



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

CIVAUX

2022

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

SOMMAIRE

Partie I - Le Centre Nucléaire de Production d'Electricité de CIVAUX en 2022	4
I. Contexte	4
II. Le CNPE de CIVAUX	4
III. Modifications apportées au voisinage du CNPE de CIVAUX	7
IV. Évolutions scientifiques susceptibles de modifier l'étude d'impact	8
V. Bilan des incidents de fonctionnement et des événements significatifs pour l'environnement	8
Partie II - Prélèvements d'eau	10
I. Prélèvements d'eau de la VIENNE pour le refroidissement	12
II. Prélèvement d'eau de la Vienne destinée à l'usage industriel	14
III. Prélèvement d'eau potable	15
IV. Milieu de prélèvement : valeurs limites et maintenance	15
Partie III – Restitution et consommation d'eau	17
I. Restitution d'eau	17
II. Consommation d'eau	17
Partie IV - Rejets d'effluents	19
I. Rejets d'effluents à l'atmosphère	19
II. Rejets d'effluents liquides	28
III. Rejets thermiques	44
Partie V - Prévention du risque microbiologique	47
I. Bilan annuel des colonisations en circuit	47
II. Synthèse des traitements biocides et rejets associés	48
Partie VI - Surveillance de l'environnement	49
I. Surveillance de la radioactivité dans l'environnement	49
II. Physico-chimie des eaux souterraines	56
III. Chimie et physico-chimie des eaux de surface	56
IV. Physico-chimie et suivi Hydrobiologique des eaux réceptrices	57
V. Acoustique environnementale	71

Partie VII - Évaluation de l'impact environnemental et sanitaire des rejets de l'installation
73

Partie VIII - Gestion des déchets	77
I. Les déchets radioactifs	77
II. Les déchets non radioactifs	81
ABREVIATIONS	84
ANNEXE 1 : Suivi microbiologique du CNPE de CIVAUX Année 2022	85
ANNEXE 2 : Suivi radio écologique annuel du CNPE de CIVAUX Année 2021	86

Partie I - Le Centre Nucléaire de Production d'Electricité de CIVAUX en 2022

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 2022 du CNPE de CIVAUX en matière d'environnement.

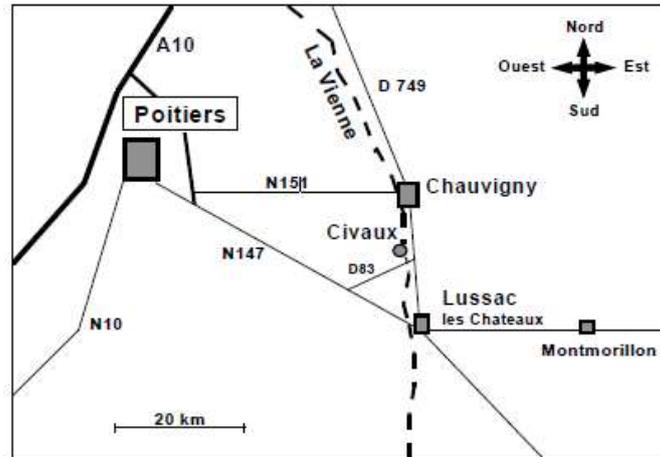
II. Le CNPE de CIVAUX

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

Cycle de production	Type d'arrêt
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
Depuis le 25/01/2023, cycle 19	

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.
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.

Cycle de production	Type d'arrêt
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
Depuis le 03/04/2023, poursuite cycle 18	

L'année 2022 a été marquée par un aléa particulier de phénomène de corrosion sous contrainte (CSC) détecté sur des portions de tuyauteries de circuits auxiliaires du circuit primaire principal des tranches 1 et 2.

Afin de se prémunir de la présence de défauts sur les tuyauteries des circuits importants pour la sûreté des installations, les programmes de maintenance du parc nucléaire français prévoient la réalisation de contrôles, lors de chaque visite décennale, sous forme d'Examens non destructifs (END) par ultrasons ou par radiographie.

En 2021, lors de la deuxième visite décennale du réacteur n°1 de la centrale de Civaux, un endommagement de l'acier inoxydable d'une portion de tuyauterie sur les lignes du circuit d'injection de sécurité (RIS) a été détecté.

EDF a procédé à la découpe des portions de tuyauteries concernées et des expertises, réalisées en laboratoire, ont permis de confirmer que les défauts constatés sur le réacteur de Civaux 1 étaient liés à un mécanisme de dégradation qui fait intervenir simultanément le matériau et ses caractéristiques intrinsèques, les sollicitations mécaniques auxquelles il est soumis, et la nature du fluide qui y circule. C'est un phénomène connu dans l'industrie et appelé « corrosion sous contrainte ». Il peut être détecté par la réalisation de contrôles spécifiques par ultra-sons, tels que ceux menés de manière préventive par EDF lors des visites décennales de ses réacteurs.

Des contrôles initiés sur les mêmes matériels du réacteur n°2 de la centrale de Civaux ont fait apparaître des défauts similaires. Le réacteur n°2 a été arrêté en novembre 2021 pour réaliser ces contrôles, puis a réalisé sa visite décennale en parallèle.

Ainsi les deux réacteurs de Civaux sont restés à l'arrêt la totalité de l'année 2022 (découplage en 2021 et recouplage en 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 2022, 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 évènements 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 Sûreté Nucléaire, de traiter ces évènements et d'en analyser les causes profondes pour les éradiquer.

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

1 Bilan des évènements significatifs pour l'environnement déclarés

Le tableau suivant récapitule les évènements significatifs pour l'environnement déclarés par le CNPE de CIVAUX en 2022.

Typologie	Date	Description de l'évènement	Principales actions correctives
ESE 6	02/08/2022	Déclaration du cumul annuel des pertes de fluides frigorigènes (impact environnement : émissions de gaz à effet de serre)	Remplacement ou maintenance des groupes froids identifiés comme présentant des fragilités.

2 Bilan des incidents de fonctionnement

Le CNPE de CIVAUX n'a pas eu, durant l'année 2022, 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.

Partie II - Prélèvements d'eau

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

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

Dans un CNPE, l'eau est nécessaire pour :

- refroidir les installations,
- constituer des réserves pour réaliser des appoints ou disposer de stockage de sécurité dont l'alimentation des circuits de lutte contre les incendies (usage industriel),
- alimenter les installations sanitaires et les équipements de restauration des salariés (usage domestique).

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

- le circuit primaire pour extraire la chaleur : c'est un circuit fermé parcouru par de l'eau sous pression (155 bars) et à une température de 300° C. L'eau passe dans la cuve du réacteur, capte la chaleur produite par la réaction de fission du combustible nucléaire et transporte cette énergie thermique vers le circuit secondaire au travers des générateurs de vapeur.
- le circuit secondaire pour produire la vapeur : au contact des milliers de tubes en « U » des générateurs de vapeur, l'eau du circuit primaire transmet sa chaleur à l'eau circulant dans le circuit secondaire, lui-aussi fermé. L'eau de ce circuit est ainsi transformée en vapeur qui fait tourner la turbine. Celle-ci entraîne l'alternateur qui produit l'électricité. Après son passage dans la turbine, la vapeur repasse à l'état liquide dans le condenseur ; cette eau est ensuite renvoyée vers les générateurs de vapeur pour un nouveau cycle.
- un troisième circuit, appelé « circuit de refroidissement » : pour condenser la vapeur et évacuer la chaleur, le circuit de refroidissement comprend un condenseur, appareil composé de milliers de tubes dans lesquels circule de l'eau froide prélevée dans la 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 m³ par seconde par tranche.

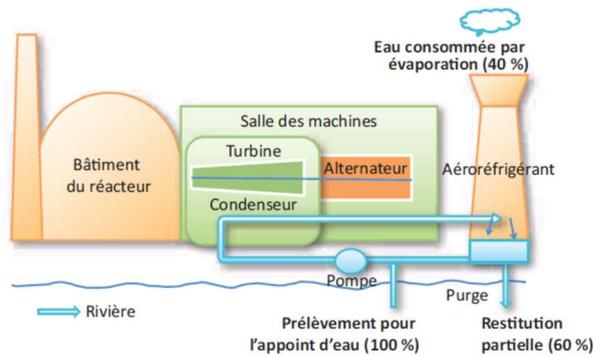


Figure 1 : Schéma d'un CNPE avec un circuit de refroidissement fermé (Source : EDF)

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

1. Cumul mensuel

Le tableau ci-dessous détaille le cumul mensuel du prélèvement dans le milieu naturel de l'année 2022.

	Prélèvement d'eau (en millions de m ³)
Janvier	3,66
Février	1,63
Mars	1,51
Avril	1,47
Mai	2,86
Juin	1,08
Juillet	0,57
Août	0,06
Septembre	2,28
Octobre	3,45
Novembre	3,56
Décembre	3,68
TOTAL	25,81

2. Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel des prélèvements d'eau pour 2022

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

Année	Milieu	Volume total prélevé (m ³)	Volume prélevé pour le refroidissement (m ³)
2020	Eau de Vienne	91 307 793	89 841 984
2021		73 073 518	71 512 568
2022		27 359 370	25 810 572
Prévisionnel 2022		52 000 000	/

Commentaires :

Le volume annuel d'eau prélevé est inférieur au prévisionnel qui avait été défini pour l'année 2022, compte tenu des modifications du programme industriel. En effet, lors de l'établissement du prévisionnel en janvier 2022, il était prévu que la TR2 reste à l'arrêt toute l'année et que la TR1 redémarre au 31/08/2022. Le prévisionnel incluait donc les prélèvements de la TR1 en fonctionnement sur les 4 derniers mois de l'année, ainsi qu'un débit minimal de prélèvement lorsque les 2 tranches étaient à l'arrêt, pour assurer la dilution des effluents rejetés dans l'émissaire principal. Au final, les 2 réacteurs sont restés à l'arrêt la totalité de l'année 2022, les prélèvements d'eau ont donc été moindres. Le volume total de 27 359 370 m³ inclut les eaux de refroidissement (25 810 572 m³) et les eaux à usage industriel (1 548 798 m³) pour les prélèvements d'eau brute, les essais incendie et l'eau d'appoint de la station de déminéralisation.

3. Comparaison aux valeurs limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des volumes annuels d'eau prélevés cette année avec les valeurs limites de prélèvement fixées par la décision ASN n°2009-DC-0138 dans sa version modifiée par la décision ASN n°2011-DC-0234.

Limites de prélèvement			Prélèvement	
Prescriptions	Valeur	Unité	Valeur maximale	Valeur moyenne
Débit instantané	6	m ³ / s	1,39	0,82
Volume journalier	432 000	m ³	119 784	70 714
Volume annuel	117 000 000	m ³	25 810 572	/

Commentaires : Les valeurs maximales comptabilisées sont inférieures à la limite autorisée.

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

Un chantier de curage de la prise d'eau en Vienne a eu lieu en juin 2022 (nettoyage curage des fosses SEF). Au total, 3 bennes de sédiments de prise d'eau ont été évacuées, pour un total de 17,1 tonnes.

Le nettoyage curage des bassins SEC a également été réalisé en 2022, à l'occasion des visites décennales. Ce sont les bassins de réserve d'eau pour le refroidissement des systèmes primaires. Au total, 4 citernes de sédiments de curage ont été évacuées pour ce chantier, pour un total de 68,92 tonnes.

Il y a donc eu au total l'évacuation de 86,02 tonnes de sédiments inertes de curage des ouvrages de prise d'eau en 2022.

5. Opérations exceptionnelles de prélèvements en Vienne.

Le CNPE de CIVAUX n'a pas réalisé d'opération exceptionnelle de prélèvement d'eau dans le milieu récepteur en 2022.

II. Prélèvement d'eau de la Vienne destinée à l'usage industriel

1. Cumul mensuel

Le tableau ci-dessous détaille le cumul mensuel du prélèvement dans le milieu naturel de l'année 2022 pour les eaux à usage industriel.

	Prélèvement d'eau (en millions de m ³)
Janvier	0,14
Février	0,17
Mars	0,18
Avril	0,17
Mai	0,07
Juin	0,11
Juillet	0,11
Août	0,11
Septembre	0,09
Octobre	0,11
Novembre	0,11
Décembre	0,11
TOTAL	1,55

2. Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel des prélèvements d'eau pour 2022

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de prélèvement des années 2020 à 2022.

Année	Milieu	Volume prélevé pour usage industriel (millier de m ³)
2020	Eau de Vienne	1 466
2021		1 561
2022		1 549

Commentaires : Le volume annuel d'eau prélevé pour l'usage industriel est cohérent par rapport au volume prélevé les années précédentes. Il n'y a pas de prévisionnel établi sur les prélèvements liés à l'usage industriel, le prévisionnel porte sur le volume total prélevé (refroidissement + industriel).

III. Prélèvement d'eau potable

1. Cumul annuel et comparaison pluriannuelle et au prévisionnel des prélèvements d'eau pour 2022

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

Année	Milieu	Volume (m ³)
2020	Eau Potable	28 177
2021		39 302
2022		30 691
Prévisionnel 2022		50 000

Commentaires : Le volume annuel de consommation d'eau potable est cohérent par rapport au volume consommé les années précédentes.

IV. Milieu de prélèvement : valeurs limites et maintenance

1. 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 par la décision n°2011-DC-0234.

Milieu	Limites de prélèvement		Prélèvement		Unité
	Prescriptions	Valeur	Valeur maximale	Valeur moyenne	
Vienne	Débit instantané	6	1,39	0,82	m ³ / s
	Volume journalier	432 000	119 784	70 714	m ³
	Volume annuel	117	25,81		millions de m ³

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

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

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

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 a été réalisé sur l'année 2022.

3. Opérations exceptionnelles de prélèvements

Le CNPE de Civaux n'a pas réalisé d'opération exceptionnelle de prélèvement d'eau dans la Vienne en 2022.

En revanche, 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 2022. Les premiers rejets d'eau souterraine dans le cadre des travaux de réalisation du système d'appoint d'eau ultime (APU SEU) ont été réalisés vers SEO en juillet 2022.

Au total sur l'année 2022, 5350m³ d'eaux 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).

Objet du rejet d'eau souterraine vers SEO / Vienne	Volume rejeté m ³	Date et heure début de rejet	Date et heure fin de rejet
Rejet du réservoir « TANK1 » des travaux APU SEU	70	27/07/2022 08:00	27/07/2022 16:30
Rejet du réservoir « TANK2 » des travaux APU SEU	70	19/07/2022 09:00	20/07/2022 07:30
Rejet du réservoir « TANK4 » des travaux APU SEU	70	25/10/2022 14:15	25/10/2022 16:45
Rejet du puits n°1 des travaux APU SEU	2445	07/11/2022 00:00	30/11/2022 23:59
Rejet du puits n°1 des travaux APU SEU	2695	01/12/2022 08 :30	16/12/2022 10 :20

Partie III – Restitution et consommation d'eau

I. Restitution d'eau

La restitution d'eau du CNPE de Civaux pour l'année 2022 est présentée dans le tableau ci-dessous. En raison de l'arrêt des deux réacteurs, les bassins des deux aéroréfrigérants sont restés vides quasiment toute l'année, il y a donc eu très peu d'évaporation, d'où le pourcentage d'eau restituée quasiment égal au pourcentage d'eau prélevée.

		Restitution d'eau			Unités
		Eau de refroidissement	Rejets radioactifs (KER)	Rejets industriels conventionnels (SEK)	
Restitution mensuelle	Janvier	3,61	6,25E-04	4,50E-03	millions de m ³
	Février	1,57	6,22E-04	7,19E-03	
	Mars	1,42	1,01E-03	5,94E-03	
	Avril	1,47	1,04E-03	5,94E-03	
	Mai	2,86	2,06E-03	2,08E-03	
	Juin	1,08	2,80E-04	0,00E+00	
	Juillet	0,57	4,73E-04	0,00E+00	
	Août	0,06	0,00E+00	6,96E-04	
	Septembre	2,28	0,00E+00	1,30E-03	
	Octobre	3,45	0,00E+00	5,18E-03	
	Novembre	3,56	1,73E-03	5,10E-03	
	Décembre	3,68	6,28E-04	5,75E-03	
TOTAL	Restitution au milieu aquatique	25,66			millions de m ³
	Pourcentage de restitution d'eau au milieu aquatique par rapport au prélèvement	99			%

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 2022.

	Consommation d'eau de Vienne (en millions de m ³)
Janvier	0,04
Février	0,06
Mars	0,09
Avril	0,00
Mai	0,00
Juin	0,00
Juillet	0,00
Août	0,00
Septembre	0,00
Octobre	0,00
Novembre	0,00
Décembre	0,00
TOTAL (en millions de m³)	0,19

2. Comparaison aux valeurs limites

Limites d'évaporation		Fraction évaporée		Unité
Prescriptions	Valeur	Valeur maximale	Valeur moyenne	
Débit instantané moyen journalier sur l'année	1,7	0,034	0,006	m ³ / s
Volume journalier moyen sur l'année	146 900	91 923	530	m ³
Volume annuel	49,2	0,19		millions de m ³

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

Partie IV - Rejets d'effluents

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

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

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

Les rejets d'effluents se présentent sous différentes formes :

- les rejets radioactifs liquides et atmosphériques, qui peuvent contenir :
 - 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 est très majoritairement issu de l'activation neutronique d'éléments tels que le bore 10 et le lithium 6 présents dans le fluide primaire.
- Le carbone 14 présent dans les rejets des CNPE est produit essentiellement par activation de l'oxygène 17 présent dans l'eau du circuit primaire. Une part plus faible est produite par l'activation de l'azote 14 dissous dans l'eau du circuit primaire.
- Les iodes présents dans les rejets d'effluents radioactifs du CNPE (principalement l'iode 131 et l'iode 133) sont des produits de fission, créés dans le combustible par fission des atomes d'uranium ou de plutonium.
- Les autres produits de fission (PF) et produits d'activation (PA) émetteurs β ou γ , correspondent principalement au césium et au cobalt.

a. Règles spécifiques de comptabilisation

Ces règles s'appuient en premier lieu sur la définition de « spectres de référence », en fonction du type de rejet (liquides ou atmosphériques). Ces rejets sont constitués d'une liste de radionucléides à identifier par les moyens de mesure adéquats. Cette liste a été déterminée par une étude réalisée de 1996 à 1999 sur l'ensemble du parc des CNPE d'EDF. Toutes les substances figurant dans plus de 90 % des analyses figurent dans cette liste. Des radionucléides comme l'iode, peu présent dans les rejets, figurent également dans cette liste, mais pour des raisons historiques.

La deuxième règle fondamentale consiste à déclarer obligatoirement une activité rejetée pour les radionucléides appartenant à ces différents « spectres de référence ». Les

radionucléides dont l'activité mesurée est inférieure au seuil de décision¹ donnent lieu à une comptabilisation d'activité rejetée égale au SD.

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

b. Spectre de référence des rejets radioactifs à l'atmosphère

Le bilan des rejets d'effluents réalisés à l'atmosphère est déterminé pour chacune des cinq familles de radionucléides réparties comme suit :

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

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

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

c. Cumul mensuel

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

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

	131I (GBq)	133I (GBq)	131mXe (GBq)	133Xe (GBq)	135Xe (GBq)	41Ar (GBq)	85Kr (GBq)	134Cs (GBq)	137Cs (GBq)	58Co (GBq)	60Co (GBq)
janvier	7,90E-05	4,28E-04	9,12E-03	2,22E+01	1,41E+01	/	3,67E-02	2,25E-05	2,51E-05	2,52E-05	3,99E-05
février	6,63E-05	3,58E-04	5,83E-03	1,59E+01	1,20E+01	/	1,16E-01	2,17E-05	2,32E-05	2,16E-05	3,49E-05
mars	6,62E-05	4,02E-04	5,03E-04	1,54E+01	9,58E+00	/	1,49E-02	2,24E-05	2,26E-05	2,16E-05	2,86E-05
avril	6,46E-05	3,64E-04	/	1,56E+01	9,54E+00	/	/	2,15E-05	2,11E-05	2,14E-05	3,16E-05
mai	7,27E-05	4,67E-04	2,81E-04	1,78E+01	1,05E+01	5,12E-02	2,14E-03	2,37E-05	2,58E-05	2,52E-05	3,41E-05
juin	2,71E-03	3,63E-04	9,64E-04	1,46E+01	8,74E+00	/	7,98E-03	2,31E-05	2,36E-05	2,07E-05	3,28E-05
juillet	1,80E-03	4,45E-04	6,08E-04	1,80E+01	9,90E+00	/	1,47E-02	2,37E-05	2,41E-05	2,46E-05	1,13E-04
août	1,81E-03	4,17E-04	/	1,69E+01	9,95E+00	/	/	2,38E-05	2,35E-05	2,33E-05	3,59E-05
septembre	2,33E-03	4,22E-04	1,59E-04	1,77E+01	1,03E+01	/	2,68E-03	2,44E-05	2,65E-05	2,53E-05	3,68E-05
octobre	7,46E-05	3,97E-04	3,45E-04	1,66E+01	9,52E+00	/	2,74E-03	2,30E-05	2,07E-05	2,29E-05	3,30E-05
novembre	7,18E-05	4,32E-04	/	1,70E+01	1,05E+01	/	/	2,31E-05	2,33E-05	2,46E-05	8,51E-05
décembre	6,87E-05	3,68E-04	/	1,55E+01	1,10E+01	6,62E-02	/	2,43E-05	2,25E-05	2,26E-05	1,01E-04
TOTAL	9,22E-03	4,86E-03	1,78E-02	2,03E+02	1,25E+02	1,17E-01	1,98E-01	2,77E-04	2,82E-04	2,79E-04	6,06E-04

	Volumes rejetés (m3)	Iodes (GBq)	Gaz rares (GBq)	Autres PF et PA (GBq)	Tritium (GBq)	Carbone 14 (GBq)
janvier	3,65E+08	5,07E-04	3,63E+01	1,13E-04	1,44E+02	6,86E+01
février	2,78E+08	4,25E-04	2,80E+01	1,01E-04	9,28E+01	/
mars	2,95E+08	4,68E-04	2,50E+01	9,52E-05	8,94E+01	/
avril	2,85E+08	4,29E-04	2,51E+01	9,55E-05	7,73E+01	2,16E+01
mai	3,32E+08	5,39E-04	2,83E+01	1,09E-04	6,72E+01	/
juin	2,94E+08	3,08E-03	2,33E+01	1,00E-04	7,08E+01	/
juillet	3,20E+08	2,24E-03	2,79E+01	1,85E-04	7,15E+01	2,31E+01
août	3,26E+08	2,23E-03	2,69E+01	1,07E-04	6,41E+01	/
septembre	3,21E+08	2,76E-03	2,80E+01	1,13E-04	7,17E+01	/
octobre	3,07E+08	4,72E-04	2,61E+01	9,96E-05	6,71E+01	1,62E+01
novembre	3,17E+08	5,04E-04	2,75E+01	1,56E-04	6,30E+01	/
décembre	3,23E+08	4,37E-04	2,65E+01	1,71E-04	7,80E+01	/
TOTAL	3,76E+09	1,41E-02	3,29E+02	1,44E-03	9,57E+02	1,30E+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 2022 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2022 :

Année	Rejets par catégorie de radionucléides (GBq)				
	Gaz rares	Tritium	Carbone 14	Iodes	Autres produits de fission et d'activation
2020	3,81E+02	1,09E+03	2,04E+02	2,21E-02	1,59E-03
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
Prévisionnel 2022	4,00E+02	1,50E+03	2,50E+02	2,00E-02	2,00E-03

Commentaires : Les rejets radioactifs à l'atmosphère sont cohérents avec les valeurs du prévisionnel 2022.

e. Comparaison aux valeurs limites

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

		Limites annuelles de rejet		Rejet	
Paramètres	Localisation prélèvement	Prescriptions	Valeur	Valeur maximale	Commentaire
Gaz rares	Installation	Activité annuelle rejetée (GBq)	2,50E+04	3,29E+02	Valeur annuelle
	Cheminée n° 1	Débit instantané (Bq/s)	5,00E+07	8,75E+05	Max des valeurs journalières
	Cheminée n° 2	Débit instantané (Bq/s)	5,00E+07	1,42E+06	Max des valeurs journalières
Carbone 14	Installation	Activité annuelle rejetée (GBq)	1,40E+03	1,30E+02	Valeur annuelle
Tritium	Installation	Activité annuelle rejetée (GBq)	5,00E+03	9,57E+02	Valeur annuelle
	Cheminée n° 1	Débit instantané (Bq/s)	5,00E+06	2,71E+04	Max des valeurs journalières
	Cheminée n° 2	Débit instantané (Bq/s)	5,00E+06	5,41E+04	Max des valeurs journalières
Iodes	Installation	Activité annuelle rejetée (GBq)	8,00E-01	1,41E-02	Valeur annuelle
	Cheminée n° 1	Débit instantané (Bq/s)	5,00E+02	3,36E+00	Max des valeurs journalières
	Cheminée n° 2	Débit instantané (Bq/s)	5,00E+02	2,03E+00	Max des valeurs journalières
Autres produits de fission et produits d'activation	Installation	Activité annuelle rejetée (GBq)	1,00E-01	1,44E-03	Valeur annuelle
	Cheminée n° 1	Débit instantané (Bq/s)	5,00E+02	1,25E-01	Max des valeurs journalières
	Cheminée n° 2	Débit instantané (Bq/s)	5,00E+02	1,80E-01	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 2022.

