamma	267
9.3.2.2. Radionucléides émetteurs bêta	272

## LISTE DES FIGURES

Figure 9-1. Chronologie des principales études radioécologiques conduites dans l'environnement du C.N.P.E. de Civaux. ....	255
Figure 9-2. Stations et natures des prélèvements du milieu terrestre pour le suivi radioécologique 2022 du C.N.P.E. de Civaux. ....	258
Figure 9-3. Gammes de variation (*) des activités des principaux radionucléides d'origine artificielle détectés par spectrométrie $\gamma$ dans les échantillons prélevés dans le milieu terrestre de l'environnement du C.N.P.E. de Civaux lors des études menées depuis l'état de référence, de 1991/1997, au suivi radioécologique de 2022. ....	260
Figure 9-4. Activités en tritium libre dans les échantillons prélevés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux de 2013 à 2022. Les lignes rouges représentent la valeur et la gamme de référence du bruit de fond ambiant hors influence industrielle ( $0,5-2,0 \text{ Bq.L}^{-1}$ ) [3,5]. ....	261
Figure 9-5. Activités en tritium organiquement lié dans les échantillons prélevés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux de 2013 à 2022. Les lignes rouges représentent la valeur et la gamme de référence du bruit de fond ambiant hors influence industrielle ( $0,63$ à $3,0 \text{ Bq.L}^{-1}$ d'eau de combustion en 2013 et $0,34$ à $1,7 \text{ Bq.L}^{-1}$ d'eau de combustion en 2022) [3,5]. ....	262
Figure 9-6. Activités spécifiques en $^{14}\text{C}$ mesurés dans les échantillons prélevés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux de 2013 à 2022. Les lignes rouges représentent la valeur et la gamme de référence du bruit de fond ambiant hors influence industrielle ( $232\pm 7 \text{ Bq/kg}$ de C en 2013 à $222\pm 7 \text{ Bq/kg}$ de C en 2022) [3,5]. Les valeurs ont été mesurées par le Centre de Datation par le RadioCarbone (CDRC) et le Labrador (IPNL). ....	263
Figure 9-7. Stations et natures des prélèvements du milieu aquatique pour le suivi radioécologique 2022 du C.N.P.E. de Civaux. ....	266
Figure 9-8. Gammes de variation (*) des activités des principaux radionucléides d'origine artificielle détectés par spectrométrie $\gamma$ dans les sédiments prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux lors des études menées depuis l'état de référence en 1991/1992 et son actualisation en 1996/1997 au suivi radioécologique de 2022. ....	268
Figure 9-9. Gammes de variation (*) des activités des principaux radionucléides d'origine artificielle détectés par spectrométrie $\gamma$ dans les phanérogames (toutes fractions confondues) prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux lors des études menées depuis l'état de référence en 1991/1992 et son actualisation en 1996/1997 au suivi radioécologique de 2022. ....	269
Figure 9-10. Gammes de variation (*) des activités des principaux radionucléides d'origine artificielle détectés par spectrométrie $\gamma$ dans les mousses aquatiques prélevées dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux lors des études menées depuis l'état de référence en 1991/1992 et son actualisation en 1996/1997 au suivi radioécologique de 2021 (Pas de prélèvement de mousse aquatique en 2022). ....	270
Figure 9-11. Gammes de variation (*) des activités des principaux radionucléides d'origine artificielle détectés par spectrométrie $\gamma$ dans les poissons prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux lors des études menées depuis l'état de référence en 1991/1992 et son actualisation en 1996/1997 au suivi radioécologique de 2022. ....	271
Figure 9-12. Activités en tritium libre dans les échantillons prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux de 2013 à 2022. ....	272
Figure 9-13. Activités en tritium organiquement lié dans les échantillons prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux de 2013 à 2022. ....	273
Figure 9-14. Activités spécifiques en $^{14}\text{C}$ mesurés dans les poissons prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux de 2013 à 2022. ....	274

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 9-1. Identification des échantillons prélevés dans le milieu terrestre de l'environnement du C.N.P.E. de Civaux lors du suivi radioécologique de 2022. ....	257
Tableau 9-2. Identification des échantillons prélevés dans le milieu aquatique de l'environnement du C.N.P.E. de Civaux lors du suivi radioécologique de 2022. ....	265
Tableau 9-3. Activités des principaux radionucléides émetteurs $\gamma$ dans les sols prélevés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux de 2013 à 2022 (Bq.kg <sup>-1</sup> sec). ....	276
Tableau 9-4. Activités des principaux radionucléides émetteurs $\gamma$ dans les mousses prélevées dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux de 2013 à 2022 (Bq.kg <sup>-1</sup> sec). ....	277
Tableau 9-5. Activités des principaux radionucléides émetteurs $\gamma$ , du <sup>14</sup> C, du <sup>3</sup> H libre et du <sup>3</sup> H organiquement lié dans les salades/choux prélevés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux de 2013 à 2022 (spectrométrie $\gamma$ : Bq.kg <sup>-1</sup> sec ; <sup>14</sup> C : Bq.kg <sup>-1</sup> de carbone ; <sup>3</sup> H : Bq.L <sup>-1</sup> ). ....	278
Tableau 9-6. Activités des principaux radionucléides émetteurs $\gamma$ , du <sup>14</sup> C, du <sup>3</sup> H libre et du <sup>3</sup> H organiquement lié dans les herbes prélevées dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux de 2013 à 2022 (spectrométrie $\gamma$ : Bq.kg <sup>-1</sup> sec ; <sup>14</sup> C : Bq.kg <sup>-1</sup> de carbone ; <sup>3</sup> H : Bq.L <sup>-1</sup> ). ....	279
Tableau 9-7. Activités du <sup>14</sup> C, du <sup>3</sup> H libre et du <sup>3</sup> H organiquement lié dans les herbes trimestrielles prélevées dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux de 2015 à 2022 (Bq.kg <sup>-1</sup> de carbone).....	280
Tableau 9-8. Activités des principaux radionucléides émetteurs $\gamma$ , du <sup>14</sup> C, du <sup>3</sup> H libre et du <sup>3</sup> H organiquement lié dans les laits prélevés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux de 2013 à 2022 (spectrométrie $\gamma$ : Bq.kg <sup>-1</sup> sec ; <sup>14</sup> C : Bq.kg <sup>-1</sup> de carbone ; <sup>3</sup> H : Bq.L <sup>-1</sup> ). ....	281
Tableau 9-9. Activités du <sup>14</sup> C dans les échantillons trimestriels de laits prélevés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux de 2015 à 2016 (Bq.kg <sup>-1</sup> de carbone). ....	282
Tableau 9-10. Activités des radionucléides émetteurs $\gamma$ d'origine naturelle des échantillons prélevés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux lors du suivi radioécologique de 2022. ....	283
Tableau 9-11. Activités des radionucléides émetteurs $\gamma$ d'origine artificielle des échantillons prélevés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux lors du suivi radioécologique de 2022. ....	284
Tableau 9-12. Teneurs en iode stable des échantillons prélevés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux lors du suivi radioécologique de 2022. ....	285
Tableau 9-13. Activités du tritium libre des échantillons prélevés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux lors du suivi radioécologique de 2022. ....	285
Tableau 9-14. Activités du tritium organiquement lié des échantillons prélevés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux lors du suivi radioécologique de 2022. ....	285
Tableau 9-15. Activités du <sup>14</sup> C des échantillons prélevés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux lors du suivi radioécologique de 2022. ....	286
Tableau 9-16. Granulométrie et teneur en matières organiques des échantillons de sols prélevés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux lors du suivi radioécologique de 2022. ....	286

Tableau 9-17. Activités du <sup>3</sup> H libre dans les eaux prélevées dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux de 2013 à 2022 ( Bq.L <sup>-1</sup> ). .....	287
Tableau 9-18. Activités des principaux radionucléides émetteurs $\gamma$ , du <sup>14</sup> C, du <sup>3</sup> H libre et du <sup>3</sup> H organiquement lié dans les sédiments prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux de 2013 à 2022 (spectrométrie $\gamma$ : Bq.kg <sup>-1</sup> sec ; <sup>14</sup> C : Bq.kg <sup>-1</sup> de C ; <sup>3</sup> H : Bq.L <sup>-1</sup> ). .....	288
Tableau 9-19. Activités des principaux radionucléides émetteurs $\gamma$ , du <sup>14</sup> C, du <sup>3</sup> H libre et du <sup>3</sup> H organiquement lié dans les phanérogames prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux de 2013 à 2022 (spectrométrie $\gamma$ : Bq.kg <sup>-1</sup> sec ; <sup>14</sup> C : Bq.kg <sup>-1</sup> de C ; <sup>3</sup> H : Bq.L <sup>-1</sup> ). .....	289
Tableau 9-20. Activités des principaux radionucléides émetteurs $\gamma$ dans les mousses aquatiques prélevées dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux de 2013 à 2021 (Bq.kg <sup>-1</sup> sec – pas de prélèvement de mousse aquatique en 2022 ). .....	290
Tableau 9-21. Activités des principaux radionucléides émetteurs $\gamma$ , du <sup>14</sup> C, du <sup>3</sup> H libre et du <sup>3</sup> H organiquement lié dans les poissons prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux de 2013 à 2022 (spectrométrie $\gamma$ : Bq.kg <sup>-1</sup> frais ; <sup>14</sup> C : Bq.kg <sup>-1</sup> de carbone ; <sup>3</sup> H : Bq.L <sup>-1</sup> ). .....	291
Tableau 9-22. Activités des radionucléides émetteurs $\gamma$ d'origine naturelle des échantillons prélevés dans l'environnement aquatique du site de Civaux lors du suivi radioécologique de 2022. ....	292
Tableau 9-23. Activités des radionucléides émetteurs $\gamma$ d'origine artificielle des échantillons prélevés dans l'environnement aquatique du site de Civaux lors du suivi radioécologique de 2022. ....	293
Tableau 9-24. Teneurs en iode stable dans les échantillons prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux lors du suivi radioécologique de 2022. ....	294
Tableau 9-25. Activités du tritium libre dans les échantillons prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux lors du suivi radioécologique de 2022. ....	294
Tableau 9-26. Activités du tritium organiquement lié dans les échantillons prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux lors du suivi radioécologique de 2022. ....	295
Tableau 9-27. Activités du <sup>14</sup> C dans les échantillons prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux lors du suivi radioécologique de 2022. ....	295
Tableau 9-28. Activités du <sup>63</sup> Ni dans les échantillons prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux lors du suivi radioécologique de 2022. ....	296
Tableau 9-29. Activités du <sup>55</sup> Fe dans les échantillons prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux lors du suivi radioécologique de 2022. ....	296
Tableau 9-30. Granulométrie et teneur en matières organiques des échantillons de sédiments prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux lors du suivi radioécologique de 2022. ....	297

## Résumé

L'objectif du suivi radioécologique du C.N.P.E. de Civaux est de déterminer précisément dans quelle mesure l'exploitation de l'installation contribue à l'apport de radionucléides artificiels dans les principales matrices du milieu récepteur. Il s'agit, d'une part, de déterminer et de suivre l'influence spatiale et temporelle du fonctionnement normal du C.N.P.E. en déterminant les variations de radioactivité en termes de qualité (radionucléides détectés) et de quantité (niveaux d'activité) dans l'environnement de l'installation et, d'autre part, de distinguer l'apport éventuel de radionucléides par le C.N.P.E. des autres sources possibles de radionucléides, qu'elles soient d'origine naturelle ou liées aux autres apports exogènes (essais aériens nucléaires, accidents de Tchernobyl et de Fukushima, rejets de centres hospitaliers...).

Le suivi radioécologique établi en 2022 montre que le niveau de radioactivité naturelle demeure similaire à celui mesuré avant la mise en fonctionnement de l'installation de Civaux.

Dans **le milieu terrestre**, la radioactivité d'origine artificielle est liée à la présence du  $^{137}\text{Cs}$ . Le  $^{137}\text{Cs}$  provient principalement des retombées des anciens essais aériens nucléaires et de l'accident de Tchernobyl. Dans la continuité des années antérieures, les activités en  $^3\text{H}$  (libre et organiquement lié) et en  $^{14}\text{C}$  sont cohérentes avec les valeurs attendues en dehors de tout apport industriel local.

En 2022, le  $^{137}\text{Cs}$  est présent dans tous les compartiments **du milieu aquatique** aussi bien en amont qu'en aval de l'installation. L'influence des rejets d'effluents liquides est mise en évidence dans les renouées pour ce radionucléide. Le  $^{137}\text{Cs}$  provient principalement de la rémanence des retombées des essais aériens nucléaires et de l'accident de Tchernobyl, mais également des rejets liquides du C.N.P.E. de Civaux sur le milieu aquatique. Ce constat est confirmé par la détection en aval de  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{110\text{m}}\text{Ag}$  et de  $^{54}\text{Mn}$  dans les phanérogames et de  $^{60}\text{Co}$  et  $^{110\text{m}}\text{Ag}$  dans les sédiments. En 2022, les analyses de  $^3\text{H}$  (libre et organiquement lié) et de  $^{14}\text{C}$  dans les phanérogames prélevés à l'amont et à l'aval du C.N.P.E. et dans les poissons prélevés à l'amont du site montrent des activités conformes aux niveaux attendus en dehors de tout apport industriel local, de même pour la mesure du tritium libre dans les eaux de boisson et d'irrigation prélevées à l'aval du C.N.P.E. En revanche, les analyses de tritium organiquement lié effectuées dans les poissons prélevés à l'aval montrent le marquage du milieu aquatique lié aux rejets d'effluents liquides du C.N.P.E. de Civaux. Par ailleurs, les mesures de  $^{14}\text{C}$  dans les prélèvements de phanérogames et de poissons en amont du C.N.P.E. de Civaux sont cohérentes avec le bruit de fond ambiant hors influence industrielle, tandis qu'une augmentation significative de l'activité en  $^{14}\text{C}$  est observée en aval dans ces matrices, mettant en évidence l'influence des rejets liquides du C.N.P.E. de Civaux sur le milieu aquatique environnant. Enfin, aucune détection de  $^{63}\text{Ni}$  et  $^{55}\text{Fe}$  n'est observée en 2022 dans les végétaux aquatiques.

## 9. Etat radiologique de l'environnement du C.N.P.E. de Civaux

### 9.1 Généralités et chronologie des études radioécologiques

Le Centre Nucléaire de Production d'Electricité (C.N.P.E.) de Civaux est situé dans le département de la Vienne (86), sur la commune de Civaux, à 8 km de Lussac-les-Châteaux et 12 km de Chauvigny [1,2]. L'installation se situe sur la rive gauche de la Vienne.



Carte 1. Implantation géographique du C.N.P.E. de Civaux.



Photo 1. C.N.P.E. de Civaux. Crédit : [www.edf.fr](http://www.edf.fr).

La Figure 9-1 (page 255) présente la chronologie des principales études radioécologiques conduites dans l'environnement du C.N.P.E. de Civaux depuis l'étude radioécologique préliminaire de 1981. Un premier état de référence a lieu entre octobre 1991 et décembre 1992. Puis une actualisation de l'état de référence a eu lieu pendant les années 1996 et 1997 avant le couplage du premier réacteur en 1997.

