



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

**BUGEY**

**2022**

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



# SOMMAIRE

<b>Partie I - Le Centre Nucléaire de Production d'Electricité du Bugey en 2022</b>	<b>5</b>
I. Contexte	5
II. Le CNPE du Bugey	5
III. Modifications apportées au voisinage du CNPE du Bugey	6
IV. Évolutions scientifiques susceptibles de modifier l'étude d'impact	6
V. Bilan des incidents de fonctionnement et des évènements significatifs pour l'environnement	7
<b>Partie II - Prélèvements d'eau</b>	<b>10</b>
I. Prélèvement d'eau destinée au refroidissement	12
II. Prélèvement d'eau destinée à l'usage industriel	12
III. Prélèvement d'eau destinée à l'usage domestique	13
IV. Milieu de prélèvement : comparaison pluriannuelle, prévisionnel, valeurs limites et maintenance	13
<b>Partie III – Restitution et consommation d'eau</b>	<b>15</b>
I. Restitution d'eau	15
II. Consommation d'eau	15
<b>Partie IV - Rejets d'effluents</b>	<b>16</b>
I. Rejets d'effluents à l'atmosphère	17
II. Rejets d'effluents liquides	30
III. Rejets thermiques	54
<b>Partie V - Prévention du risque microbiologique</b>	<b>58</b>
I. Bilan annuel des colonisations en circuit	58
II. Synthèse des traitements biocides et rejets associés	59
<b>Partie VI - Surveillance de l'environnement</b>	<b>60</b>
I. Surveillance de la radioactivité dans l'environnement	60
II. Physico-chimie des eaux souterraines	66
III. Chimie et physico-chimie des eaux de surface	67
IV. Physico-chimie et Hydrobiologie	71
V. Acoustique environnementale	80

**Partie VII - Évaluation de l'impact environnemental et sanitaire des rejets de l'installation\_**  
**82**

**Partie VIII - Gestion des déchets \_\_\_\_\_ 86**

I. Les déchets radioactifs \_\_\_\_\_ 86

II. Les déchets non radioactifs \_\_\_\_\_ 91

**ABREVIATIONS \_\_\_\_\_ 94**

**ANNEXE 1 : Suivi microbiologique du CNPE du Bugey Année 2022 \_\_\_\_\_ 95**

**ANNEXE 2 : Suivi radioécologique annuel du CNPE du Bugey Année 2022 \_\_\_\_\_ 97**

# Partie I - Le Centre Nucléaire de Production d'Electricité du Bugey 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 du Bugey en matière d'environnement.

## II. Le CNPE du Bugey

Implantée sur la commune de Saint-Vulbas, dans l'Ain, la centrale nucléaire du Bugey occupe une superficie de 100 hectares sur la rive droite du Rhône, à 40 km à l'Est de Lyon. Cette zone non cultivée a été choisie en 1965 en raison de ses caractéristiques géologiques. Les premiers travaux de construction du site du Bugey ont eu lieu à partir de 1967.

La centrale du Bugey emploie près de 1400 salariés EDF et fait appel à environ 750 salariés permanents d'entreprises prestataires. Pour réaliser les travaux lors des arrêts pour maintenance des unités en fonctionnement, la centrale demande l'appui d'intervenants supplémentaires. Selon la nature de l'arrêt, le nombre de ces intervenants varie de 600 à 1300.

La centrale du Bugey compte quatre unités de production de 900 MW chacune de la filière Réacteur à Eau Pressurisée (REP) : les unités 2 et 3 (INB n°78), refroidies directement par l'eau du Rhône, ont été mises en service en 1978 ; les unités 4 et 5 (INB n°89), mises en service en 1979, sont quant à elles refroidies à l'aide de deux tours de refroidissement chacune. La centrale du Bugey produit, en moyenne chaque année, près de 20 milliards de kWh, soit près de 6% de la production nucléaire française.

Le site du Bugey abrite aussi une unité de la filière UNGG (réacteur Bugey 1 – INB n°45), mise en service en 1972. Cette unité, définitivement arrêtée en mai 1994, est actuellement en cours de déconstruction. Le décret d'autorisation de démantèlement complet du réacteur du Bugey 1 a été publié dans le Journal officiel en novembre 2008 (Décret n°2008-1197 du 18 novembre 2008), permettant ainsi la poursuite du programme de déconstruction de Bugey 1.

Un Magasin Inter-Régional de stockage de combustible neuf destiné aux réacteurs du parc nucléaire français est également installé sur le site. Le MIR constitue l'installation nucléaire de base n°102.

Le site abrite également l'Installation de Conditionnement et d'Entreposage des Déchets Activés (ICEDA), INB n°173, qui a fait l'objet du décret d'autorisation de création n°2010-402 du 23 avril 2010. Dans l'attente d'un site de stockage définitif prévu par la loi du 28 juin 2006, cette installation a pour but de conditionner et d'entreposer des déchets radioactifs, produits dans le cadre :

- du programme EDF de démantèlement des centrales nucléaires de première génération et du site de Creys-Malville ;
- de l'exploitation (notamment les barres de commande) des centrales nucléaires à eau pressurisée.

Suite à l'obtention de l'autorisation de mise en service (Décision n°2020-DC-0691 du 28 juillet 2020) et de l'accord de conditionnement (CODEP-DRC-2021-013808) en 2021, ICEDA traite des déchets de démantèlement conformément à sa destination avec une augmentation progressive des cadences de production.

Les installations nucléaires de base du Bugey sont placées sous la responsabilité du directeur du CNPE du Bugey, à l'exception :

- des activités de déconstruction de l'INB n°45 (Bugey 1), dont la responsabilité a été transférée au chef de site Bugey 1 ;
- des activités de conditionnement et d'entreposage de déchets radioactifs (INB n°173), dont la responsabilité est assurée par le directeur de site ICEDA.

### **III. Modifications apportées au voisinage du CNPE du Bugey**

La surveillance de l'environnement industriel est réalisée en application d'une prescription interne d'EDF. Lors de l'année 2022, certaines entreprises situées au voisinage du CNPE du Bugey ont vu leur statut par rapport à la réglementation ICPE évoluer, et de nouvelles ICPE ont été mises en service. Cependant, aucun nouveau risque pour les installations n'a été induit.