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 ³)	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	6,99E+03	/	/	3,06E+07	0,00E+00
Février	7,81E+03	/	/	2,57E+07	0,00E+00
Mars	7,02E+03	/	/	2,24E+07	0,00E+00
Avril	8,90E+03	/	/	5,20E+07	0,00E+00
Mai	4,27E+03	/	/	2,56E+07	0,00E+00
Juin	2,80E+02	/	/	8,37E+06	0,00E+00
Juillet	3,48E+03	/	/	4,62E+07	0,00E+00
Août	8,37E+02	/	/	9,69E+06	0,00E+00
Septembre	1,89E+03	/	/	1,45E+07	0,00E+00
Octobre	7,73E+03	/	/	3,35E+07	0,00E+00
Novembre	7,67E+03	/	/	1,65E+07	0,00E+00
Décembre	1,72E+04	/	/	9,26E+07	0,00E+00
TOTAL ANNUEL	7,41E+04	/	/	3,78E+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'ammoniaque dans des proportions définies dans les spécifications chimiques de conservation à l'arrêt.

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

La quantité annuelle évaluée d'oxyde de soufre (SOx) 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 379 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 2022 est de :

Paramètre	Unité	Groupes électrogènes	TAC DUS	TOTAL
SOx	kg	2,65	0,97 (TAC) 0,16 (DUS)	3,78
NOx	kg	389	142 (TAC) 24 (DUS)	555

b. Rejets de formaldéhyde et de monoxyde de carbone

En 2022, 51,91 m³ de calorifuges dans les enceintes du bâtiment réacteur de l'unité 1 et 20,25m³ dans les enceintes du bâtiment réacteur de l'unité 2 ont été renouvelés.

Cependant, les tranches sont restées à l'arrêt toute l'année 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 seront donc comptabilisées sur les rejets de 2023.

Concentration calculée	Unité	Paramètres	EBA	ETY
Concentration maximale ajoutée dans l'atmosphère	mg/m ³	Formaldéhyde	S.O.	S.O.
		Monoxyde de carbone	S.O.	S.O.

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

En 2022, les deux réacteurs ont été à l'arrêt la totalité de l'année. Les opérations de redémarrage des tranches ont eu lieu en janvier 2023 pour la TR1 et en mars-avril 2023 pour la TR2. Les rejets de substances volatiles en lien avec le conditionnement des circuits à l'arrêt se produisent lors du redémarrage, au moment de la chauffe des GV. Pour l'année 2022, il n'y a donc pas de comptabilisation d'espèces volatiles rejetées, cependant il y en aura pour les deux tranches en 2023.

Paramètre	Unité	TOTAL
Ammoniac	kg	S.O.
Ethanolamine		S.O.

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 ₂
Chloro-fluoro-carbone (CFC)	0	0
Hydrogène-chloro-fluor-carbone (HCFC)	3,5	6,33
Hydrogène-fluoro-carbone (HFC)	133,44	216
Hexafluorure de soufre (SF ₆)	9,72	228,5
Total des émissions de GES en tonne équivalent CO₂		450,8

Dans le respect de la réglementation relative aux systèmes d'échanges de quota d'émissions de gaz à effet de serre, le CNPE déclare chaque année les émissions de CO₂ provenant de l'activité de combustion de combustibles des installations de secours. Pour l'année 2022, les émissions liées à cette activité représentent 610 tonnes équivalent CO₂.

L'équivalent CO₂ total des émissions de GES du CNPE constituées des pertes de fluides frigorigène et SF₆ et de la combustion des diesels de secours, représente 1061 tonnes. Cette année il n'est pas possible de calculer le ratio en gCO₂ / kWh électrique produit, la production annuelle nette d'électricité ayant été de 0 TWh sur l'année 2022.

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

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

II. Rejets d'effluents liquides

1. Rejets d'effluents liquides radioactifs

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

- Les effluents provenant du circuit primaire dits « effluents primaires hydrogénés » contiennent des gaz de fission (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 concentrât 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 concentrât 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 décision¹ 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.

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

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

c. Cumul mensuel

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

	131I (GBq)	110mAg (GBq)	123mTe (GBq)	124Sb (GBq)	125Sb (GBq)	134Cs (GBq)	137Cs (GBq)	54Mn (GBq)	58Co (GBq)	60Co (GBq)	63Ni (GBq)
janvier	9,08E-05	1,25E-03	1,76E-04	1,01E-04	2,80E-04	1,08E-04	2,62E-04	1,13E-04	1,12E-04	8,66E-04	3,75E-04
février	1,04E-04	5,91E-04	7,89E-05	8,73E-05	2,30E-04	9,41E-05	2,17E-04	1,14E-04	9,73E-05	9,43E-04	3,11E-04
mars	2,26E-04	2,04E-02	1,70E-04	2,18E-04	6,44E-04	2,28E-04	2,92E-04	2,24E-04	2,21E-04	1,32E-03	7,05E-04
avril	4,27E-04	1,31E-01	2,84E-04	3,94E-04	1,33E-03	4,47E-04	5,48E-04	3,86E-04	3,68E-04	9,14E-03	6,13E-04
mai	4,29E-04	4,03E-02	3,24E-04	4,57E-04	1,37E-03	5,03E-04	1,47E-03	4,78E-04	4,56E-04	4,67E-03	1,75E-03
juin	4,99E-05	1,09E-03	3,71E-05	5,07E-05	1,57E-04	5,21E-05	6,65E-05	5,53E-05	5,30E-05	5,17E-04	1,26E-04
juillet	1,48E-04	3,17E-02	1,16E-04	1,54E-04	4,75E-04	1,69E-04	4,56E-04	1,43E-04	1,36E-04	1,91E-03	5,49E-04
août	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
septembre	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
octobre	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
novembre	3,32E-04	7,98E-03	2,49E-04	3,64E-04	1,00E-03	3,88E-04	1,47E-03	3,49E-04	3,42E-04	2,45E-03	8,65E-04
décembre	1,89E-04	2,45E-02	1,13E-04	1,91E-04	5,46E-04	1,97E-04	2,44E-04	1,19E-03	1,92E-04	3,00E-02	8,79E-04
TOTAL	1,99E-03	2,59E-01	1,55E-03	2,02E-03	6,03E-03	2,18E-03	5,02E-03	3,06E-03	1,98E-03	5,18E-02	6,17E-03

	Volumes rejetés (T+Ex) (m ³)	Activité Tritium (GBq)	Activité Carbone 14 (GBq)	Activités Iodes (GBq)	Activités Autres PF et PA (GBq)
Janvier	5,13E+03	5,47E+02	4,84E-01	9,08E-05	3,27E-03
Février	7,81E+03	1,65E+03	4,47E-01	1,04E-04	2,45E-03
Mars	6,95E+03	9,16E+02	7,30E-02	2,26E-04	2,37E-02
Avril	6,98E+03	1,37E+03	1,86E-01	4,27E-04	1,44E-01
Mai	4,14E+03	1,12E+03	1,07E-01	4,29E-04	5,00E-02
Juin	2,80E+02	1,76E+01	1,40E-02	4,99E-05	2,08E-03
Juillet	4,73E+02	2,13E+02	1,99E-02	1,48E-04	3,53E-02
Août	6,96E+02	3,65E-03	/	/	/
Septembre	1,30E+03	6,07E-03	/	/	/
Octobre	5,18E+03	2,16E-02	/	/	/
Novembre	6,83E+03	2,16E+02	7,15E-02	3,32E-04	1,46E-02
Décembre	6,38E+03	3,80E+02	8,04E-02	1,89E-04	5,71E-02
TOTAL ANNUEL	5,21E+04	6,43E+03	1,48E+00	1,99E-03	3,32E-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 2022 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2022.

	Rejets par catégorie de radionucléides			
	Tritium (GBq)	Carbone 14 (GBq)	Iodes (MBq)	Autres PA et PF (MBq)
2020	6,01E+04	3,92E+01	2,90E+00	1,01E+02
2021	3,58E+04	3,81E+01	3,36E+00	2,58E+02
2022	6,43E+03	1,48E+00	1,99E+00	3,32E+02
Prévisionnel 2022	3,50E+04	4,00E+01	3,00E+00	2,00E+02

Commentaires : Les rejets radioactifs liquides présentent des variations par rapport au prévisionnel 2022 :

- Concernant le tritium, le prévisionnel avait été établi sur base de 4 mois de réacteur en fonctionnement, en considérant que la tranche 1 redémarrerait au 31/08/2022. Il était prévu dès janvier que la tranche 2 soit à l'arrêt la totalité de l'année. Le redémarrage TR1 a finalement eu lieu en janvier 2023. Il n'y a donc pas eu de production de tritium tranche en marche en 2022. Le tritium rejeté correspond à la vidange de certains circuits contenant du tritium résiduel.
- Concernant le carbone 14, sa production a été significativement moindre que les années précédentes, en raison de l'arrêt des deux réacteurs sur l'année complète.
- Concernant les autres PF/PA, la valeur supérieure au prévisionnel est due à une présence d'Ag110m dans les effluents en provenance de la TR2 lors de sa mise à l'arrêt.

e. Comparaison aux limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2022 avec les valeurs limites de rejets fixées par la décision n°2009-DC-0138 modifiée.

Paramètres	Limites annuelles de rejet		Rejet
	Prescriptions	Valeur	Valeur (GBq)
Tritium	Activité annuelle rejetée (GBq)	9,00E+04	6,43E+03
Carbone 14	Activité annuelle rejetée (GBq)	1,90E+02	1,48E+00
Iodes	Activité annuelle rejetée (GBq)	1,00E-01	1,99E-03
Autres PA et PF	Activité annuelle rejetée (GBq)	5,00E+00	3,32E-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 2022 sont donnés dans le tableau suivant (valeurs moyennes et maximales).

Paramètre analysé	Activité volumique horaire à mi-rejet			Activité volumique : moyenne journalière			
	Valeur moyenne mesurée en 2022	Valeur maximale mesurée en 2022	Limite réglementaire	Valeur moyenne mesurée en 2022	Valeur maximale mesurée en 2022	Limite réglementaire	
Eau filtrée	Activité bêta globale (Bq/L)	0,134	0,220	2	-	-	-
	Tritium (Bq/L)	17,4	45,6	280 Bq/L	7,79	47,5	140 ⁽¹⁾ / 100 ⁽²⁾
	Potassium (mg/L)	2,61	3,73	-	-	-	-
Matières en suspension	Activité bêta globale (Bq/L)	0,032	0,043	-	-	-	-

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

Commentaires : Les mesures de surveillance dans les eaux de surface pour l'année 2022 sont cohérentes avec les valeurs attendues du fait des rejets d'effluents autorisés du CNPE. Les mesures d'activité bêta globale et de l'activité en tritium dans l'eau sont très inférieures aux limites réglementaires.

2. Rejets d'effluents liquides chimiques

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

Ces rejets d'effluents chimiques sont issus :

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

Les principales substances utilisées sont :

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

Par ailleurs, l'abrasion et la corrosion naturelles des tubes en laiton des condenseurs 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 (kg)	Métaux totaux (kg)	Sodium (kg)	Chlorures (kg)
Janvier	5,43E+02	1,28E-02	1,28E-01	5,09E+00	5,13E+00	2,07E+01	1,30E+01	6,62E+00	1,26E+00	2,30E+03	3,70E+03
Février	9,72E+01	1,95E-02	1,95E-01	4,52E+00	7,81E+00	2,34E+01	8,44E+00	3,14E+00	1,79E+00	2,14E+03	3,55E+03
Mars	2,54E+02	1,74E-02	1,95E-01	5,98E+00	6,95E+00	2,08E+01	2,65E+01	7,36E+00	5,98E+00	3,70E+03	5,50E+03
Avril	7,51E+02	1,75E-02	1,75E-01	4,22E+00	6,98E+00	2,09E+01	2,04E+01	1,56E+01	1,70E+00	2,18E+03	3,59E+03
Mai	5,94E+02	1,32E-02	2,01E-01	5,63E+00	4,14E+00	1,24E+01	4,14E+00	8,49E+00	8,19E-01	8,91E+02	1,34E+03
Juin	1,67E+01	1,40E-03	1,40E-01	3,60E-01	2,80E-01	3,39E+00	2,80E-01	4,20E-01	2,27E-01	2,93E+02	3,85E+02
Juillet	1,13E+03	1,18E-03	1,18E-02	1,30E+00	4,73E-01	9,84E+00	1,89E+00	7,57E-01	1,88E-01	8,32E+02	1,28E+03
Août	5,57E-02	1,74E-03	1,74E-02	4,90E-01	6,96E-01	4,18E+00	4,25E+00	4,18E-01	7,34E-01	1,33E+02	1,31E+02
Septembre	3,91E-02	3,26E-03	3,26E-02	7,71E-01	1,30E+00	1,81E+01	1,47E+01	2,61E+01	1,43E+00	6,37E+02	1,04E+03
Octobre	7,40E-02	1,30E-02	1,30E-01	2,59E+00	5,18E+00	1,55E+01	5,18E+00	5,05E+00	7,80E-01	1,61E+03	2,31E+03
Novembre	1,17E+02	1,71E-02	1,71E-01	5,91E+00	6,83E+00	2,95E+01	6,83E+00	6,08E+01	2,32E+00	2,48E+03	3,84E+03
Décembre	4,96E+02	1,59E-02	1,59E-01	3,58E+00	6,38E+00	3,19E+01	8,26E+00	4,60E+00	1,66E+00	2,87E+03	4,70E+03
TOTAL ANNUEL	4,00E+03	1,34E-01	1,55E+00	4,04E+01	5,22E+01	2,11E+02	1,14E+02	1,39E+02	1,89E+01	2,01E+04	3,14E+04

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

Substances	Unité	2020	2021	2022	Prévisionnel 2022
Acide borique	kg	6510	6560	4000	7000
Hydrazine	kg	0,33	0.419	0,134	0,5
Ethanolamine	kg	5,03	17.9	1,55	5
Détergents	kg	118	163.2	52,2	100
Azote	kg	664	747	40,4	750
Phosphates	kg	160	99.8	139	100
Sodium	kg	36 400	24 000	20 100	40 000
Chlorures	kg	60 200	54200	31 400	60 000
Métaux totaux	kg	36	37.8	18,9	50
MES	kg	210	293	114	/
DCO	kg	540	641	211	/
AOX	kg	S.O	S.O	S.O	S.O
THM	kg	S.O	S.O	S.O	S.O
Sulfates	kg	0	0	0	/

Commentaires : Les valeurs sont conformes au prévisionnel, à l'exception des phosphates, pour lesquels 139kg ont été rejetés à l'année sur un prévisionnel fixé à 100kg. En particulier, 60,8kg ont été rejetés sur le seul mois de novembre, et correspondent à des activités de vidanges sur les circuits RRI qui n'avaient pas été prises en compte lors de l'établissement du prévisionnel en début d'année.

Les métaux totaux issus des rejets SEK et KER représentent un rejet total de 18,9kg sur l'année 2022, 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)
6,93E-02	1,30E-01	4,67E-01	1,30E-01	2,61E-01	1,91E+00	1,28E+00	1,71E+00	1,29E+01	1,89E+01

A ces métaux rejetés via les bâches KER et SEK, on ajoute le fer issu de la station de déminéralisation, soit 6,67kg pour l'année 2022.

La somme des métaux rejetés en 2022 s'élève donc à 25,6kg.

iii. Comparaison aux limites

Le tableau ci-après permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2022 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	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	4,45E+00	3,20E+03	4,71E+02	2,75E+02	3,93E+01	1,80E+04	4,00E+03
Ethanolamine	1.0 E+00	6,38E-03	1,00E+01	9,45E-02	-	-	5,40E+02	1,55E+00
Hydrazine	1.0 E-01	5,44E-04	1,00E+00	3,26E-03	-	-	2,50E+01	1,34E-01
Détergents	2.8 E+00	2,17E-01	1,40E+02	1,30E+00	2,00E+01	6,07E-01	1,70E+03	5,22E+01
Azote	6.9 E+00	1,53E-01	1,00E+02	1,05E+00	5,00E+01	7,92E-01	1,10E+03	4,04E+01
Phosphates (réservoirs T,S, Ex + UV)	2.9 E+00	1,45E+00	6,10E+01	2,32E+01	2,00E+01	1,38E+01	1,05E+03	1,39E+02
Sodium	1,70E+01	1,37E+01	7,60E+02	4,10E+02	-	-	-	2,01E+04
Chlorures	2,00E+01	1,97E+01	1,08E+03	5,54E+02	-	-	-	3,14E+04
Métaux totaux	3.0 E-01	2,29E-01	5,00E+00	7,52E-01	-	-	1,00E+02	1,89E+01
Sulfates issus de la station de déminéralisation	4.30 E-01	0	-	-	-	-	3,00E+03	0
MES	2.9 E+00	1,33E+00	5,30E+01	7,75E+00	-	-	-	1,14E+02
DCO	1,30E+01	1,30E+00	1,80E+02	9,56E+00	-	-	-	2,11E+02

L'article 5.3.1 de la décision ASN n°2017-DC-0588 demande une évaluation de la quantité annuelle de lithine rejetée. En 2022, la quantité de lithine rejetée par le CNPE de Civaux est évaluée à 0,1 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 2022 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 bache 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)	THM	CRT	Aluminium dissous (kg)	Ammonium (kg)	Azote Kjeldhal (kg)	Azote global (kg)	Azote total (kg)	COT (kg)	Chlorures (kg)	Chrome dissous (kg)	Cuivre dissous (kg)	DBO5 (kg)	DCO (kg)	Fer dissous (kg)
janvier	/			/	/	/	/	/	/	4,78E+02	/	/	/	/	/
février	1,81E-03	<4,34E-5	4,75E-3	/	/	7,20E-02	/	/	/	2,10E+01	/	/	2,40E-02	6,00E-01	/
mars	/			/	/	/	/	/	/	6,86E+02	/	/	/	/	/
avril	/			/	/	/	/	/	/	7,49E+02	/	/	/	/	/
mai	/			/	/	/	/	/	/	1,14E+02	/	/	/	/	/
juin	/			/	/	/	/	/	/	5,29E+02	/	/	/	/	/
juillet	/			/	/	/	/	/	/	3,02E+02	/	/	/	/	/
août	/			/	/	1,68E-01	/	/	/	2,62E+02	/	/	7,00E-02	6,65E-01	/
septembre	/			/	/	/	/	/	/	4,95E+02	/	/	/	/	/
octobre	3,50E-04			7,00E-04	/	1,75E-02	/	1,92E-01	2,80E-02	1,36E+03	3,50E-05	3,50E-04	/	3,50E-01	3,50E-04
novembre	5,32E-04			1,06E-03	/	2,66E-02	/	1,39E-01	5,32E-02	8,49E+02	5,32E-05	5,32E-04	/	5,32E-01	5,32E-04
décembre	1,35E-02			1,35E-01	1,35E-02	6,73E-01	9,20E+00	/	2,02E+00	1,06E+03	1,35E-03	1,35E-02	/	1,35E+01	1,35E-02
TOTAL	1,62E-02	0,00E+00	4,75E-3	1,36E-01	1,35E-02	9,57E-01	9,20E+00	3,30E-01	2,10E+00	7,47E+03	1,43E-03	1,43E-02	9,40E-02	1,56E+01	1,43E-02

	Hydrocarbures (C10-C40) (kg)	Hydrocarbures (C5-C10) (kg)	MES (kg)	Manganèse dissous (kg)	Métaux totaux dissous (kg)	Nickel dissous (kg)	Nitrates (kg)	Nitrites (kg)	Phosphates (kg)	Plomb dissous (kg)	Sodium (kg)	Sulfates (kg)	Titane dissous (kg)	Zinc dissous (kg)
janvier	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	9,08E+01	/	/	/
février	/	/	8,00E-02	/	/	/	2,12E-01	1,05E-02	1,60E-03	/	3,60E+00	/	/	/
mars	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	2,10E+02	/	/	/
avril	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1,85E+02	/	/	/
mai	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	2,03E+01	/	/	/
juin	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	9,28E+01	/	/	/
juillet	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	5,85E+01	/	/	/
août	/	/	3,50E-02	/	/	/	3,72E-01	1,96E-02	7,70E-02	/	4,71E+01	/	/	/
septembre	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	9,10E+01	/	/	/
octobre	1,75E-03	1,05E-03	7,00E-02	1,05E-03	1,12E-03	7,00E-05	/	/	/	1,40E-05	2,51E+02	1,47E+00	7,00E-06	3,50E-04
novembre	2,66E-03	1,60E-03	1,06E-01	2,66E-03	3,51E-03	8,51E-04	/	/	/	2,13E-05	4,00E+02	5,42E+00	2,66E-04	5,32E-04
décembre	6,73E-02	4,04E-02	2,96E+02	2,69E-02	1,64E-01	2,69E-03	/	/	/	5,39E-04	1,96E+02	5,39E+01	6,73E-03	1,35E-02
TOTAL	7,17E-02	4,30E-02	2,97E+02	3,06E-02	1,69E-01	3,61E-03	5,84E-01	3,01E-02	7,86E-02	5,74E-04	1,74E+03	6,08E+01	7,01E-03	1,43E-02

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

Paramètres	Unité	2020	2021	2022	Prévisionnel 2022
Chlorures	kg	12000	8100	7470	-
Sodium	kg	2400	2380	1740	-
AOX	kg	0,0304	0,016	0,016	-
THM	kg	0,0014	< 0.00006	<0,00004	-
Nitrites	kg	2,0	1,01	0,03	-
Nitrates	Kg	290	452	0,584	-
Hydrocarbures	kg	/	0,79	0,072	-
Azote Kjeldhal	kg	15	27.4	0,957	-
DBO5	kg	15	7.08	0,094	-
DCO	kg	110	97	15,6	-
MES	kg	76	72.8	297	-
Sulfates	Kg	-	-	60,8	-
Fer	kg	<10	< 10	0,014	10

Commentaires : Les quantités de fer rejetées pour l'année 2022 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	Limite	Rejet
	Concentration maximale ajoutée au rejet (mg/L)	Valeur maximale	Valeur moyenne	Flux 24h ajouté (kg)	Valeur maximale (kg)	Flux annuel ajouté (kg)	Flux annuel (kg)
AOX	3,0E-01	2,50E-02	2,50E-02	-	1,81E-03	-	1,81E-03
THM	-	<6,0E-01	<6,0E-01	-	<4,34E-05	-	<4,34E-05
CRT	1,0E-01	2,0E-02	2,0E-02	-	1,45E-03	-	1,45E-03

Commentaires : Les rejets sont conformes aux limites imposées. Les rejets en AOX, THM et CRT, correspondent à un rejet ponctuel au moment de la chloration annuelle du circuit TRI en février 2022.

3. 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 2022.

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 2022 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	8,7	2,8	5,3	8,6	3,5	5,7	0	0	0	8,9	3,0	5,5
Février	9,4	4,4	7,3	9,6	5,2	7,7	0	0	0	9,4	4,4	7,2
Mars	13,6	7,0	9,9	13,3	8,2	10,3	0	0	0	13,6	7,1	9,9
Avril	13,6	7,0	9,8	13,3	8,2	10,2	0	0	0			
Mai	26,0	16,6	20,9	24,4	17,2	20,9	0	0	0	25,6	16,6	20,9
Juin	29,3	20,0	23,6	24,5	20,5	22,3	0	0	0	29,0	20,4	23,7
Juillet	29,1	20,2	24,9	23,9	21,0	22,2	0	0	0	28,1	20,3	24,9
Août	29,6	22,1	25,0	24,0	20,7	22,3	0	0	0	28,7	22,3	25,0
Septembre	26,0	15,5	20,6	23,3	16,5	20,6	0	0	0	25,4	15,5	20,6
Octobre	19,6	15,7	17,5	21,8	16,8	18,0	0	0	0	19,4	15,7	17,5
Novembre	16,8	8,7	11,9	16,7	9,4	12,3	0	0	0	16,9	8,6	12,0
Décembre	10,5	2,3	6,8	10,5	2,8	7,1	0	0	0	10,4	2,3	6,7

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	0
Echauffement amont-aval calculé avec T° de Vienne >25°C	°C	0	0
Température aval après mélange	°C	-	29,0

Commentaires : les limites réglementaires associées aux rejets thermiques ont toujours été respectées. En 2022, les réacteurs ayant été à l'arrêt toute l'année, il n'y a pas eu de rejets thermiques en Vienne.

3 En conditions climatiques exceptionnelles

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

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

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

Partie V - Prévention du risque microbiologique

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. Cette réglementation est applicable au CNPE depuis le 1er janvier 2022. Une dérogation à cette réglementation a été soumise à l'ASN afin de permettre au CNPE de CIVAUX de terminer la construction et la mise en service d'une installation de traitement à la monochloramine (CTE monochloramine) et dans l'attente de la modification des décisions limites de rejets en Vienne permettant la réalisation de ce traitement.

Afin de limiter ces proliférations, 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 corréliser les résultats microbiologiques et le traitement biocide associés mis en place sur les CNPE, les exigences des décisions individuelles des CNPE liées à la surveillance et aux résultats de mesures du traitement biocide sont présentées également ci-dessous.