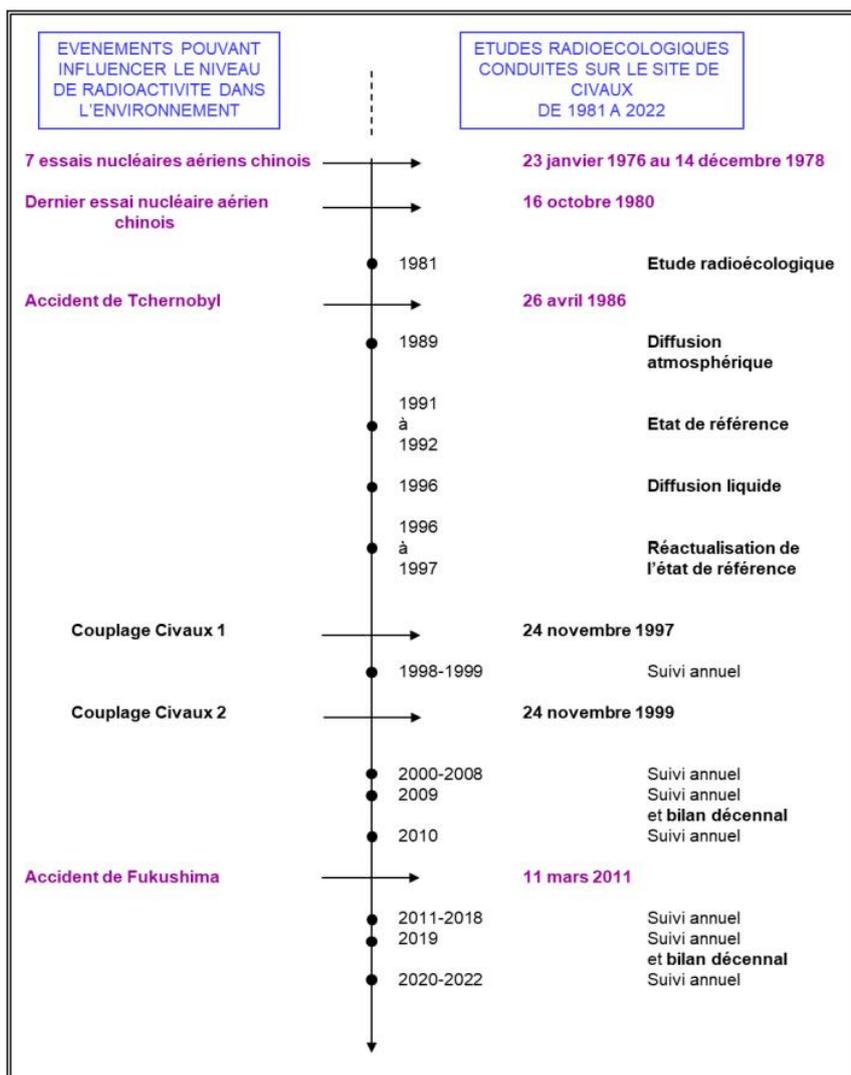


Figure 9-1. Chronologie des principales études radioécologiques conduites dans l'environnement du C.N.P.E. de Civaux.

## 9.2. Etat radiologique de l'environnement terrestre

### 9.2.1. *Stratégie d'échantillonnage*

Le Tableau 9-1 (page 257) regroupe l'identification des échantillons (station, nature, date de prélèvement...) ainsi que leurs rapports masse fraîche/masse sèche et masse sèche/masse cendres. La Figure 9-2 (page 258) présente les stations de prélèvement et la nature des échantillons prélevés en 2022.

Le choix des stations et de la nature des prélèvements a été défini dans l'objectif de comparer les résultats obtenus avec ceux des études radioécologiques antérieures. La localisation des stations de prélèvement a été définie en fonction du contexte environnemental et géographique local.

D'après la rose des vents, présentée sur la Figure 9-2 (page 258), les zones hors des vents dominants donc non influencées (« ZHV » dans la suite du texte) par les rejets d'effluents atmosphériques du C.N.P.E. sont situées au Nord-Ouest et au Sud-Est de l'installation alors que les zones sous les vents dominants et potentiellement influencées (« ZSV » dans la suite du texte) se situent sur un axe Sud-Ouest/Nord-Est quasi-perpendiculaire à la Vienne.

Les échantillons sont des indicateurs végétaux (mousse), des vecteurs directs ou indirects de transfert de radionucléides à la chaîne alimentaire (choux, herbe et lait) et des milieux d'accumulation (sol). Les natures d'échantillons prélevés sur les zones hors vents (ZHV) et sous les vents dominants (ZSV) par rapport aux rejets d'effluents atmosphériques sont, dans la mesure du possible, identiques.

En 2022, quatre prélèvements d'herbe ont été réalisés par le C.N.P.E. à la station AS1 du site dans le cadre des mesures trimestrielles réglementaires de carbone 14. Ils ont été transmis à SUBATECH pour traitement et analyse.

Tous les échantillons prélevés sont traités et conservés au laboratoire. En revanche, seuls les échantillons issus des zones sous les vents sont systématiquement analysés. Ainsi, les échantillons non mesurés sont conservés afin d'en disposer en cas de découverte d'activité atypique dans les échantillons issus des zones sous les vents dominants.

Tableau 9-1. Identification des échantillons prélevés dans le milieu terrestre de l'environnement du C.N.P.E. de Civaux lors du suivi radioécologique de 2022.

Station	Situation par rapport à la centrale	Coordonnées WGS84		Nature	Espèce	Fraction	Prélèvement	Type de mesure	Rapport frais/sec	Rapport sec/cendres
		Latitude	Longitude							
Cubord (Le Peu)	1,8 km NE	46,46944	0,68111	Mousse terrestre	Mousse <i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>	Entier	25/04/22	Spectrométrie $\gamma$ en frais (iode 131) Spectrométrie $\gamma$	4,96	-
Bignoux	23,8 km NO	46,61056	0,43667	Production agricole	Chou <i>Brassica oleracea</i>	Feuilles	22/09/22	Spectrométrie $\gamma$	19,27	6,63
								Carbone 14	14,90	
Chapelle-Viviers	6,1 km ENE	46,46889	0,72917	Production agricole	Chou <i>Brassica oleracea</i>	Feuilles	21/09/22	Spectrométrie $\gamma$	6,89	6,46
								Carbone 14 Tritium libre Tritium organiquement lié	5,81	
Sillars	12,5 km ESE	46,40722	0,79250	Sol non cultivé	Sol de prairie <i>Horizon 0 - 5 cm</i>	Diamètre inférieur à 2 mm	25/04/22	Spectrométrie $\gamma$ Granulométrie, TMO	1,29	-
Station AS1	1 km E	46,45917	0,66417	Sol non cultivé	Sol de prairie <i>Horizon 0 - 5 cm</i>	Diamètre inférieur à 2 mm	25/04/22	Spectrométrie $\gamma$ Granulométrie, TMO	1,29	-
Station AS1	1 km E	46,45917	0,66417	Pâturage, herbe, luzerne	Herbe de prairie	Parties aériennes	25/04/22	Spectrométrie $\gamma$	5,19	8,79
								Tritium libre Tritium organiquement lié	4,95	
Fortprévoir	8,1 km NE	46,49917	0,73750	Lait	Lait de vache	Entier	25/04/22	Spectrométrie $\gamma$ Carbone 14 Tritium libre Tritium organiquement lié	7,91	18,23
Station AS1	1 km E	46,45917	0,66417	Pâturage, herbe, luzerne	Herbe de prairie	Parties aériennes	11/04/2022	Carbone 14	3,80	-
Station AS1	1 km E	46,45917	0,66417	Pâturage, herbe, luzerne	Herbe de prairie	Parties aériennes	07/07/2022	Carbone 14	2,99	-
Station AS1	1 km E	46,45917	0,66417	Pâturage, herbe, luzerne	Herbe de prairie	Parties aériennes	11/10/2022	Carbone 14	4,00	-
Station AS1	1 km E	46,45917	0,66417	Pâturage, herbe, luzerne	Herbe de prairie	Parties aériennes	09/01/2023	Carbone 14	5,95	-

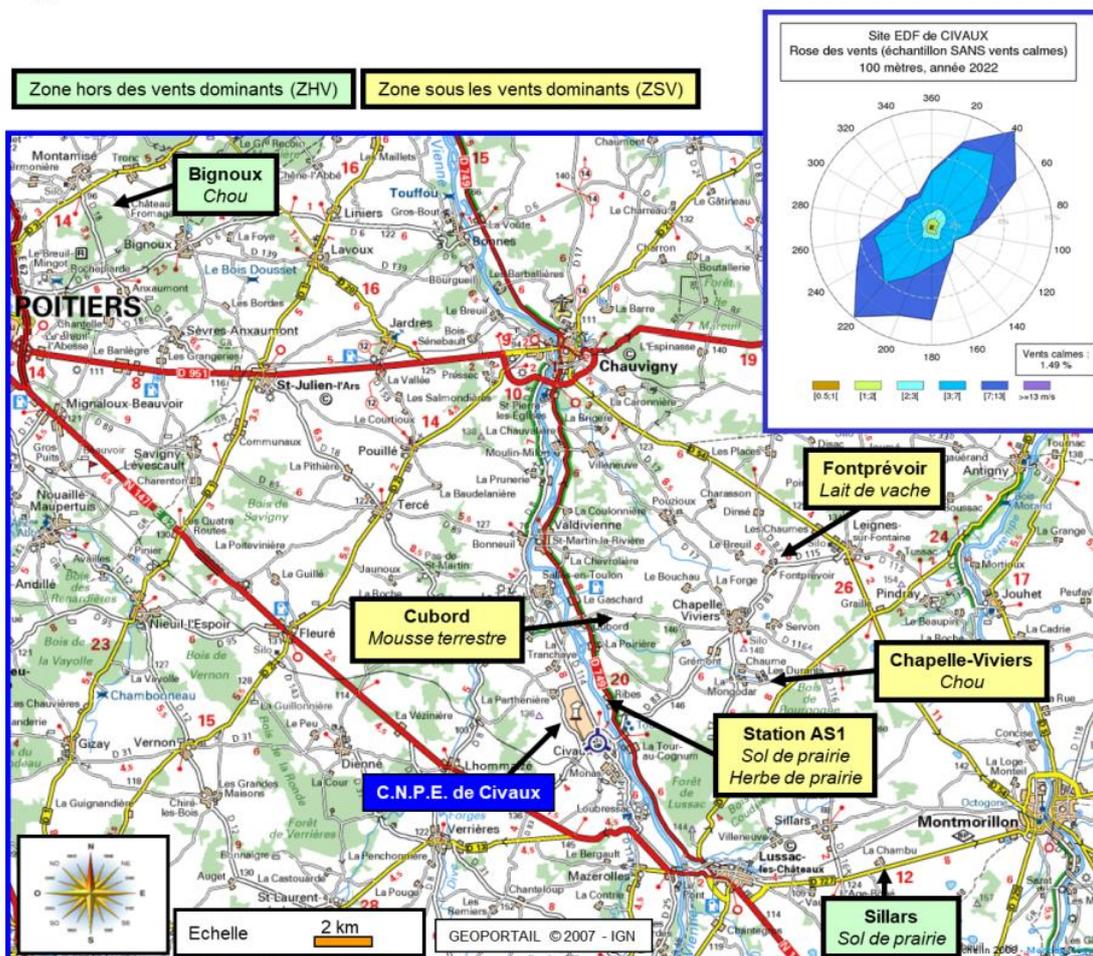


Figure 9-2. Stations et natures des prélèvements du milieu terrestre pour le suivi radioécologique 2022 du C.N.P.E. de Civaux.

## 9.2.2. Résultats et interprétation

### 9.2.2.1. Radionucléides émetteurs gamma

#### 9.2.2.1.1. Radionucléides émetteurs gamma d'origine naturelle

En 2022, les mesures réalisées en spectrométrie gamma montrent que la radioactivité d'origine naturelle des différents compartiments du milieu terrestre est comparable à celle observée lors des études radioécologiques menées depuis 1998 (Tableau 9-10, page 283). Elle est similaire à celle mesurée lors de l'état de référence.

La radioactivité d'origine tellurique est essentiellement due au  $^{40}\text{K}$  dans l'ensemble des matrices et dans une moindre mesure aux chaînes naturelles du  $^{232}\text{Th}$  et de  $^{238}\text{U}$ . Les activités mesurées sont cohérentes avec le bruit de fond naturel observé en France [3].

Dans le lait, le  $^{40}\text{K}$  est le seul radionucléide naturel détecté et son activité est conforme aux valeurs mesurées les années précédentes (proche de  $50 \text{ Bq.L}^{-1}$ ).

D'origine cosmique, le  $^7\text{Be}$  est détecté dans les végétaux et le sol non cultivé prélevé hors vents dominants. Naturellement produit en haute atmosphère, le  $^7\text{Be}$  se dépose de manière plus ou moins homogène sur les sols et les végétaux. En particulier, la forte capacité des mousses terrestres à capter les dépôts atmosphériques de ce type de radionucléides montre l'intérêt d'analyser des bryophytes.

#### 9.2.2.1.2. Radionucléides émetteurs gamma d'origine artificielle

En 2022, la radioactivité d'origine artificielle est uniquement due à la présence de traces de  $^{137}\text{Cs}$  (Tableau 9-11, page 284). Les activités des autres radionucléides artificiels sont inférieures aux seuils de décision, y compris les résultats de la recherche spécifique de  $^{131}\text{I}$  dans les mousses.

Dans le milieu terrestre, le  $^{137}\text{Cs}$  a été mesuré dans tous les échantillons analysés en 2022, à l'exception de l'herbe de pâturage. Les niveaux d'activités en  $^{137}\text{Cs}$  détectés sont cohérents avec les gammes de variations observées depuis 1991-1997. Les résultats obtenus dans les sols non cultivés prélevés dans les zones hors et sous les vents dominants ne permettent pas d'établir de corrélation entre les valeurs obtenues et la position géographique des points de prélèvement par rapport au C.N.P.E. de Civaux, contrairement aux résultats de mesures obtenus dans les choux. En effet, les choux cultivés dans la zone sous influence du C.N.P.E. présentent une activité supérieure à ceux cultivés dans la zone hors vents dominants. Ces observations indiquent que la présence de  $^{137}\text{Cs}$  en 2022 est liée d'une part à la rémanence des retombées des essais aériens nucléaires et de l'accident de Tchernobyl, et d'autre part à l'influence des rejets atmosphériques du C.N.P.E. de Civaux.

Les études menées lors de l'état de référence (1991-1992) et lors de son actualisation en 1996-1997 indiquaient la présence de  $^{137}\text{Cs}$  dans la quasi-totalité des matrices du milieu terrestre (Figure 9-3, page 260). En 1991, le  $^{134}\text{Cs}$  détecté dans les mousses terrestres provenait des retombées de l'accident de Tchernobyl. En 2011, la détection de  $^{134}\text{Cs}$  et de  $^{131}\text{I}$  était cohérente avec leur mise en évidence dans les retombées de l'accident de Fukushima en France métropolitaine [4]. Depuis 2011, ces deux radionucléides ne sont plus détectés.