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

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

Ces évaluations d'impact nécessitent en effet l'utilisation de valeurs de référence qui font l'objet d'une veille scientifique :

- les Valeurs Toxicologiques de Référence pour l'impact sanitaire sur l'Homme, valeurs sélectionnées selon les critères définis dans la note d'information n°DGS/EA/DGPR/2014/307 du 31/10/2014 ;
- les valeurs seuils ou valeurs guides issues des textes réglementaires ou des grilles de qualité d'eau, les données écotoxicologiques, en particulier les PNEC (Predicted No 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

En 2003, le CNPE du Bugey a été certifié, pour la première fois, ISO 14001. L'obtention de la norme ISO 14001 est une reconnaissance internationale de la prise en compte de l'environnement dans l'ensemble des activités de l'entreprise. Elle est l'assurance d'une démarche d'amélioration continue et de la mise en place d'une organisation spécifique au domaine de l'environnement. En janvier 2023, un audit a permis au CNPE du Bugey de renouveler sa certification ISO 14001.

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 du Bugey 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 du Bugey. 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 du Bugey 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 du Bugey en 2022.

Typologie	Date	Description de l'évènement	Principales actions correctives
ESE6	29/03/2022	<p>Cumul d'émission de fluides frigorigènes supérieur à 100 kg depuis le début de l'année 2022.</p> <p>Total émis en 2022 : 123,78 kg, soit 198,78 tonnes équivalent CO<sub>2</sub>.</p> <p>Ces gaz n'ont aucun impact sur la couche d'ozone mais contribuent à l'effet de serre. L'influence est modérée, compte tenu des faibles quantités émises et de leur étalement dans le temps.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Remplacement préventif de certaines pièces sur les groupes frigorigènes</li> <li>- Mise en place de contrôles supplémentaires</li> </ul>
ESE2	15/04/2022	<p>Ouverture de la soupape 9TEP229VA ayant entraîné le dépassement du seuil 2 sur iKRT016MA mais sans dépassement des limites réglementaires fixées dans la décision n°2014-DC-0443.</p> <p>La surveillance des chaines KRS situées à 1 km et 5 km du site n'ont montré aucune évolution de la radioactivité ambiante.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modification du contenu de la fiche alarme 0/9TEP200AA en intégrant le retour d'expérience de cet évènement</li> <li>- Surveillance renforcée des paramètres de 9TEP001BA par l'équipe de conduite pour éviter un renouvellement de l'évènement</li> </ul>
EIE5 (reclassé en ESE9)	21/12/2022 (reclassé le 12/01/2023)	<p>Détection d'une augmentation en tritium dans le piézomètre 0 SEZ 011 PZ.</p> <p>Pas d'impact sur l'environnement car la concentration reste bien inférieure à la valeur guide de l'OMS (10 000 Bq/L).</p> <p>Les résultats de la surveillance des eaux souterraines réalisés sur les piézomètres localisés en bordure de site montrent que le tritium est localisé et limité à l'intérieur du site.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspection télévisuelle de la rétention ultime (Bonna) réalisée pour vérifier l'intégrité des Bonna</li> <li>- Surveillances renforcées mises en place</li> <li>- Renforcement du système de relevage du puisard pour éviter l'atteinte du niveau haut</li> </ul>
ESE2	31/12/2022	Dépassement de la limite réglementaire du flux annuel ajouté	Par décision ASN n°2022-DC-0727 du 28/06/2022, notifiée le

		<p>au canal de rejet 2-3 des métaux totaux de 55 kg.</p> <p>Aucun impact sur l'environnement. La limite réglementaire concernant la concentration maximale ajoutée dans le canal de rejet a été respectée (0,006 mg/L) ainsi que le flux 24h ajouté (&lt; 2,4 kg). Le CNPE dispose d'une limite portée à 140 kg suite à l'évolution de ses autorisations. Le flux annuel 2022 est de 68,6 kg.</p>	<p>25/11/2022, la demande de modification a été accordée portant le nouveau flux annuel ajouté à 140 kg de métaux totaux à partir de 2023.</p>
--	--	---	--

## 2. Bilan des incidents de fonctionnement

En 2022, le CNPE a réalisé des réparations sur les vannes du réseau SER (circuit d'alimentation en eau déminéralisée) afin de limiter les inétanchéités sur les tuyauteries se déversant dans le réseau d'eaux pluviales et procédé à des travaux d'étanchéité sur le dégazeur du système de traitement des effluents radioactifs gazeux.

Deux équipements frigorifiques ont fait l'objet de fuite entraînant une émission de fluides frigorigènes dans l'atmosphère mais des actions correctives ont immédiatement été mises en place afin de les limiter (recherche de fuite, remplacement préventif de pièces, ...).

Enfin, d'autres incidents d'exploitation ponctuels ont eu lieu en 2022 (déversement de produits chimiques, dégradation des panneaux éliminateurs de gouttes d'un aérorefrigérant, ...). Grâce à la mise en place d'actions réactives (boudin absorbants autour des bouches d'égouts et gonflage des obturateurs des réseaux d'eaux pluviales) ces incidents n'ont eu aucune conséquence sur l'environnement.