I. Bilan annuel des colonisations en circuit

Les deux suivis microbiens ont été réalisés dans un contexte particulier puisque le fonctionnement des deux tranches a été fortement impacté par des aléas sur le circuit RIS de chacune d'entre elle. De ce fait, la tranche 1 a été arrêtée tout au long de l'année. Dans le cas de la tranche 2, les pompes CRF ainsi que la purge des bassins ont été mises hors service le 9 janvier 2022.

Ainsi, aucun suivi amibien et légionelles n'a été réalisé pour la tranche 1. Durant les quelques jours de fonctionnement de la tranche 2, des campagnes de prélèvements amibiens et légionelles ont été réalisées. Aucune Naegleria n'a été détectée dans les différents échantillons analysés. Ce constat peut s'expliquer par le découplage du réacteur quelques semaines auparavant et donc l'absence de conditions de croissance optimales. En parallèle, une population de légionelles, dont la concentration était égale à la limite de quantification, a pu être observée dans le circuit de refroidissement de la tranche 2. Ainsi, les seuils imposés par la décision n°2016-DC-0578 ont été respectés lors de ces suivis microbiens.

Les valeurs maximales observées en 2022 en Legionella pneumophila mesurées en bassin et en Naegleria fowleri calculées en aval dans le fleuve sont détaillées dans le tableau ci-dessous.

Paramètre	Valeur maximale observée en 2022	Seuil d'action
Legionella pneumophila Tr1	/	10 000 UFC / L
Legionella pneumophila Tr2	100 UFC / L	10 000 UFC / L
Naegleria fowleri	< 1 Nf / L	100 <i>N.fowleri</i> / L

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

II. Synthèse des traitements biocides et rejets associés

Les 2 tranches ont été à l'arrêt sur l'ensemble de l'année 2022. Ainsi, il n'a pas été nécessaire de mettre en œuvre de traitement biocide.

Partie VI - Surveillance de l'environnement

I. Surveillance de la radioactivité dans l'environnement

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

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

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

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

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

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

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

Ainsi, le CNPE réalise annuellement, sous le contrôle de l'ASN, plusieurs milliers d'analyses dont les résultats sont transmis à l'administration et publiés par EDF sur le site

internet du CNPE (<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.

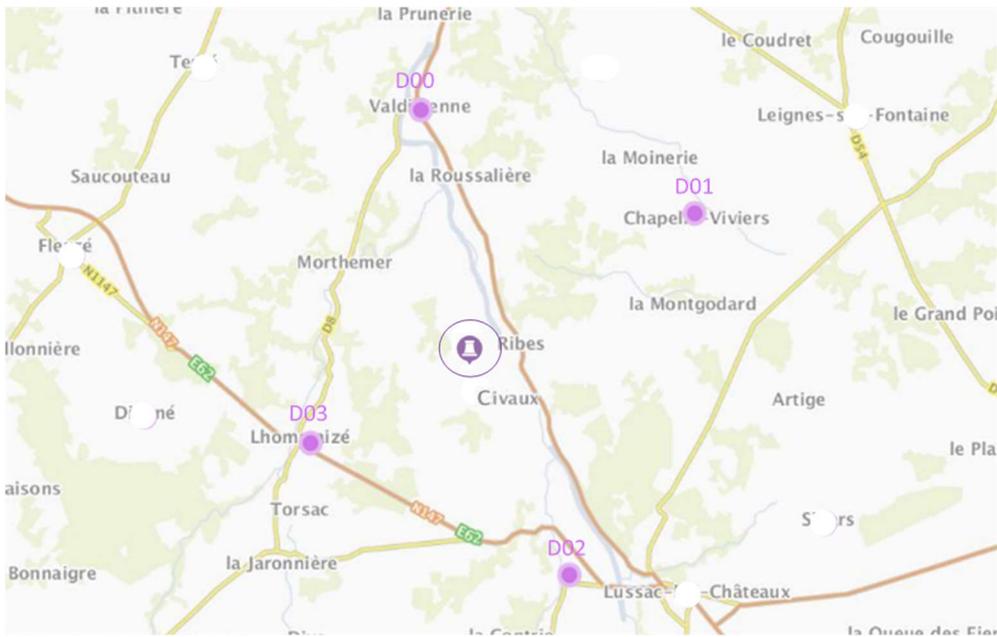
Réseau de balises radiométriques « Clôture »



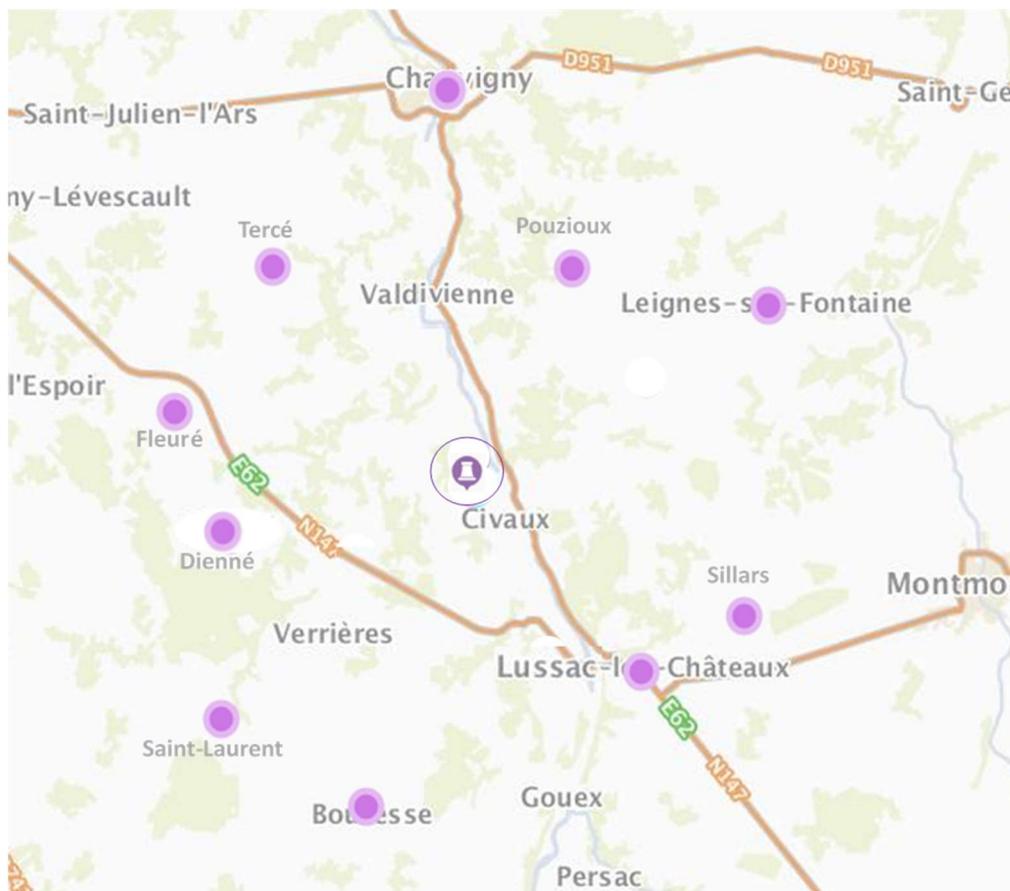
Réseau des balises radiométriques « 1Km »



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 2022 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 2022 (nSv/h)	Débit de dose max année 2022 (nSv/h)	Débit de dose moyen année 2021 (nSv/h)	Débit de dose moyen année 2020 (nSv/h)
Clôture	1,27E+02	2,36E+02	1,25E+02	1,25E+02
1 km	1,14E+02	2,68E+02	1,10E+02	1,12E+02
5 km	1,37E+02	2,50E+02	1,33E+02	1,29E+02
10 km	1,24E+02	2,03E+02	1,23E+02	1,22E+02

Commentaires : Pour les quatre réseaux, les débits de dose moyens enregistrés pour l'année 2022 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^{er} au 7, du 8 au 14, du 15 au 21 et du 22 à la fin du mois).

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

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

Compartiment	Paramètres	Moyenne annuelle	Valeur minimale mesurée	Valeur maximale mesurée	Limite réglementaire (pour chaque analyse)	
Poussières atmosphériques (Bq/m ³)	Bêta globale	6,85E-04	1,10E-04	2,39E-03	1,00E-02	
	Spectrométrie gamma	⁵⁸ Co	5,90E-06	3,50E-06	9,40E-06	-
		⁶⁰ Co	4,71E-06	3,00E-06	6,90E-06	-
		¹³⁴ Cs	5,11E-06	3,70E-06	7,50E-06	-
		¹³⁷ Cs	3,56E-06	2,70E-06	5,20E-06	-
		⁴⁰ K	1,13E-04	9,60E-05	1,40E-04	-
Tritium atmosphérique (Bq/m ³)		1,72E-01	1,00E-01	2,30E-01	50	
Eau de pluie (Bq/L)	Bêta globale	1,55E-01	<9,20E-02	3,40E-01	-	
	Tritium	<5,33E+00	<4,90E+00	<6,50E+00	-	

Commentaires : Les mesures de surveillance du compartiment atmosphérique pour l'année 2022 sont cohérentes en moyenne avec les valeurs du bruit de fond. Les mesures de l'activité bêta globale et de l'activité en tritium atmosphérique sont très inférieures aux limites réglementaires.

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	⁵⁸ Co	Mensuelle	3,63E-01	5,00E-01
		⁶⁰ Co		4,00E-01	6,00E-01
		¹³⁴ Cs		3,00E-01	4,00E-01
		¹³⁷ Cs		3,21E-01	5,00E-01
		⁴⁰ K		6,35E+02	1,18E+03
Lait (Bq/L)	Spectrométrie gamma	⁵⁸ Co	Mensuelle	4,42E-01	6,00E-01
		⁶⁰ Co		4,08E-01	5,00E-01
		¹³⁴ Cs		4,21E-01	6,00E-01
		¹³⁷ Cs		4,29E-01	5,00E-01
		¹¹⁰ Ag		4,38E-01	6,00E-01
		⁵⁴ Mn		4,00E-01	6,00E-01
		⁴⁰ 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 2021 sont présentés dans le rapport du suivi radioécologique annuel, présenté en annexe 2.

4. Surveillance du milieu aquatique

Les résultats des mesures annuelles réalisées sur le compartiment aquatique ainsi que leur interprétation pour l'année 2021 sont présentés dans le rapport du suivi radioécologique annuel, présenté en annexe 2.

5. Surveillance des eaux souterraines

Les eaux souterraines situées au droit du CNPE font l'objet d'une surveillance radiologique dont les résultats sont présentés dans le tableau suivant.

Paramètres	Unité	Valeur mesurée
3H	Bq/L	9,90E+00
Beta Global	Bq/L	4,90E-01
Beta Global MES	Bq/L	5,90E-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	-	1,11E+01
Conductivité	μS/cm	6,91E+02
AOX	mg/L	1,00E-02
Azote de Kjeldahl (NTK)		5,00E-01
Chlorures		2,00E+01
DCO		1,00E+01
Fer dissous		1,00E+01
Fer Total		2,00E+01
Hydrocarbures		5,00E-02
Nitrates		1,50E+01
Phosphates		7,00E-02
Potassium		1,14E+01
Sodium		1,50E+01

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 2022 pour les stations amont (SM1), rejet (SM2) et aval (SM3).

Station amont - SM1	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Oxygène dissous (mg/L)	12,0	11,3	10,4	10,4	8,1	7,5	8,0	7,7	8,4	8,9	10,0	11,5
Conductivité (μS/cm)	108,6	114,3	116,1	115,5	154,3	158,3	169,4	189,6	184,3	202,8	196,2	185,9
pH	7,1	7,2	7,3	7,3	7,4	7,4	7,7	7,7	7,6	7,7	7,6	7,4
Température	5,3	7,3	9,9	9,8	20,9	23,6	24,9	24,9	20,6	17,5	11,9	6,8

Station rejet - SM2	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Oxygène dissous (mg/L)	12,3	11,5	10,8	10,8	8,9	8,5	8,7	8,7	9,1	9,6	10,8	12,2
Conductivité (µS/cm)	115,3	123,6	132,9	132,0	161,6	172,9	182,4	211,3	195,0	211,2	201,2	191,1
pH	7,4	7,5	7,5	7,4	7,6	7,7	7,9	7,9	7,8	7,8	7,7	7,7
Température	5,7	7,7	10,3	10,2	20,9	22,3	22,3	22,3	20,6	18,0	12,3	7,1

Station aval - SM3	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Oxygène dissous (mg/L)	11,5	11,2	10,4	10,4	8,1	7,5	8,2	7,8	8,5	9,0	10,0	11,5
Conductivité (µS/cm)	114,4	115,7	118,2	117,6	157,0	159,2	173,1	194,9	187,2	202,9	194,9	186,2
pH	7,2	7,3	7,3	7,3	7,6	7,5	7,9	7,8	7,7	7,8	7,7	7,5
Température	5,5	7,2	9,9	/	20,9	23,7	24,9	24,9	20,6	17,5	12,0	6,7

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 2022 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

Mazerolles (amont)	Unité	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température de l'eau (IN SITU)	°C	7	6	8	11	20	22	20	25	23	17	14	8
pH (IN SITU)	unité pH	7,3	7,6	7,4	7,3	7,8	7,4	7,5	7,3	7,2	7,5	7,3	7,2
Conductivité à 25°C (IN SITU)	µS/cm	98	117	118	138	140	170	146	201	185	186	213	165
Oxygène dissous (IN SITU)	mgO2/L	12,1	12,3	11,2	10,1	9,4	7,4	8,6	6,2	7	9,7	9,1	11,2
Saturation en oxygène dissous (IN SITU)	%	100	95,4	95	90,7	102,9	84,8	93	75	81	99	89	95
Turbidité	NFU	33	6	6,5	5,3	3,5	2,2	12	1,6	2	1,2	1,6	3,3
Titre alcalimétrique complet (TAC)	°F	2,2	2,7	2,9	3,7	3,6	4,3	3,6	5	4,2	4	4,8	3,5
Carbone organique dissous (COD)	mg/l	5,1	3,7	3,8	3,8	4,3	4,7	6,5	5,4	5,1	4,7	5,5	5,6
Silice (SiO2)	mg/l	12	12	12	12	12	10	11	3,8	4	4,5	6,9	12
Calcium dissous	mg/l	6,6	7,6	7,2	9,1	9,7	11	9,3	12	11	11	12	10
Magnésium dissous	mg/l	2,3	2,4	2,5	2,9	3,1	3,3	3	3,3	2,9	2,6	2,9	3,1
Sodium dissous	mg/l	7,6	9,1	10	11	12	16	12	19	21	19	21	14
Potassium dissous	mg/l	2,2	1,6	1,7	2	2	1,9	2,4	2,4	2,8	2,6	3,3	2,5
Hydrogénocarbonates HCO3	mg/l	27	33	35	45	44	52	44	61	51	49	59	43
Chlorures (Cl)	mg/l	9,1	10	10	12	11	14	12	18	17	17	18	14
Sulfates (SO4)	mg/l	7,4	8,5	9,7	11	12	15	12	19	19	18	22	16
DBO5J (non diluée)(éch.congelé)	mgO2/l	<0,5	0,5	<0,5	0,6	<0,5	<0,5	0,6	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
ST-DCO	mgO2/l	26	15	17	10	13	<10	20	19	15	20	13	22
Matières en suspension (MES)	mg/L	41	7	8	7	5	3	14	<2	3	<2	2	7

Nitrates (NO3)	mg/L	6,2	7,3	7,1	7,2	6,4	5,5	5,9	3,9	3,9	4,3	5,4	6,3
Nitrites (NO2)	mg/L	0,02	0,04	0,03	0,04	0,04	0,02	0,04	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,04
Ammonium (NH4)	mg/L	0,06	0,06	0,05	0,06	0,03	<0,01	0,02	0,02	0,03	<0,01	<0,01	0,03
Azote Kjeldahl (NTK)	mg/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,6	0,8	0,7	<0,5	<0,5	<0,5	0,5
Phosphore total (en P)	mg/L	0,1	0,05	0,03	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,04	0,05	0,07
Bore (B)	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	0,07
Agents de surface anion. (en lauryl sulfate)	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Hydrazine	mg/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Orthophosphates (PO4)	mg/L	0,14	0,02	0,03	0,05	0,1	0,05	0,15	0,07	0,07	0,05	0,1	0,12
METAUX TOTAUX	µg/L	5600,9	834,4	1050,3	895,6	826,6	762,7	1817,2	413,7	490,7	365,8	628,9	711
Aluminium total (Al)	µg/L	2700	240	320	230	180	110	600	67	96	44	86	160
Chrome total (Cr)	µg/L	3,9	0,8	0,9	0,7	0,7	0,6	1,2	0,4	0,5	0,3	0,6	0,6
Cuivre total (Cu)	µg/L	3,6	1,5	1,9	1,5	1,7	2,4	2,4	1,9	1,6	1,2	1,5	2,3
Fer total (Fe)	µg/L	2700	550	670	610	590	610	1100	300	350	300	510	510
Manganèse total (Mn)	µg/L	78	28	39	38	43	31	83	39	36	17	24	28
Nickel total (Ni)	µg/L	2,2	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	1,2	0,8	0,6	0,5	0,8	0,7
Plomb total (Pb)	µg/L	2,2	0,5	0,7	0,6	0,6	0,6	1,4	0,3	0,4	0,3	0,5	0,5
Titane total (Ti)	µg/L	100	8,9	12	10	6,8	4,4	22	2,3	3,6	1,5	2,5	5,9
Zinc total (Zn)	µg/L	11	4	5	4	3	3	6	2	2	1	3	3
Indice hydrocarbure (C10-C40)	µg/L	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50
Chloroforme (trichlorométhane)	µg/L	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15
Ethanolamine	µg/L	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Morpholine	µg/L	<50	<50	<50	<50	50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50
Coliformes thermotolérants	/100mL	3000	400	200	200	300	400	500	100	200	200	1000	90

Coliformes totaux	/100mL	5000	500	500	2000	1200	700	1000	100	900	600	1600	1000
Escherichia coli	/100mL	2300	300	350	210	230	440	420	30	250	130	700	61
Entérocoques	/100mL	870	77	250	46	93	180	310	46	140	77	200	61
Choropyle a	µg/L			<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	So	So
Phéopigments	µg/L			<5	6	<5	<5	<5	<5	<5	<5	So	So
Acide dibromoacétique	µg/L			<1			<1			<1			<1
Acides haloacétiques totaux	µg/L			<5,5			<5,5			<5,5			<5,5
Acide monochloroacétique	µg/L			<1			<1			<1			<1
Acide dichloroacétique	µg/L			<1			<1			<1			<1
Acide trichloroacétique	µg/L			<2,5			<2,5			<2,5			<2,5

Point de prélèvement : pont de CUBORD

Cubord (aval 1)	Unité	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température de l'eau (IN SITU)	°C	7	6	8	11	20	22	20	26	23	17	14	8
pH (IN SITU)	unité pH	7,3	7,5	7,4	7,4	7,8	7,4	7,5	7,5	7,3	7,5	7,4	7,2
Conductivité à 25°C (IN SITU)	µS/cm	98	119	115	141	140	175	148	203	185	186	215	164
Oxygène dissous (IN SITU)	mgO2/L	11,9	12,4	11	10,1	9,3	7	8,6	6,3	6,8	9,6	9	11,1
Saturation en oxygène dissous (IN SITU)	%	98,9	97,1	93,8	90,1	101,6	81,8	93	77	80	99	87	94
Turbidité	NFU	46	5,9	6,2	5,6	3,6	3,1	12	1,7	2,2	1,2	2	3,2
Titre alcalimétrique complet (TAC)	°F	2,4	2,8	2,6	3,5	3,6	4,3	3,6	5,1	4,2	4,2	4,9	3,4

Carbone organique dissous (COD)	mg/l	5,1	3,7	3,7	3,9	4,3	4,9	7,2	5,8	5,2	4,6	5,5	5,6
Silice (SiO2)	mg/l	12	12	12	12	12	9,2	12	3,8	3,8	4	6,7	12
Calcium dissous	mg/l	6,5	8	7,1	9,2	9,8	11	9,3	12	10	11	12	10
Magnésium dissous	mg/l	2,2	2,5	2,5	3	3,2	3,3	3	3,2	2,9	2,6	3,1	3
Sodium dissous	mg/l	7,4	9,8	9,3	12	12	16	12	19	20	18	20	14
Potassium dissous	mg/l	2,1	1,7	1,7	2,1	2	1,9	2,5	2,5	2,9	2,5	3,3	2,6
Hydrogénocarbonates HCO3	mg/l	29	34	32	43	44	52	44	62	51	51	60	41
Chlorures (Cl)	mg/l	9,8	11	10	12	11	14	13	19	17	17	18	14
Sulfates (SO4)	mg/l	7,8	8,7	9,3	11	12	16	13	20	20	18	21	16
DBO5J (non diluée)(éch.congelé)	mgO2/l	<0,5	<0,5	<0,5	0,8	0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
ST-DCO	mgO2/l	25	12	15	12	11	<10	19	15	14	18	13	22
Matières en suspension (MES)	mg/L	37	5	7	7	3	<2	15	<2	3	<2	2	4
Nitrates (NO3)	mg/L	12	7,3	7,2	6,9	6,2	5,4	6	3,1	3,8	4,1	5,4	6,3
Nitrites (NO2)	mg/L	0,02	0,05	0,03	0,04	0,04	0,02	0,04	0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,03
Ammonium (NH4)	mg/L	0,06	0,05	0,05	0,06	0,02	0,03	0,03	0,02	0,05	<0,01	<0,01	0,04
Azote Kjeldahl (NTK)	mg/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,5	0,6	<0,5	<0,5	<0,5	0,5
Phosphore total (en P)	mg/L	0,1	0,04	0,04	0,06	0,06	0,07	0,09	0,05	0,05	0,04	0,05	0,07
Bore (B)	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	0,06
Agents de surface anion. (en lauryl sulfate)	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Hydrazine	mg/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Orthophosphates (PO4)	mg/L	0,06	0,04	0,02	0,09	0,08	0,09	0,17	0,07	0,07	0,05	0,07	0,11
METAUX TOTAUX	µg/L	5395,1	750,5	983,2	1120,9	748,4	707,8	1775,9	331,1	513,1	388,6	553,7	634,8
Aluminium total (Al)	µg/L	2600	200	330	330	150	100	570	43	110	37	72	130

Chrome total (Cr)	µg/L	3,5	0,7	0,8	0,8	0,7	0,5	1,2	0,3	0,5	0,4	0,5	0,5
Cuivre total (Cu)	µg/L	3,4	1,6	2	1,7	1,7	1,8	2,4	1,5	1,8	1	1,5	2,1
Fer total (Fe)	µg/L	2600	510	600	680	550	570	1100	250	350	280	450	470
Manganèse total (Mn)	µg/L	73	25	33	42	37	28	74	32	43	17	24	23
Nickel total (Ni)	µg/L	2,1	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	1,1	0,7	0,7	0,6	0,7	0,8
Plomb total (Pb)	µg/L	2,1	0,4	0,6	0,6	0,5	0,5	1,2	0,3	0,4	0,3	0,4	0,5
Titane total (Ti)	µg/L	100	7	11	11	5,8	3,3	21	2,3	3,7	1,3	2,6	4,9
Zinc total (Zn)	µg/L	11	5	5	4	2	3	5	1	3	1	2	3
Indice hydrocarbure (C10-C40)	µg/L	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50
Chloroforme (trichlorométhane)	µg/L	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15
Ethanolamine	µg/L	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Morpholine	µg/L	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50
Coliformes thermotolérants	/100mL	3000	400	400	1000	50	300	600	80	2000	200	1100	300
Coliformes totaux	/100mL	8000	700	400	1500	600	600	600	400	3000	1000	1100	600
Escherichia coli	/100mL	2200	310	200	760	46	310	590	77	1300	180	480	270
Entérocoques	/100mL	1000	430	46	270	<15	460	320	15	590	77	320	61
Acide dibromoacétique	µg/L			<1			<1			<1	So	So	<1
Acides haloacétiques totaux	µg/L			<5,5			<5,5			<5,5	So	So	<5,5
Acide monochloroacétique	µg/L			<1			<1			<1	So	So	<1
Acide dichloroacétique	µg/L			<1			<1			<1	So	So	<1
Acide trichloroacétique	µg/L			<2,5			<2,5			<2,5	So	So	<2,5