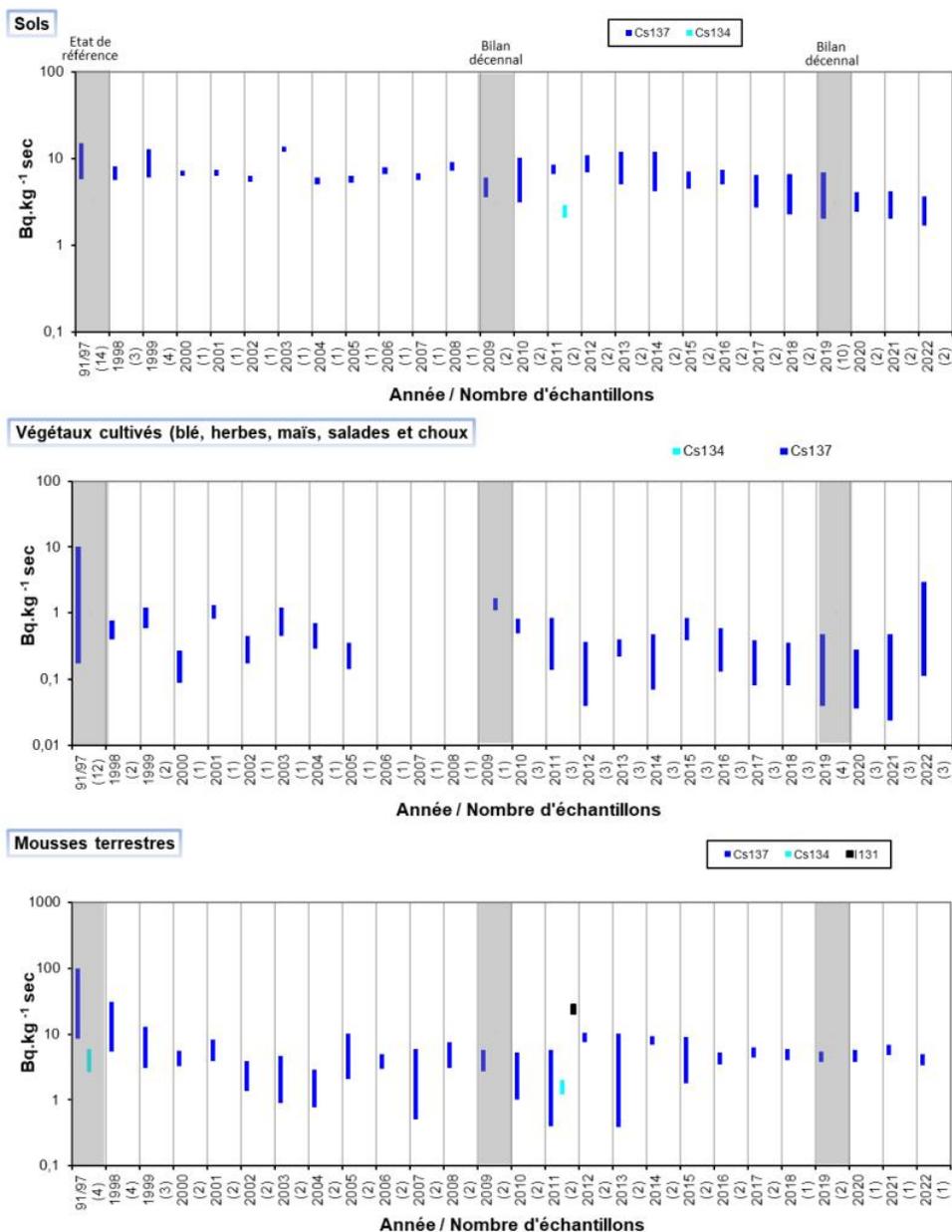


Figure 9-3. Gammes de variation (\*) des activités des principaux radionucléides d'origine artificielle détectés par spectrométrie  $\gamma$  dans les échantillons prélevés dans le milieu terrestre de l'environnement du C.N.P.E. de Civaux lors des études menées depuis l'état de référence, de 1991/1997, au suivi radioécologique de 2022.  
 (\*) valeur minimale minorée de son incertitude à valeur maximale majorée de son incertitude

### 9.2.2.2. Radionucléides émetteurs bêta

#### 9.2.2.2.1. Tritium

En 2022, le  $^3\text{H}$  libre a été détecté dans le lait avec une activité proche de  $1 \text{ Bq.L}^{-1}$  (Tableau 9-13, page 285). Cette activité demeure dans la variabilité environnementale et est conforme au niveau attendu en dehors de tout apport industriel local ( $0,5\text{-}2,0 \text{ Bq.L}^{-1}$ ) [3,5]. Son activité est inférieure au seuil de décision dans les choux et l'herbe de prairie ( $<0,60\text{-}0,67 \text{ Bq.L}^{-1}$ ).

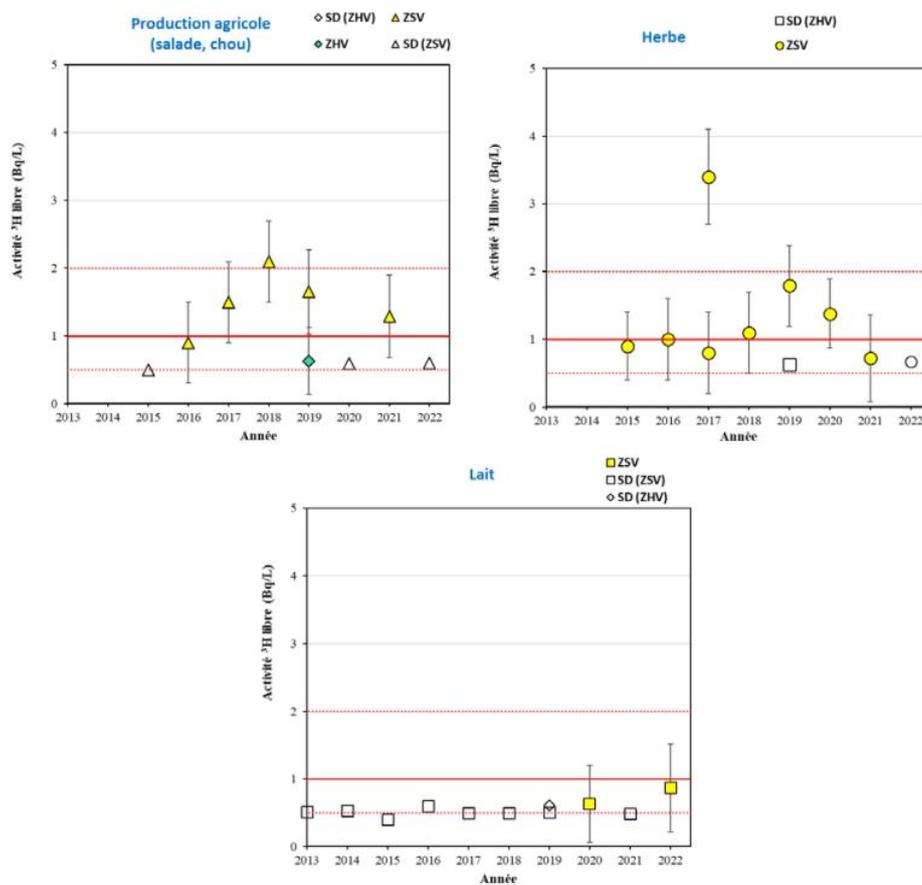


Figure 9-4. Activités en tritium libre dans les échantillons prélevés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E de Civaux de 2013 à 2022. Les lignes rouges représentent la valeur et la gamme de référence du bruit de fond ambiant hors influence industrielle ( $0,5\text{-}2,0 \text{ Bq.L}^{-1}$ ) [3,5].

En 2022, les activités du  $^3\text{H}$  organiquement lié sont inférieures aux seuils de décision dans l'herbe de prairie et le lait ( $<0,69-0,83 \text{ Bq.L}^{-1}$  d'eau de combustion). Elle s'élève à  $1,58 \pm 0,73 \text{ Bq.L}^{-1}$  d'eau de combustion dans les choux (Tableau 9-14, page 285).

Ces observations sont cohérentes avec les mesures de  $^3\text{H}$  libre et organiquement lié réalisées lors des études antérieures et conformes avec le bruit de fond ambiant hors influence industrielle ( $0,34$  à  $1,7 \text{ Bq.L}^{-1}$  d'eau de combustion en 2022 - Figure 9-4, page 261 et Figure 9-5, page 262) [3,5]. Elles ne montrent pas d'influence des rejets atmosphériques du C.N.P.E. de Civaux sur le milieu terrestre pour ces radionucléides. Seule l'activité mesurée dans des pommes prélevées à l'occasion du bilan décennal de 2019 témoignait d'un apport anthropique local. Cette activité était liée à l'utilisation de l'eau de la Vienne pompée en aval du point de rejet pour l'arrosage des pommiers.

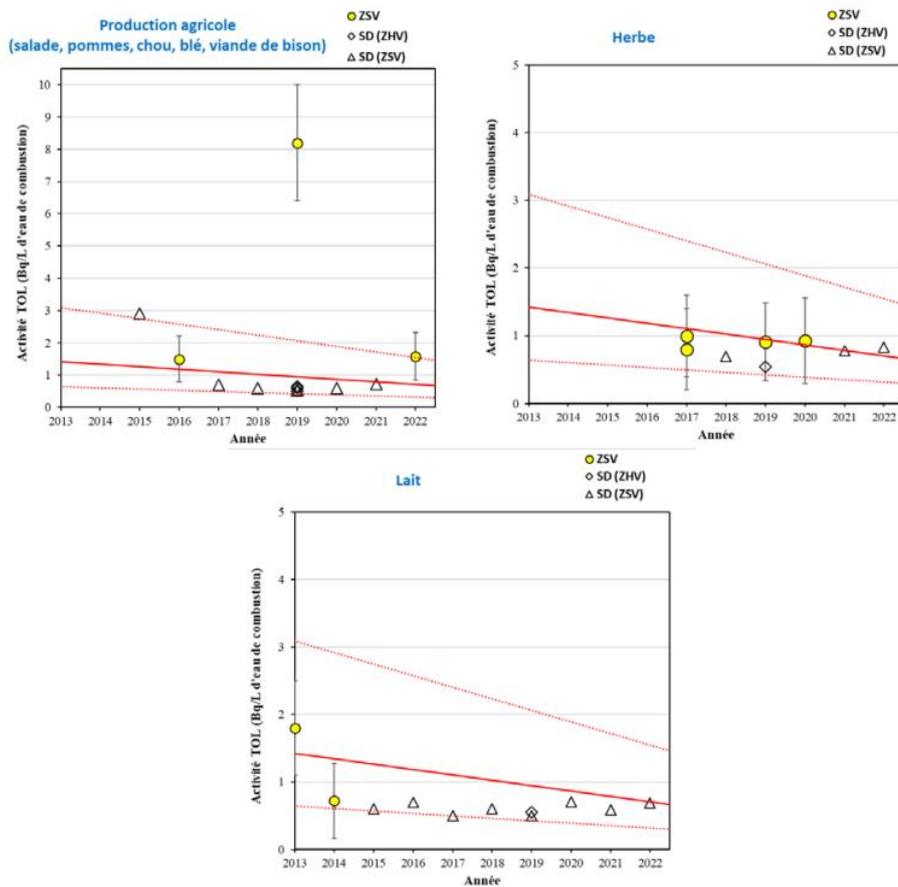


Figure 9-5. Activités en tritium organiquement lié dans les échantillons prélevés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E de Civaux de 2013 à 2022. Les lignes rouges représentent la valeur et la gamme de référence du bruit de fond ambiant hors influence industrielle ( $0,63$  à  $3,0 \text{ Bq.L}^{-1}$  d'eau de combustion en 2013 et  $0,34$  à  $1,7 \text{ Bq.L}^{-1}$  d'eau de combustion en 2022) [3,5].

9.2.2.2.2. Carbone 14

Les résultats d'analyse du  $^{14}\text{C}$  dans le lait de vache ( $232\pm 9$  Bq.kg $^{-1}$  de C), les choux ( $228\pm 8$  à  $229\pm 9$  Bq.kg $^{-1}$  de C) et les herbes trimestrielles ( $225\pm 8$  à  $233\pm 9$  Bq.kg $^{-1}$  de C) sont cohérents aux incertitudes de mesure près avec le bruit de fond ambiant hors influence ( $222\pm 7$  Bq.kg $^{-1}$  de carbone en 2022) (Tableau 9-15, page 286) [3].

Ces résultats sont cohérents avec les données des années antérieures (Figure 9-6, page 263). Un marquage a été ponctuellement observé sur les prélèvements trimestriels d'herbes réalisés à proximité du C.N.P.E depuis 2015 (VT4 de 2017 et VT1 de 2018).

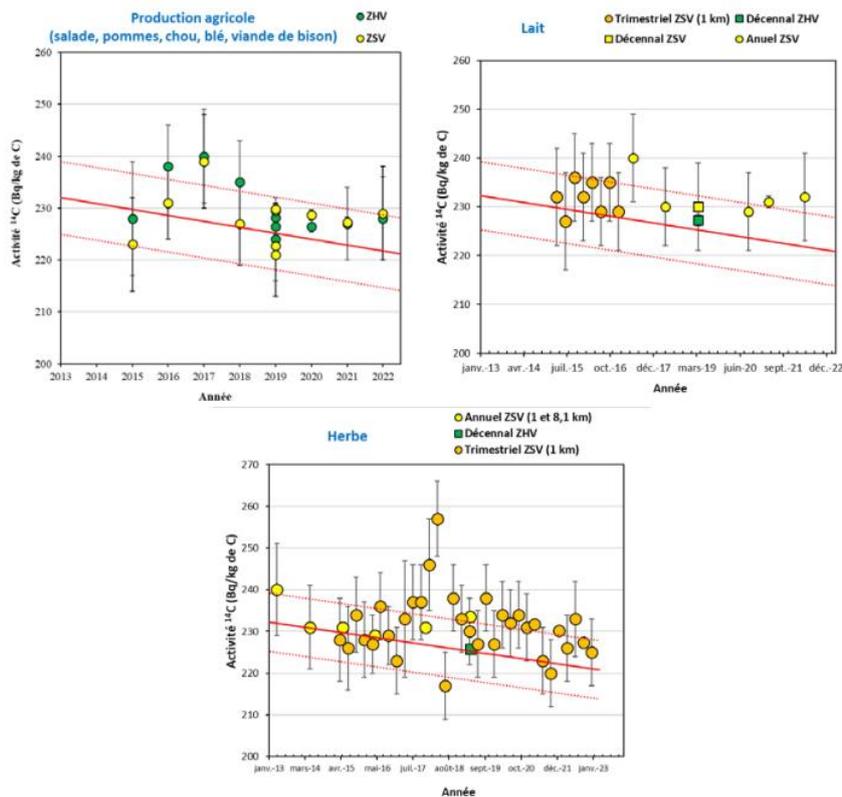


Figure 9-6. Activités spécifiques en  $^{14}\text{C}$  mesurés dans les échantillons prélevés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E de Civaux de 2013 à 2022. Les lignes rouges représentent la valeur et la gamme de référence du bruit de fond ambiant hors influence industrielle ( $232\pm 7$  Bq/kg de C en 2013 à  $222\pm 7$  Bq/kg de C en 2022) [3,5]. Les valeurs ont été mesurées par le Centre de Datation par le RadioCarbone (CDRC) et le Labrador (IPNL).

### 9.3. Etat radiologique de l'environnement aquatique

#### 9.3.1. *Stratégie d'échantillonnage*

Le Tableau 9-2 (page 265) regroupe l'identification des échantillons (station, nature, date de prélèvement...) ainsi que leurs rapports masse fraîche/masse sèche et masse sèche/masse cendres. La Figure 9-7 (page 266) présente les stations de prélèvement et la nature des échantillons prélevés en 2022.

Les stations de prélèvement et la nature des matrices prélevées sont déterminées dans le but de comparer les résultats avec les études antérieures. Les prélèvements ont lieu en amont, en aval proche de l'ouvrage de rejet et en aval lointain. Afin de garantir leur comparaison, les échantillons prélevés en amont et en aval sont, si possible, de même nature.

Les échantillons sont des bioindicateurs (phanérogame, poisson) et des milieux d'accumulation (sédiment).

Deux prélèvements d'eaux sont réalisés sous influence potentielle des rejets d'effluents liquides du C.N.P.E. Dans la continuité des années antérieures, l'eau de boisson provient du réseau d'eau potable. Le prélèvement a eu lieu à la mairie de Saint-Martin-la-Rivière en rive droite de la Vienne. Le captage est réalisé dans la nappe supra-toarcienne à une profondeur de 102 mètres. Cette nappe communique avec la nappe alluviale et elle est donc potentiellement soumise à l'influence des rejets d'effluents du C.N.P.E. En 2022, le plan d'échantillonnage intègre également une eau d'irrigation prélevée dans la Loire à l'aval du C.N.P.E. sur la commune de Chauvigny.

Tous les échantillons prélevés sont traités et conservés au laboratoire.

Tableau 9-2. Identification des échantillons prélevés dans le milieu aquatique de l'environnement du C.N.P.E. de Civaux lors du suivi radioécologique de 2022.