## Partie II - Prélèvements d'eau

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

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

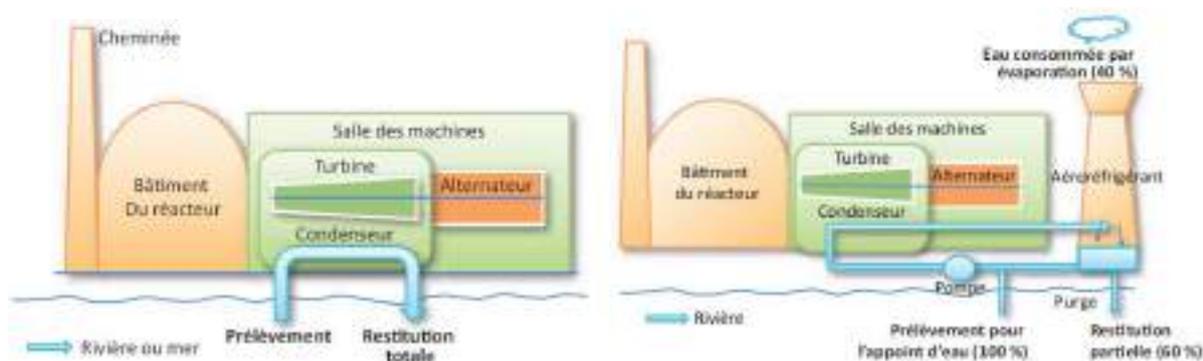
Dans un CNPE, l'eau est nécessaire pour :

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

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

- le circuit primaire pour extraire la chaleur : c'est un circuit fermé parcouru par de l'eau sous pression (155 bars) et à une température de 300°C. L'eau passe dans la cuve du réacteur, capte la chaleur produite par la réaction de fission du combustible nucléaire et transporte cette énergie thermique vers le circuit secondaire au travers des générateurs de vapeur.
- le circuit secondaire pour produire la vapeur : au contact des milliers de tubes en "U" des générateurs de vapeur, l'eau du circuit primaire transmet sa chaleur à l'eau circulant dans le circuit secondaire, lui-aussi fermé. L'eau de ce circuit est ainsi transformée en vapeur qui fait tourner la turbine. Celle-ci entraîne l'alternateur qui produit l'électricité. Après son passage dans la turbine, la vapeur repasse à l'état liquide dans le condenseur ; cette eau est ensuite renvoyée vers les générateurs de vapeur pour un nouveau cycle.
- un troisième circuit, appelé « circuit de refroidissement » : pour condenser la vapeur et évacuer la chaleur, le circuit de refroidissement comprend un condenseur, appareil composé de milliers de tubes dans lesquels circule de l'eau froide prélevée dans la rivière ou la mer. Au contact de ces tubes, la vapeur se condense. Ce circuit de refroidissement peut être :
  - o un circuit de refroidissement totalement ouvert : l'eau (environ 50 m<sup>3</sup>) est prélevée pour assurer le refroidissement des équipements via le condenseur. Une fois l'opération de refroidissement effectuée, l'eau qui n'est jamais entrée en contact avec la radioactivité, est intégralement restituée dans le milieu, à une température légèrement plus élevée.
  - o un circuit de refroidissement en partie fermé : le refroidissement de l'eau chaude issue du condenseur se fait par échange thermique avec de l'air ambiant dans une grande tour réfrigérante atmosphérique appelée « aéroréfrigérant ». Une partie de l'eau chaude se vaporise sous forme d'un panache visible, au sommet de la tour. Cette vapeur d'eau n'est pas une fumée, elle ne contient pas de CO<sub>2</sub>. Le reste de l'eau refroidie retourne dans le

condenseur. Ce système avec aéroréfrigérants permet donc de réduire considérablement les prélèvements d'eau qui sont alors de l'ordre de 4 m<sup>3</sup> par seconde.



**Figure 1 : Schéma d'un CNPE avec un circuit de refroidissement ouvert (à gauche) et fermé (à droite). Source : EDF.**

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

Que les CNPE soient en fonctionnement ou à l'arrêt, la grande majorité de l'eau prélevée est restituée à sa source, c'est-à-dire au milieu naturel au 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 en permanence adaptés aux effectifs de salariés permanents et temporaires, tant pour les sanitaires que pour la restauration. Le CNPE de Bugey est relié au réseau d'eau potable de la commune de Saint-Vulbas.

## I. Prélèvement d'eau destinée au refroidissement

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

	Prélèvement d'eau (en millions de m <sup>3</sup> )
Janvier	268
Février	208
Mars	158
Avril	243
Mai	165
Juin	157
Juillet	151
Août	241
Septembre	220
Octobre	265
Novembre	241
Décembre	269
<b>TOTAL</b>	<b>2 586</b>

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

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

	Prélèvement d'eau (en milliers de m <sup>3</sup> )
Janvier	31,3
Février	58,5
Mars	42,8
Avril	55,0
Mai	61,1
Juin	37,7
Juillet	38,7
Août	64,6
Septembre	58,7
Octobre	49,0
Novembre	68,5
Décembre	46,0
<b>TOTAL</b>	<b>612</b>

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

Le cumul annuel des prélèvements d'eau potable destinée à usage domestique pour l'année 2022 est de 185 milliers de m<sup>3</sup> (les données disponibles sont des relevés annuels).

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

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

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

Année	Milieu	Volume (milliers de m <sup>3</sup> )
2020	Eau douce superficielle (Rhône)	1 868 767
2021		2 947 136
2022		2 586 577
Prévisionnel 2022		2 900 000
2020	Eau douce souterraine	1,44
2021		5,50
2022		2,02
Prévisionnel 2022		3,5
2020	Eau douce du réseau	232
2021		185
2022		185
Prévisionnel 2022		(1)

(1) Pas de prévisionnel pour les prélèvements d'eau douce de réseau.

**Commentaires :** Le volume annuel d'eau douce superficielle prélevé est cohérent au prévisionnel qui avait été défini pour l'année 2022, compte tenu du temps effectif de fonctionnement des unités de production.

Les prélèvements en eau douce souterraine depuis 2018 ont été effectués dans le cadre des travaux de création de puits de pompage en nappe phréatique et de leur mise en exploitation, permettant au CNPE de disposer d'un moyen complémentaire de pompage en eau d'ultime secours pour refroidir les matériels de l'Ilot Nucléaire. Trois de ces puits sont en exploitation depuis septembre 2020.

#### 2. Comparaison aux valeurs limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des débits instantanés et des volumes d'eau prélevés en 2022 avec les valeurs limites de prélèvement fixées dans la décision ASN n°2022-DC-0726 du 28/06/2022 modifiant la décision n°2014-DC-0442.