Point de prélèvement : pont de St MARTIN la rivière

Valdivienne (aval 2)	Unité	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température de l'eau (IN SITU)	°C	7	6	8	11	20	23	20	26	24	18	14	8
pH (IN SITU)	unité pH	7,3	7,5	7,3	7,4	7,8	7,6	7,5	7,8	7,4	7,6	7,4	7,2
Conductivité à 25°C (IN SITU)	µS/cm	100	125	118	146	148	183	152	209	193	195	222	171
Oxygène dissous (IN SITU)	mgO2/L	12	12,4	11,2	10,3	9,5	7,4	8,5	7,5	7,4	9,6	9,1	11,1
Saturation en oxygène dissous (IN SITU)	%	99,3	97,8	94,6	92,5	103,6	87,4	93	92	87	100	89	94
Turbidité	NFU	35	5,6	6,6	5,8	3	2,2	11	1,4	2,5	1,1	2,2	2,8
Titre alcalimétrique complet (TAC)	°F	2,2	3,2	3	4	4	4,8	3,8	5,4	4,4	4,6	5,5	3,8
Carbone organique dissous (COD)	mg/l	5	3,7	3,7	3,8	4,2	4,8	6,7	5,6	5,1	4,6	5,4	5,5
Silice (SiO2)	mg/l	12	12	12	13	12	9,3	11	3,8	3,9	4,2	6,6	12
Calcium dissous	mg/l	6,6	8,7	8	9,9	11	13	9,9	13	12	12	14	11
Magnésium dissous	mg/l	2,2	2,7	2,7	3,1	3,2	3,3	3	3,4	2,9	2,9	3,7	3
Sodium dissous	mg/l	7,4	9,6	9,7	12	12	16	13	19	20	18	20	14
Potassium dissous	mg/l	2,1	1,6	1,8	2,1	2	2	2,4	2,4	2,9	2,5	3,4	2,6
Hydrogénocarbonates HCO3	mg/l	27	39	37	49	49	59	46	66	54	56	67	46
Chlorures (Cl)	mg/l	8,9	11	10	12	11	15	12	19	21	17	18	14
Sulfates (SO4)	mg/l	7,5	8,9	9,3	11	12	16	13	20	21	19	20	16
DBO5J (non diluée)(éch.congelé)	mgO2/l	<0,5	<0,5	<0,5	0,6	0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
ST-DCO	mgO2/l	24	13	16	10	14	<10	21	17	12	17	14	22
Matières en suspension (MES)	mg/L	39	6	8	5	3	2	14	<2	2	<2	2	2

Nitrates (NO3)	mg/L	6,5	7,5	7,2	7,2	6,5	5,6	6	3	3,9	4,4	5,6	6,4
Nitrites (NO2)	mg/L	0,02	0,05	0,03	0,04	0,04	0,02	0,04	0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,03
Ammonium (NH4)	mg/L	0,05	0,05	0,04	0,06	0,02	<0,01	0,02	0,01	0,03	0,01	<0,01	0,04
Azote Kjeldahl (NTK)	mg/L	0,5	<0,5	<0,5	0,5	<0,5	<0,5	0,6	0,7	<0,5	<0,5	<0,5	0,5
Phosphore total (en P)	mg/L	0,1	0,04	0,04	0,05	0,05	0,07	0,09	0,05	0,05	0,04	0,05	0,06
Bore (B)	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	<0,05	0,05	0,05
Agents de surface anion. (en lauryl sulfate)	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Hydrazine	mg/L	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Orthophosphates (PO4)	mg/L	0,07	0,02	0,03	0,05	0,05	0,06	0,15	0,07	0,09	0,04	0,1	0,11
Indice hydrocarbure (C10-C40)	µg/L	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50
Chloroforme (trichlorométhane)	µg/L	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15
Ethanolamine	µg/L	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Morpholine	µg/L	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50
Choropyle a	µg/L			<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	So	So
Phéopigments	µg/L			<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	So	So
Acide dibromoacétique	µg/L			<1			<1			<1	So	So	<1
Acides haloacétiques totaux	µg/L			<5,5			<5,5			<5,5	So	So	<5,5
Acide monochloroacétique	µg/L			<1			<1			<1	So	So	<1
Acide dichloroacétique	µg/L			<1			<1			<1	So	So	<1
Acide trichloroacétique	µg/L			<2,5			<2,5			<2,5	So	So	<2,5

Point de prélèvement : pont de BONNES

Bonnes (aval 3)	Unité	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température de l'eau (IN SITU)	°C	8		9		20		20		23		14	
pH (IN SITU)	unité pH	7,3		7,7		7,9		7,5		7,5		7,5	
Conductivité à 25°C (IN SITU)	µS/cm	105		124		172		167		231		262	
Oxygène dissous (IN SITU)	mgO2/L	11,8		11,3		10		8,4		7,2		9	
Saturation en oxygène dissous (IN SITU)	%	98,3		97,2		111,1		92		85		87	
Chlorures (Cl)	mg/l	9,1		10		12		13		18		19	
Sulfates (SO4)	mg/l	7,7		8,9		12		13		19		17	
DBO5J (non diluée)(éch.congelé)	mgO2/l	<0,5		<0,5		<0,5		<0,5		<0,5		<0,5	
ST-DCO	mgO2/l	20		15		12		19		14		13	
Matières en suspension (MES)	mg/L	39		6		<2		6		<2		5	
Nitrates (NO3)	mg/L	6,6		7,4		7,3		6,9		5,6		7,2	
Nitrites (NO2)	mg/L												
Ammonium (NH4)	mg/L	0,06		0,04		0,02		0,03		0,04		0,02	
Azote Kjeldahl (NTK)	mg/L	0,7		<0,5		<0,5		0,6		<0,5		0,5	
Phosphore total (en P)	mg/L	0,1		0,04		0,05		0,08		0,04		0,04	
Bore (B)	mg/L	<0,05		<0,05		0,05		<0,05		<0,05		0,05	
Agents de surface anion. (en lauryl sulfate)	mg/L	<0,05		<0,05		<0,05		<0,05		<0,05		<0,05	
Orthophosphates (PO4)	mg/L	0,07		0,03		0,07		0,15		0,06		0,04	
METAUX TOTAUX	µg/L	4693,1		992,1		615,5		1058,8		404		558,75	
Aluminium total (Al)	µg/L	2200		310		120		280		75		130	

Chrome total (Cr)	µg/L	2,8		0,7		0,7		0,8		0,5		0,6	
Cuivre total (Cu)	µg/L	3,5		2		1,7		2		1,6		1,4	
Fer total (Fe)	µg/L	2300		630		460		720		280		340	
Manganèse total (Mn)	µg/L	73		32		26		42		41		29	
Nickel total (Ni)	µg/L	1,8		0,8		0,8		0,9		0,6		0,7	
Plomb total (Pb)	µg/L	2		0,6		0,4		0,9		0,3		0,4	
Titane total (Ti)	µg/L	100		11		3,9		9,2		3		4,5	
Zinc total (Zn)	µg/L	10		5		2		3		2		2	
Indice hydrocarbure (C10-C40)	µg/L	<50		<50		<50		<50		<50		<50	
Chloroforme (trichlorométhane)	µg/L	<0,15		<0,15		<0,15		<0,15		<0,15		<0,15	
Coliformes thermotolérants	/100mL	2000	200	200	2000	100	90	200	400	300	60	1000	160
Coliformes totaux	/100mL	10000	400	900	3000	200	500	500	2000	200	100	1500	400
Escherichia coli	/100mL	1900	180	250	1400	77	94	200	160	92	77	620	160
Entérocoques	/100mL	750	160	77	420	15	130	94	15	30	30	130	61
Acide dibromoacétique	µg/L			<1						<1			
Acides haloacétiques totaux	µg/L			<5,5						<5,5			
Acide monochloroacétique	µg/L			<1						<1			
Acide dichloroacétique	µg/L			<1						<1			
Acide trichloroacétique	µg/L			<2,5						<2,5			

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, 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 2022, et plus particulièrement :

- **Surveillance chimique** au niveau de 3 stations de mesure (Mazerolles, Cubord et Valdivienne), et de manière plus allégée à la station de Bonnes. Cette surveillance concerne 30 paramètres :
 - Métaux (Al, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Ti, Zn) et métalloïde (Bore) : dosés mensuellement à Mazerolles, Valdivienne et Cubord et à fréquence bimestrielle à Bonnes, sur eau brute (sauf bore) et filtrée ; des mesures dans les bryophytes sont également réalisées à Mazerolles et Cubord (analyses semestrielles) ;
 - Acides mono, dichloro et trichloroacétique : suivi semestriel (Bonnes) ou trimestriel (3 autres stations) ;
 - 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 3 stations (Mazerolles, Cubord et Valdivienne).

- **Surveillance hydro-écologique** au niveau de 4 stations de mesures (Mazerolles, Cubord, Valdivienne et Bonnes) :
 - **Suivi mensuel des principaux paramètres physico-chimiques** (26 paramètres) utilisés pour évaluer la qualité des eaux de surface ; stations de Mazerolles, Cubord et Valdivienne. Un suivi physicochimique restreint (15 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 (station aval proche) ;
 - **Suivi bactériologique** (fréquence mensuelle) au niveau des stations de Mazerolles, de Cubord et de Bonnes.

Ce suivi 2022 s'est inscrit dans un **contexte climatique plus chaud que les années de référence (1981 – 2010) et un contexte pluviométrique fortement déficitaire, avec une inégalité de précipitations** (déficitaire de janvier à mai, puis en juillet et en août ; fortement excédentaire en juin).

L'hydrologie **annuelle est ainsi marquée par un net déficit des écoulements**, perceptible dès le début de l'année et qui s'accroît au printemps, avec une baisse constante et rapide des débits en mai. La fin du printemps et le début de l'été sont marqués par une augmentation globale des écoulements et par des épisodes de variations notables de débits avec des pics observés début et fin juin - tout début juillet. Les conditions d'étiage s'installent ensuite début juillet et perdurent jusqu'à la fin de novembre. La fin de l'automne et le début de l'hiver se

caractérisent par un déficit hydrologique très sévère, atteignant – 70 % par rapport aux débits caractéristiques de la période 1985-2023.

Les éléments physicochimiques suivis en amont et en aval du CNPE de Civaux sont globalement similaires. Si quelques disparités sont observées pour certains paramètres (demande chimique en oxygène, certains nutriments ou encore la charge en éléments minéraux par exemple), les valeurs moyennes obtenues pour ces derniers sont assez voisines. L'ensemble des stations est par ailleurs déterminé en bon état à l'issue du suivi 2022. 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 30 paramètres chimiques contrôlés, onze éléments (non-métalliques) ne sont pas quantifiés en amont et en aval du CNPE, comme lors des précédents suivis. L'analyse spatio-temporelle des dix-neuf paramètres quantifiés affiche peu de disparités interstationnelles entre l'amont et l'aval proche du CNPE de Civaux. De plus, la variabilité temporelle de ces 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 2022. **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 montre des concentrations compatibles avec une très bonne qualité de l'eau (SEQ-Eau ; paramètres Chrome, Cuivre, Nickel, Plomb et Zinc). Les teneurs de la campagne d'octobre sont plus importantes que celles du mois de juin pour la majorité des paramètres (à l'exception du cuivre, uniquement à Mazerolles, et du Zinc, aux deux stations suivies), révélant une absorption des métaux facilitée par l'hydrologie sévère de l'été.

Par ailleurs, la canicule de l'été 2022 a accentué l'augmentation saisonnière de la température, et par conséquent probablement diminué l'oxygénation de l'eau de toutes les stations. Toutefois, les valeurs restent élevées et déterminent une bonne qualité pour ces deux paramètres.

Ainsi, le suivi physicochimique et la surveillance chimique de l'année 2022 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 2022 ne révèlent pas de manifestation d'eutrophisation, notamment en période estivale, avec des valeurs sous 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 respecte 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.

Aucune différence notable entre les peuplements phytoplanctoniques de l'année 2022 et ceux des suivis précédents ne peut mettre en évidence un éventuel effet de la canicule de l'été 2022 sur ce compartiment biologique.

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 comme très faibles à 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. Leur distribution spatiale est fort probablement restreinte aux herbiers présents aux deux stations.

Les résultats du suivi 2022 sont en accord avec ceux des précédents suivis, excluant un potentiel effet de l'épisode caniculaire de l'été 2022. La majorité des taxons inventoriés cette année a déjà été collectée précédemment.

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. Deux espèces (*Achnanthes crassum* et *Achnanthes subhudsonis*) dominent l'ensemble des cortèges au cours de l'année. Les cortèges 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 état biologique similaire à la station amont et à la station aval éloigné.

Les résultats de ce suivi sont conformes à ceux des précédents suivis, excluant un effet de la canicule de l'été 2022 sur les communautés diatomiques.

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 juillet et en septembre 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 2022 par la végétation aquatique révèle un niveau trophique élevé aux deux stations du suivi. Les comparaisons interstationnelles témoignent de compositions floristiques relativement similaires. Les peuplements sont sensiblement identiques depuis quelques années, excluant un effet de la canicule de l'été 2022 sur cette communauté floristique.

L'espèce exotique envahissante *Egeria densa* semble continuer son expansion déjà observée depuis quelques années (de quelques pieds en 2018 à près de la moitié du recouvrement du lit à l'automne 2022 sur les stations d'étude).

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 ont été planifiées en avril, juin, août et octobre, conformément aux exigences réglementaires. Les échantillons de la campagne d'avril ayant manifestés des signes de mauvaise conservation ne permettant plus une analyse robuste, une nouvelle campagne a été réalisée au mois de juillet (reprogrammation au plus tôt et au plus pertinent/informatif : à mi-chemin entre deux campagnes planifiées et au cœur de l'épisode hydroclimatique singulier de l'été 2022). L'analyse repose ainsi sur les résultats des campagnes d'échantillonnage réalisées en juin, juillet, août et octobre.

Les peuplements des macro-invertébrés benthiques de la Vienne dans le secteur du CNPE de Civaux sont conformes aux caractéristiques biologiques attendues et s'accordent avec ceux des années précédentes. Aucune modification des métriques analysées ne permet de mettre en évidence une influence de l'été 2022.

Les peuplements invertébrés des deux stations du suivi sont très proches, diversifiés et pointent généralement une bonne qualité de l'eau. Une légère diminution de la qualité de l'eau est néanmoins constatée à la station amont en octobre, probablement consécutive au maintien

de conditions hydrologiques sévères.

La qualité biologique de la Vienne est bonne à très bonne à la station amont ; la station aval éloigné conserve une très bonne qualité biologique tout au long du suivi.

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

Ainsi, l'ensemble des résultats de la surveillance chimique et hydro-écologique mise en œuvre en 2022 permet de conclure à l'absence d'influence du CNPE de Civaux sur le fonctionnement écologique de la Vienne. Par ailleurs, l'épisode caniculaire de l'été 2022 ne semble pas avoir d'influence sur les communautés biologiques 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^{er} juillet 2013, concerne le niveau sonore mesuré en dB (A) en limite d'établissement de l'installation.

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

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

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.

La Mission Communication du CNPE de CIVAUX réalise des informations, par le biais du numéro vert du CNPE mais aussi en s'adressant directement aux mairies dans un rayon de 2 km, lors de la réalisation d'opérations pouvant générer du bruit, comme par exemple lors de la réalisation de certains essais périodiques sur l'installation.

Le numéro vert permet de retrouver toute l'actualité du CNPE de CIVAUX, 24 heures sur 24 : 0800 22 29 99.

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

Une surveillance des niveaux de radioactivité est effectuée dans l'environnement du CNPE de 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 2.

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

https://www.irsn.fr/FR/expertise/rapports_expertise/Documents/environnement/IRSN-ENV_Bilan-Radiologique-France-2018-2020.pdf

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

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

Les principales hypothèses retenues sont les suivantes :

- les habitants consomment pour partie des aliments produits dans l'environnement proche du CNPE ;
- ils vivent toute l'année à proximité de leur lieu d'habitation (non prise en compte de leurs périodes d'absence pour le travail, les vacances...);
- l'eau captée à l'aval des installations est considérée comme provenant de captages d'eaux superficielles, même s'il s'agit de captages en nappes d'eaux souterraines, ce

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

qui revient à considérer que le milieu aquatique à l'aval du CNPE est toujours influencé par les rejets d'effluents liquides de l'installation ;

- on considère que l'eau de boisson n'a subi aucun traitement de potabilisation (autre que la filtration), et donc qu'aucune rétention de radionucléides n'a été effectuée lors de procédés de traitement ;
- la pêche de poissons dans les fleuves à l'aval des CNPE est supposée systématique, sans exclure les zones de pêche interdite.

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

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

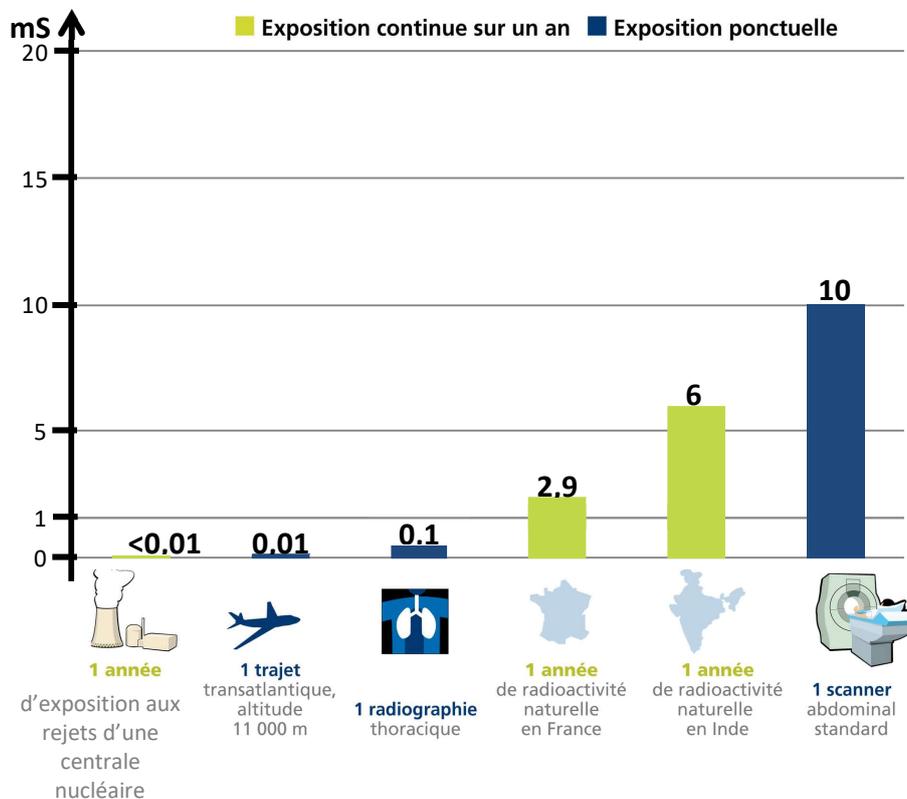


Figure 2 : Echelle des ordres de grandeur de doses résultant de situations courantes et comparaison aux seuils réglementaires (Source : EDF)

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.

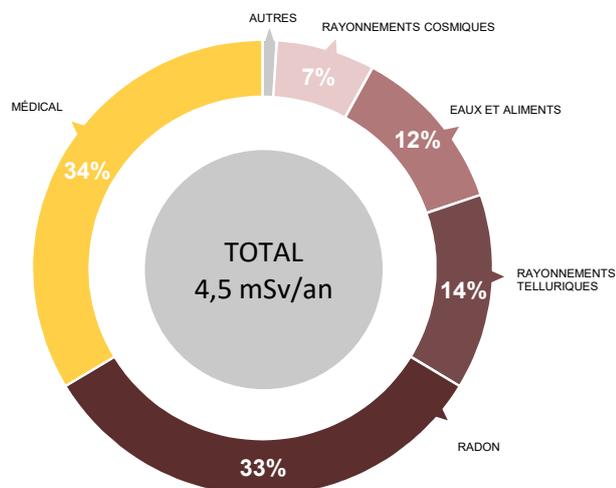


Figure 3 : Part relative des différentes sources d'expositions de la population française aux rayonnements ionisants (Source : Bilan IRSN 2021)

Les tableaux suivants fournissent les valeurs de dose efficace totale calculées à partir des rejets radioactifs réels de l'année 2022 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	1,1E-07	2,9E-06	3,0E-06
Rejets d'effluents liquides	4,1E-06	6,1E-05	6,6E-05
Total	4,2E-06	6,4E-05	6,9E-05

ENFANT DE 10 ANS	Exposition externe (mSv)	Exposition interne (mSv)	Total (mSv)
Rejets d'effluents à l'atmosphère	1,0E-07	2,4E-06	2,5E-06
Rejets d'effluents liquides	s.o.	6,4E-05	6,4E-05
Total	1,0E-07	6,7E-05	6,7E-05

ENFANT DE 1 AN	Exposition externe (mSv)	Exposition interne (mSv)	Total (mSv)
Rejets d'effluents à l'atmosphère	9,4E-08	3,0E-06	3,1E-06
Rejets liquides	s.o.	9,5E-05	9,5E-05
Total	9,4E-08	9,8E-05	9,8E-05

Les valeurs de doses calculées sont inférieures à 1.10^{-4} mSv/an pour l'adulte, pour l'enfant de 10 ans et pour l'enfant de 1 an.

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

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

Partie VIII - Gestion des déchets

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

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

La démarche industrielle repose sur 4 principes :

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

Pour les installations nucléaires de base du CNPE de 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 emplacements de graphite des anciens réacteurs dont la déconstruction est programmée généreront des déchets « de faible activité à vie longue (FAVL) ».

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

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

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

2. Le transport des déchets

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

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

DE LA CENTRALE AUX CENTRES DE TRAITEMENT ET DE STOCKAGE

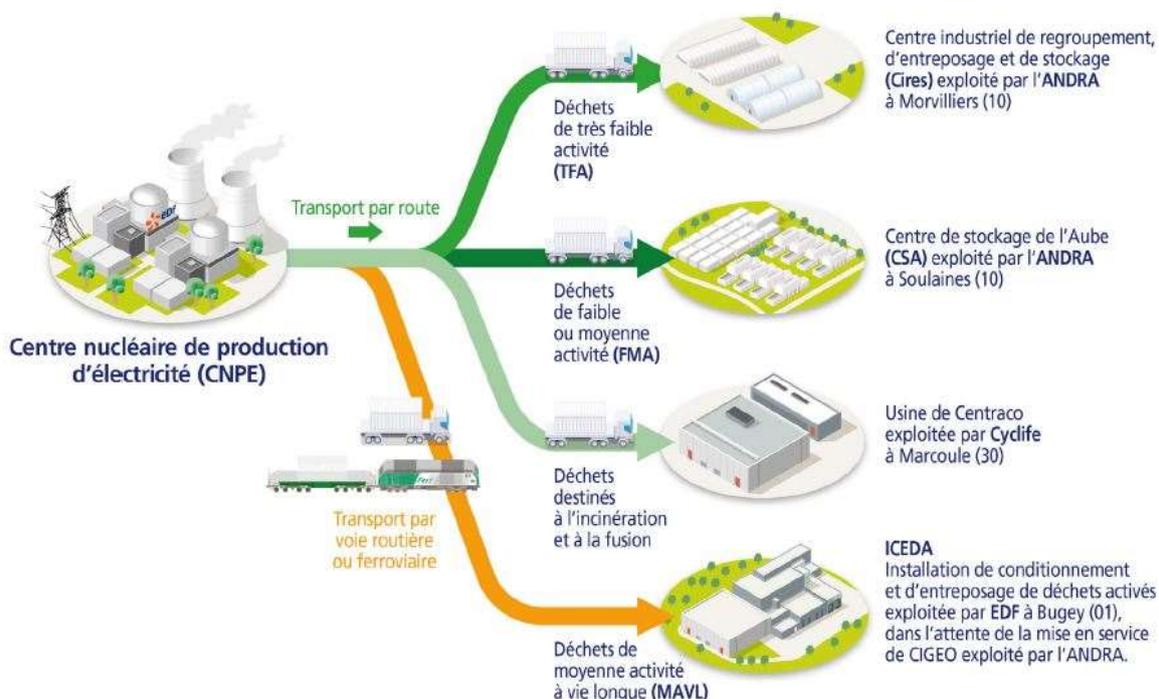


Figure 4 : Transport des déchets radioactifs (Source : EDF)

3. Les quantités de déchets entreposées au 31/12/2022

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

Catégorie déchet	Quantité entreposée au 31/12/2022	Commentaires
TFA	65,88 tonnes	En conteneur sur l'aire TFA
FMAVC (Liquides)	4,07 tonnes	Effluents de lessivage chimique, huiles, solvants...
FMAVC (Solides)	75,5 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 2022 pour les 2 réacteurs en fonctionnement du CNPE de CIVAUX.

Catégorie déchet	Quantité entreposée au 31/12/2022	Type d'emballage
TFA	39 colis	Tous types d'emballages confondus
FMAVC	9 colis	Coques béton
FMAVC	660 colis	Fûts (métalliques, PEHD)
FMAVC	0 colis	Autres (caissons, pièces massives...)

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

Site destinataire	Nombre de colis évacués
Cires à Morvilliers	175
CSA à Soulaines	607
Centraco à Marcoule	1902
ICEDA au Bugey	0

En 2022, 2684 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 2022 par les INB d'EDF.

Quantités 2022 en tonnes	Déchets dangereux		Déchets non dangereux non inertes		Déchets inertes		Total	
	Produits	Valorisés	Produits	Valorisés	Produits	Valorisés	Produits	Valorisés
Sites en exploitation	10 283	8 383	34 493	29 822	97 458	97 393	142 234	135 598
Sites en déconstruction	475	316	1 085	988	2 222	2 218	3 783	3 521

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 2022, les 2 unités de production du CNPE de CIVAUX ont produit 2530 tonnes de déchets conventionnels : 90 % de ces déchets ont été valorisés ou recyclés.