Station	Situation par rapport à la centrale	Coordonnées WGS84		Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Rapport frais/sec	Rapport sec/cendres
		Latitude	Longitude							
Monas Rive gauche	2,7 km amont	46,43806	0,67694	Sédiment	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	19/07/22	Spectrométrie $\gamma$ Granulométrie, TMO	3,07	-
St-Martin-la-Rivière Rive droite	6,1 km aval	46,50889	0,63389	Sédiment	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	19/07/22	Spectrométrie $\gamma$ Granulométrie, TMO	3,11	-
Vieilles Ecluses Rive droite	17,7 km aval lointain	46,61028	0,59583	Sédiment	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	19/07/22	Spectrométrie $\gamma$ Granulométrie, TMO	2,86	-
Monas Rive gauche	2,7 km amont	46,43806	0,67694	Phanérogame immergée	Renoncule <i>Ranunculus aquatica</i>	Parties aériennes	19/07/22	Spectrométrie $\gamma$ Spectrométrie $\gamma$ (frais)	9,86	5,35
								Carbone 14 Tritium libre Tritium organiquement lié Nickel 63 Fer 55	7,18	
St-Martin-la-Rivière Rive droite	6,1 km aval	46,50889	0,63389	Phanérogame immergée	Renoncule <i>Ranunculus aquatica</i>	Parties aériennes	19/07/22	Spectrométrie $\gamma$ Spectrométrie $\gamma$ (frais)	8,67	4,04
								Carbone 14 Tritium libre Tritium organiquement lié Nickel 63 Fer 55	7,59	
Vieilles Ecluses Rive droite	17,7 km aval lointain	46,61028	0,59583	Phanérogame immergée	Renoncule <i>Ranunculus aquatica</i>	Parties aériennes	20/07/22	Spectrométrie $\gamma$	10,04	4,52
Le Pont Rives gauche et droite	7 km amont	46,40361	0,70222	Poisson	Carpe commune <i>Cyprinus carpio</i>	Muscle	28/09/22	Spectrométrie $\gamma$ Carbone 14 Tritium organiquement lié	3,47	10,53
Salles-en-Toulon (Ie des Dessous) Rives gauche et droite	4,2 km aval	46,49250	0,64194	Poisson	Carpe commune <i>Cyprinus carpio</i>	Muscle	28/09/22	Spectrométrie $\gamma$ Carbone 14 Tritium organiquement lié	4,06	14,24
St-Martin-la-Rivière Rive droite	5,9 km NNE	46,50750	0,63639	Eau	Eau de boisson	Entier	25/04/22	Tritium libre	-	-
Chauvigny Rive gauche	10 km N	46,54528	0,63306	Eau	Eau d'irrigation	Entier	18/07/22	Tritium libre	-	-

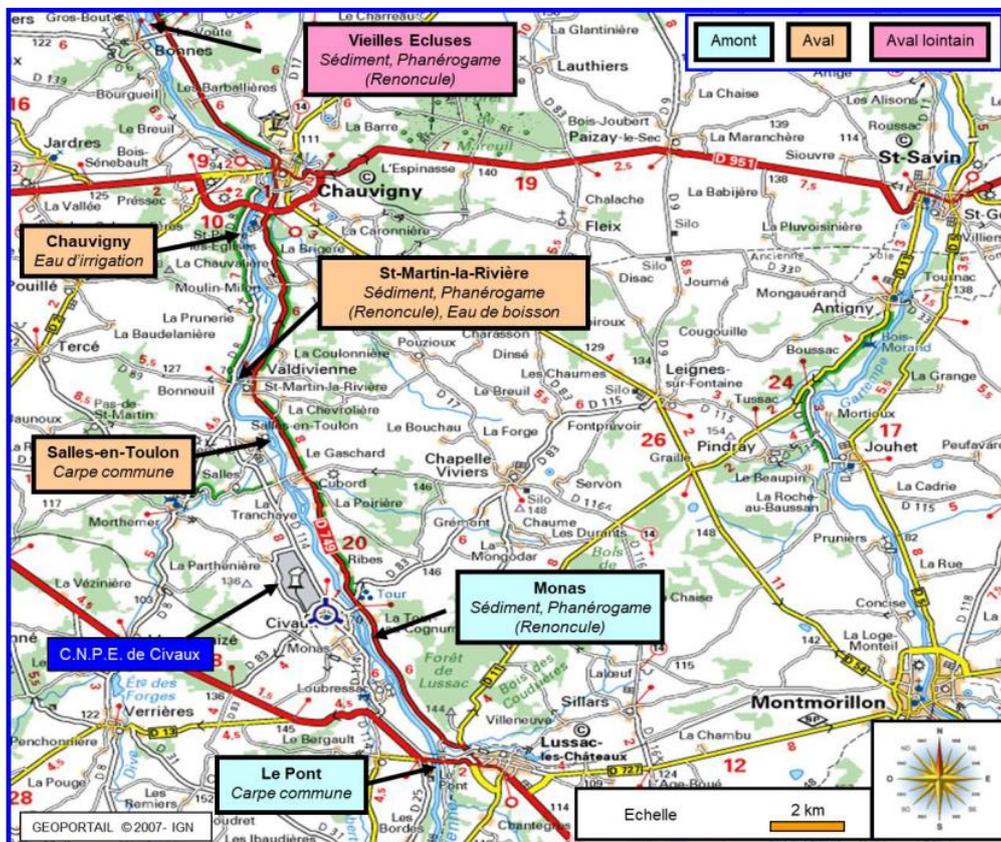


Figure 9-7. Stations et natures des prélèvements du milieu aquatique pour le suivi radioécologique 2022 du C.N.P.E. de Civaux.

## 9.3.2. Résultats et interprétation

### 9.3.2.1. Radionucléides émetteurs gamma

#### 9.3.2.1.1. Radionucléides émetteurs gamma d'origine naturelle

En 2022, la radioactivité d'origine naturelle déterminée dans les différents compartiments de l'écosystème aquatique est similaire à celle observée lors des études menées les années antérieures (Tableau 9-22, page 292). Elle est cohérente avec celle mesurée lors de l'état de référence (1991-1992) et de sa réactualisation (1996-1997). Dans l'ensemble des matrices, la radioactivité naturelle d'origine tellurique est principalement due au  $^{40}\text{K}$  et à un degré moindre aux chaînes naturelles du  $^{232}\text{Th}$  et de  $^{238}\text{U}$ . Les activités mesurées sont cohérentes avec le bruit de fond naturel observé en France [3].

Dans les poissons, le  $^{40}\text{K}$  est le seul radionucléide naturel détecté. Les activités sont conformes aux incertitudes de mesure près aux valeurs attendues (environ  $100 \text{ Bq.kg}^{-1}$  frais), la teneur en potassium étant physiologiquement régulée.

Le  $^7\text{Be}$  est détecté systématiquement dans les sédiments et les végétaux.

#### 9.3.2.1.2. Radionucléides émetteurs gamma d'origine artificielle

La radioactivité artificielle dans le milieu aquatique est caractérisée en 2022 par la présence de  $^{137}\text{Cs}$ , de  $^{60}\text{Co}$ , de  $^{110\text{m}}\text{Ag}$  et de  $^{54}\text{Mn}$  (Tableau 9-23, page 293).

Le  $^{137}\text{Cs}$  est détecté dans l'ensemble des matrices étudiées (sédiments, végétaux et poissons). Dans les sédiments et les poissons, les activités massiques en  $^{137}\text{Cs}$  mesurées en amont et en aval du C.N.P.E. sont comparables. En revanche, dans les végétaux aquatiques, les activités en  $^{137}\text{Cs}$  mesurées sont plus élevées à l'aval par rapport à celle mesurée en amont du C.N.P.E. de Civaux. En 2022, les activités en  $^{137}\text{Cs}$  résultent donc d'une part de la rémanence des retombées des essais aériens nucléaires et de l'accident de Tchernobyl et d'autre part, de l'influence du C.N.P.E. de Civaux sur le milieu aquatique pour ce radionucléide. La détection de  $^{60}\text{Co}$ , de  $^{110\text{m}}\text{Ag}$  et de  $^{54}\text{Mn}$  dans les renoncules prélevées à l'aval et de  $^{60}\text{Co}$  et de  $^{110\text{m}}\text{Ag}$  dans les sédiments prélevés à l'aval en 2022 montre l'influence des rejets d'effluents liquides du C.N.P.E. de Civaux sur le milieu aquatique environnant.

Depuis l'état de référence, l'évolution des gammes de variations des activités de  $^{137}\text{Cs}$  détectées dans le milieu aquatique en amont et en aval de l'installation montre que les niveaux d'activité sont comparables d'année en année (Figure 9-8, page 268, à Figure 9-11, page 271). Ce constat confirme que le  $^{137}\text{Cs}$  provient principalement des retombées des essais aériens nucléaires et de l'accident de Tchernobyl. Depuis le premier suivi annuel de 1998, on observe la détection ponctuelle en aval du site, de  $^{134}\text{Cs}$ , de  $^{60}\text{Co}$  et de  $^{110\text{m}}\text{Ag}$  dans les sédiments, et de  $^{134}\text{Cs}$ , de  $^{60}\text{Co}$ , de  $^{58}\text{Co}$ , de  $^{110\text{m}}\text{Ag}$  et de  $^{54}\text{Mn}$  dans les végétaux aquatiques. Ces détections sont liées aux rejets d'effluents liquides du C.N.P.E. de Civaux.

Depuis 1998, des spectrométries gamma sont réalisées sur des échantillons de végétaux aquatiques (phanérogames et/ou mousses aquatiques) à l'état frais pour rechercher  $^{131}\text{I}$ . Ce radionucléide est détecté régulièrement aussi bien en amont qu'en aval du C.N.P.E. de Civaux à des niveaux d'activité comparables. Les études antérieures ont établi que les apports observés étaient imputables aux rejets liés à des activités de médecine nucléaire ou universitaires conduites en amont de l'installation, notamment au niveau de l'agglomération de Limoges. En 2022,  $^{131}\text{I}$  n'est pas détecté.

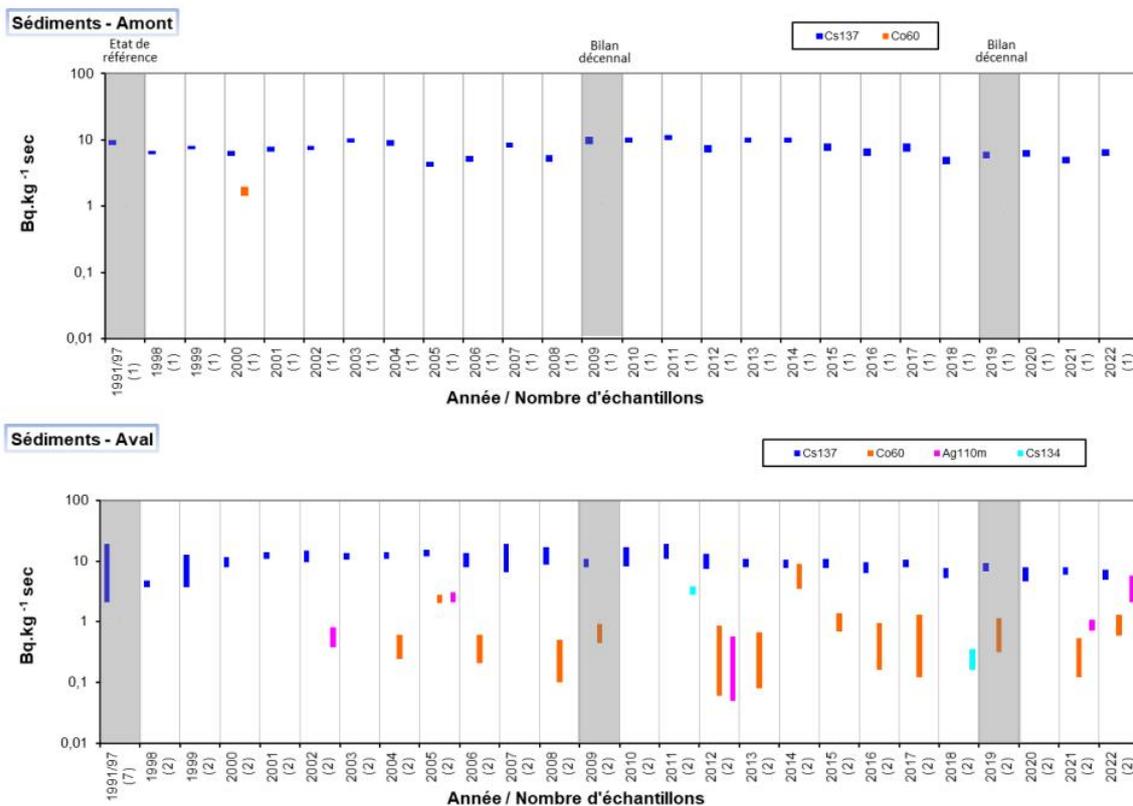
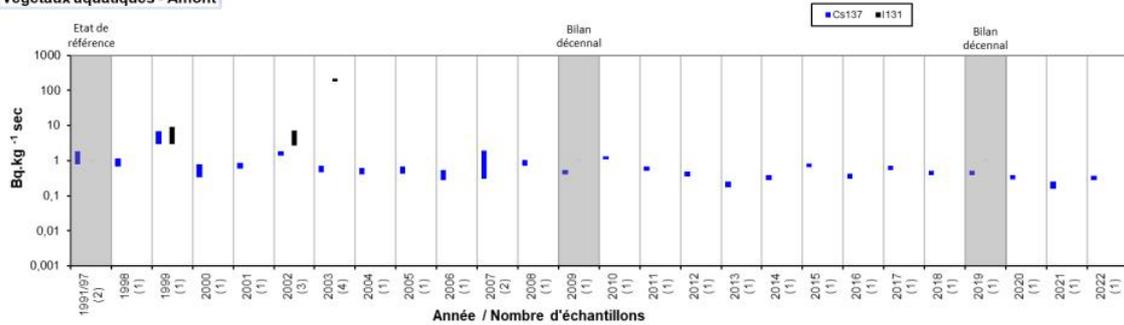


Figure 9-8. Gammes de variation (\*) des activités des principaux radionucléides d'origine artificielle détectés par spectrométrie  $\gamma$  dans les sédiments prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux lors des études menées depuis l'état de référence en 1991/1992 et son actualisation en 1996/1997 au suivi radioécologique de 2022.

(\*) valeur minimale minorée de son incertitude à valeur maximale majorée de son incertitude

**Végétaux aquatiques - Amont**



**Végétaux aquatiques - Aval**

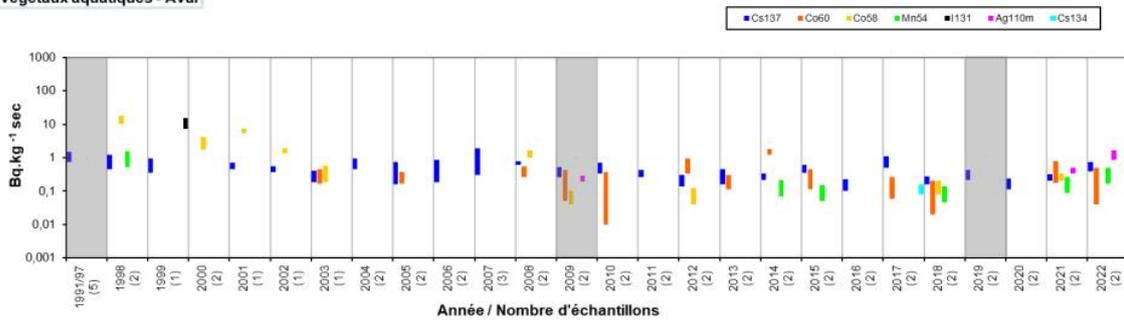


Figure 9-9. Gammes de variation (\*) des activités des principaux radionucléides d'origine artificielle détectés par spectrométrie  $\gamma$  dans les phanérogames (toutes fractions confondues) prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux lors des études menées depuis l'état de référence en 1991/1992 et son actualisation en 1996/1997 au suivi radioécologique de 2022.