Milieu	Limites de prélèvement		Prélèvement	Unité
	Prescriptions	Valeur	Valeur maximale	
Eau douce superficielle	Débit instantané	106	104,1	m <sup>3</sup> /s
	Volume journalier	9,1 millions	9,0 millions	m <sup>3</sup>
	Volume annuel	3 300 millions	2 586 millions	m <sup>3</sup>
Eau douce souterraine	Débit instantané	135	80	m <sup>3</sup> /h
	Volume journalier	2 200	205,5	m <sup>3</sup>
	Volume annuel	46 000	2 022	m <sup>3</sup>

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

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

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

### 4. Opérations exceptionnelles de prélèvements

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 du Bugey, la solution retenue est la réalisation de puits de pompage en nappe phréatique (1 puits par tranche). Les travaux ont démarré en 2018. Fin 2022, trois puits sur quatre sont en exploitation.

## Partie III – Restitution et consommation d'eau

### I. Restitution d'eau

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

		Eau de refroidissement	Rejets radioactifs	Rejets industriels (hors rejets eaux usées)	Unités
Restitution mensuelle	Janvier	266 205	2,99	19,3	milliers de m <sup>3</sup>
	Février	206 734	7,61	30,1	
	Mars	156 167	5,77	31,2	
	Avril	242 447	6,26	29,8	
	Mai	164 828	15,96	25,5	
	Juin	155 727	14,50	18,1	
	Juillet	149 612	7,46	19,4	
	Août	239 568	9,37	36,2	
	Septembre	219 184	4,69	36,4	
	Octobre	263 972	3,36	39,7	
	Novembre	238 669	5,76	41,6	
	Décembre	266 393	7,37	29,6	
TOTAL	Restitution au milieu aquatique	2 569 954			milliers de m <sup>3</sup>
	Pourcentage de restitution d'eau au milieu aquatique par rapport au prélèvement	99,3			%

### II. Consommation d'eau

La consommation d'eau correspond à la différence entre la quantité d'eau prélevée et la quantité d'eau restituée au milieu aquatique. Le cumul annuel de consommation d'eau de l'année 2022 est de 16 804 milliers de m<sup>3</sup> (en comptant l'eau domestique).

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

## Partie IV - Rejets d'effluents

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

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

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

Les rejets d'effluents se présentent sous différentes formes :

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

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

## I. Rejets d'effluents à l'atmosphère

### 1. Rejets d'effluents à l'atmosphère radioactifs

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

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

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

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

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

Pour les autres installations nucléaires du CNPE (l'unité en déconstruction Bugey 1 et l'ICEDA), les effluents sont issus de la ventilation des zones nucléaires et des procédés

mis en œuvre dans l'installation. Les effluents sont canalisés, filtrés et surveillés en continu. Le rejet est réalisé par des cheminées dédiées de l'installation.

#### **a. Règles spécifiques de comptabilisation**

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

La deuxième règle fondamentale consiste à déclarer obligatoirement une activité rejetée pour les radionucléides appartenant à ces différents « spectres de référence ». Les radionucléides dont l'activité mesurée est inférieure au seuil de décision<sup>1</sup> (SD) donnent lieu à une comptabilisation d'activité rejetée égale au SD.

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

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

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

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

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

---

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

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

Pour les autres installations nucléaires du CNPE (l'unité en déconstruction Bugey 1 et l'ICEDA), le spectre de référence est rappelé ci-dessous.

Installation	Paramètres	Radionucléide
Bugey 1	Tritium	$^3\text{H}$
	Carbone 14	$^{14}\text{C}$
	Produits de fission et d'activation	$^{60}\text{Co}$
		$^{55}\text{Fe}$
		$^{63}\text{Ni}$
	Alpha	$^{238}\text{Pu}$
		$^{239}\text{Pu}$
		$^{240}\text{Pu}$
$^{241}\text{Am}$		
ICEDA	Tritium	$^3\text{H}$
	Carbone 14	$^{14}\text{C}$
	Produits de fission et d'activation	$^{108\text{m}}\text{Ag}$
		$^{60}\text{Co}$
		$^{55}\text{Fe}$
		$^{63}\text{Ni}$

### c. Cumul mensuel

Les cumuls mensuels des rejets d'effluents radioactifs pour les tranches en fonctionnement à l'atmosphère sont donnés dans le tableau suivant.