ABREVIATIONS

ANDRA - Agence Nationale pour la gestion des Déchets RAdioactifs

ASN - Autorité Sûreté Nucléaire

CNPE - Centre Nucléaire de Production d'Électricité

COT - Carbone Organique Total

DBO5 - Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours

DCO - Demande Chimique en Oxygène

DUS – Diesel d'Ultime Secours

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

ESE - Évènement Significatif Environnement

FMA - Faible Moyenne Activité

ICPE - Installations Classées pour la Protection de l'Environnement

INB - Installation Nucléaire de Base

IRSN - Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire

ISO - International Standard Organization

KRT – Chaîne de mesure de radioactivité

MES - Matières En Suspension

PA – Produit d'Activation

PF – Produit de Fission

REX - Retour d'Expérience

SME - Système de Management de l'Environnement

SMP - Station Multi Paramètres

TAC – Turbine à Combustion

TEU - Traitement des Effluents Usés

TFA - Très Faible Activité

THE – Très Haute Efficacité

UFC - Unité Formant Colonie

ANNEXE 1 : Suivi microbiologique du CNPE de CIVAUX Année 2022

Les deux suivis microbiens ont été réalisés dans un contexte particulier puisque le fonctionnement des deux tranches a été fortement impacté par des aléas sur le circuit RIS de chacune d'entre elle. De ce fait, la tranche 1 a été arrêtée tout au long de l'année. Dans le cas de la tranche 2, les pompes CRF ainsi que la purge des bassins ont été mises hors service le 9 janvier 2022.

Ainsi, aucun suivi amibien et légionelles n'a été réalisé pour la tranche 1. Durant les quelques jours de fonctionnement de la tranche 2, des campagnes de prélèvements amibiens et légionelles ont été réalisées. Aucune Naegleria n'a été détectée dans les différents échantillons analysés. Ce constat peut s'expliquer par le découplage du réacteur quelques semaines auparavant et donc l'absence de conditions de croissance optimales. En parallèle, une population de légionelles, dont la concentration était égale à la limite de quantification, a pu être observée dans le circuit de refroidissement de la tranche 2. Ainsi, les seuils imposés par la décision n°2016-DC-0578 ont été respectés lors de ces suivis microbiens.

ANNEXE 2 : Suivi radio écologique annuel du CNPE de CIVAUX Année 2021

Suivi radioécologique de l'environnement des C.N.P.E. du bassin de la Loire – Année 2021
C.N.P.E. de Civaux
Rapport SUB/RE/RC/21-L



Résumé	290
9. Etat radiologique de l'environnement du C.N.P.E. de Civaux	292
<i>9.1 Généralités et chronologie des études radioécologiques</i>	<i>292</i>
<i>9.2 Etat radiologique de l'environnement terrestre</i>	<i>294</i>
9.2.1. Stratégie d'échantillonnage	294
9.2.2. Résultats et interprétation	297
9.2.2.1. Radionucléides émetteurs gamma	297
9.2.2.2. Radionucléides émetteurs bêta	299
<i>9.3 Etat radiologique de l'environnement aquatique</i>	<i>302</i>
9.3.1. Stratégie d'échantillonnage	302
9.3.2. Résultats et interprétation	305
9.3.2.1. Radionucléides émetteurs gamma	305
9.3.2.2. Radionucléides émetteurs bêta	310
<i>9.4 Conclusion de l'état radiologique de l'environnement du C.N.P.E. de Civaux</i>	<i>313</i>

LISTE DES FIGURES

Figure 9-1. Chronologie des principales études radioécologiques conduites dans l'environnement du C.N.P.E. de Civaux.	293
Figure 9-2. Stations et natures des prélèvements du milieu terrestre pour le suivi radioécologique 2021 du C.N.P.E. de Civaux.	296
Figure 9-3. Gammes de variation (*) des activités des principaux radionucléides d'origine artificielle détectés par spectrométrie γ 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 2021.	298
Figure 9-4. Activités en tritium libre dans les échantillons prélevés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E de Civaux de 2011 à 2021.	299
Figure 9-5. Activités en tritium organiquement lié dans les échantillons prélevés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E de Civaux de 2011 à 2021.	300
Figure 9-6. Activités spécifiques en ^{14}C mesurés dans les échantillons prélevés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E de Civaux de 2011 à 2021.	301
Figure 9-7. Stations et natures des prélèvements du milieu aquatique pour le suivi radioécologique 2021 du C.N.P.E. de Civaux.	304
Figure 9-8. Gammes de variation (*) des activités des principaux radionucléides d'origine artificielle détectés par spectrométrie γ dans les sédiments prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux lors des études menées depuis l'état de référence, de 1991/1997, au suivi radioécologique de 2021.	306
Figure 9-9. Gammes de variation (*) des activités des principaux radionucléides d'origine artificielle détectés par spectrométrie γ 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, de 1991/1997, au suivi radioécologique de 2021.	307
Figure 9-10. Gammes de variation (*) des activités des principaux radionucléides d'origine artificielle détectés par spectrométrie γ 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, de 1991/1997, au suivi radioécologique de 2021.	308
Figure 9-11. Gammes de variation (*) des activités des principaux radionucléides d'origine artificielle détectés par spectrométrie γ dans les poissons prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux lors des études menées depuis l'état de référence, de 1991/1997, au suivi radioécologique de 2021.	309
Figure 9-12. Activités en tritium libre dans les échantillons prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E de Civaux de 2011 à 2021.	310
Figure 9-13. Activités en tritium organiquement lié dans les échantillons prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E de Civaux de 2011 à 2021.	311
Figure 9-14. Activités spécifiques en ^{14}C mesurés dans les poissons prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E de Civaux de 2011 à 2021.	312

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 2021.....	295
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 2021.....	303
Tableau 9-3. Activités des principaux radionucléides émetteurs γ dans les sols prélevés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux de 2011 à 2021 ($\text{Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$).....	315
Tableau 9-4. Activités des principaux radionucléides émetteurs γ dans les mousses prélevées dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux de 2011 à 2021 ($\text{Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$).....	316
Tableau 9-5. Activités des principaux radionucléides émetteurs γ , du ^{14}C , du ^3H libre et du ^3H organiquement lié dans les salades/choux prélevés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux de 2011 à 2021 (spectrométrie γ : $\text{Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$; ^{14}C : Bq.kg^{-1} de carbone ; ^3H : Bq.L^{-1}).....	317
Tableau 9-6. Activités des principaux radionucléides émetteurs γ , du ^{14}C , du ^3H libre et du ^3H organiquement lié dans les herbes prélevées dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux de 2011 à 2021 (spectrométrie γ : $\text{Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$; ^{14}C : Bq.kg^{-1} de carbone ; ^3H : Bq.L^{-1}).....	318
Tableau 9-7. Activités du ^{14}C , du ^3H libre et du ^3H organiquement lié dans les herbes trimestrielles prélevées dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux de 2015 à 2021 (^{14}C : Bq.kg^{-1} de carbone ; ^3H : Bq.L^{-1}).....	319
Tableau 9-8. Activités des principaux radionucléides émetteurs γ , du ^{14}C , du ^3H libre et du ^3H organiquement lié dans les laits prélevés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux de 2011 à 2021 (spectrométrie γ : $\text{Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$; ^{14}C : Bq.kg^{-1} de carbone ; ^3H : Bq.L^{-1}).....	320
Tableau 9-9. Activités du ^{14}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^{-1} de carbone).....	321
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 2021.....	323
Tableau 9-11. Activités des radionucléides émetteurs γ d'origine artificielle des échantillons prélevés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux lors du suivi radioécologique de 2021.....	324
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 2021.....	325
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 2021.....	325
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 2021.....	325
Tableau 9-15. Activités du ^{14}C des échantillons prélevés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux lors du suivi radioécologique de 2021.....	326
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 2021.....	326

Tableau 9-17. Activités du ^3H libre dans les eaux prélevées dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux de 2011 à 2021 ($\text{Bq}\cdot\text{L}^{-1}$).....	328
Tableau 9-18. Activités des principaux radionucléides émetteurs γ , du ^{14}C , du ^3H libre et du ^3H organiquement lié dans les sédiments prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux de 2011 à 2021 (spectrométrie γ : $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}\text{ sec}$; ^{14}C : $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ de C ; ^3H : $\text{Bq}\cdot\text{L}^{-1}$).....	329
Tableau 9-19. Activités des principaux radionucléides émetteurs γ , du ^{14}C , du ^3H libre et du ^3H organiquement lié dans les phanérogames prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux de 2011 à 2021 (spectrométrie γ : $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}\text{ sec}$; ^{14}C : $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ de C ; ^3H : $\text{Bq}\cdot\text{L}^{-1}$).....	330
Tableau 9-20. Activités des principaux radionucléides émetteurs γ dans les mousses aquatiques prélevées dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux de 2011 à 2021 ($\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}\text{ sec}$).....	331
Tableau 9-21. Activités des principaux radionucléides émetteurs γ , du ^{14}C , du ^3H libre et du ^3H organiquement lié dans les poissons prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux de 2011 à 2021 (spectrométrie γ : $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ frais ; ^{14}C : $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ de carbone ; ^3H : $\text{Bq}\cdot\text{L}^{-1}$).....	332
Tableau 9-22. Activités des radionucléides émetteurs γ d'origine naturelle des échantillons prélevés dans l'environnement aquatique du site de Civaux lors du suivi radioécologique de 2021.....	334
Tableau 9-23. Activités des radionucléides émetteurs γ d'origine artificielle des échantillons prélevés dans l'environnement aquatique du site de Civaux lors du suivi radioécologique de 2021.....	335
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 2021.....	336
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 2021.....	336
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 2021.....	337
Tableau 9-27. Activités du ^{14}C dans les échantillons prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux lors du suivi radioécologique de 2021.....	337
Tableau 9-28. Activités du ^{63}Ni dans les échantillons prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux lors du suivi radioécologique de 2021.....	338
Tableau 9-29. Activités du ^{55}Fe dans les échantillons prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux lors du suivi radioécologique de 2021.....	338
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 2021.....	339

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 2021 montre que le niveau de radioactivité naturelle demeure similaire à celui mesuré avant la mise en fonctionnement de l'installation de Civaux.

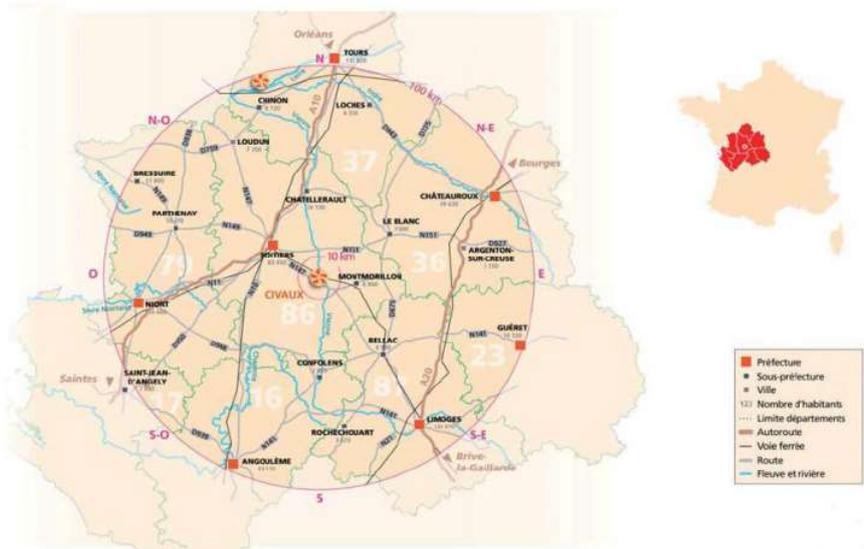
Dans le **milieu terrestre**, la radioactivité d'origine artificielle est liée à la présence du ^{137}Cs . Le ^{137}Cs provient principalement des retombées des anciens essais aériens nucléaires et de l'accident de Tchernobyl. Dans la continuité des années antérieures, les activités en ^3H (libre et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

En 2021, le ^{137}Cs est présent dans tous les compartiments du **milieu aquatique** aussi bien en amont qu'en aval de l'installation. Aucune influence des rejets d'effluents liquides n'est mise en évidence pour ce radionucléide. Le ^{137}Cs provient de la rémanence des retombées des essais aériens nucléaires et de l'accident de Tchernobyl. En revanche, la détection en aval de ^{58}Co , de ^{60}Co , de $^{110\text{m}}\text{Ag}$ et de ^{54}Mn dans les phanérogames à l'aval du C.N.P.E. et de ^{60}Co et de $^{110\text{m}}\text{Ag}$ dans les sédiments à l'aval lointain montre l'influence des rejets liquides du C.N.P.E. de Civaux sur le milieu aquatique. En 2021, les analyses de ^3H (libre et organiquement lié) et de ^{14}C dans les phanérogames et les poissons réalisées sur les prélèvements effectués 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 l'eau de boisson prélevée à l'aval du C.N.P.E. En revanche, les analyses effectuées dans les phanérogames et 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. Enfin, l'activité mesurée dans l'eau d'irrigation proche de 40 Bq.L^{-1} est également liée aux rejets du site.

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.

La Figure 9-1 (page 293) présente la chronologie des principales études radioécologiques conduites dans l'environnement du C.N.P.E. de Civaux depuis 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.

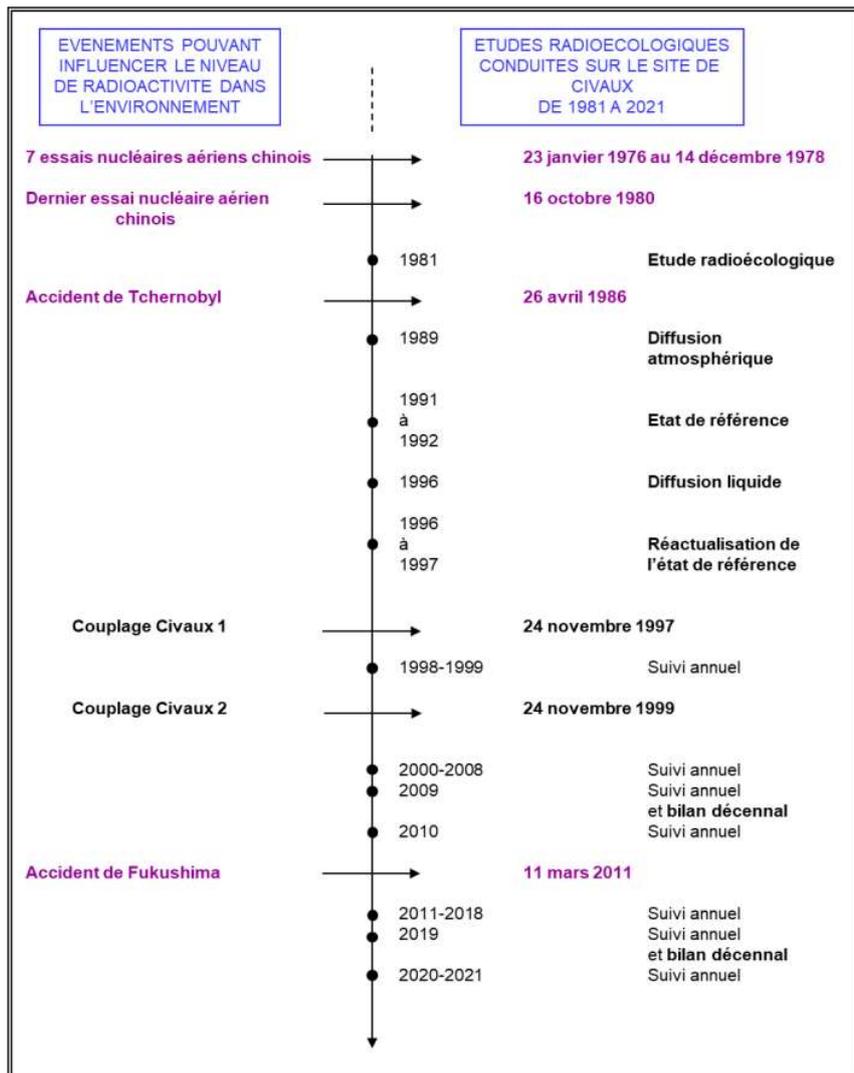


Figure 9-1. Chronologie des principales études radioécologiques conduites dans l'environnement du C.N.P.E. de Civaux.

9.2. Etat radiologique de l'environnement terrestre

9.2.1. Stratégie d'échantillonnage

Le Tableau 9-1 (page 295) 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 296) présente les stations de prélèvement et la nature des échantillons prélevés en 2021.

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 296), 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, au Sud 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 2021, 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.

Station	Situation par rapport à la centrale	Coordonnées WGS84		Nature	Espèce	Fraction	Prélèvement	Type de mesure	Rapport frais/sec	Rapport sec/secondes
		Latitude	Longitude							
Cleford (Le Prieu)	1,8 km NE	46,45944	0,68111	Mousse terrestre	<i>Rhytidelphium triquetrum</i>	Entier	130421	Spectrométrie γ en fais (bds 131)	2,45	-
Bignoux	23,8 km NO	46,61056	0,43667	Production agricole	Chou <i>Brassica oleracea</i>	Feuilles	270921	Spectrométrie γ	18,77	3,95
								Carbone 14	13,79	-
Chapelle-Viviers	6,1 km ENE	46,45689	0,72917	Production agricole	Chou <i>Brassica oleracea</i>	Feuilles	270921	Spectrométrie γ	6,03	6,74
								Carbone 14 Titrium libre Titrium organiquement lié	7,52	-
Silars	12,5 km ESE	46,40722	0,79250	Sol non cultivé	Sol de prairie Horizon 0 - 5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	120421	Spectrométrie γ Génucléaire, TMO	1,32	-
Station AS1	1 km E	46,45917	0,66417	Sol non cultivé	Sol de prairie Horizon 0 - 5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	120421	Spectrométrie γ Génucléaire, TMO	1,26	-
Station AS1	1 km E	46,45917	0,66417	Pâturage, herbe, luzerne	Herbe de prairie	Parties aériennes	120421	Spectrométrie γ	2,77	9,81
Station AS1	1 km E	46,45917	0,66417	Pâturage, herbe, luzerne	Herbe de prairie	Parties aériennes	060721	Titrium libre Titrium organiquement lié	3,56	-
Fontpévaire	8,1 km NE	46,48917	0,73750	Lait	Lait de vache	Entier	130421	Spectrométrie γ Carbone 14 Titrium libre Titrium organiquement lié	7,82	16,33

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 2021.

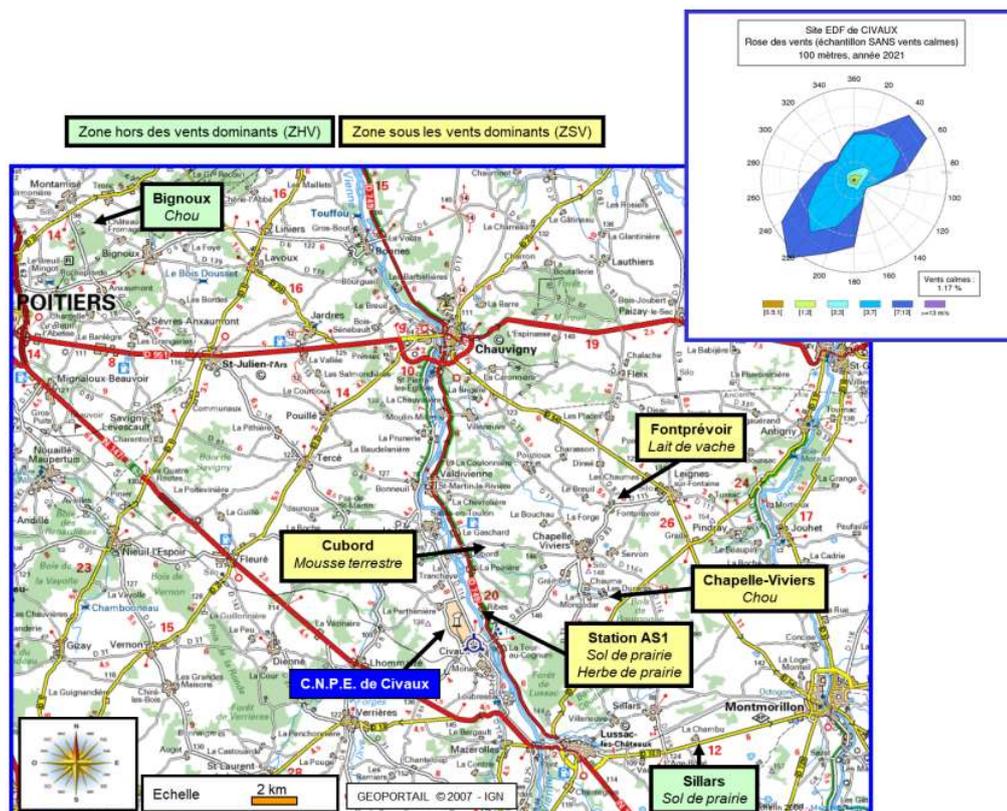


Figure 9-2. Stations et natures des prélèvements du milieu terrestre pour le suivi radioécologique 2021 du C.N.P.E. de Civaux.

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 2021, 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 323). Elle est similaire à celle mesurée lors de l'état de référence.

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

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

D'origine cosmique, le ^7Be est détecté dans les végétaux et le sol non cultivé prélevé hors vents dominants. Naturellement produit en haute atmosphère, le ^7Be 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 2021, la radioactivité d'origine artificielle est uniquement due à la présence de traces de ^{137}Cs (Tableau 9-11, page 324). Les activités des autres radionucléides artificiels sont inférieures aux seuils de décision, y compris les résultats de la recherche spécifique de ^{131}I dans les mousses.

Dans le milieu terrestre, le ^{137}Cs a été mesuré dans les sept échantillons analysés en 2021. Les niveaux d'activités en ^{137}Cs détectés sont cohérents avec les gammes de variations observées depuis 1991-1997. Les résultats obtenus dans les choux et 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. Ces observations indiquent que la présence de ^{137}Cs est liée principalement à la rémanence des retombées des essais aériens nucléaires et de l'accident de Tchernobyl. En 2021, les mesures des radionucléides artificiels émetteurs gamma réalisées dans le milieu terrestre ne montrent pas d'influence des rejets atmosphériques du C.N.P.E. de Civaux.

Les études menées lors de l'état de référence (1991-1997) indiquaient la présence de ^{137}Cs dans la quasi-totalité des matrices du milieu terrestre (Figure 9-3, page 298). En 1991, le ^{134}Cs détecté dans les mousses terrestres provenait des retombées de l'accident de Tchernobyl. En 2011, la détection de ^{134}Cs et de ^{131}I était cohérente avec leur mise en évidence dans les retombées de l'accident de Fukushima en France métropolitaine [4]. Depuis 2012, ces deux radionucléides ne sont plus détectés.

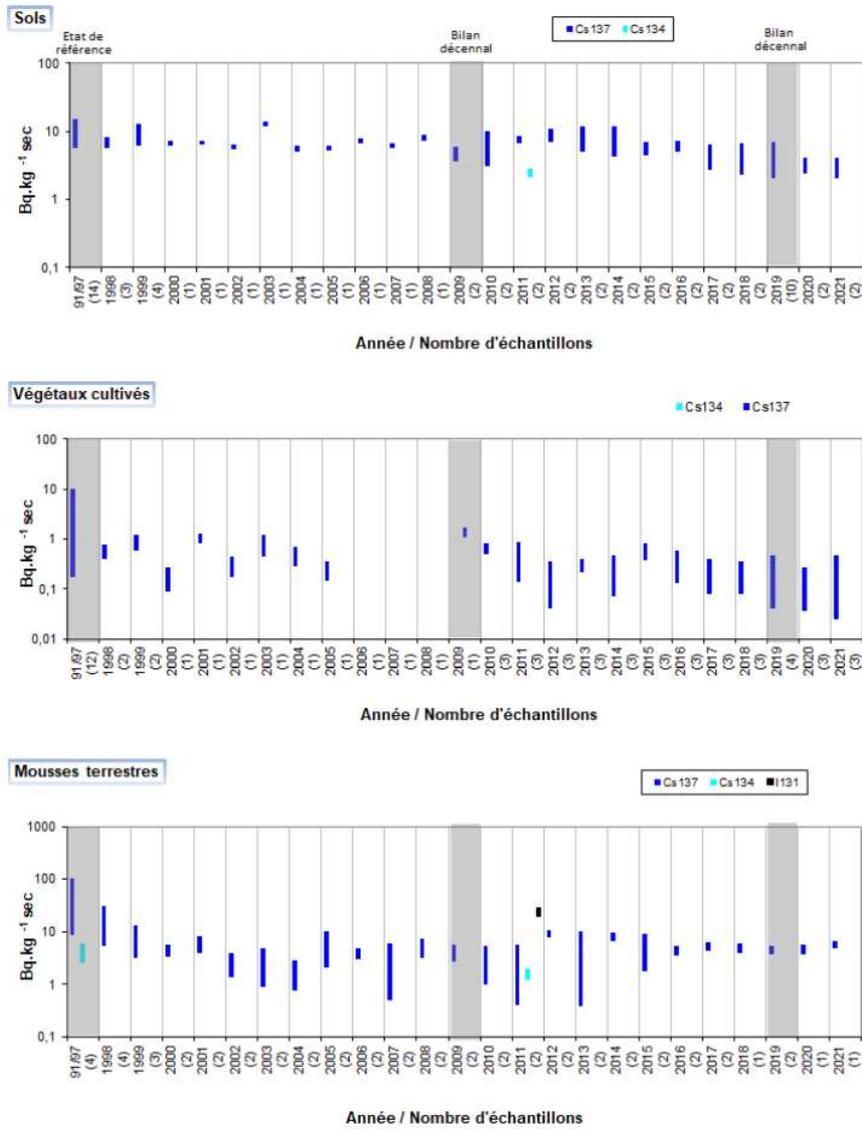


Figure 9-3. Gammes de variation (*) des activités des principaux radionucléides d'origine artificielle détectés par spectrométrie γ dans les échantillons prélevés dans le milieu terrestre de l'environnement du C.N.P.E. de Civaux lors des études menées depuis l'état de référence, de 1991/1997, au suivi radioécologique de 2021.