(\*) valeur minimale minorée de son incertitude à valeur maximale majorée de son incertitude

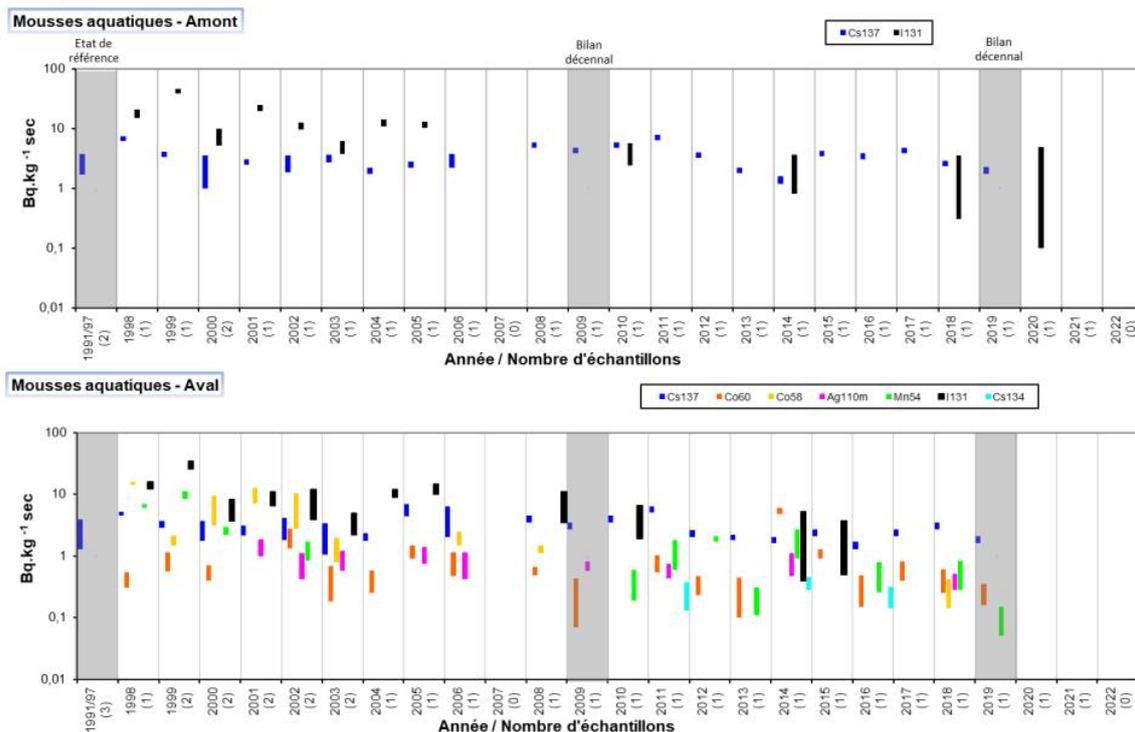
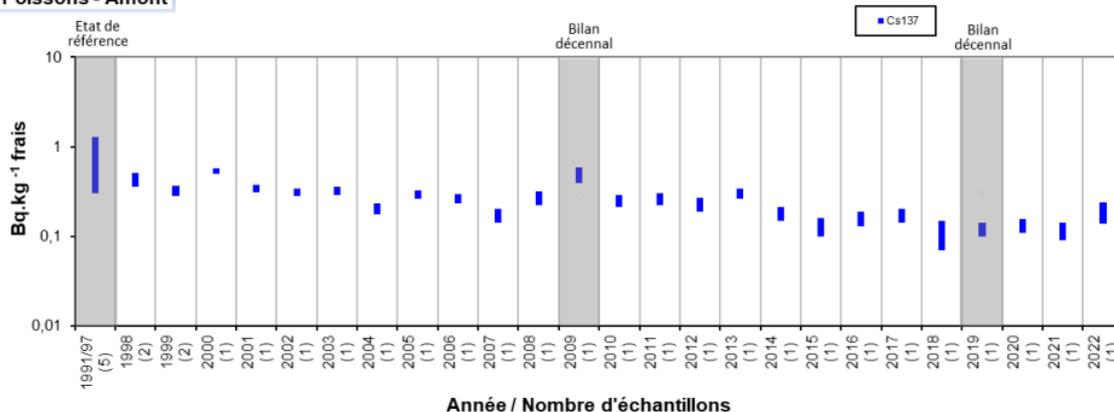


Figure 9-10. Gammes de variation (\*) des activités des principaux radionucléides d'origine artificielle détectés par spectrométrie  $\gamma$  dans les mousses aquatiques prélevées dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux lors des études menées depuis l'état de référence en 1991/1992 et son actualisation en 1996/1997 au suivi radioécologique de 2021 (**Pas de prélèvement de mousse aquatique en 2022**).

(\*) valeur minimale minorée de son incertitude à valeur maximale majorée de son incertitude.

Entre 2019 et 2021, seul l' $^{131}\text{I}$  a été recherché à l'état frais.

**Poissons - Amont**



**Poissons - Aval**

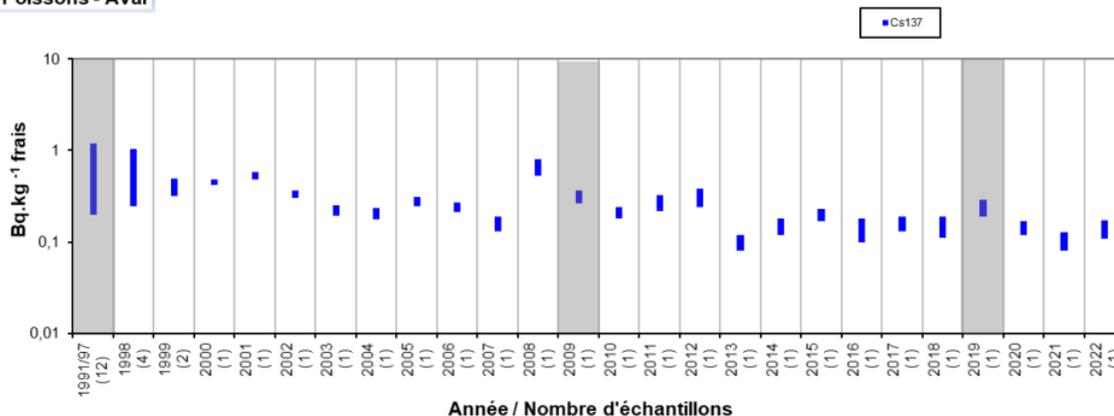


Figure 9-11. Gammes de variation (\*) des activités des principaux radionucléides d'origine artificielle détectés par spectrométrie  $\gamma$  dans les poissons prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux lors des études menées depuis l'état de référence en 1991/1992 et son actualisation en 1996/1997 au suivi radioécologique de 2022.

(\*) valeur minimale minorée de son incertitude à valeur maximale majorée de son incertitude

### 9.3.2.2. Radionucléides émetteurs bêta

#### 9.3.2.2.1. Tritium

Les mesures de  $^3\text{H}$  libre effectuées en 2022 montrent des activités inférieures aux seuils de décision dans les eaux (boisson et irrigation) et les phanérogames prélevés en amont du C.N.P.E ( $<0,56 \text{ Bq.L}^{-1}$ ) ou proches de  $1 \text{ Bq.L}^{-1}$  dans les phanérogames prélevés en aval du site ( $0,81 \pm 0,64 \text{ Bq.L}^{-1}$ ). Ces activités sont cohérentes avec le bruit de fond ambiant hors influence industrielle locale ( $0,5-2,0 \text{ Bq.L}^{-1}$  - Tableau 9-25, page 294) [3]. Aucune influence des rejets d'effluents tritiés du C.N.P.E. de Civaux n'est mise en évidence en 2022. La détection de  $^3\text{H}$  libre dans les matrices aquatiques dépend fortement de la concomitance des rejets et des prélèvements en raison de la dilution et du transfert rapide du  $^3\text{H}$  au sein de ces milieux récepteurs [5]. Depuis 2000, la présence de manière sporadique du  $^3\text{H}$  libre a été constatée à l'aval du C.N.P.E. dans les végétaux aquatiques, dans les poissons et dans l'eau de surface. Pour rappel, la valeur-guide dans l'eau potable recommandée par l'OMS est de  $10000 \text{ Bq.L}^{-1}$ . La réglementation européenne relative à l'eau potable appliquée par la France fixe par ailleurs une référence de qualité de  $100 \text{ Bq.L}^{-1}$ , au-delà de laquelle des investigations complémentaires doivent être menées pour rechercher la présence de radionucléides artificiels.

Sur la période 2013-2022, le marquage en tritium libre dans les phanérogames immergées a été mis en évidence lors du bilan décennal radioécologique de 2019 et lors des suivis radioécologiques annuels de 2018, 2019 et 2021, ainsi que dans les poissons en 2014 et en 2016 (Figure 9-12, page 272).

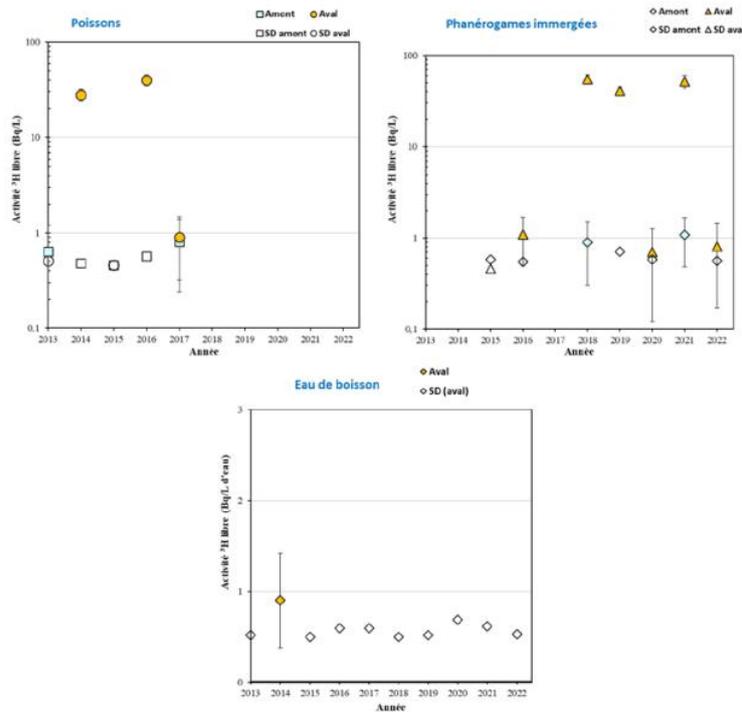


Figure 9-12. Activités en tritium libre dans les échantillons prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E de Civaux de 2013 à 2022.

En 2022, les analyses de  $^3\text{H}$  organiquement lié montrent une activité inférieure au seuil de décision dans les poissons pêchés à l'amont ( $<0,60 \text{ Bq.L}^{-1}$  d'eau de combustion), des activités proches de  $3 \text{ Bq.L}^{-1}$  d'eau de combustion dans les phanérogame prélevés à l'amont et à l'aval sans différence significative entre elles, et une activité de  $7,4 \pm 1,3 \text{ Bq.L}^{-1}$  d'eau de combustion dans les poissons pêchés à l'aval (Tableau 9-26, page 295). L'augmentation à l'aval du C.N.P.E. dans les poissons est cohérente avec les résultats des études précédentes (Figure 9-13, page 273). Elle montre l'influence des rejets de tritium du C.N.P.E. de Civaux sur le milieu aquatique environnant.

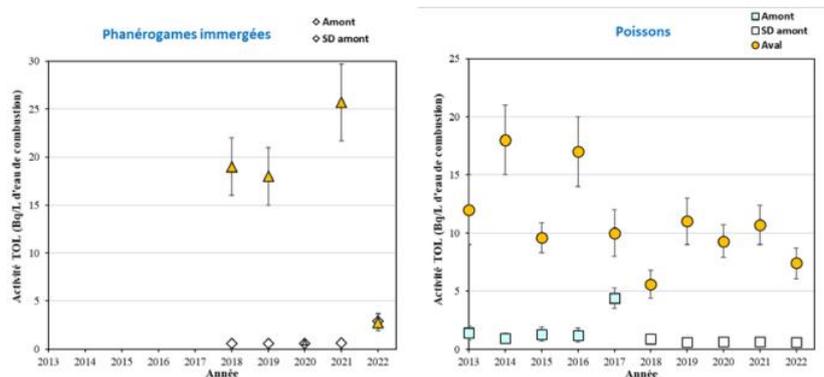


Figure 9-13. Activités en tritium organiquement lié dans les échantillons prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux de 2013 à 2022.

#### 9.3.2.2.2. Carbone 14

Les analyses de  $^{14}\text{C}$  révèlent à l'amont du C.N.P.E. de Civaux des activités cohérentes avec le niveau ambiant hors influence industrielle locale ( $200-220 \text{ Bq.kg}^{-1}$  de C) [3] dans les renoncules ( $221 \pm 9 \text{ Bq.kg}^{-1}$  de C) et dans les poissons ( $220 \pm 8 \text{ Bq.kg}^{-1}$  de C), alors que les activités en  $^{14}\text{C}$  mesurées en aval dans les renoncules ( $297 \pm 12 \text{ Bq.kg}^{-1}$  de C) et dans les poissons ( $1365 \pm 38 \text{ Bq.kg}^{-1}$  de carbone) sont significativement plus élevées (Tableau 9-27, page 295). Ces résultats sont cohérents avec les données des années antérieures obtenues lors des suivis annuels et ils montrent le marquage en  $^{14}\text{C}$  de l'environnement aquatique lié aux rejets d'effluents liquides du C.N.P.E. de Civaux (Figure 9-14, page 274).

Ce constat a également été confirmé lors du bilan décennal de 2019 avec des analyses dans des sédiments, des mollusques et des eaux de fleuve qui montraient des activités mesurées à l'amont cohérentes avec le niveau ambiant hors apport anthropique local et une augmentation à l'aval dans ces trois matrices.

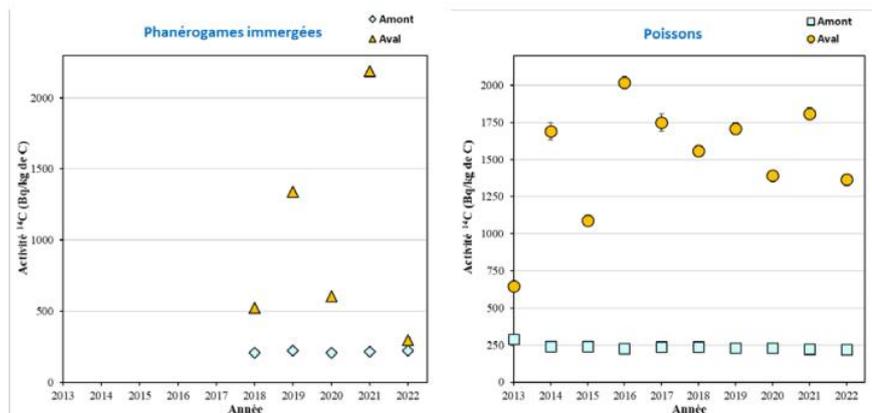


Figure 9-14. Activités spécifiques en  $^{14}\text{C}$  mesurés dans les poissons et les phanérogames immergées prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E de Civaux de 2013 à 2022.

### 9.3.2.2.3. Nickel 63 et Fer 55

En 2022, les analyses de  $^{63}\text{Ni}$  et de  $^{55}\text{Fe}$  dans les phanérogames montrent des activités inférieures aux seuils de décision ( $< 0,54 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$  pour  $^{63}\text{Ni}$  et  $< 3,3 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$  pour  $^{55}\text{Fe}$  - (Tableau 9-28, page 296 et Tableau 9-29, page 296). Ces résultats ne montrent pas d'influence des rejets liquides du C.N.P.E. de Civaux sur le milieu aquatique environnant pour ces deux radionucléides en 2022

En 2018 et 2019, le  $^{63}\text{Ni}$  avait été détecté dans les mousses aquatiques à des niveaux proches des seuils de décision. Ces résultats témoignaient de l'influence ponctuelle des rejets liquides du C.N.P.E. de Civaux sur le milieu aquatique environnant.

#### 9.4. Conclusion de l'état radiologique de l'environnement du C.N.P.E. de Civaux

Le suivi radioécologique établi en 2022 montre que le niveau de radioactivité naturelle demeure similaire à celui mesuré avant la mise en fonctionnement de l'installation de Civaux.