	<sup>131</sup> I (GBq)	<sup>133</sup> I (GBq)	<sup>131m</sup> Xe (GBq)	<sup>133</sup> Xe (GBq)	<sup>133m</sup> Xe (GBq)	<sup>135</sup> Xe (GBq)	<sup>41</sup> Ar (GBq)	<sup>85</sup> Kr (GBq)	<sup>85m</sup> Kr (GBq)	<sup>88</sup> Kr (GBq)	<sup>134</sup> Cs (GBq)	<sup>137</sup> Cs (GBq)	<sup>58</sup> Co (GBq)	<sup>60</sup> Co (GBq)
<b>Janvier</b>	8,928.10 <sup>-4</sup>	8,976.10 <sup>-4</sup>	1,954.10 <sup>-1</sup>	8,103.10 <sup>1</sup>	1,954.10 <sup>-2</sup>	2,477.10 <sup>1</sup>	1,767	1,752.10 <sup>-1</sup>	5,482.10 <sup>-4</sup>	/	5,132.10 <sup>-5</sup>	6,050.10 <sup>-5</sup>	5,985.10 <sup>-5</sup>	7,493.10 <sup>-5</sup>
<b>Février</b>	1,395.10 <sup>-3</sup>	1,110.10 <sup>-3</sup>	3,308.10 <sup>-1</sup>	3,030.10 <sup>2</sup>	3,679.10 <sup>-2</sup>	3,255.10 <sup>1</sup>	7,190	4,018.10 <sup>-1</sup>	2,387.10 <sup>-3</sup>	/	4,540.10 <sup>-5</sup>	4,051.10 <sup>-5</sup>	4,607.10 <sup>-5</sup>	5,441.10 <sup>-5</sup>
<b>Mars</b>	2,883.10 <sup>-3</sup>	9,842.10 <sup>-4</sup>	8,234.10 <sup>-1</sup>	1,369.10 <sup>2</sup>	5,530.10 <sup>-2</sup>	2,736.10 <sup>1</sup>	5,099	2,072	2,746.10 <sup>-3</sup>	5,368.10 <sup>-3</sup>	4,481.10 <sup>-5</sup>	4,105.10 <sup>-5</sup>	4,812.10 <sup>-5</sup>	5,962.10 <sup>-5</sup>
<b>Avril</b>	3,040.10 <sup>-3</sup>	8,957.10 <sup>-4</sup>	1,752.10 <sup>2</sup>	1,620.10 <sup>3</sup>	9,970.10 <sup>-2</sup>	1,218.10 <sup>2</sup>	8,837.10 <sup>-1</sup>	9,535	/	/	4,475.10 <sup>-5</sup>	3,697.10 <sup>-5</sup>	3,576.10 <sup>-5</sup>	5,402.10 <sup>-5</sup>
<b>Mai</b>	3,908.10 <sup>-4</sup>	8,669.10 <sup>-4</sup>	5,419.10 <sup>1</sup>	4,215.10 <sup>1</sup>	/	1,399.10 <sup>1</sup>	4,851	9,927	/	/	6,268.10 <sup>-5</sup>	7,067.10 <sup>-5</sup>	7,477.10 <sup>-5</sup>	8,308.10 <sup>-5</sup>
<b>Juin</b>	1,691.10 <sup>-4</sup>	9,080.10 <sup>-4</sup>	1,837.10 <sup>-1</sup>	8,354.10 <sup>1</sup>	/	2,829.10 <sup>1</sup>	4,936	2,991	/	/	5,549.10 <sup>-5</sup>	5,377.10 <sup>-5</sup>	5,903.10 <sup>-5</sup>	7,953.10 <sup>-5</sup>
<b>Juillet</b>	4,355.10 <sup>-4</sup>	8,941.10 <sup>-4</sup>	6,651.10 <sup>-2</sup>	1,255.10 <sup>2</sup>	/	2,736.10 <sup>1</sup>	4,500	4,654	/	/	5,115.10 <sup>-5</sup>	4,183.10 <sup>-5</sup>	4,716.10 <sup>-5</sup>	6,429.10 <sup>-5</sup>
<b>Août</b>	4,620.10 <sup>-4</sup>	7,291.10 <sup>-4</sup>	4,291.10 <sup>-2</sup>	2,248.10 <sup>2</sup>	/	6,056.10 <sup>1</sup>	2,575	1,853	/	/	4,975.10 <sup>-5</sup>	5,572.10 <sup>-5</sup>	5,880.10 <sup>-5</sup>	6,662.10 <sup>-5</sup>
<b>Septembre</b>	1,551.10 <sup>-4</sup>	8,473.10 <sup>-4</sup>	3,502.10 <sup>-1</sup>	1,122.10 <sup>2</sup>	/	1,636.10 <sup>1</sup>	6,254	5,630	/	/	4,650.10 <sup>-5</sup>	4,657.10 <sup>-5</sup>	4,785.10 <sup>-5</sup>	6,294.10 <sup>-5</sup>
<b>Octobre</b>	2,281.10 <sup>-4</sup>	9,309.10 <sup>-4</sup>	4,699.10 <sup>-1</sup>	1,970.10 <sup>2</sup>	/	4,920.10 <sup>1</sup>	6,264.10 <sup>1</sup>	5,494	/	/	4,711.10 <sup>-5</sup>	4,704.10 <sup>-5</sup>	4,204.10 <sup>-5</sup>	6,382.10 <sup>-5</sup>
<b>Novembre</b>	2,174.10 <sup>-4</sup>	8,938.10 <sup>-4</sup>	1,519.10 <sup>2</sup>	2,098.10 <sup>2</sup>	/	1,338.10 <sup>1</sup>	1,202.10 <sup>1</sup>	8,710	/	/	6,127.10 <sup>-5</sup>	5,623.10 <sup>-5</sup>	4,995.10 <sup>-5</sup>	7,340.10 <sup>-5</sup>
<b>Décembre</b>	1,565.10 <sup>-4</sup>	7,160.10 <sup>-4</sup>	1,347.10 <sup>2</sup>	4,107.10 <sup>2</sup>	/	5,784.10 <sup>1</sup>	1,264.10 <sup>1</sup>	9,753	/	/	5,417.10 <sup>-5</sup>	5,495.10 <sup>-5</sup>	5,048.10 <sup>-5</sup>	6,575.10 <sup>-5</sup>
<b>TOTAL ANNUEL</b>	<b>1,04.10<sup>-2</sup></b>	<b>1,07.10<sup>-2</sup></b>	<b>5,18.10<sup>2</sup></b>	<b>3,55.10<sup>3</sup></b>	<b>2,11.10<sup>-1</sup></b>	<b>4,73.10<sup>2</sup></b>	<b>1,25.10<sup>2</sup></b>	<b>6,12.10<sup>1</sup></b>	<b>5,68.10<sup>-3</sup></b>	<b>5,37.10<sup>-3</sup></b>	<b>6,14.10<sup>-4</sup></b>	<b>6,06.10<sup>-4</sup></b>	<b>6,20.10<sup>-4</sup></b>	<b>8,02.10<sup>-4</sup></b>