(*) 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 2021, le ^3H libre a été détecté dans les choux et l'herbe de prairie avec des activités proches de 1 Bq.L^{-1} (Tableau 9-13, page 325). Ces activités demeurent dans la variabilité environnementale et elles sont conformes aux niveaux attendus en dehors de tout apport industriel local ($<2 \text{ Bq.L}^{-1}$) [3,5]. Son activité est inférieure au seuil de décision dans le lait de vache.

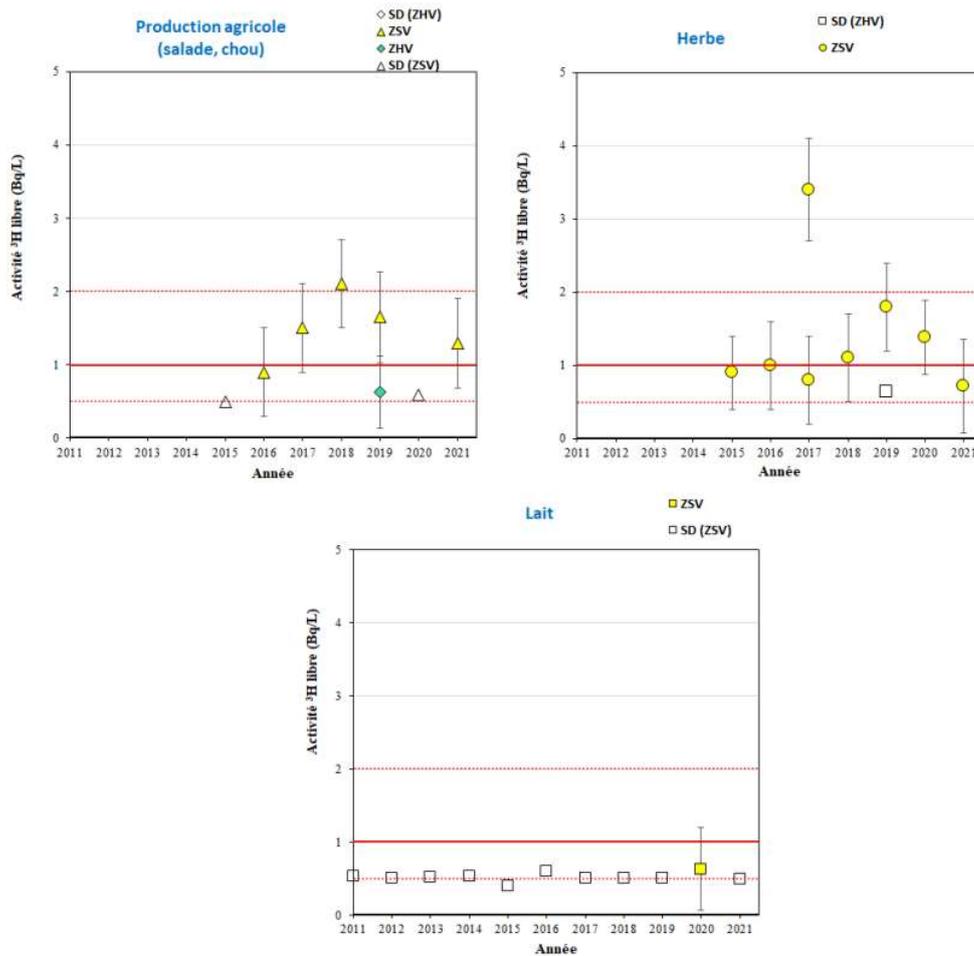


Figure 9-4. Activités en tritium libre dans les échantillons prélevés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E de Civaux de 2011 à 2021.

Les lignes rouges représentent la valeur et la gamme de référence du bruit de fond ambiant hors influence industrielle ($<2 \text{ Bq.L}^{-1}$) [3,5].

En 2021, les activités du ^3H organiquement lié sont inférieures aux seuils de décision (0,6-0,8 Bq.L⁻¹ d'eau de combustion) dans les choux, l'herbe de prairie et le lait (Tableau 9-14, page 325).

Ces observations sont cohérentes avec les mesures de ^3H libre et organiquement lié réalisées lors des études antérieures et conformes avec le bruit de fond ambiant hors influence industrielle (Figure 9-4, page 299 et Figure 9-5, page 300) [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.

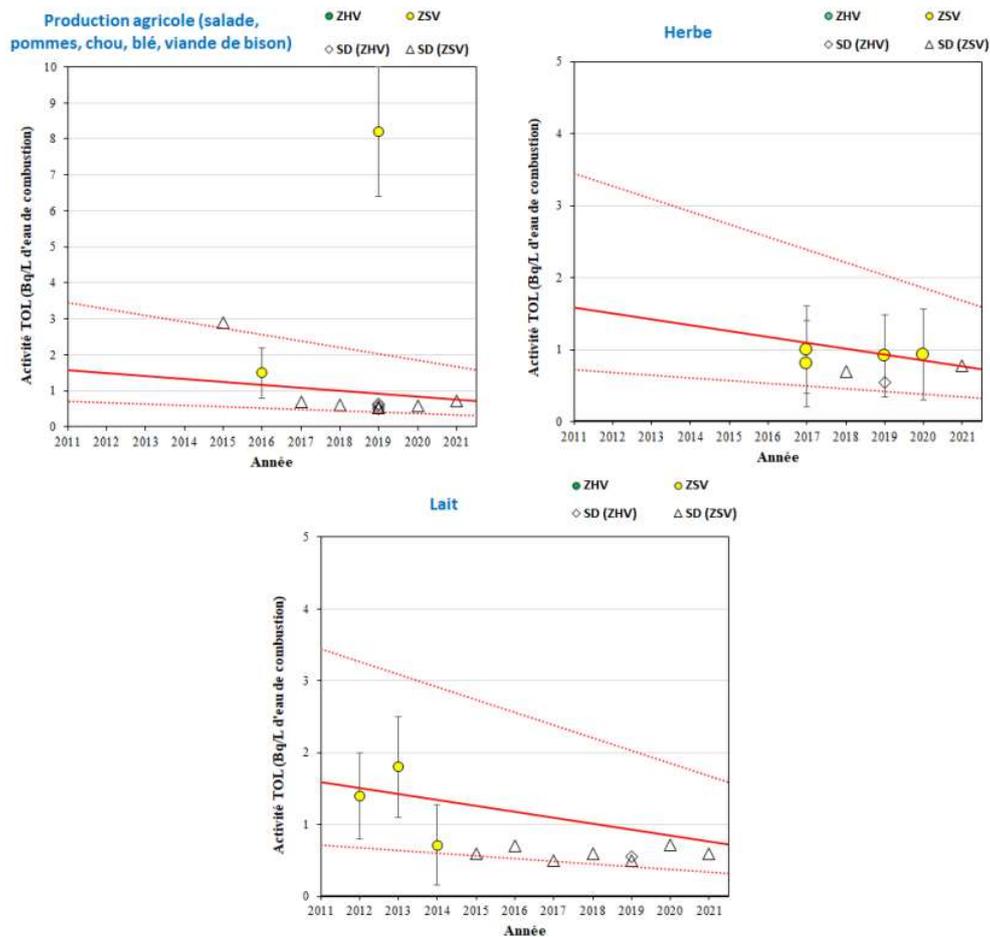


Figure 9-5. Activités en tritium organiquement lié dans les échantillons prélevés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E de Civaux de 2011 à 2021. Les lignes rouges représentent la valeur et la gamme de référence du bruit de fond ambiant hors influence industrielle) [3,5].

9.2.2.2.2. Carbone 14

Les résultats d'analyse du ^{14}C dans les choux ($227 \pm 7 \text{ Bq.kg}^{-1}$ de C ZHV et $227,3 \pm 1,0 \text{ Bq.kg}^{-1}$ de C ZSV) et le lait de vache ($231 \pm 1,2 \text{ Bq.kg}^{-1}$ de C) sont cohérents aux incertitudes de mesure près avec le bruit de fond ambiant hors influence ($223 \pm 7 \text{ Bq.kg}^{-1}$ de carbone en 2021) (Tableau 9-15, page 326) [3,6].

Ces résultats sont cohérents avec les données des années antérieures (Figure 9-6, page 301). 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).

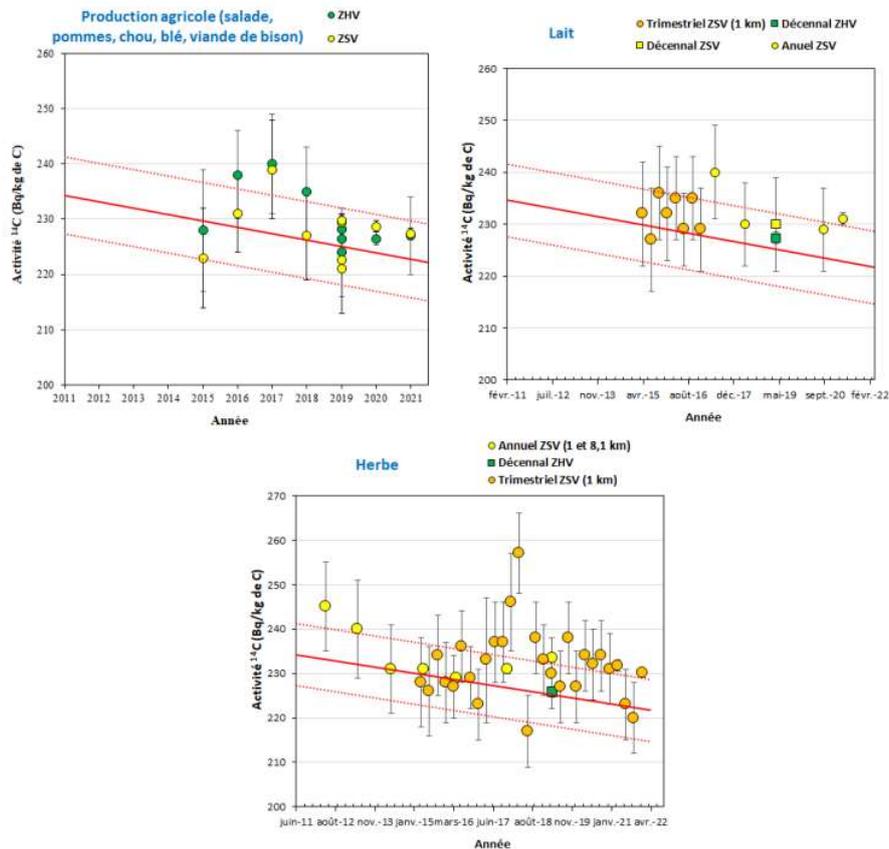


Figure 9-6. Activités spécifiques en ^{14}C mesurés dans les échantillons prélevés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E de Civaux de 2011 à 2021.

Les lignes rouges représentent la valeur et la gamme de référence du bruit de fond ambiant hors influence industrielle [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 303) 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 304) présente les stations de prélèvement et la nature des échantillons prélevés en 2021.

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, bryophyte, 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 2021, le plan d'échantillonnage intègre également une eau d'irrigation prélevée à l'aval du C.N.P.E. Le prélèvement a été réalisé sur la commune de Chauvigny.

Tous les échantillons prélevés sont traités et conservés au laboratoire.

Station	Situation par rapport à la centrale	Coordonnées WGS84		Nature	Espèce	Fraction	Prélèvement	Type de mesure	Rapport transac	Rapport sec/minas
		Latitude	Longitude							
Morvas Rive gauche	2,7 km amont	46.43806	0.67694	Sédiment	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	19/07/21	Spectrométrie γ Géométrie, TMO	2,80	-
St-Martin-Rivière Rive droite	6,1 km aval	46.59889	0.63389	Sédiment	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	19/07/21	Spectrométrie γ Géométrie, TMO	3,24	-
Vieilles Ecluses Rive droite	17,7 km aval barrain	46.61028	0.59583	Sédiment	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	20/07/21	Spectrométrie γ Géométrie, TMO	3,10	-
Morvas Rive gauche	2,7 km amont	46.43806	0.67694	Phanérogamie immergée	Ranuncule <i>Ranunculus aquatilis</i>	Parties aériennes	19/07/21	Spectrométrie γ Carbone 14 Titium libre Titium organiquement lié	14,85	5,69
St-Martin-Rivière Rive droite	6,1 km aval	46.59889	0.63389	Phanérogamie immergée	Ranuncule <i>Ranunculus aquatilis</i>	Parties aériennes	20/07/21	Spectrométrie γ Carbone 14 Titium libre Titium organiquement lié	11,37	-
Vieilles Ecluses Rive droite	17,7 km aval barrain	46.61028	0.59583	Phanérogamie immergée	Ranuncule <i>Ranunculus aquatilis</i>	Parties aériennes	20/07/21	Spectrométrie γ	13,86	6,32
Chepate St-Sylvain Gol de la Roche	4,2 km amont	46.42039	0.68611	Mousse aquatique	Mousse <i>Forniculis amphipyllica</i> Heck	Entier	20/07/21	Spectrométrie γ en fais (code 131) Nickel63 Fer 55	6,90	3,61
Vieilles Ecluses Au milieu du seuil	17,7 km aval barrain	46.61028	0.59583	Mousse aquatique	Mousse <i>Forniculis amphipyllica</i> Heck	Entier	20/07/21	Spectrométrie γ en fais (code 131) Nickel63 Fer 55	10,62	3,92
Le Port Rives gauches et droites	7 km amont	46.40361	0.70222	Poisson	Carpes commune <i>Cyprinus carpio</i>	Muscle	07/10/21	Spectrométrie γ Carbone 14 Titium organiquement lié	4,06	17,18
Salles-en-Toulon (le des Desjoux) Rives gauches et droites	4,2 km aval	46.49250	0.64194	Poisson	Carpes commune <i>Cyprinus carpio</i>	Muscle	07/10/21	Spectrométrie γ Carbone 14 Titium organiquement lié	3,68	19,77
St-Martin-Rivière Rive droite	5,9 km NNE	46.50750	0.63639	Eau	Eau de boisson	Entier	12/04/21	Titium libre	-	-
Cheugny Rive gauche	10 km N	46.54528	0.63306	Eau	Eau d'irrigation	Entier	20/07/21	Titium libre	-	-

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 2021.

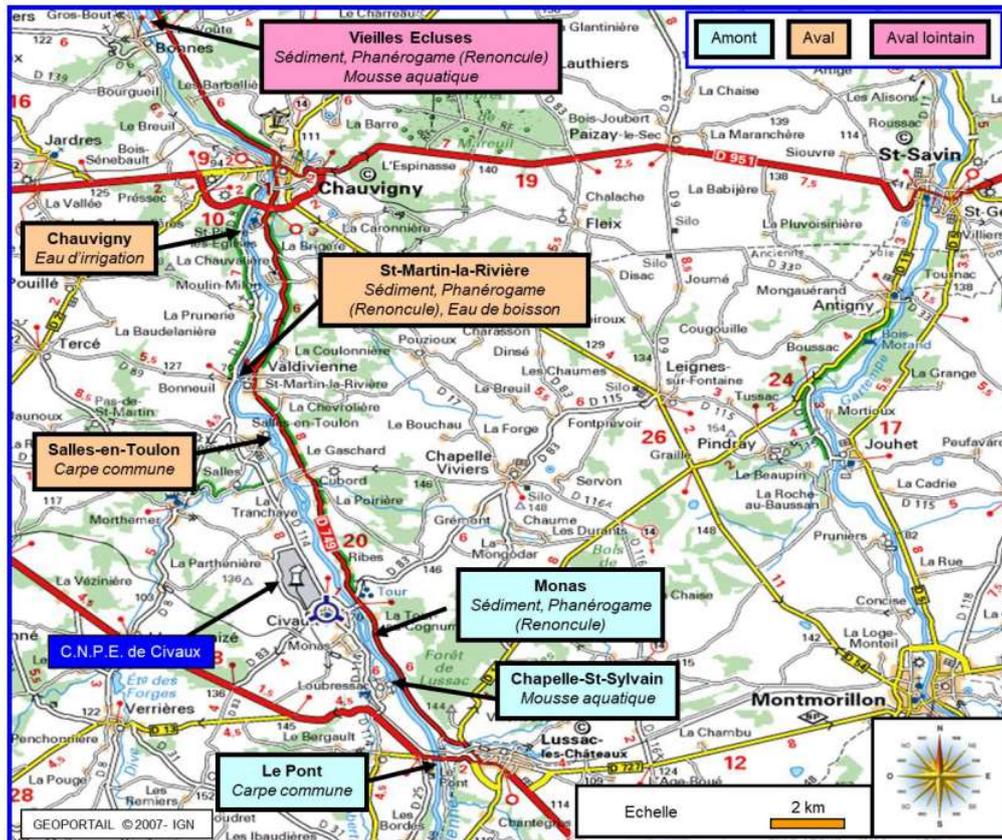


Figure 9-7. Stations et natures des prélèvements du milieu aquatique pour le suivi radioécologique 2021 du C.N.P.E. de Civaux.

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 2021, 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 334). Elle est cohérente avec celle mesurée lors de l'état de référence et de sa réactualisation (1991-1997). Dans l'ensemble des matrices, la radioactivité naturelle d'origine tellurique est principalement due au ^{40}K et à un degré moindre aux chaînes naturelles du ^{232}Th et de ^{238}U . Les activités mesurées sont cohérentes avec le bruit de fond naturel observé en France [3].

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

Le ^7Be 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 2021 par la présence de ^{137}Cs , de ^{58}Co , de ^{60}Co , de $^{110\text{m}}\text{Ag}$ et de ^{54}Mn (Tableau 9-23, page 335).

Le ^{137}Cs est détecté dans l'ensemble des matrices étudiées (sédiments, végétaux et poissons) à l'exception des renoncles prélevées au niveau du seuil des Vieilles Ecluses (aval lointain). Dans toutes les matrices, les activités massiques en ^{137}Cs mesurées en amont et en aval du C.N.P.E. sont comparables. Aucune influence des rejets d'effluents liquides du C.N.P.E. de Civaux n'est mise en évidence en 2021 pour ce radionucléide. Les activités en ^{137}Cs résultent donc principalement de la rémanence des retombées des essais aériens nucléaires et de l'accident de Tchernobyl. La détection de ^{58}Co , de ^{60}Co , de $^{110\text{m}}\text{Ag}$ et de ^{54}Mn dans les renoncles prélevées à l'aval, de ^{60}Co dans les renoncles prélevées à l'aval lointain et de ^{60}Co et de $^{110\text{m}}\text{Ag}$ dans les sédiments prélevés à l'aval lointain en 2021 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}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 306, à Figure 9-11, page 309). Ce constat confirme que le ^{137}Cs provient 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}Cs , de ^{60}Co et de $^{110\text{m}}\text{Ag}$ dans les sédiments, et de ^{134}Cs , de ^{60}Co , de ^{58}Co , de $^{110\text{m}}\text{Ag}$ et de ^{54}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}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 2021, ^{131}I n'est pas détecté.

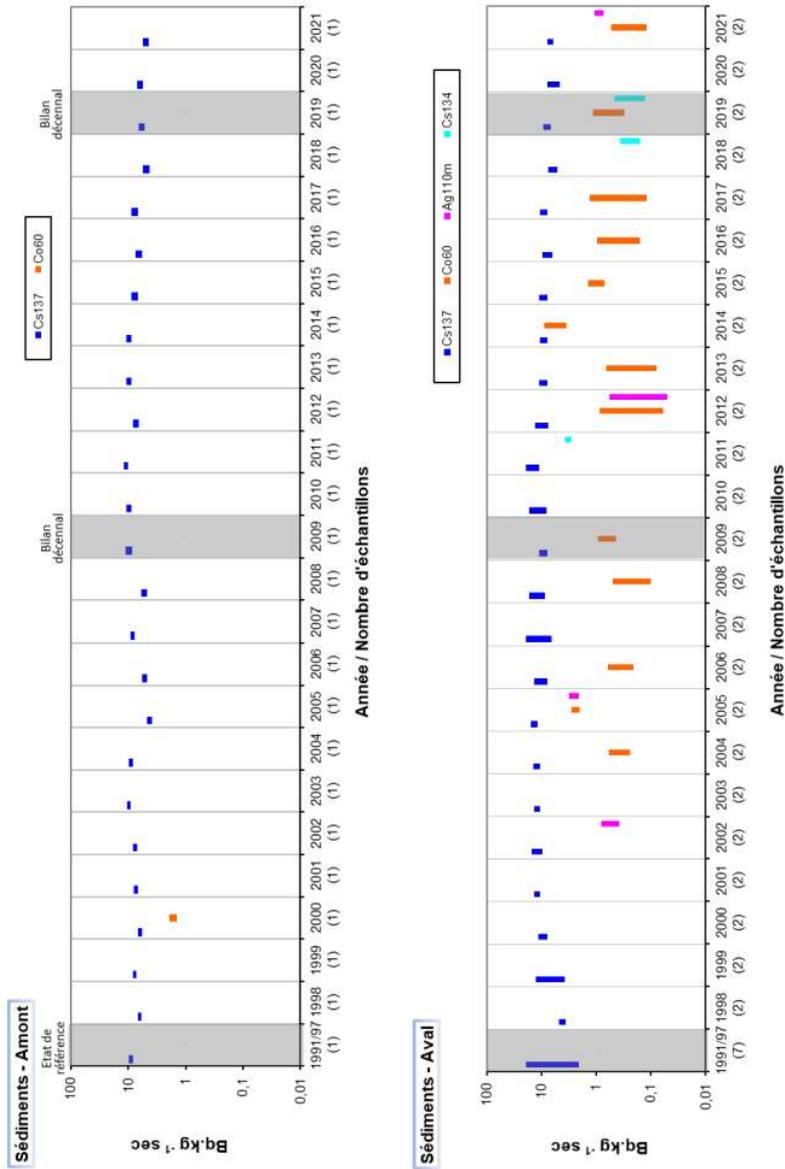


Figure 9-8. Gammes de variation (*) des activités des principaux radionucléides d'origine artificielle détectés par spectrométrie γ dans les sédiments prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux lors des études menées depuis l'état de référence, de 1991/1997, au suivi radioécologique de 2021.
 (*) valeur minimale minorée de son incertitude à valeur maximale majorée de son incertitude

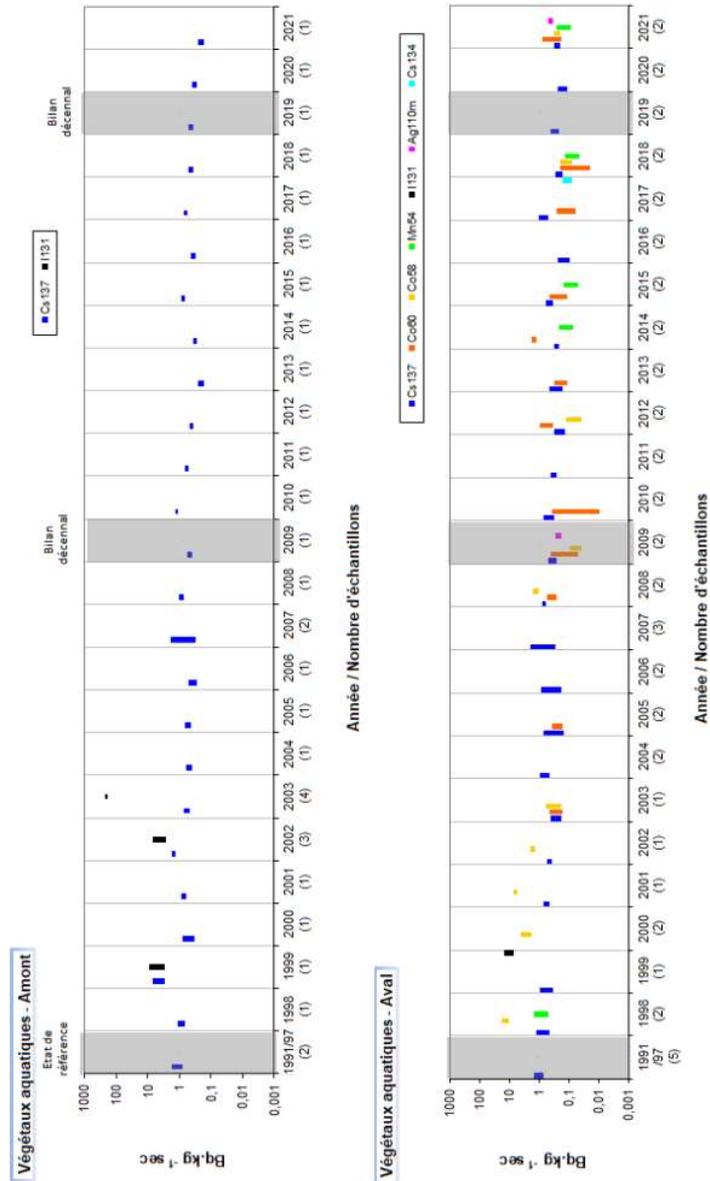


Figure 9-9. Gammes de variation (*) des activités des principaux radionucléides d'origine artificielle détectés par spectrométrie γ dans les phanérogames (toutes fractions confondues) prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux lors des études menées depuis l'état de référence, de 1991/1997, au suivi radioécologique de 2021.