Dans le **milieu terrestre**, la radioactivité d'origine artificielle est liée à la présence du  $^{137}\text{Cs}$ . Le  $^{137}\text{Cs}$  provient principalement des retombées des anciens essais aériens nucléaires et de l'accident de Tchernobyl. Dans la continuité des années antérieures, les activités en  $^3\text{H}$  (libre et organiquement lié) et en  $^{14}\text{C}$  sont cohérentes avec les valeurs attendues en dehors de tout apport industriel local

En 2022, le  $^{137}\text{Cs}$  est présent dans tous les compartiments **du milieu aquatique** aussi bien en amont qu'en aval de l'installation. L'influence des rejets d'effluents liquides est mise en évidence dans les renouées pour ce radionucléide. Le  $^{137}\text{Cs}$  provient principalement de la rémanence des retombées des essais aériens nucléaires et de l'accident de Tchernobyl, mais également des rejets liquides du C.N.P.E. de Civaux sur le milieu aquatique. Ce constat est confirmé par la détection en aval de  $^{60}\text{Co}$ , d' $^{110\text{m}}\text{Ag}$  et de  $^{54}\text{Mn}$  dans les phanérogame et de  $^{60}\text{Co}$  et d' $^{110\text{m}}\text{Ag}$  dans les sédiments. En 2022, les analyses de  $^3\text{H}$  (libre et organiquement lié) dans les phanérogame prélevés à l'amont et à l'aval du C.N.P.E. et dans les poissons prélevés à l'amont du site montrent des activités conformes aux niveaux attendus en dehors de tout apport industriel local, de même pour la mesure du tritium libre dans les eaux de boisson et d'irrigation prélevées à l'aval du C.N.P.E. En revanche, les analyses de tritium organiquement lié effectuées dans les poissons prélevés à l'aval montrent le marquage du milieu aquatique lié aux rejets d'effluents liquides du C.N.P.E. de Civaux. Par ailleurs, les mesures de  $^{14}\text{C}$  dans les prélèvements de phanérogame et de poissons en amont du C.N.P.E. de Civaux sont cohérents avec le bruit de fond ambiant hors influence industrielle, tandis qu'une augmentation significative de l'activité en  $^{14}\text{C}$  est observée en aval dans ces matrices, mettant en évidence l'influence des rejets liquides du C.N.P.E. de Civaux sur le milieu aquatique environnant. Enfin, aucune détection de  $^{63}\text{Ni}$  et  $^{55}\text{Fe}$  n'est observée en 2022 dans les végétaux aquatiques.

Tableau 9-3. Activités des principaux radionucléides émetteurs  $\gamma$  dans les sols prélevés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux de 2013 à 2022 (Bq.kg<sup>-1</sup> sec).

Année de prélèvement	avril 2013	avril 2014	avril 2015	mai 2016	juin/nov. 2017	avril/mai 2018	avril 2019	sept. 2020	avril 2021	avril 2022
<b>Distance par rapport au site</b>	8,5 et 12,5 km	8,5 et 12,5 km	8,1 et 12,5 km	8,1 et 12,5 km	1,0 et 12,5 km	1,0 et 12,5 km	1,0 à 23,8 km	1,0 et 12,5 km	1,0 et 12,5 km	1,0 et 12,5 km
<b>Emetteurs <math>\gamma</math> d'origine artificielle</b>										
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>137</sup> Cs	5,7-11 (2/2)	4,8-11 (2/2)	5,1-6,3 (2/2)	5,9-6,6 (2/2)	3,1-5,8 (2/2)	2,6-6,0 (2/2)	2,33-6,00 (6/6)	2,77-3,72 (2/2)	2,32-3,74 (2/2)	1,96-3,28 (2/2)
<sup>58</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>60</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>110m</sup> Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

« n.a. » : non analysé ; « - » : inférieur au seuil de décision

276/333

Tableau 9-4. Activités des principaux radionucléides émetteurs  $\gamma$  dans les mousses prélevées dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux de 2013 à 2022 (Bq.kg<sup>-1</sup> sec).

Année de prélèvement	avril 2013	avril 2014	avril 2015	mai 2016	juin 2017	juin 2018	avril 2019	sept. 2020	avril 2021	avril 2022
<b>Distance par rapport au site</b>	1,8 et 16,8 km	1,8 et 16,8 km	1,8 et 16,8 km	1,8 et 16,8 km	1,8 et 16,8 km	1,8 km	1,8 et 16,8 km	1,8 km	1,8 km	1,8 km
<b>Emetteurs <math>\gamma</math> d'origine artificielle</b>										
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>137</sup> Cs	0,90-9,0 (2/2)	8,1 (1/2)	2,5-7,6 (2/2)	4,4 (1/2)	5,3 (1/2)	5,0 (1/1)	4,6 (1/2)	4,8 (1/1)	5,8 (1/1)	4,17 (1/1)
<sup>58</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>60</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>110m</sup> Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>131</sup> I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

« n.a. » : non analysé ; « - » : inférieur au seuil de décision

277/333

Tableau 9-5. Activités des principaux radionucléides émetteurs  $\gamma$ , du  $^{14}\text{C}$ , du  $^3\text{H}$  libre et du  $^3\text{H}$  organiquement lié dans les salades/choux prélevés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux de 2013 à 2022 (spectrométrie  $\gamma$  :  $\text{Bq.kg}^{-1}\text{ sec}$  ;  $^{14}\text{C}$  :  $\text{Bq.kg}^{-1}$  de carbone ;  $^3\text{H}$  :  $\text{Bq.L}^{-1}$ ).

Année de prélèvement	août 2013	sept. 2014	juin 2015	juil. 2016	juin 2017	juin 2018	juil. 2019	juil. 2020	sept.21	sept.22
<b>Distance par rapport au site</b>	6,1 et 23,8 km	6,1 et 23,8 km	6,1 et 23,8 km	6,1 et 23,8 km	6,1 et 23,8 km	6,1 et 23,8 km	6,1 et 23,8 km	6,1 et 23,8 km	6,1 et 23,8 km	6,1 et 23,8 km
<b>Emetteurs <math>\gamma</math> d'origine artificielle</b>										
$^{134}\text{Cs}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$^{137}\text{Cs}$	0,31 (1/2)	0,39 (1/2)	0,50-0,64 (2/2)	0,21-0,46 (2/2)	0,16-0,23 (2/2)	0,21-0,23 (2/2)	0,12-0,38 (2/2)	0,117-0,216 (2/2)	0,130-0,32 (2/2)	0,201-2,63 (2/2)
$^{58}\text{Co}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$^{60}\text{Co}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$^{54}\text{Mn}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Emetteurs <math>\beta</math></b>										
$^{14}\text{C}$	n.a.	n.a.	223-228 (2/2)	231-238 (2/2)	239-240 (2/2)	227-235 (2/2)	221-224 (2/2)	226,5-228,7 (2/2)	227-227,3 (2/2)	228-229 (2/2)
$^3\text{H}$ libre	n.a.	n.a.	-	0,9 (1/1)	1,5 (1/1)	2,1 (1/1)	0,63-1,65 (2/2)	-	1,29 (1/1)	-
$^3\text{H}$ organiquement lié	n.a.	n.a.	-	1,5 (1/1)	-	-	-	-	-	1,58 (1/1)

« n.a. » : non analysé ; « - » : inférieur au seuil de décision

278/333



Tableau 9-6. Activités des principaux radionucléides émetteurs  $\gamma$ , du  $^{14}\text{C}$ , du  $^3\text{H}$  libre et du  $^3\text{H}$  organiquement lié dans les herbes prélevées dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux de 2013 à 2022 (spectrométrie  $\gamma$  :  $\text{Bq.kg}^{-1}\text{ sec}$  ;  $^{14}\text{C}$  :  $\text{Bq.kg}^{-1}$  de carbone ;  $^3\text{H}$  :  $\text{Bq.L}^{-1}$ ).

Année de prélèvement	avril 2013	avril 2014	avril 2015	mai 2016	juil./nov. 2017	avril 2018	avril 2019	juil. 2020	avril 2021	avril 2022
<b>Distance par rapport au site</b>	8,5 km	8,5 km	8,1 km	8,1 km	1,0 et 8,1 km	1,0 km	1,0 et 12,5 km	1,0 km	1,0 km	1,0 km
<b>Emetteurs <math>\gamma</math> d'origine artificielle</b>										
$^{134}\text{Cs}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$^{137}\text{Cs}$	-	0,11 (1/1)	-	-	-	-	-	-	0,108 (1/1)	-
$^{58}\text{Co}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$^{60}\text{Co}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$^{54}\text{Mn}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Emetteurs <math>\beta</math></b>										
$^{14}\text{C}$	240 (1/1)	231 (1/1)	231 (1/1)	229 (1/1)	231 (1/1)	n.a.	225,8-233,5 (2/2)	n.a.	n.a.	n.a.
$^3\text{H}$ libre	n.a.	n.a.	0,9 (1/1)	1,0 (1/1)	0,8-3,4 (2/2)	1,1 (1/1)	1,79 (1/2)	1,38 (1/1)	0,72 (1/1)	-
$^3\text{H}$ organiquement lié	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,8-1,0 (2/2)	-	0,91 (1/2)	0,93 (1/1)	-	-

« n.a. » : non analysé ; « - » : inférieur au seuil de décision

279/333



Tableau 9-7. Activités du <sup>14</sup>C, du <sup>3</sup>H libre et du <sup>3</sup>H organiquement lié dans les herbes trimestrielles prélevées dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux de 2015 à 2022 (Bq.kg<sup>-1</sup> de carbone).

Année de prélèvement	avril 2015	juil. 2015	oct. 2015	janv. 2016	avril 2016	juil. 2016	oct. 2016	janv. 2017	avril 2017	juil. 2017	oct. 2017	janv. 2018	avril 2018	juil. 2018	oct. 2018	janv. 2019
Distance par rapport au site	8,1 km	1,0 km	1,0 km	1,0 km	1,0 km											
Emetteurs β																
<sup>14</sup> C	228 (1/1)	226 (1/1)	234 (1/1)	228 (1/1)	227 (1/1)	236 (1/1)	229 (1/1)	223 (1/1)	233 (1/1)	237 (1/1)	237 (1/1)	246 (1/1)	257 (1/1)	217 (1/1)	238 (1/1)	233 (1/1)

Année de prélèvement	avril 2019	juil. 2019	oct. 2019	janv. 2020	avril 2020	juil. 2020	oct. 2020	janv. 2021	avril 2021	juil. 2021	oct. 2021	janv. 2022	avril 2022	juil. 2022	oct. 2022	janv. 2023
Distance par rapport au site	1,0 km	1,0 km	1,0 km	1,0 km	1,0 km	1,0 km	1,0 km	1,0 km								
Emetteurs β																
<sup>14</sup> C	230 (1/1)	227 (1/1)	238 (1/1)	227 (1/1)	234 (1/1)	232 (1/1)	234 (1/1)	231 (1/1)	231,8 (1/1)	223 (1/1)	220 (1/1)	230,2 (1/1)	226 (1/1)	233 (1/1)	227,3 (1/1)	225 (1/1)

« n.a. » : non analysé ; « - » : inférieur au seuil de décision

280/333

Tableau 9-8. Activités des principaux radionucléides émetteurs γ, du <sup>14</sup>C, du <sup>3</sup>H libre et du <sup>3</sup>H organiquement lié dans les laits prélevés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux de 2013 à 2022 (spectrométrie γ : Bq.kg<sup>-1</sup> sec ; <sup>14</sup>C : Bq.kg<sup>-1</sup> de carbone ; <sup>3</sup>H : Bq.L<sup>-1</sup>).

Année de prélèvement	avril 2013	avril 2014	avril 2015	mai 2016	juin 2017	mai 2018	avril 2019	sept. 2020	avril 2021	avril 2022
Distance par rapport au site	8,5 km	8,5 km	8,1 km	8,1 km	8,1 km	8,1 km	8,1 et 12,5 km	8,1 km	8,1 km	8,1 km
Emetteurs γ d'origine artificielle										
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>137</sup> Cs	-	0,011 (1/1)	0,0082 (1/1)	-	-	0,0079 (1/1)	0,0075- 0,0088 (2/2)	0,0162 (1/1)	0,0147 (1/1)	0,0094 (1/1)
<sup>58</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>60</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>110m</sup> Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Emetteurs β										
<sup>14</sup> C	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	240 (1/1)	230 (1/1)	227,3-230 (2/2)	229 (1/1)	231 (1/1)	232 (1/1)
<sup>3</sup> H libre	-	-	-	-	-	-	-	0,63 (1/1)	-	0,87 (1/1)
<sup>3</sup> H organiquement lié	1,8 (1/1)	0,72 (1/1)	-	-	-	-	-	-	-	-

« n.a. » : non analysé ; « - » : inférieur au seuil de décision

281/333

Tableau 9-9. Activités du <sup>14</sup>C dans les échantillons trimestriels de laits prélevés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux de 2015 à 2016 (Bq.kg<sup>-1</sup> de carbone).

Année de prélèvement	avril 2015	juil. 2015	oct. 2015	janv. 2016	avril 2016	juil. 2016	oct. 2016	janv. 2017
Distance par rapport au site	8,1 km							
Emetteurs β <sup>14</sup> C	232 (1/1)	227 (1/1)	236 (1/1)	232 (1/1)	235 (1/1)	229 (1/1)	235 (1/1)	229 (1/1)

Tableau 9-10. Activités des radionucléides émetteurs γ d'origine naturelle des échantillons prélevés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux lors du suivi radioécologique de 2022.

		Hors vents		Sous les vents		Emetteurs γ d'origine naturelle						
						Activité Bq.kg <sup>-1</sup> sec (soils, végétaux), Bq.L <sup>-1</sup> (lait)						
Station	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Date de mesure	Qualité	<sup>40</sup> K	Famille de <sup>232</sup> Th		Famille de <sup>238</sup> U		<sup>7</sup> Be
								<sup>228</sup> Ac	<sup>234</sup> Th	<sup>234m</sup> Pa	<sup>210</sup> Pb	
Cubord (Le Peu)	Mousse terrestre	Mousse <i>Rhytidadelphus triquetrus</i>	Entier	25/04/22	26/04/22	Frais	132 ± 24	7,4 ± 2,6	< 9,9	n.a.	287 ± 45	404 ± 47
Bignoux	Production agricole	Chou <i>Brassica oleracea</i>	Feuilles	22/09/22	03/10/22	Cendres	1450 ± 210	< 0,38	< 0,96	n.a.	4,7 ± 1,9	37,3 ± 4,3
Chapelle-Viviers	Production agricole	Chou <i>Brassica oleracea</i>	Feuilles	21/09/22	07/10/22	Cendres	830 ± 120	0,61 ± 0,28	< 0,71	n.a.	3,7 ± 1,4	25,5 ± 3,0
Sillars	Sol non cultivé	Sol de prairie Horizon 0 - 5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	25/04/22	18/05/22	Sec	265 ± 38	42,1 ± 5,5	n.a.	41 ± 17	n.a.	5,6 ± 1,9
Station AS1	Sol non cultivé	Sol de prairie Horizon 0 - 5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	25/04/22	16/05/22	Sec	710 ± 100	45,9 ± 6,0	n.a.	59 ± 22	n.a.	< 1,9
Station AS1	Pâturage, herbe, luzerne	Herbe de prairie	Parties aériennes	25/04/22	10/06/22	Cendres	900 ± 130	< 0,19	< 0,61	n.a.	11,2 ± 2,0	122 ± 14
Fontprevoir	Lait	Lait de vache	Entier	25/04/22	06/05/22	Cendres	45,8 ± 6,6	< 0,019	< 0,045	n.a.	< 0,070	< 0,034

« n.a. » : non analysé. Les activités sont présentées ± l'incertitude ou <SD.

Tableau 9-11. Activités des radionucléides émetteurs  $\gamma$  d'origine artificielle des échantillons prélevés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux lors du suivi radioécologique de 2022.