	Volumes rejetés (m <sup>3</sup> )	Activités lodes (GBq)	Activités gaz rares (GBq)	Activités Autres PF et PA (GBq)	Activité Tritium (GBq)	Activité Carbone 14 (GBq)
Janvier	3,92.10 <sup>8</sup>	1,790.10 <sup>-3</sup>	1,080.10 <sup>2</sup>	2,466.10 <sup>-4</sup>	4,028.10 <sup>1</sup>	1,274.10 <sup>2</sup>
Février	3,49.10 <sup>8</sup>	2,505.10 <sup>-3</sup>	3,436.10 <sup>2</sup>	1,864.10 <sup>-4</sup>	2,867.10 <sup>1</sup>	
Mars	3,71.10 <sup>8</sup>	3,867.10 <sup>-3</sup>	1,723.10 <sup>2</sup>	1,936.10 <sup>-4</sup>	3,553.10 <sup>1</sup>	
Avril	3,92.10 <sup>8</sup>	3,936.10 <sup>-3</sup>	1,927.10 <sup>3</sup>	1,715.10 <sup>-4</sup>	3,747.10 <sup>1</sup>	1,338.10 <sup>2</sup>
Mai	3,73.10 <sup>8</sup>	1,258.10 <sup>-3</sup>	1,251.10 <sup>2</sup>	2,912.10 <sup>-4</sup>	5,807.10 <sup>1</sup>	
Juin	3,78.10 <sup>8</sup>	1,077.10 <sup>-3</sup>	1,199.10 <sup>2</sup>	2,478.10 <sup>-4</sup>	6,277.10 <sup>1</sup>	
Juillet	3,80.10 <sup>8</sup>	1,330.10 <sup>-3</sup>	1,621.10 <sup>2</sup>	2,044.10 <sup>-4</sup>	6,760.10 <sup>1</sup>	9,327.10 <sup>1</sup>
Août	3,68.10 <sup>8</sup>	1,191.10 <sup>-3</sup>	2,899.10 <sup>2</sup>	2,309.10 <sup>-4</sup>	6,346.10 <sup>1</sup>	
Septembre	3,51.10 <sup>8</sup>	1,002.10 <sup>-3</sup>	1,408.10 <sup>2</sup>	2,039.10 <sup>-4</sup>	5,826.10 <sup>1</sup>	
Octobre	3,57.10 <sup>8</sup>	1,159.10 <sup>-3</sup>	3,148.10 <sup>2</sup>	2,000.10 <sup>-4</sup>	5,710.10 <sup>1</sup>	6,309.10 <sup>1</sup>
Novembre	3,65.10 <sup>8</sup>	1,111.10 <sup>-3</sup>	3,959.10 <sup>2</sup>	2,408.10 <sup>-4</sup>	6,430.10 <sup>1</sup>	
Décembre	3,76.10 <sup>8</sup>	8,725.10 <sup>-4</sup>	6,257.10 <sup>2</sup>	2,254.10 <sup>-4</sup>	6,043.10 <sup>1</sup>	
<b>TOTAL ANNUEL</b>	<b>4,45.10<sup>9</sup></b>	<b>2,11.10<sup>-2</sup></b>	<b>4,73.10<sup>3</sup></b>	<b>2,64.10<sup>-3</sup></b>	<b>6,34.10<sup>2</sup></b>	<b>4,18.10<sup>2</sup></b>

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

Pour l'unité en déconstruction Bugey 1, les cumuls mensuels sont donnés dans le tableau suivant pour les produits de fission et d'activation.

	<sup>60</sup> Co (GBq)	<sup>63</sup> Ni (GBq)	<sup>55</sup> Fe (GBq)
Janvier	1,580.10 <sup>-5</sup>	1,609.10 <sup>-5</sup>	1,013.10 <sup>-5</sup>
Février	9,584.10 <sup>-6</sup>	1,669.10 <sup>-5</sup>	1,412.10 <sup>-5</sup>
Mars	1,134.10 <sup>-5</sup>	1,520.10 <sup>-5</sup>	1,057.10 <sup>-5</sup>
Avril	1,319.10 <sup>-5</sup>	3,603.10 <sup>-5</sup>	4,004.10 <sup>-5</sup>
Mai	1,574.10 <sup>-5</sup>	3,461.10 <sup>-5</sup>	2,850.10 <sup>-5</sup>
Juin	1,636.10 <sup>-5</sup>	4,014.10 <sup>-5</sup>	2,137.10 <sup>-5</sup>
Juillet	1,677.10 <sup>-5</sup>	3,511.10 <sup>-5</sup>	2,566.10 <sup>-5</sup>
Août	1,810.10 <sup>-5</sup>	3,505.10 <sup>-5</sup>	3,505.10 <sup>-5</sup>
Septembre	1,755.10 <sup>-5</sup>	4,076.10 <sup>-5</sup>	2,673.10 <sup>-5</sup>
Octobre	1,473.10 <sup>-5</sup>	3,687.10 <sup>-5</sup>	1,448.10 <sup>-5</sup>
Novembre	1,671.10 <sup>-5</sup>	3,666.10 <sup>-5</sup>	2,122.10 <sup>-5</sup>
Décembre	1,387.10 <sup>-5</sup>	3,543.10 <sup>-5</sup>	7,353.10 <sup>-6</sup>
<b>TOTAL ANNUEL</b>	<b>1,80.10<sup>-4</sup></b>	<b>3,79.10<sup>-4</sup></b>	<b>2,55.10<sup>-4</sup></b>

	Volumes rejetés (m <sup>3</sup> )	Activité Tritium (GBq)	Activité Carbone 14 (GBq)	Activités Autres PF et PA (GBq)	Activités émetteurs Alpha (GBq)
Janvier	5,28.10 <sup>7</sup>	1,62.10 <sup>-2</sup>	1,60.10 <sup>-2</sup>	4,20.10 <sup>-5</sup>	8,55.10 <sup>-7</sup>
Février	4,52.10 <sup>7</sup>	1,28.10 <sup>-2</sup>		4,04.10 <sup>-5</sup>	8,45.10 <sup>-7</sup>
Mars	5,09.10 <sup>7</sup>	1,59.10 <sup>-2</sup>		3,71.10 <sup>-5</sup>	8,72.10 <sup>-7</sup>
Avril	4,92.10 <sup>7</sup>	1,76.10 <sup>-2</sup>	5,95.10 <sup>-2</sup>	8,93.10 <sup>-5</sup>	1,20.10 <sup>-6</sup>
Mai	5,28.10 <sup>7</sup>	2,19.10 <sup>-2</sup>		7,89.10 <sup>-5</sup>	1,14.10 <sup>-6</sup>
Juin	4,65.10 <sup>7</sup>	1,62.10 <sup>-2</sup>		7,79.10 <sup>-5</sup>	8,49.10 <sup>-7</sup>
Juillet	5,06.10 <sup>7</sup>	1,55.10 <sup>-2</sup>	4,56.10 <sup>-2</sup>	7,75.10 <sup>-5</sup>	9,63.10 <sup>-7</sup>
Août	5,12.10 <sup>7</sup>	1,97.10 <sup>-2</sup>		8,82.10 <sup>-5</sup>	1,07.10 <sup>-6</sup>
Septembre	4,84.10 <sup>7</sup>	1,78.10 <sup>-2</sup>		8,50.10 <sup>-5</sup>	9,38.10 <sup>-7</sup>
Octobre	5,10.10 <sup>7</sup>	1,42.10 <sup>-2</sup>	5,06.10 <sup>-2</sup>	6,61.10 <sup>-5</sup>	1,02.10 <sup>-6</sup>
Novembre	4,87.10 <sup>7</sup>	1,69.10 <sup>-2</sup>		7,46.10 <sup>-5</sup>	9,49.10 <sup>-7</sup>
Décembre	4,95.10 <sup>7</sup>	1,45.10 <sup>-2</sup>		5,67.10 <sup>-5</sup>	1,01.10 <sup>-6</sup>
<b>TOTAL ANNUEL</b>	<b>5,97.10<sup>8</sup></b>	<b>1,99.10<sup>-1</sup></b>	<b>1,72.10<sup>-1</sup></b>	<b>8,14.10<sup>-4</sup></b>	<b>1,17.10<sup>-5</sup></b>