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

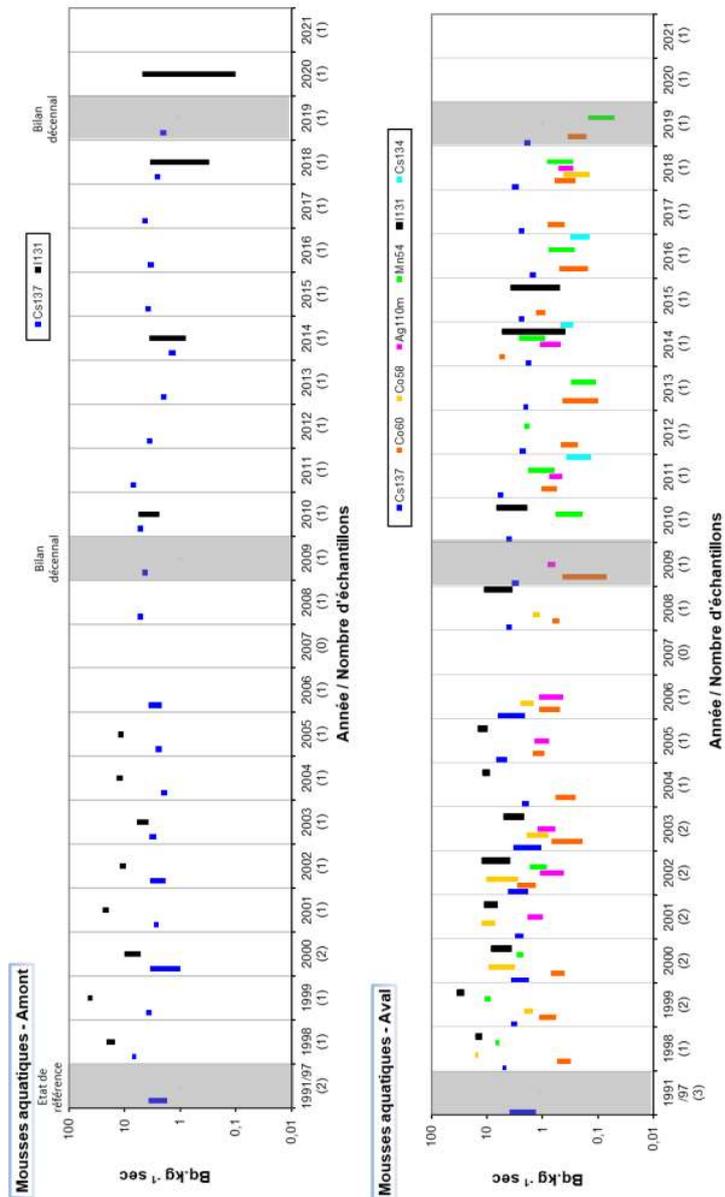


Figure 9-10. Gammes de variation (*) des activités des principaux radionucléides d'origine artificielle détectés par spectrométrie γ dans les mousses aquatiques prélevées dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux lors des études menées depuis l'état de référence, de 1991/1997, au suivi radioécologique de 2021.
 (*) valeur minimale minorée de son incertitude à valeur maximale majorée de son incertitude.

Depuis 2019, seul l' ^{131}I est recherché à l'état frais.

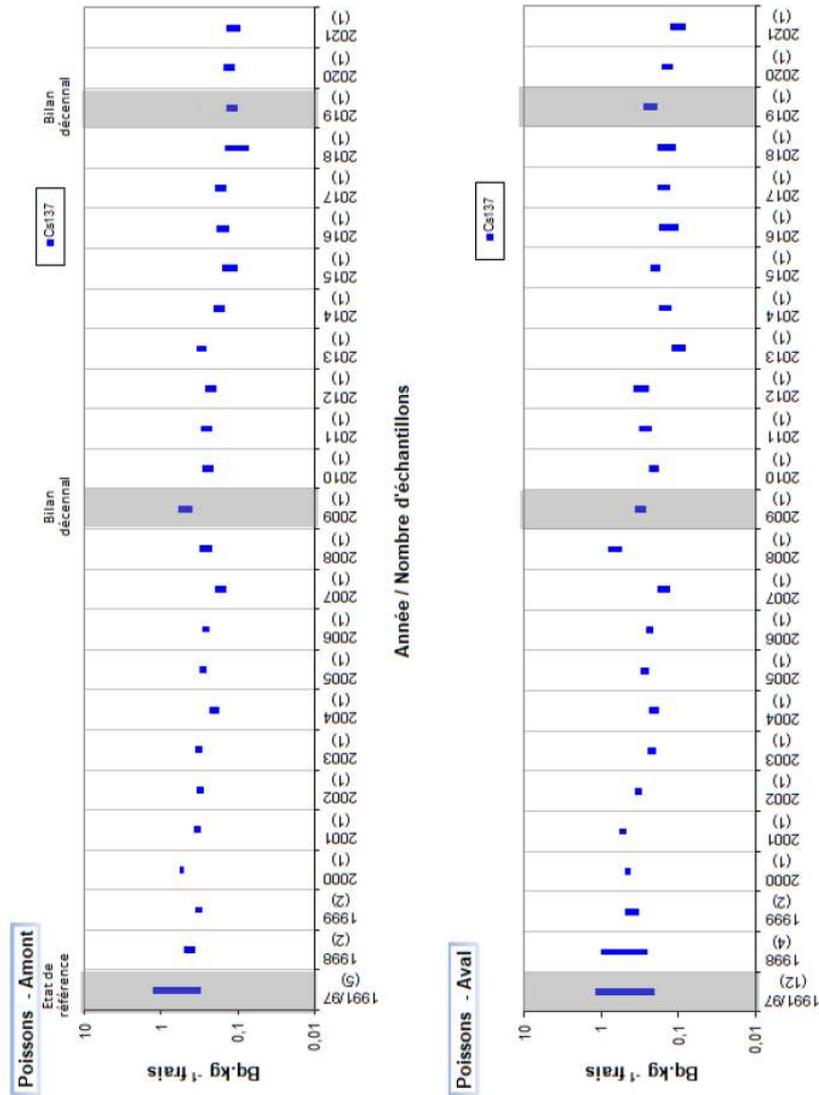


Figure 9-11. Gammes de variation (*) des activités des principaux radionucléides d'origine artificielle détectés par spectrométrie γ dans les poissons prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux lors des études menées depuis l'état de référence, de 1991/1997, au suivi radioécologique de 2021.
 (*) 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 ^3H libre effectuées en 2021 montrent des activités inférieures aux seuils de décision ou proches de 1 Bq.L^{-1} dans les phanérogames (renoncles) prélevées à l'amont ($1,08 \pm 0,30 \text{ Bq.L}^{-1}$) et l'eau de boisson ($< 0,62 \text{ Bq.L}^{-1}$). Ces activités sont cohérentes avec le bruit de fond ambiant hors influence industrielle locale ($< 2 \text{ Bq.L}^{-1}$ - Tableau 9-25, page 336) [3]. En revanche, les activités mesurées dans les renoncles prélevées à l'aval ($51,6 \pm 8,4 \text{ Bq.L}^{-1}$) et l'eau d'irrigation ($37,1 \pm 5,6 \text{ Bq.L}^{-1}$) sont liées aux rejets d'effluents tritiés du C.N.P.E. de Civaux. La détection de ^3H 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 ^3H au sein de ces milieux récepteurs [5]. Depuis 2000, la présence de manière sporadique du ^3H libre a été constatée à l'aval du C.N.P.E. dans les végétaux aquatiques et dans les poissons. Pour rappel, la valeur-guide dans l'eau potable recommandée par l'OMS est de 10000 Bq.L^{-1} . La réglementation européenne relative à l'eau potable appliquée par la France fixe par ailleurs une référence de qualité de 100 Bq.L^{-1} , au-delà de laquelle des investigations complémentaires doivent être menées pour rechercher la présence de radionucléides artificiels.

Le marquage en tritium libre dans les phanérogames immergées a été mis en évidence lors des bilans décennaux radioécologiques de 2009 et 2019 et lors du suivi radioécologique annuel de 2018 ainsi que ponctuellement dans les poissons (2012, 2014 et 2016) (Figure 9-12, page 310).

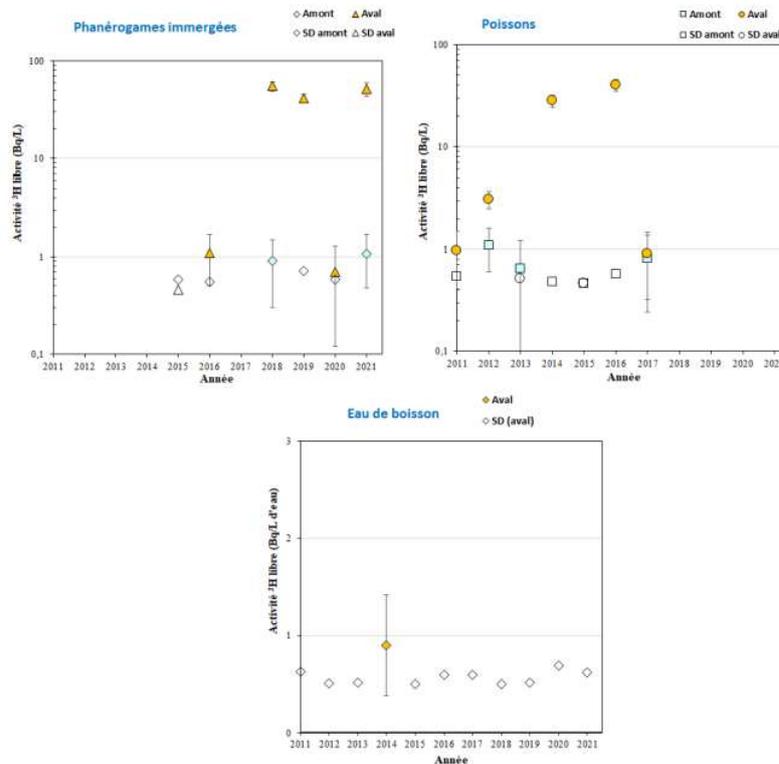


Figure 9-12. Activités en tritium libre dans les échantillons prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E de Civaux de 2011 à 2021.

En 2021, les analyses de ^3H organiquement lié montrent des activités inférieures aux seuils de décision dans les phanérogames et les poissons prélevés à l'amont. Dans les phanérogames et les poissons prélevés à l'aval de l'installation, les activités sont respectivement de $25,7 \pm 4,0$ et $10,7 \pm 1,7$ Bq.L⁻¹ d'eau de combustion (Tableau 9-26, page 337). Ces augmentations à l'aval du C.N.P.E. sont cohérentes avec les résultats des études précédentes (Figure 9-13, page 311). Elles montrent l'influence des rejets de tritium du C.N.P.E. de Civaux sur le milieu aquatique environnant.

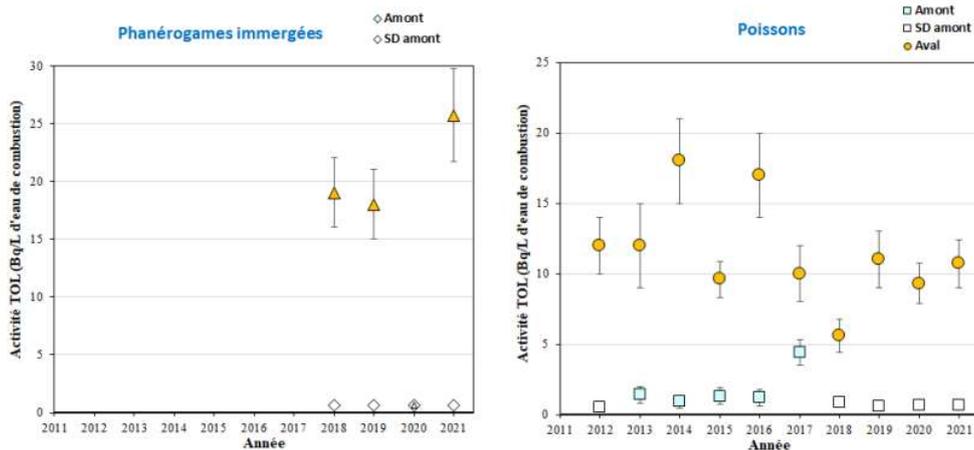


Figure 9-13. Activités en tritium organiquement lié dans les échantillons prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux de 2011 à 2021.

9.3.2.2.2. Carbone 14

Les analyses de ^{14}C révèlent une augmentation entre l'activité obtenue sur les échantillons de phanérogames et de poissons prélevés à l'amont, cohérente avec l'activité ambiante hors influence industrielle locale ($200-220$ Bq.kg⁻¹ de carbone) [3], et les valeurs mesurées à l'aval (Tableau 9-27, page 337). Ces résultats sont cohérents avec les données des années antérieures et ils montrent le marquage en ^{14}C de l'environnement aquatique lié aux rejets d'effluents liquides du C.N.P.E. de Civaux (Figure 9-14, page 312).

Ce constat a 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.

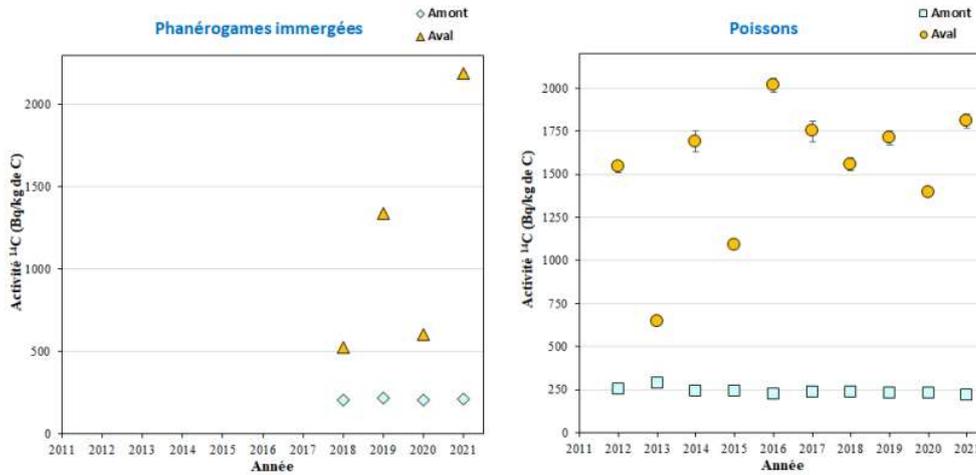


Figure 9-14. Activités spécifiques en ^{14}C mesurées dans les poissons prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux de 2011 à 2021.

9.3.2.2.3. Nickel 63 et Fer 55

En 2021, les analyses de ^{63}Ni et de ^{55}Fe montrent des activités inférieures aux seuils de décision dans les mousses aquatiques à l'exception de l'activité du ^{63}Ni dans les mousses aquatiques prélevées à l'aval du C.N.P.E., égale à $0,40 \pm 0,39 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$, valeur très proche du seuil de décision de la mesure ($0,36 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$) (Tableau 9-28, page 338 et Tableau 9-29, page 338). Ces résultats sont cohérents avec les résultats des années précédentes. En 2018 et 2019, le ^{63}Ni était détecté à des niveaux proches des seuils de décision. Ces résultats témoignent de l'influence ponctuelle des rejets d'effluents liquides du C.N.P.E. de Civaux sur le milieu aquatique environnant pour ce radionucléide.

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

Le suivi radioécologique établi en 2021 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}Cs . Le ^{137}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 ^3H (libre et organiquement lié) et en ^{14}C sont cohérentes avec les valeurs attendues en dehors de tout apport industriel local

En 2021, le ^{137}Cs est présent dans tous les compartiments **du milieu aquatique** aussi bien en amont qu'en aval de l'installation. Aucune influence des rejets d'effluents liquides n'est mise en évidence pour ce radionucléide. Le ^{137}Cs provient de la rémanence des retombées des essais aériens nucléaires et de l'accident de Tchernobyl. En revanche, la détection en aval de ^{58}Co , de ^{60}Co , de $^{110\text{m}}\text{Ag}$ et de ^{54}Mn dans les phanérogame à l'aval du C.N.P.E. et de ^{60}Co et de $^{110\text{m}}\text{Ag}$ dans les sédiments à l'aval lointain montre l'influence des rejets liquides du C.N.P.E. de Civaux sur le milieu aquatique. En 2021, les analyses de ^3H (libre et organiquement lié) et de ^{14}C dans les phanérogame et les poissons réalisées sur les prélèvements effectués 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 l'eau de boisson prélevée à l'aval du C.N.P.E. En revanche, les analyses effectuées dans les phanérogame et 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. Enfin, l'activité mesurée dans l'eau d'irrigation proche de 40 Bq.L^{-1} est également liée aux rejets du site.

Tableau 9-3. Activités des principaux radionucléides émetteurs γ dans les sols prélevés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux de 2011 à 2021 (Bq.kg⁻¹ sec).

Année de prélèvement	avril 2011	mai 2012	avril 2013	avril 2014	avril 2015	mai 2016	juin/nov. 2017	avril/mai 2018	avril 2019	sept. 2020	avril 2021
Distance par rapport au site	8,5 et 12,5 km	8,5 et 12,5 km	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
Emetteurs γ d'origine artificielle											
¹³⁴ Cs	2,5 (1/2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	7,6 (2/2)	7,9-9,7 (2/2)	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 (2/2)	2,77-3,72 (2/2)	2,32-3,74 (2/2)
⁵⁸ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁶⁰ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
^{110m} Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁵⁴ Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

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

315/382

Tableau 9-4. Activités des principaux radionucléides émetteurs γ dans les mousses prélevées dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux de 2011 à 2021 (Bq.kg⁻¹ sec).

Année de prélèvement	avril 2011	mai 2012	avril 2013	avril 2014	avril 2015	mai 2016	juin 2017	juin 2018	avril 2019	sept. 2020	avril 2021
Distance par rapport au site	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 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
Emetteurs γ d'origine artificielle											
¹³⁴ Cs	1,6 (1/2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	1,1-4,8 (2/2)	9,1 (1/2)	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)
⁵⁸ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁶⁰ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
^{110m} Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁵⁴ Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³¹ I	23-25 (2/2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

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

316/382

Tableau 9-5. Activités des principaux radionucléides émetteurs γ , du ^{14}C , du ^3H libre et du ^3H organiquement lié dans les salades/choux prélevés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux de 2011 à 2021 (spectrométrie γ : Bq.kg^{-1} sec ; ^{14}C : Bq.kg^{-1} de carbone ; ^3H : Bq.L^{-1}).

Année de prélèvement	juin 2011	sept. 2012	août 2013	sept. 2014	juin 2015	juil. 2016	juin 2017	juin 2018	juil. 2019	juil. 2020	sept. 21
Distance par rapport au site	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	6,1 et 23,8 km
Emetteurs γ d'origine artificielle											
^{134}Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
^{137}Cs	0,25-0,69 (2/2)	0,17-0,22 (2/2)	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)
^{60}Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
^{60}Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
^{110m}Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
^{54}Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Emetteurs β											
^{14}C	n.a.	n.a.	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)
^3H libre	n.a.	n.a.	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)
^3H organiquement lié	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	1,5 (1/1)	-	-	-	-	-

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

317/382

Tableau 9-6. Activités des principaux radionucléides émetteurs γ , du ^{14}C , du ^3H libre et du ^3H organiquement lié dans les herbes prélevées dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux de 2011 à 2021 (spectrométrie γ : Bq.kg^{-1} sec ; ^{14}C : Bq.kg^{-1} de carbone ; ^3H : Bq.L^{-1}).

Année de prélèvement	avril 2011	mai 2012	avril 2013	avril 2014	avril 2015	mai 2016	juil./nov. 2017	avril 2018	avril 2019	juil. 2020	avril 2021
Distance par rapport au site	8,5 km	8,5 km	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
Emetteurs γ d'origine artificielle											
^{134}Cs	0,12 (1/2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
^{137}Cs	0,22 (1/2)	-	-	0,11 (1/1)	-	-	-	-	-	-	0,108 (1/1)
^{60}Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
^{60}Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
^{110m}Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
^{54}Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Emetteurs β											
^{14}C	n.a.	245 (1/1)	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.
^3H libre	n.a.	n.a.	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)
^3H organiquement lié	n.a.	n.a.	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

318/382

Tableau 9-7. Activités du ¹⁴C, du ³H libre et du ³H organiquement lié dans les herbes trimestrielles prélevées dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux de 2015 à 2021 (¹⁴C : Bq.kg⁻¹ de carbone ; ³H : Bq.L⁻¹).

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																
¹⁴ C	228 (1/1)	228 (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)
³ H libre	n.a.															
³ H organiquement lié	n.a.															

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
Distance par rapport au site	1,0 km	1,0 km	1,0 km	1,0 km								
Emetteurs β												
¹⁴ 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)
³ H libre	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.								
³ H organiquement lié	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.								

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

319/382



Tableau 9-8. Activités des principaux radionucléides émetteurs γ, du ¹⁴C, du ³H libre et du ³H organiquement lié dans les laits prélevés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux de 2011 à 2021 (spectrométrie γ : Bq.kg⁻¹ sec ; ¹⁴C : Bq.kg⁻¹ de carbone ; ³H : Bq.L⁻¹).

Année de prélèvement	avril 2011	mai 2012	avril 2013	avril 2014	avril 2015	mai 2016	juin 2017	mai 2018	avril 2019	sept. 2020	avril 2021
Distance par rapport au site	8,5 km	8,5 km	8,5 km	8,5 km	8,1 km	8,1 km	8,1 km	8,1 km	8,1 et 14 km	8,1 km	8,1 km
Emetteurs γ d'origine artificielle											
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	0,0076 (1/1)	-	-	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)
⁵⁸ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁶⁰ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
^{110m} Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁵⁴ Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Emetteurs β											
¹⁴ C	n.a.	n.a.	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)
³ H libre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,63 (1/1)	-
³ H organiquement lié	n.a.	1,4 (1/1)	1,8 (1/1)	0,72 (1/1)	-	-	-	-	-	-	-

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

320/382



Tableau 9-9. Activités du ¹⁴C dans les échantillons trimestriels de laits prélevés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux de 2015 à 2016 (Bq.kg⁻¹ 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 ¹⁴ 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 2021.

Hors vents		Sous les vents		Emetteurs γ d'origine naturelle									
Activité Bq.kg ⁻¹ sec (soils, végétaux), Bq.L ⁻¹ (lait)													
Station	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Date de mesure	Qualité	⁴⁰ K	Familie de ²³² Th		Familie de ²³⁸ U			⁷ Be
								²²⁸ Ac	²³² Th	^{234m} Pa	²¹⁰ Pb		
Cubord (Le Peu)	Mousse terrestre	Mousse <i>Rhynchospora triquetrus</i>	Entier	13/04/21	13/04/21	Frais	105 ± 19	< 2,7	< 8,8	n.a.	236 ± 38	437 ± 51	
Bignoux	Production agricole	Chou <i>Brassica oleracea</i>	Feuilles	27/09/21	03/12/21	Cendres	2330 ± 330	< 0,64	< 1,7	n.a.	13,9 ± 3,5	130 ± 15	
Chapelle-Viviers	Production agricole	Chou <i>Brassica oleracea</i>	Feuilles	27/09/21	29/10/21	Cendres	960 ± 140	0,61 ± 0,28	< 0,73	n.a.	8,3 ± 1,9	69,6 ± 7,9	
Sillars	Sol non cultivé	Sol de prairie Horizon 0 - 5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	12/04/21	21/04/21	Sec	223 ± 32	27,9 ± 3,7	n.a.	38 ± 14	n.a.	2,9 ± 1,2	
Station AS1	Sol non cultivé	Sol de prairie Horizon 0 - 5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	12/04/21	19/04/21	Sec	710 ± 100	42,8 ± 5,6	n.a.	42 ± 20	n.a.	< 1,4	
Station AS1	Pâturage, herbe, luzerne	Herbe de prairie	Parties aériennes	12/04/21	23/04/21	Cendres	372 ± 53	0,84 ± 0,21	< 0,62	n.a.	65,4 ± 9,4	318 ± 36	
Fontpévoir	Lait	Lait de vache	Entier	13/04/21	30/04/21	Cendres	52,4 ± 7,5	< 0,028	< 0,070	n.a.	< 0,10	< 0,058	

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

Tableau 9-11. Activités des radionucléides émetteurs γ d'origine artificielle des échantillons prélevés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux lors du suivi radioécologique de 2021.