Hors vents		Sous les vents		Emetteurs $\gamma$ d'origine artificielle									
Station	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Date de mesure	Qualité	Activité Bq.kg <sup>-1</sup> sec (sols, végétaux), Bq.L <sup>-1</sup> (lait)						
							<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>60</sup> Co	<sup>60</sup> Co	<sup>110m</sup> Ag	<sup>54</sup> Mn	<sup>131</sup> I
Cubord (Le Peu)	Mousse terrestre	Mousse <i>Rhytidelphus triquetrus</i>	Entier	25/04/22	26/04/22	Frais	< 0,84	<b>4,17 ± 0,78</b>	< 0,66	< 0,70	< 0,86	< 0,64	< 0,77
Bignoux	Production agricole	Chou <i>Brassica oleracea</i>	Feuilles	22/09/22	03/10/22	Cendres	< 0,082	<b>0,201 ± 0,089</b>	< 0,095	< 0,11	< 0,10	< 0,089	n.a.
Chapelle-Viviers	Production agricole	Chou <i>Brassica oleracea</i>	Feuilles	21/09/22	07/10/22	Cendres	< 0,060	<b>2,63 ± 0,31</b>	< 0,070	< 0,080	< 0,077	< 0,063	n.a.
Sillars	Sol non cultivé	Sol de prairie Horizon 0 - 5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	25/04/22	18/05/22	Sec	< 0,16	<b>3,28 ± 0,40</b>	< 0,17	< 0,14	< 0,19	< 0,17	n.a.
Station AS1	Sol non cultivé	Sol de prairie Horizon 0 - 5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	25/04/22	16/05/22	Sec	< 0,19	<b>1,96 ± 0,26</b>	< 0,20	< 0,18	< 0,21	< 0,22	n.a.
Station AS1	Pâturage, herbe, luzerne	Herbe de prairie	Parties aériennes	25/04/22	10/06/22	Cendres	< 0,044	< 0,043	< 0,067	< 0,057	< 0,057	< 0,049	n.a.
Fontprévoir	Lait	Lait de vache	Entier	25/04/22	06/05/22	Cendres	< 0,0044	<b>0,0094 ± 0,0065</b>	< 0,0048	< 0,0056	< 0,0052	< 0,0046	n.a.

« n.a. » : non analysé. Les activités sont présentées  $\pm$  l'incertitude ou  $<$ SD.

Tableau 9-12. Teneurs en iode stable des échantillons prélevés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux lors du suivi radioécologique de 2022.

Sous les vents

							<sup>127</sup> I
Station	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Date de mesure	Qualité	mg.kg <sup>-1</sup> frais
Cubord (Le Peu)	Mousse terrestre	Mousse <i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>	Entier	25/04/22	18/05/22	Lyophilisée	< 10

Les activités sont présentées ± l'incertitude ou <SD.

Tableau 9-13. Activités du tritium libre des échantillons prélevés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux lors du suivi radioécologique de 2022.

Sous les vents

							<sup>3</sup> H libre	
Station	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Date de mesure	Qualité	Bq.L <sup>-1</sup>	Bq.kg <sup>-1</sup> frais (végétaux) Bq.L <sup>-1</sup> de lait
Chapelle-Viviers	Production agricole	Chou <i>Brassica oleracea</i>	Feuilles	21/09/22	18/05/23	Eau de lyophilisation	< 0,60	< 0,50
Station AS1	Pâtûre, herbe, luzerne	Herbe de prairie	Parties aériennes	07/07/22	11/09/22	Eau de lyophilisation	< 0,67	< 0,44
Fontprévoir	Lait	Lait de vache	Entier	25/04/22	24/05/22	Eau de lyophilisation	0,87 ± 0,65	0,76 ± 0,57

Les activités sont présentées ± l'incertitude ou <SD.

Tableau 9-14. Activités du tritium organiquement lié des échantillons prélevés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux lors du suivi radioécologique de 2022.

Sous les vents

							<sup>3</sup> H organiquement lié		
Station	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Date de mesure	Qualité	Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de combustion	Bq.kg <sup>-1</sup> frais (végétaux) Bq.L <sup>-1</sup> de lait	Bq.kg <sup>-1</sup> MO
Chapelle-Viviers	Production agricole	Chou <i>Brassica oleracea</i>	Feuilles	21/09/22	25/06/23	Lyophilisée	1,58 ± 0,73	0,148 ± 0,070	0,98 ± 0,47
Station AS1	Pâtûre, herbe, luzerne	Herbe de prairie	Parties aériennes	07/07/22	20/09/22	Lyophilisée	< 0,83	< 0,094	< 0,51
Fontprévoir	Lait	Lait de vache	Entier	25/04/22	11/06/22	Lyophilisée	< 0,69	< 0,062	< 0,53

Les activités sont présentées ± l'incertitude ou <SD.

Tableau 9-15. Activités du <sup>14</sup>C des échantillons prélevés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux lors du suivi radioécologique de 2022.

Hors vents		Sous les vents												
Station	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Date de mesure	Qualité	<sup>14</sup> C		C tot	<sup>13</sup> C/ <sup>12</sup> C	PMC			
							Bq.kg <sup>-1</sup> de C	Bq.kg <sup>-1</sup> frais (végétaux) Bq.L <sup>-1</sup> de lait				g.kg <sup>-1</sup> frais (végétaux) g.L <sup>-1</sup> de lait	‰	‰
Bignoux	Production agricole	Chou <i>Brassica oleracea</i>	Feuilles	22/09/22	12/08/23	Lyophilisée	228 ± 8	5,88 ± 0,21	26	-27,58	103			
Chapelle-Viviers	Production agricole	Chou <i>Brassica oleracea</i>	Feuilles	21/09/22	18/10/23	Lyophilisée	229 ± 9	16,40 ± 0,64	72	-28,59	104			
Fontprévoir	Lait	Lait de vache	Entier	25/04/22	18/08/22	Lyophilisée	232 ± 9	14,61 ± 0,57	63	-21,52	104			
Fontprévoir	Pâtûre, herbe, luzerne	Herbe de pâtûrage	Parties aériennes	11/04/2022	16/09/22	Lyophilisée	226 ± 8	25,28 ± 0,89	112	-29,96	103			
Fontprévoir	Pâtûre, herbe, luzerne	Herbe de pâtûrage	Parties aériennes	07/07/2022	24/11/22	Lyophilisée	233 ± 9	33,4 ± 1,3	143	-26,87	105			
Fontprévoir	Pâtûre, herbe, luzerne	Herbe de pâtûrage	Parties aériennes	11/10/2022	26/06/23	Lyophilisée	227,3 ± 1,0	24,57 ± 0,11	108	-27,32	103			
Fontprévoir	Pâtûre, herbe, luzerne	Herbe de pâtûrage	Parties aériennes	09/01/2023	06/07/23	Lyophilisée	225 ± 8	15,21 ± 0,54	68	-30,64	102			

Les activités sont présentées ± l'incertitude.

Tableau 9-16. Granulométrie et teneur en matières organiques des échantillons de sols prélevés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux lors du suivi radioécologique de 2022.

Hors vents		Sous les vents				
Station	Nature	Date de prélèvement	Date de mesure	Analyses	%	
Sillars	Sol de prairie Horizon 0 - 5 cm	25/04/22	01/09/22	<b>Granulométrie 5 fractions</b>		
				Argile	41,26	
				Limons fins	12,79	
				Limons grossiers	9,09	
				Sables fins	14,49	
				Sables grossiers	22,38	
	<b>Teneur en matières organiques</b>	13,2				
Station AS1	Sol de prairie Horizon 0 - 5 cm	25/04/22	01/09/22	<b>Granulométrie 5 fractions</b>		
				Argile	18,48	
				Limons fins	8,99	
				Limons grossiers	8,89	
				Sables fins	13,99	
				Sables grossiers	49,65	
	<b>Teneur en matières organiques</b>	6,80				

Tableau 9-17. Activités du <sup>3</sup>H libre dans les eaux prélevées dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux de 2013 à 2022 ( Bq.L<sup>-1</sup>).

Année de prélèvement	avril 2013	avril 2014	avril 2015	mai 2016	juin 2017	mai/oct. 2018	avril/juin/juil. 2019	juil./sept. 2020	avril/juil. 2021	avril/juil. 2022
Distance par rapport au site	5,9 km	5,9 km	5,9 km	5,9 km	5,9 km	5,9 et 10 km	5,9 à 10 km	5,9 et 10 km	5,9 et 10 km	5,9 et 10 km
Emetteurs β										
<sup>3</sup> H libre	-	0,90 (1/1)	-	-	-	53 (1/2)	36,1 (1/4)	-	37,1 (1/2)	-

« - » : inférieur au seuil de décision

287/333

Tableau 9-18. Activités des principaux radionucléides émetteurs γ, du <sup>14</sup>C, du <sup>3</sup>H libre et du <sup>3</sup>H organiquement lié dans les sédiments prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux de 2013 à 2022 (spectrométrie γ : Bq.kg<sup>-1</sup> sec ; <sup>14</sup>C : Bq.kg<sup>-1</sup> de C ; <sup>3</sup>H : Bq.L<sup>-1</sup>).

Année de prélèvement	août 2013		août 2014		juin 2015		juil. 2016		sept. 2017		oct. 2018		juil 2019		juil. 2020		juil. 2021		juil. 2022	
	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval
<b>Emetteurs γ d'origine artificielle</b>																				
<sup>134</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,26 (1/2)	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>137</sup> Cs	10 (1/1)	9,0-10 (2/2)	10 (1/1)	8,7-9,4 (2/2)	7,8 (1/1)	8,8-9,8 (2/2)	6,6 (1/1)	7,1-8,6 (2/2)	7,7 (1/1)	9,0-9,3 (2/2)	4,9 (1/1)	5,9-6,8 (2/2)	5,92 (1/1)	8,23 (2/2)	6,21 (1/1)	5,25- 7,07 (2/2)	5,02 (1/1)	6,81- 7,04 (2/2)	6,47 (1/1)	5,54- 6,37 (2/2)
<sup>60</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>60</sup> Co	-	0,27- 0,42 (2/2)	-	4,1-8,0 (2/2)	-	1,0-1,1 (2/2)	-	0,41- 0,79 (2/2)	-	0,35- 1,0 (2/2)	-	-	-	0,44- 0,87 (2/2)	-	-	-	0,33 (1/2)	-	0,86- 1,00 (2/2)
<sup>110m</sup> Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,89 (1/2)	-	2,43- 5,10 (2/2)
<sup>54</sup> Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Emetteurs β</b>																				
<sup>14</sup> C	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	222,3 (1/1)	377,8 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<sup>3</sup> H libre	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<sup>3</sup> H organiquement lié	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	2,54 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

« n.a. » : non analysé ; « - » : inférieur au seuil de décision

288/333

Tableau 9-19. Activités des principaux radionucléides émetteurs  $\gamma$ , du  $^{14}\text{C}$ , du  $^3\text{H}$  libre et du  $^3\text{H}$  organiquement lié dans les phanérogrames prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux de 2013 à 2022 (spectrométrie  $\gamma$  :  $\text{Bq.kg}^{-1}\text{ sec}$  ;  $^{14}\text{C}$  :  $\text{Bq.kg}^{-1}$  de C ;  $^3\text{H}$  :  $\text{Bq.L}^{-1}$ ).

Année de prélèvement	juin 2013		août 2014		sept. 2015		juil. 2016		sept. 2017		oct. 2018		juin 2019		juil. 2020		juil. 2021		juil. 2022	
	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval										
<b>Emetteurs <math>\gamma</math> d'origine artificielle</b>																				
$^{134}\text{Cs}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,12 (1/2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$^{137}\text{Cs}$	0,21 (1/1)	0,20- 0,39 (2/2)	0,33 (1/1)	0,26- 0,28 (2/2)	0,75 (1/1)	0,41- 0,55 (2/2)	0,37 (1/1)	0,13- 0,20 (2/2)	0,62 (1/1)	0,58- 0,97 (2/2)	0,45 (1/1)	0,20- 0,24 (2/2)	0,446 (1/1)	0,273- 0,353 (2/2)	0,340 (1/1)	0,141- 0,204 (2/2)	0,207 (1/1)	0,262 (1/2)	0,323 (1/1)	0,446- 0,652 (2/2)
$^{58}\text{Co}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,14 (1/2)	-	-	-	-	-	0,270 (1/2)	-	-
$^{60}\text{Co}$	-	0,21 (1/2)	-	1,4-1,6 (2/2)	-	0,22- 0,33 (2/2)	-	-	-	0,16 (2/2)	-	0,11 (1/2)	-	-	-	-	-	0,29- 0,63 (2/2)	-	0,124- 0,36 (2/2)
$^{110m}\text{Ag}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,415 (1/2)	-	0,98-1,44 (2/2)
$^{54}\text{Mn}$	-	-	-	0,14 (1/2)	-	0,10 (1/2)	-	-	-	-	-	0,090 (1/2)	-	-	-	-	-	0,178 (1/2)	-	0,33 (1/2)
$^{131}\text{I}$	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-										
<b>Emetteurs <math>\beta</math></b>																				
$^{14}\text{C}$	n.a.	n.a.	206 (1/1)	524 (1/1)	222,0 (1/1)	1338,8 (1/1)	207,0 (1/1)	604,3 (1/1)	213 (1/1)	2187,3 (1/1)	221 (1/1)	297 (1/1)								
$^3\text{H}$ libre	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-	-	1,1 (1/1)	n.a.	n.a.	0,9 (1/1)	55 (1/1)	-	41,0 (1/1)	-	0,70 (1/1)	1,08 (1/1)	51,6 (1/1)	-	0,81 (1/1)
$^3\text{H}$ organiquement lié	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	19 (1/1)	-	18,1 (1/1)	-	-	-	25,7 (1/1)	2,93 (1/1)	2,76 (1/1)	

« n.a. » : non analysé ; « - » : inférieur au seuil de décision

280/333



Tableau 9-20. Activités des principaux radionucléides émetteurs  $\gamma$  dans les mousses aquatiques prélevées dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux de 2013 à 2021 ( $\text{Bq.kg}^{-1}\text{ sec}$  – pas de prélèvement de mousse aquatique en 2022).

Année de prélèvement	sept. 2013		sept. 2014		sept. 2015		sept. 2016		sept. 2017		oct. 2018		juil. 2019		juil. 2020		juil. 2021	
	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval
<b>Emetteurs <math>\gamma</math> d'origine artificielle</b>																		
$^{134}\text{Cs}$	-	-	-	0,37 (1/1)	-	-	-	0,23 (1/1)	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
$^{137}\text{Cs}$	2,0 (1/1)	2,0 (1/1)	1,4 (1/1)	1,8 (1/1)	3,8 (1/1)	2,4 (1/1)	3,4 (1/1)	1,5 (1/1)	4,3 (1/1)	2,4 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
$^{58}\text{Co}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
$^{60}\text{Co}$	-	0,27 (1/1)	-	5,4 (1/1)	-	1,1 (1/1)	-	0,32 (1/1)	-	0,60 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
$^{110m}\text{Ag}$	-	-	-	0,79 (1/1)	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
$^{54}\text{Mn}$	-	0,21 (1/1)	-	1,8 (1/1)	-	-	-	0,52 (1/1)	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	
$^{131}\text{I}$	-	-	2,2 (1/1)	2,8 (1/1)	-	2,1 (1/1)	-	-	-	-	1,9 (1/1)	-	-	-	2,5 (1/1)	-	-	

« n.a. » : non analysé ; « - » : inférieur au seuil de décision

290/333



Tableau 9-21. Activités des principaux radionucléides émetteurs  $\gamma$ , du  $^{14}\text{C}$ , du  $^3\text{H}$  libre et du  $^3\text{H}$  organiquement lié dans les poissons prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux de 2013 à 2022 (spectrométrie  $\gamma$  :  $\text{Bq.kg}^{-1}$  frais ;  $^{14}\text{C}$  :  $\text{Bq.kg}^{-1}$  de carbone ;  $^3\text{H}$  :  $\text{Bq.L}^{-1}$ ).