Pour l'ICEDA, les cumuls mensuels sont donnés dans le tableau suivant pour les produits de fission et d'activation.

	<sup>60</sup> Co (GBq)	<sup>108m</sup> Ag (GBq)	<sup>63</sup> Ni (GBq)	<sup>55</sup> Fe (GBq)
Janvier	1,90.10 <sup>-5</sup>	1,64.10 <sup>-5</sup>	2,74.10 <sup>-5</sup>	1,42.10 <sup>-5</sup>
Février	1,77.10 <sup>-5</sup>	1,44.10 <sup>-5</sup>	2,13.10 <sup>-5</sup>	2,26.10 <sup>-5</sup>
Mars	2,50.10 <sup>-5</sup>	1,84.10 <sup>-5</sup>	2,39.10 <sup>-5</sup>	1,78.10 <sup>-5</sup>
Avril	2,14.10 <sup>-5</sup>	1,59.10 <sup>-5</sup>	4,66.10 <sup>-5</sup>	2,83.10 <sup>-5</sup>
Mai	2,69.10 <sup>-5</sup>	1,52.10 <sup>-5</sup>	6,19.10 <sup>-5</sup>	4,43.10 <sup>-5</sup>
Juin	2,00.10 <sup>-5</sup>	1,54.10 <sup>-5</sup>	3,17.10 <sup>-5</sup>	2,14.10 <sup>-5</sup>
Juillet	1,58.10 <sup>-5</sup>	1,31.10 <sup>-5</sup>	4,68.10 <sup>-5</sup>	3,35.10 <sup>-5</sup>
Août	1,80.10 <sup>-5</sup>	1,35.10 <sup>-5</sup>	5,50.10 <sup>-5</sup>	4,52.10 <sup>-5</sup>
Septembre	2,36.10 <sup>-5</sup>	1,59.10 <sup>-5</sup>	5,40.10 <sup>-5</sup>	2,84.10 <sup>-5</sup>
Octobre	3,00.10 <sup>-5</sup>	1,77.10 <sup>-5</sup>	6,48.10 <sup>-5</sup>	3,01.10 <sup>-5</sup>
Novembre	2,00.10 <sup>-5</sup>	1,25.10 <sup>-5</sup>	5,50.10 <sup>-5</sup>	1,40.10 <sup>-5</sup>
Décembre	2,20.10 <sup>-5</sup>	1,47.10 <sup>-5</sup>	5,07.10 <sup>-5</sup>	1,05.10 <sup>-5</sup>
<b>TOTAL ANNUEL</b>	<b>2,59.10<sup>-4</sup></b>	<b>1,83.10<sup>-4</sup></b>	<b>5,39.10<sup>-4</sup></b>	<b>3,10.10<sup>-4</sup></b>

	Volumes rejetés (m <sup>3</sup> )	Activité Tritium (GBq)	Activité Carbone 14 (GBq)	Activités Autres PF et PA (GBq)
Janvier	7,38.10 <sup>7</sup>	1,87.10 <sup>-2</sup>	3,70.10 <sup>-2</sup>	7,64.10 <sup>-5</sup>
Février	6,70.10 <sup>7</sup>	1,63.10 <sup>-2</sup>		7,60.10 <sup>-5</sup>
Mars	7,58.10 <sup>7</sup>	2,65.10 <sup>-2</sup>		8,50.10 <sup>-5</sup>
Avril	7,40.10 <sup>7</sup>	1,87.10 <sup>-2</sup>	2,03.10 <sup>-1</sup>	1,12.10 <sup>-4</sup>
Mai	7,68.10 <sup>7</sup>	1,93.10 <sup>-2</sup>		1,45.10 <sup>-4</sup>
Juin	7,27.10 <sup>7</sup>	1,93.10 <sup>-2</sup>		1,19.10 <sup>-4</sup>
Juillet	7,03.10 <sup>7</sup>	2,04.10 <sup>-2</sup>	1,58.10 <sup>-1</sup>	1,09.10 <sup>-4</sup>
Août	7,32.10 <sup>7</sup>	2,10.10 <sup>-2</sup>		1,32.10 <sup>-4</sup>
Septembre	7,35.10 <sup>7</sup>	2,40.10 <sup>-2</sup>		1,22.10 <sup>-4</sup>
Octobre	5,10.10 <sup>7</sup>	1,42.10 <sup>-2</sup>	2,21.10 <sup>-1</sup>	1,49.10 <sup>-4</sup>
Novembre	7,40.10 <sup>7</sup>	2,14.10 <sup>-2</sup>		9,91.10 <sup>-5</sup>
Décembre	7,66.10 <sup>7</sup>	2,61.10 <sup>-2</sup>		9,79.10 <sup>-5</sup>
<b>TOTAL ANNUEL</b>	<b>8,84.10<sup>8</sup></b>	<b>2,52.10<sup>-1</sup></b>	<b>6,19.10<sup>-1</sup></b>	<b>1,32.10<sup>-3</sup></b>