Hors vents		Sous les vents		Emetteurs γ d'origine artificielle									
Station	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Date de mesure	Qualité	Activité Bq.kg ⁻¹ .sec (sois, végétaux), Bq.L ⁻¹ (lait)						
							¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁶⁰ Co	⁶⁵ Co	^{110m} Ag	⁵⁴ Mn	¹³¹ I
Cubord (Le Péu)	Mousse terrestre	Mousse <i>Rhytidelphus triquetrus</i>	Entier	13/04/21	13/04/21	Frais	< 0,65	5,8 ± 1,0	< 0,55	< 0,63	< 0,80	< 0,58	< 0,62
Bignoux	Production agricole	Chou <i>Brassica oleracea</i>	Feuilles	27/09/21	03/12/21	Cendres	< 0,14	0,32 ± 0,15	< 0,27	< 0,19	< 0,20	< 0,16	n.a.
Chapelle-Viviers	Production agricole	Chou <i>Brassica oleracea</i>	Feuilles	27/09/21	29/10/21	Cendres	< 0,062	0,130 ± 0,065	< 0,082	< 0,081	< 0,076	< 0,066	n.a.
Sillars	Sol non cultivé	Sol de prairie Horizon 0 - 5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	12/04/21	21/04/21	Sec	< 0,13	3,74 ± 0,44	< 0,11	< 0,11	< 0,15	< 0,13	n.a.
Station AS1	Sol non cultivé	Sol de prairie Horizon 0 - 5 cm	Diamètre inférieur à 2 mm	12/04/21	19/04/21	Sec	< 0,16	2,32 ± 0,28	< 0,15	< 0,15	< 0,19	< 0,20	n.a.
Station AS1	Pâturs, herbe, luzerne	Herbe de prairie	Parties aériennes	12/04/21	23/04/21	Cendres	< 0,041	0,108 ± 0,084	< 0,042	< 0,048	< 0,047	< 0,039	n.a.
Fontpévior	Lait	Lait de vache	Entier	13/04/21	30/04/21	Cendres	< 0,0069	0,0147 ± 0,0071	< 0,0078	< 0,0085	< 0,0080	< 0,0069	n.a.

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

Sous les vents

							¹²⁷ I
Station	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Date de mesure	Qualité	mg.kg ⁻¹ frais
Cubord (Le Peu)	Mousse terrestre	Mousse <i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>	Entier	13/04/21	28/02/22	Lyophilisée	< 20

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 2021.

Sous les vents

							³ H libre	
Station	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Date de mesure	Qualité	Bq.L ⁻¹	Bq.kg ⁻¹ frais (végétaux) Bq.L ⁻¹ de lait
Chapelle-Viviers	Production agricole	Chou <i>Brassica oleracea</i>	Feuilles	27/09/21	21/10/21	Eau de lyophilisation	1,29 ± 0,61	1,12 ± 0,53
Station AS1	Pâturage, herbe, luzerne	Herbe de prairie	Parties aériennes	06/07/21	05/08/21	Eau de lyophilisation	0,72 ± 0,64	0,51 ± 0,46
Fontprévoir	Lait	Lait de vache	Entier	13/04/21	22/04/21	Eau de lyophilisation	< 0,49	< 0,42

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 2021.

Sous les vents

							³ H organiquement lié		
Station	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Date de mesure	Qualité	Bq.L ⁻¹ d'eau de combustion	Bq.kg ⁻¹ frais (végétaux) Bq.L ⁻¹ de lait	Bq.kg ⁻¹ MO
Chapelle-Viviers	Production agricole	Chou <i>Brassica oleracea</i>	Feuilles	27/09/21	06/12/21	Lyophilisée	< 0,72	< 0,052	< 0,44
Station AS1	Pâturage, herbe, luzerne	Herbe de prairie	Parties aériennes	06/07/21	08/10/21	Lyophilisée	< 0,78	< 0,12	< 0,47
Fontprévoir	Lait	Lait de vache	Entier	13/04/21	07/06/21	Lyophilisée	< 0,59	< 0,054	< 0,46

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 2021.

Hors vents	Sous les vents
------------	----------------

Station	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Date de mesure	Qualité	¹⁴ C		C tot g.kg ⁻¹ frais (végétaux) g.L ⁻¹ de lait	¹³ C/ ¹² C ‰	PMC %
							Bq.kg ⁻¹ de C	Bq.kg ⁻¹ frais (végétaux) Bq.L ⁻¹ de lait			
Bignoux	Production agricole	Chou <i>Brassica oleracea</i>	Feuilles	27/09/21	16/06/22	Lyophilisée	227 ± 7	5,90 ± 0,18	26	-29,87	0
Chapelle-Viviers	Production agricole	Chou <i>Brassica oleracea</i>	Feuilles	27/09/21	29/03/22	Lyophilisée	227,3 ± 1,0	12,964 ± 0,057	57	-29,15	101
Fontprévoir	Lait	Lait de vache	Entier	13/04/21	21/10/21	Lyophilisée	231,0 ± 1,2	0,00333 ± 0,000017	0,014	-21,1	101

Tableau 9-15. Activités du ¹⁴C des échantillons prélevés dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux lors du suivi radioécologique de 2021.

Hors vents	Sous les vents
------------	----------------

Station	Nature	Date de prélèvement	Date de mesure	Analyses	%
Sillars	Sol de prairie Horizon 0 - 5 cm	12/04/21	10/08/21	Granulométrie 5 fractions	
				Argile	25,47
				Limons fins	10,39
				Limons grossiers	12,07
				Sables fins	29,50
				Sables grossiers	22,57
	Teneur en matières organiques	9,70			
Station AS1	Sol de prairie Horizon 0 - 5 cm	12/04/21	10/08/21	Granulométrie 5 fractions	
				Argile	20,99
				Limons fins	8,46
				Limons grossiers	8,57
				Sables fins	18,42
				Sables grossiers	43,58
	Teneur en matières organiques	6,20			

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 2021.

Tableau 9-17. Activités du ³H libre dans les eaux prélevées dans l'environnement terrestre du C.N.P.E. de Civaux de 2011 à 2021 (Bq.L⁻¹).

Année de prélèvement	avril 2011	fév./mai 2012	avril 2013	avril 2014	avril 2015	mai 2016	juin 2017	mai/oct. 2018	avril/juin/juil. 2019	juil./sept. 2020	avril/juil. 2021
Distance par rapport au site	5,9 km	5,9 km	5,9 km	5,9 km	5,9 km	5,9 km	5,9 km	5,9 et 10 km	2,7 à 10 km	5,9 et 10 km	5,9 et 10 km
Emetteurs β											
³ H libre	-	-	-	0,90 (1/1)	-	-	-	53 (1/2)	36,1 (1/4)	-	37,1 (1/2)

« - » : inférieur au seuil de décision

Tableau 9-18. Activités des principaux radionucléides émetteurs γ, du ¹⁴C, du ³H libre et du ³H organiquement lié dans les sédiments prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux de 2011 à 2021 (spectrométrie γ : Bq.kg⁻¹ sec ; ¹⁴C : Bq.kg⁻¹ de C ; ³H : Bq.L⁻¹).

Année de prélèvement	sept. 2011		juil. 2012		août 2013		août 2014		juin 2015		juil. 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	amont	aval	amont	aval	
Emetteurs γ d'origine artificielle																							
¹³⁴ Cs	-	3,3 (1/2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,26 (1/2)	-	0,22- 0,35 (2/2)	-	-	-	-	
¹³⁷ Cs	11 (1/1)	12-17 (2/2)	7,4 (1/1)	8,4-12 (2/2)	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)	7,1-9,6 (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)	7,70- 8,23 (2/2)	6,21 (1/1)	5,25- 7,07 (2/2)	5,02 (1/1)	6,81- 7,04 (2/2)	
⁶⁰ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
⁶⁰ Co	-	-	-	0,30- 0,62 (2/2)	-	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)
^{110m} Ag	-	-	-	0,31 (1/2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,89 (1/2)	
⁵⁴ Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Emetteurs β																							
¹⁴ 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.	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.
³ 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.	n.a.	n.a.	n.a.
³ 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.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	2,54 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

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

Tableau 9-19. Activités des principaux radionucléides émetteurs γ , du ^{14}C , du ^3H libre et du ^3H organiquement lié dans les phanérogames prélevées dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux de 2011 à 2021 (spectrométrie γ : $\text{Bq.kg}^{-1}\text{ sec}$; ^{14}C : Bq.kg^{-1} de C ; ^3H : Bq.L^{-1}).

Année de prélèvement	avril 2011		juil. 2012		juin 2013		août 2014		sept. 2015		juil. 2016		sept. 2017		oct. 2018		juin 2019		juil. 2020		juil. 2021	
	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval
Emetteurs γ d'origine artificielle																						
^{134}Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,12 (1/2)	-	-	-	0,15 (1/2)	-	-	-	-
^{137}Cs	0,59 (1/1)	0,30- 0,37 (2/2)	0,42 (1/1)	0,25 (2/2)	0,21 (1/1)	0,39 (2/2)	0,33 (1/1)	0,28 (2/2)	0,75 (1/1)	0,55 (2/2)	0,37 (1/1)	0,20 (2/2)	0,62 (1/1)	0,58- 0,97 (2/2)	0,45 (1/1)	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)
^{58}Co	-	-	-	0,082 (1/2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,14 (1/2)	-	-	-	-	-	0,270 (1/2)
^{60}Co	-	-	-	0,43- 0,81 (2/2)	-	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)
^{110m}Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,415 (1/2)
^{54}Mn	-	-	-	-	-	-	0,14 (1/2)	-	0,10 (1/2)	-	-	-	-	-	-	0,090 (1/2)	-	-	-	-	-	0,178 (1/2)
^{131}I	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.	n.a.	n.a.
Emetteurs β																						
^{14}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.	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)
^3H libre	n.a.	n.a.	n.a.	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)	
^3H 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.	-	19 (1/1)	-	18,1 (1/1)	-	-	-	25,7 (1/1)	

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

330/382



Tableau 9-20. Activités des principaux radionucléides émetteurs γ dans les mousses aquatiques prélevées dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux de 2011 à 2021 ($\text{Bq.kg}^{-1}\text{ sec}$).

Année de prélèvement	sept. 2011		sept. 2012		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	amont	aval	amont	aval
Emetteurs γ d'origine artificielle																						
^{134}Cs	-	0,25 (1/1)	-	-	-	-	-	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}Cs	7,1 (1/1)	5,7 (1/1)	3,6 (1/1)	2,3 (1/1)	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.	n.a.
^{60}Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
^{60}Co	-	0,79 (1/1)	-	0,35 (1/1)	-	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.	n.a.
^{110m}Ag	-	0,59 (1/1)	-	-	-	-	-	0,79 (1/1)	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
^{54}Mn	-	1,2 (1/1)	-	1,9 (1/1)	-	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.	n.a.
^{131}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

331/382



Tableau 9-21. Activités des principaux radionucléides émetteurs γ , du ^{14}C , du ^3H libre et du ^3H organiquement lié dans les poissons prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux de 2011 à 2021 (spectrométrie γ : Bq.kg^{-1} frais ; ^{14}C : Bq.kg^{-1} de carbone ; ^3H : Bq.L^{-1}).

Année de prélèvement	oct. 2011		juin 2012		sept. 2013		sept. 2014		sept. 2015		sept. 2016		sept. 2017		sept. 2018		nov. 2019		oct. 2020		oct. 2021	
	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval														
Emetteurs γ d'origine artificielle																						
^{134}Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
^{137}Cs	0,26 (1/1)	0,27 (1/1)	0,23 (1/1)	0,31 (1/1)	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)
^{58}Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
^{60}Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
^{110m}Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
^{54}Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Emetteurs β																						
^{14}C	n.a.	n.a.	252 (1/1)	1543 (1/1)	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)
^3H libre	-	0,96 (1/1)	1,1 (1/1)	3,1 (1/1)	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.
^3H organiquement lié	n.a.	n.a.	-	12 (1/1)	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)

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

Suivi radiocologique de l'environnement des C.N.P.E. du bassin de la Loire – Année 2021
C.N.P.E. de Civaux
Rapport SUB/RE/C21-L

332/382



Tableau 9-22. Activités des radionucléides émetteurs γ d'origine naturelle des échantillons prélevés dans l'environnement aquatique du site de Civaux lors du suivi radiocologique de 2021.

Station	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Date de mesure	Qualité	Emetteurs γ d'origine naturelle					
							Activité Bq.kg^{-1} sec (sédiments, végétaux), Bq.kg^{-1} frais (poissons)					
							^{40}K	Famille de ^{232}Th ^{228}Ac	^{232}Th	Famille de ^{238}U ^{234m}Pa	^{210}Pb	^7Be
Monas Rive gauche	Sédiment	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	19/07/21	02/08/21	Sec	563 ± 81	59,7 ± 7,7	n.a.	93 ± 23	n.a.	91 ± 10
St-Martin-Ja-Rivière Rive droite	Sédiment	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	19/07/21	02/08/21	Sec	564 ± 81	71,1 ± 9,2	n.a.	115 ± 28	n.a.	166 ± 19
Vieilles Ecluses Rive droite	Sédiment	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	20/07/21	04/08/21	Sec	546 ± 78	72,8 ± 9,5	n.a.	92 ± 25	n.a.	198 ± 22
Monas Rive gauche	Phanérogame immergée	Renoncule <i>Ranunculus aquatilis</i>	Entier	19/07/21	30/07/21	Cendres	1190 ± 170	81 ± 10	3,5 ± 1,5	n.a.	10,8 ± 4,0	27,8 ± 3,2
St-Martin-Ja-Rivière Rive droite	Phanérogame immergée	Renoncule <i>Ranunculus aquatilis</i>	Entier	20/07/21	16/08/21	Cendres	1250 ± 180	61,2 ± 7,9	2,8 ± 1,1	n.a.	5,3 ± 2,4	26,9 ± 3,1
Vieilles Ecluses Rive droite	Phanérogame immergée	Renoncule <i>Ranunculus aquatilis</i>	Entier	20/07/21	17/09/21	Cendres	1240 ± 180	43,5 ± 5,6	5,2 ± 1,2	n.a.	6,1 ± 2,3	22,6 ± 2,7
Le Pont Rives gauche et droite	Poisson	Carpe commune <i>Cyprinus carpio</i>	Muscle	07/10/21	12/01/22	Cendres	111 ± 16	< 0,074	< 0,17	n.a.	< 0,26	< 0,45
Salles-en-Toulon (Ile des Dessous) Rives gauche et droite	Poisson	Carpe commune <i>Cyprinus carpio</i>	Muscle	07/10/21	15/12/21	Cendres	107 ± 15	< 0,077	< 0,16	n.a.	< 0,25	< 0,31

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

Suivi radiocologique de l'environnement des C.N.P.E. du bassin de la Loire – Année 2021
C.N.P.E. de Civaux
Rapport SUB/RE/C21-L

334/382



Tableau 9-23. Activités des radionucléides émetteurs γ d'origine artificielle des échantillons prélevés dans l'environnement aquatique du site de Civaux lors du suivi radioécologique de 2021.

Amont			Aval			Aval lointain			Emetteurs γ d'origine artificielle						
Station	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Date de mesure	Qualité	Activité Bq.kg ⁻¹ sec (sédiments, végétaux), Bq.kg ⁻¹ frais (poissons)								
							¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁶⁰ Co	⁶⁵ Co	^{110m} Ag	⁵⁴ Mn	¹³¹ I		
Monas Rive gauche	Sédiment	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	19/07/21	02/08/21	Sec	< 0,23	5,02 ± 0,58	< 0,18	< 0,17	< 0,25	< 0,21	n.a.		
St-Martin-la-Rivière Rive droite	Sédiment	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	19/07/21	02/08/21	Sec	< 0,22	7,04 ± 0,82	< 0,21	< 0,20	< 0,28	< 0,24	n.a.		
Vieilles Ecluses Rive droite	Sédiment	Sédiment	Diamètre inférieur à 2 mm	20/07/21	04/08/21	Sec	< 0,22	6,81 ± 0,79	< 0,20	0,33 ± 0,21	0,89 ± 0,17	< 0,24	n.a.		
Monas Rive gauche	Phanérogame immergée	Ranuncule <i>Ranunculus aquatica</i>	Entier	19/07/21	30/07/21	Cendres	< 0,083	0,207 ± 0,046	< 0,078	< 0,085	< 0,100	< 0,095	n.a.		
St-Martin-la-Rivière Rive droite	Phanérogame immergée	Ranuncule <i>Ranunculus aquatica</i>	Entier	20/07/21	16/08/21	Cendres	< 0,098	0,262 ± 0,053	0,270 ± 0,061	0,63 ± 0,14	0,415 ± 0,074	0,178 ± 0,089	n.a.		
Vieilles Ecluses Rive droite	Phanérogame immergée	Ranuncule <i>Ranunculus aquatica</i>	Entier	20/07/21	17/09/21	Cendres	< 0,089	< 0,086	< 0,130	0,29 ± 0,11	< 0,11	< 0,11	n.a.		
Chapelle St-Sylvain Gué de la Biche	Mousse aquatique	Mousse <i>Fontinalis antipyretica Hedw.</i>	Entier	21/07/21	22/07/21	Frais	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	< 1,4		
Vieilles Ecluses Au milieu du seuil	Mousse aquatique	Mousse <i>Fontinalis antipyretica Hedw.</i>	Entier	20/07/21	22/07/21	Frais	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	< 1,0		
Le Pont Rives gauche et droite	Poisson	Carpe commune <i>Cyprinus carpio</i>	Muscle	07/10/21	12/01/22	Cendres	< 0,022	0,116 ± 0,025	< 0,047	< 0,025	< 0,033	< 0,02	n.a.		
Salles-en-Toulon (Ile des Dessous) Rives gauche et droite	Poisson	Carpe commune <i>Cyprinus carpio</i>	Muscle	07/10/21	15/12/21	Cendres	< 0,021	0,105 ± 0,024	< 0,036	< 0,025	< 0,030	< 0,021	n.a.		

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

Amont		Aval lointain						¹²⁷ I
Station	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Date de mesure	Qualité	mg.kg ⁻¹ frais	
Chapelle St-Sylvain Gué de la Biche	Mousse aquatique	Mousse <i>Fontinalis antipyretica Hedw.</i>	Entier	21/07/21	28/02/22	Lyophilisée	< 7,2	
Vieilles Ecluses Au milieu du seuil	Mousse aquatique	Mousse <i>Fontinalis antipyretica Hedw.</i>	Entier	20/07/21	28/02/22	Lyophilisée	< 4,7	

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 2021.

Amont		Aval							³ H libre	
Station	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Date de mesure	Qualité	Bq.L ⁻¹	Bq.kg ⁻¹ frais		
Monas Rive gauche	Phanérogame immergée	Renoncule <i>Ranunculus aquatica</i>	Entier	19/07/21	28/01/22	Eau de lyophilisation	1,08 ± 0,60	0,98 ± 0,54		
St-Martin-la-Rivière Rive droite	Phanérogame immergée	Renoncule <i>Ranunculus aquatica</i>	Entier	20/07/21	04/10/21	Eau de lyophilisation	51,6 ± 8,4	47,1 ± 7,6		
St-Martin-la-Rivière	Eau	Eau de boisson	Entier	12/04/21	30/04/21	Entier	< 0,62	-		
Chauvigny	Eau	Eau d'irrigation	Entier	20/07/21	15/08/21	Entier	37,1 ± 5,6	-		

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 2021.

Amont		Aval								³ H organiquement lié		
Station	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Date de mesure	Qualité	Bq.L ⁻¹ d'eau de combustion	Bq.kg ⁻¹ frais	Bq.kg ⁻¹ MO			
Monas Rive gauche	Phanérogame immergée	Renoncule <i>Ranunculus aquatica</i>	Entier	19/07/21	16/02/22	Eau de combustion	< 0,65	< 0,028	< 0,34			
St-Martin-la-Rivière Rive droite	Phanérogame immergée	Renoncule <i>Ranunculus aquatica</i>	Entier	20/07/21	23/10/21	Eau de combustion	25,7 ± 4,0	1,02 ± 0,22	13,0 ± 2,8			
Le Pont Rives gauche et droite	Poisson	Carpe commune <i>Cyprinus carpio</i>	Muscle	07/10/21	22/01/22	Eau de combustion	< 0,65	< 0,11	< 0,47			
Salles-en-Toulon (Ile des Dessous) Rives gauche et droite	Poisson	Carpe commune <i>Cyprinus carpio</i>	Muscle	07/10/21	19/01/22	Eau de combustion	10,7 ± 1,7	1,99 ± 0,38	7,8 ± 1,5			

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 2021.

Amont		Aval									¹⁴ C		C tot	¹³ C/ ¹² C	PMC
Station	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Date de mesure	Qualité	Bq.kg ⁻¹ de C	Bq.kg ⁻¹ frais	Bq.kg ⁻¹ de C	Bq.kg ⁻¹ frais	g.kg ⁻¹ frais	‰	‰		
Monas Rive gauche	Phanérogame immergée	Renoncule <i>Ranunculus aquatica</i>	Entier	19/07/21	29/04/22	Lyophilisée	213 ± 7	8,402 ± 0,276	39	-27,53	95				
St-Martin-la-Rivière Rive droite	Phanérogame immergée	Renoncule <i>Ranunculus aquatica</i>	Entier	20/07/21	28/04/22	Lyophilisée	2187,3 ± 9,3	80,57 ± 0,34	37	-29,80	977				
Le Pont Rives gauche et droite	Poisson	Carpe commune <i>Cyprinus carpio</i>	Muscle	07/10/21	11/05/22	Lyophilisée	222 ± 7	28,90 ± 0,91	130	-25,63	98				
Salles-en-Toulon (Ile des Dessous) Rives gauche et droite	Poisson	Carpe commune <i>Cyprinus carpio</i>	Muscle	07/10/21	13/05/22	Lyophilisée	1808 ± 39	269,63 ± 5,92	149	-25,20	800				

Tableau 9-27. Activités du ¹⁴C dans les échantillons prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux lors du suivi radioécologique de 2021.

Amont		Aval lointain						⁶³ Ni
Station	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Date de mesure	Qualité	Bq.kg ⁻¹ sec	
Chapelle St-Sylvain Gué de la Biche	Mousse aquatique	Mousse <i>Fontinalis antipyretica Hedw.</i>	Entier	21/07/21	25/04/22	Eau de lyophilisation	< 0,27	
Vieilles Ecluses Au milieu du seuil	Mousse aquatique	Mousse <i>Fontinalis antipyretica Hedw.</i>	Entier	20/07/21	25/04/22	Eau de lyophilisation	0,40 ± 0,39	

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

Tableau 9-28. Activités du ⁶³Ni dans les échantillons prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux lors du suivi radioécologique de 2021.

Amont		Aval lointain						⁵⁵ Fe
Station	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Date de mesure	Qualité	Bq.kg ⁻¹ sec	
Chapelle St-Sylvain Gué de la Biche	Mousse aquatique	Mousse <i>Fontinalis antipyretica Hedw.</i>	Entier	21/07/21	13/06/22	Eau de lyophilisation	< 8,9	
Vieilles Ecluses Au milieu du seuil	Mousse aquatique	Mousse <i>Fontinalis antipyretica Hedw.</i>	Entier	20/07/21	15/06/22	Eau de lyophilisation	< 8,0	

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

Tableau 9-29. Activités du ⁵⁵Fe dans les échantillons prélevés dans l'environnement aquatique du C.N.P.E. de Civaux lors du suivi radioécologique de 2021.

Amont	Aval	Aval lointain
-------	------	---------------

Station	Nature	Date de prélèvement	Date de mesure	Analyses	%
Monas Rive gauche	Sédiment	19/07/21	10/01/22	Granulométrie 5 fractions	
				Argile	24,08
				Limons fins	21,13
				Limons grossiers	29,33
				Sables fins	24,27
				Sables grossiers	1,19
Teneur en matières organiques	14,70				
St-Martin-la-Rivière Rive droite	Sédiment	19/07/21	10/01/22	Granulométrie 5 fractions	
				Argile	35,38
				Limons fins	32,08
				Limons grossiers	23,58
				Sables fins	7,34
				Sables grossiers	1,62
Teneur en matières organiques	17,30				
Vieilles Ecluses Rive droite	Sédiment	20/07/21	10/01/22	Granulométrie 5 fractions	
				Argile	30,96
				Limons fins	24,23
				Limons grossiers	25,11
				Sables fins	18,10
				Sables grossiers	1,60
Teneur en matières organiques	16,20				

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 2021.

Bibliographie

- [1] Electricité de France. Site internet : <https://www.edf.fr/centrale-nucleaire-civaux>.
- [2] EDF. Dossier de presse. La centrale nucléaire de Civaux, une production au cœur de la région Poitou-Charentes. Avril 2012.
- [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 DEI/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.
- [6] Centre de Datation par le RadioCarbone. Site internet : <http://carbon14.univ-lyon1.fr>.