Année de prélèvement	sept. 2013		sept. 2014		sept. 2015		sept. 2016		sept. 2017		sept. 2018		nov. 2019		oct. 2020		oct. 2021		sept. 2022	
	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval										
<b>Emetteurs <math>\gamma</math> d'origine artificielle</b>																				
$^{137}\text{Cs}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$^{137}\text{Cs}$	0,30 (1/1)	0,10 (1/1)	0,18 (1/1)	0,15 (1/1)	0,13 (1/1)	0,20 (1/1)	0,16 (1/1)	0,14 (1/1)	0,17 (1/1)	0,16 (1/1)	0,11 (1/1)	0,15 (1/1)	0,121 (1/1)	0,238 (1/1)	0,133 (1/1)	0,143 (1/1)	0,116 (1/1)	0,105 (1/1)	0,189 (1/1)	0,140 (1/1)
$^{60}\text{Co}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$^{60}\text{Co}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$^{54}\text{Mn}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Emetteurs <math>\beta</math></b>																				
$^{14}\text{C}$	291 (1/1)	647 (1/1)	243 (1/1)	1690 (1/1)	241 (1/1)	1091 (1/1)	227 (1/1)	2017 (1/1)	236 (1/1)	1750 (1/1)	238 (1/1)	1557 (1/1)	230 (1/1)	1710 (1/1)	231,3 (1/1)	1392,7 (1/1)	222 (1/1)	1808 (1/1)	220 (1/1)	1365 (1/1)
$^3\text{H}$ libre	0,64 (1/1)	-	-	28 (1/1)	-	-	-	40 (1/1)	0,8 (1/1)	0,9 (1/1)	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
$^3\text{H}$ organiquement lié	1,4 (1/1)	12 (1/1)	0,93 (1/1)	18 (1/1)	1,3 (1/1)	9,6 (1/1)	1,2 (1/1)	17 (1/1)	4,4 (1/1)	10 (1/1)	-	5,6 (1/1)	-	10,6 (1/1)	-	9,3 (1/1)	-	10,7 (1/1)	-	7,4 (1/1)

« n.a. » : non analysé ; « - » : inférieur au seuil de décision

291/333



Tableau 9-22. Activités des radionucléides émetteurs  $\gamma$  d'origine naturelle des échantillons prélevés dans l'environnement aquatique du site de Civaux lors du suivi radioécologique de 2022.

Station	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Date de mesure	Qualité	Emetteurs $\gamma$ d'origine naturelle					
							Activité $\text{Bq.kg}^{-1}\text{sec}$ (sédiments, végétaux), $\text{Bq.kg}^{-1}$ frais (poissons)					
							$^{40}\text{K}$	Famille de $^{232}\text{Th}$ $^{228}\text{Ac}$	Famille de $^{238}\text{U}$ $^{234}\text{Th}$ $^{214}\text{Pb}$	$^{234\text{m}}\text{Pa}$	$^{210}\text{Pb}$	$^7\text{Be}$
Monas Rive gauche	Sédiment	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	19/07/22	07/12/22	Sec	566 ± 81	69,7 ± 9,1	n.a.	103 ± 25	n.a.	113 ± 15
St-Martin-la-Rivière Rive droite	Sédiment	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	19/07/22	05/12/22	Sec	548 ± 79	63,3 ± 8,3	n.a.	95 ± 30	n.a.	65 ± 10
Vieilles Ecluses Rive droite	Sédiment	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	19/07/22	21/12/22	Sec	568 ± 82	62,5 ± 8,2	n.a.	74 ± 28	n.a.	66 ± 17
Monas Rive gauche	Phanérogame immergée	Renoncule <i>Ranunculus aquatilis</i>	Entier	19/07/22	10/11/22	Cendres	910 ± 130	54,1 ± 7,0	10,3 ± 2,3	n.a.	9,2 ± 2,4	17,3 ± 2,3
St-Martin-la-Rivière Rive droite	Phanérogame immergée	Renoncule <i>Ranunculus aquatilis</i>	Entier	19/07/22	10/11/22	Cendres	860 ± 120	83 ± 11	15,6 ± 2,6	n.a.	17,8 ± 3,8	39,5 ± 4,9
Vieilles Ecluses Rive droite	Phanérogame immergée	Renoncule <i>Ranunculus aquatilis</i>	Entier	20/07/22	19/08/22	Cendres	820 ± 120	44 ± 5,7	11,7 ± 2,4	n.a.	18,4 ± 3,3	51,6 ± 5,9
Le Pont Rives gauche et droite	Poisson	Carpe commune <i>Cyprinus carpio</i>	Muscle	28/09/22	16/01/23	Cendres	147 ± 21	< 0,16	< 0,34	n.a.	< 0,49	< 1,2
Salles-en-Toulon (le des Dessous) Rives gauche et droite	Poisson	Carpe commune <i>Cyprinus carpio</i>	Muscle	28/09/22	21/12/22	Cendres	98 ± 14	< 0,099	< 0,21	n.a.	< 0,29	< 0,50

« n.a. » : non analysé. Les activités sont présentées  $\pm$  l'incertitude ou <SD.

292/333



Tableau 9-23. Activités des radionucléides émetteurs  $\gamma$  d'origine artificielle des échantillons prélevés dans l'environnement aquatique du site de Civaux lors du suivi radioécologique de 2022.

			Amont		Aval		Aval lointain		Emetteurs $\gamma$ d'origine artificielle							
Station	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Date de mesure	Qualité	Activité Bq.kg <sup>-1</sup> sec (sédiments, végétaux), Bq.kg <sup>-1</sup> frais (poissons)									
							<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>60</sup> Co	<sup>65</sup> Co	<sup>110m</sup> Ag	<sup>54</sup> Mn	<sup>131</sup> I			
Monas Rive gauche	Sédiment	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	19/07/22	07/12/22	Sec	< 0,22	<b>6,47 ± 0,76</b>	< 0,66	< 0,19	< 0,33	< 0,31	n.a.			
St-Martin-la-Rivière Rive droite	Sédiment	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	19/07/22	05/12/22	Sec	< 0,36	<b>5,54 ± 0,65</b>	< 0,81	<b>1,00 ± 0,30</b>	<b>5,10 ± 0,64</b>	< 0,37	n.a.			
Vieilles Ecluses Rive droite	Sédiment	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	19/07/22	21/12/22	Sec	< 0,31	<b>6,37 ± 0,75</b>	< 0,89	<b>0,86 ± 0,28</b>	<b>2,43 ± 0,37</b>	< 0,36	n.a.			
Monas Rive gauche	Phanérogame immergée	Renoncule <i>Ranunculus aquatilis</i>	Entier	19/07/22	10/11/22	Cendres	< 0,071	<b>0,323 ± 0,050</b>	< 0,18	< 0,075	< 0,11	< 0,10	n.a.			
Monas Rive gauche	Phanérogame immergée	Renoncule <i>Ranunculus aquatilis</i>	Entier	19/07/22	21/07/22	Frais	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	< 1,3			
St-Martin-la-Rivière Rive droite	Phanérogame immergée	Renoncule <i>Ranunculus aquatilis</i>	Entier	19/07/22	10/11/22	Cendres	< 0,15	<b>0,652 ± 0,094</b>	< 0,28	<b>0,36 ± 0,13</b>	<b>1,44 ± 0,19</b>	<b>0,33 ± 0,16</b>	n.a.			
St-Martin-la-Rivière Rive droite	Phanérogame immergée	Renoncule <i>Ranunculus aquatilis</i>	Entier	19/07/22	21/07/22	Frais	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	< 1,5			
Vieilles Ecluses Rive droite	Phanérogame immergée	Renoncule <i>Ranunculus aquatilis</i>	Entier	20/07/22	19/08/22	Cendres	< 0,070	<b>0,446 ± 0,065</b>	< 0,084	<b>0,124 ± 0,081</b>	<b>0,98 ± 0,13</b>	< 0,11	n.a.			
Le Pont Rives gauche et droite	Poisson	Carpe commune <i>Cyprinus carpio</i>	Muscle	28/09/22	16/01/23	Cendres	< 0,051	<b>0,189 ± 0,050</b>	< 0,12	< 0,053	< 0,072	< 0,051	n.a.			
Salles-en-Toulon (le des Dessous) Rives gauche et droite	Poisson	Carpe commune <i>Cyprinus carpio</i>	Muscle	28/09/22	21/12/22	Cendres	< 0,028	<b>0,140 ± 0,031</b>	< 0,051	< 0,031	< 0,038	< 0,028	n.a.			

« n.a. » : non analysé. Les activités sont présentées  $\pm$  l'incertitude ou <SD

Tableau 9-24. Teneurs en iode stable dans les échantillons prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux lors du suivi radioécologique de 2022.

Amont		Aval						<sup>127</sup> I
Station	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Date de mesure	Qualité	mg.kg <sup>-1</sup> frais	
Monas Rive gauche	Phanérogame immergée	Renoncule <i>Ranunculus aquatica</i>	Entier	19/07/22	01/03/23	Lyophilisée	< 7,0	
St-Martin-la-Rivière Rive droite	Phanérogame immergée	Renoncule <i>Ranunculus aquatica</i>	Entier	19/07/22	10/05/23	Lyophilisée	< 6,6	

Les activités sont présentées ± l'incertitude ou <SD.

Tableau 9-25. Activités du tritium libre dans les échantillons prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux lors du suivi radioécologique de 2022.

Amont		Aval							<sup>3</sup> H libre	
Station	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Date de mesure	Qualité	Bq.L <sup>-1</sup>	Bq.kg <sup>-1</sup> frais		
Monas Rive gauche	Phanérogame immergée	Renoncule <i>Ranunculus aquatica</i>	Entier	19/07/22	08/10/22	Eau de lyophilisation	< 0,56	< 0,48		
St-Martin-la-Rivière Rive droite	Phanérogame immergée	Renoncule <i>Ranunculus aquatica</i>	Entier	19/07/22	29/01/23	Eau de lyophilisation	0,81 ± 0,64	0,71 ± 0,56		
St-Martin-la-Rivière	Eau	Eau de boisson	Entier	25/04/22	09/05/22	Entier	< 0,53	-		
Chauvigny	Eau	Eau d'irrigation	Entier	18/07/22	30/07/22	Entier	< 0,5	-		

Les activités sont présentées ± l'incertitude ou <SD.

Tableau 9-26. Activités du tritium organiquement lié dans les échantillons prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux lors du suivi radioécologique de 2022.

Amont		Aval								
Station	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Date de mesure	Qualité	<sup>3</sup> H organiquement lié			
							Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de combustion	Bq.kg <sup>-1</sup> frais	Bq.kg <sup>-1</sup> MO	
Monas Rive gauche	Phanérogame immergée	Renoncule <i>Ranunculus aquatica</i>	Entier	19/07/22	08/10/22	Eau de combustion	2,93 ± 0,78	0,192 ± 0,058	1,78 ± 0,54	
St-Martin-la-Rivière Rive droite	Phanérogame immergée	Renoncule <i>Ranunculus aquatica</i>	Entier	19/07/22	01/04/23	Eau de combustion	2,76 ± 0,87	0,171 ± 0,059	1,74 ± 0,60	
Le Pont Rives gauche et droite	Poisson	Carpe commune <i>Cyprinus carpio</i>	Muscle	28/09/22	26/01/23	Eau de combustion	< 0,60	< 0,12	< 0,44	
Salles-en-Toulon (Ile des Dessous) Rives gauche et droite	Poisson	Carpe commune <i>Cyprinus carpio</i>	Muscle	28/09/22	23/06/23	Eau de combustion	7,4 ± 1,3	1,25 ± 0,26	5,3 ± 1,1	

Les activités sont présentées ± l'incertitude ou <SD.

Tableau 9-27. Activités du <sup>14</sup>C dans les échantillons prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux lors du suivi radioécologique de 2022.

Amont		Aval									
Station	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Date de mesure	Qualité	<sup>14</sup> C		C tot	<sup>13</sup> C/ <sup>12</sup> C	PMC
							Bq.kg <sup>-1</sup> de C	Bq.kg <sup>-1</sup> frais			
Monas Rive gauche	Phanérogame immergée	Renoncule <i>Ranunculus aquatica</i>	Entier	19/07/22	22/06/23	Lyophilisée	221 ± 9	11,81 ± 0,48	53	-24,85	100
St-Martin-la-Rivière Rive droite	Phanérogame immergée	Renoncule <i>Ranunculus aquatica</i>	Entier	19/07/22	01/09/23	Lyophilisée	297 ± 12	13,77 ± 0,56	46	-25,78	134
Le Pont Rives gauche et droite	Poisson	Carpe commune <i>Cyprinus carpio</i>	Muscle	28/09/22	13/09/23	Lyophilisée	220 ± 8	29,29 ± 1,07	133	-24,84	99
Salles-en-Toulon (Ile des Dessous) Rives gauche et droite	Poisson	Carpe commune <i>Cyprinus carpio</i>	Muscle	28/09/22	10/05/23	Lyophilisée	1365 ± 38	159,93 ± 4,45	117	-26,23	616

Tableau 9-28. Activités du <sup>63</sup>Ni dans les échantillons prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux lors du suivi radioécologique de 2022.

Amont		Aval						<sup>63</sup> Ni
Station	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Date de mesure	Qualité	Bq.kg <sup>-1</sup> sec	
Monas Rive gauche	Phanérogame immergée	Renoncule <i>Ranunculus aquatica</i>	Entier	19/07/22	16/10/23	Cendres	< 0,38	
St-Martin-la-Rivière Rive droite	Phanérogame immergée	Renoncule <i>Ranunculus aquatica</i>	Entier	19/07/22	17/10/23	Cendres	< 0,54	

Les activités sont présentées ± l'incertitude ou <SD.

Tableau 9-29. Activités du <sup>55</sup>Fe dans les échantillons prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux lors du suivi radioécologique de 2022.

Amont		Aval						<sup>55</sup> Fe
Station	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Date de mesure	Qualité	Bq.kg <sup>-1</sup> sec	
Monas Rive gauche	Phanérogame immergée	Renoncule <i>Ranunculus aquatica</i>	Entier	19/07/22	15/09/23	Cendres	< 1,4	
St-Martin-la-Rivière Rive droite	Phanérogame immergée	Renoncule <i>Ranunculus aquatica</i>	Entier	19/07/22	17/09/23	Cendres	< 3,3	

Les activités sont présentées ± l'incertitude ou <SD.

Tableau 9-30. Granulométrie et teneur en matières organiques des échantillons de sédiments prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux lors du suivi radioécologique de 2022.

Amont	Aval	Aval lointain			
Station	Nature	Date de prélèvement	Date de mesure	Analyses	%
Monas Rive gauche	Sédiment	19/07/22	01/09/22	<b>Granulométrie 5 fractions</b> Argile Limos fins Limos grossiers Sables fins Sables grossiers	23,00 17,30 12,00 35,40 12,30
				<b>Teneur en matières organiques</b>	13,30
St-Martin-la-Rivière Rive droite	Sédiment	19/07/22	01/09/22	<b>Granulométrie 5 fractions</b> Argile Limos fins Limos grossiers Sables fins Sables grossiers	16,70 11,40 10,30 41,00 20,60
				<b>Teneur en matières organiques</b>	15,80
Vieilles Ecluses Rive droite	Sédiment	19/07/22	01/09/22	<b>Granulométrie 5 fractions</b> Argile Limos fins Limos grossiers Sables fins Sables grossiers	17,90 13,00 11,70 41,80 15,60
				<b>Teneur en matières organiques</b>	13,00

## Bibliographie

- [1] Electricité de France. Site internet : <https://www.edf.fr/centrale-nucleaire-civaux>.
- [2] EDF. Dossier de presse. La centrale nucléaire de Civaux – Produire de manière sûre une électricité bas carbone à un coût compétitif en région Nouvelle Aquitaine. 2023.
- [3] IRSN. Bilan de l'état radiologique de l'environnement français de 2018 à 2020. Rapport de mission 2021, 408 p., 2021.
- [4] IRSN. Analyse de l'impact de l'accident de Fukushima en France (métropole et DROM-COM) à partir des résultats de la surveillance renforcée de la radioactivité de l'environnement. Rapport DEL/2011-01. Février 2012.
- [5] IRSN. Actualisation des connaissances acquises sur le tritium dans l'environnement. Rapport IRSN/PRP-ENV/SERIS/2017-00004, 74 p., 2017.