#### 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 pour les tranches en fonctionnement.

Année	Rejets par catégorie de radionucléides (GBq)				
	Gaz rares	Tritium	Carbone 14	Iodes	Autres PF et PA
2020	613	705	363	0,021	0,004
2021	853	622	360	0,023	0,003
2022	4 730	634	418	0,021	0,0026
Prévisionnel 2022	3 500	1 000	600	0,1	0,004

**Commentaires :** Les rejets à l'atmosphère en tritium, carbone 14, iodes et PF-PA sont cohérents avec les valeurs du prévisionnel 2022. Pour ce qui est des gaz rares, le dépassement du prévisionnel s'explique par des présomptions de défaut de gainage sur la tranche 4 d'avril à septembre 2022 et sur la tranche 5 à partir de juin 2022. L'arrêt automatique du réacteur de la tranche 5 en décembre 2022 a contribué à augmenter la quantité de gaz rares rejetée.

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 pour l'unité en déconstruction Bugey 1 et pour l'ICEDA.

Installation	Année	Rejets par catégorie de radionucléides (GBq)			
		Tritium	Carbone 14	Autres produits de fission et d'activation	Emetteurs Alpha
Bugey 1	2020	0,30	0,56	$5,10 \cdot 10^{-4}$	$1,05 \cdot 10^{-5}$
	2021	0,20	0,84	$4,73 \cdot 10^{-4}$	$1,12 \cdot 10^{-5}$
	2022	$1,99 \cdot 10^{-1}$	$1,72 \cdot 10^{-1}$	$8,14 \cdot 10^{-4}$	$1,17 \cdot 10^{-5}$
	Prévisionnel 2022	0,60	1	$2 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-5}$
ICEDA	2020	0,072	0,027	$4,78 \cdot 10^{-4}$	-
	2021	0,20	0,490	$8,95 \cdot 10^{-4}$	-
	2022	$2,52 \cdot 10^{-1}$	$6,19 \cdot 10^{-1}$	$1,32 \cdot 10^{-3}$	-
	Prévisionnel 2022	0,5	1	$1 \cdot 10^{-3}$	-

**Commentaires :** Les rejets radioactifs à l'atmosphère en tritium, carbone 14 et émetteurs alpha sont cohérents avec les valeurs du prévisionnel 2022. Le prévisionnel pour les PF-PA (émetteurs bêta et gamma inclus) a été dépassé car ces produits sont comptabilisés dès lors qu'ils sont détectés et que le seuil de décision de la mesure est dépassé. Le prévisionnel pour l'année 2023 a été revu à la hausse pour mieux tenir compte de cet effet de comptabilisation.

#### 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°2022-DC-0727 du 28/06/2022 modifiant la décision n°2014-DC-0443 pour les tranches REP.

		Limites annuelles de rejet		Rejet
Paramètres	Localisation prélèvement	Prescriptions	Valeur	Valeur maximale
Gaz rares	Réacteurs n°2-3-4 et 5	Activité annuelle rejetée (GBq)	60 000	4,73.10 <sup>3</sup>
	Réacteurs n°2-3	Débit instantané (Bq/s)	5.10 <sup>7</sup>	7,92.10 <sup>4</sup>
	Réacteurs n°4-5	Débit instantané (Bq/s)	5.10 <sup>7</sup>	1,15.10 <sup>7</sup>
Carbone 14	Réacteurs n°2-3-4 et 5	Activité annuelle rejetée (GBq)	2 200	418
Tritium	Réacteurs n°2-3-4 et 5	Activité annuelle rejetée (GBq)	8 000	634
	Réacteurs n°2-3	Débit instantané (Bq/s)	4,4.10 <sup>6</sup>	1,56.10 <sup>4</sup>
	Réacteurs n°4-5	Débit instantané (Bq/s)	4,4.10 <sup>6</sup>	1,60.10 <sup>4</sup>
Iodes	Réacteurs n°2-3-4 et 5	Activité annuelle rejetée (GBq)	1,2	2,11.10 <sup>-2</sup>
	Réacteurs n°2-3	Débit instantané (Bq/s)	5.10 <sup>2</sup>	6,95.10 <sup>-1</sup>
	Réacteurs n°4-5	Débit instantané (Bq/s)	5.10 <sup>2</sup>	2,01
Autres produits de fission et produits d'activation	Réacteurs n°2-3-4 et 5	Activité annuelle rejetée (GBq)	0,28	2,64.10 <sup>-3</sup>
	Réacteurs n°2-3	Débit instantané (Bq/s)	1,7.10 <sup>2</sup>	6,88.10 <sup>-2</sup>
	Réacteurs n°4-5	Débit instantané (Bq/s)	1,7.10 <sup>2</sup>	8,0.10 <sup>-2</sup>

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°2022-DC-0727 du 28/06/2022 modifiant la décision n°2014-DC-0443 pour la totalité du site (tranches REP, Bugey 1 et l'ICEDA).

		Limites annuelles de rejet		Rejet
Paramètres	Localisation prélèvement	Prescriptions	Valeur	Valeur maximale
Gaz rares	Global site	Débit instantané (Bq/s)	1.10 <sup>8</sup>	3,44.10 <sup>7</sup>
Carbone 14	Bugey 1	Activité annuelle rejetée (GBq)	1,5	1,72.10 <sup>-1</sup>
	ICEDA	Activité annuelle rejetée (GBq)	2	6,19.10 <sup>-1</sup>
Tritium	Global site	Débit instantané (Bq/s)	1.10 <sup>7</sup>	2,70.10 <sup>4</sup>
	Bugey 1	Activité annuelle rejetée (GBq)	100	1,99.10 <sup>-1</sup>
		Débit instantané (Bq/s)	1,1.10 <sup>5</sup>	11,3
	ICEDA	Activité annuelle rejetée (GBq)	1.10 <sup>3</sup>	2,52.10 <sup>-1</sup>
		Débit instantané (Bq/s)	1,1.10 <sup>6</sup>	22,3
Iodes	Global site	Débit instantané (Bq/s)	1.10 <sup>3</sup>	2,19
Autres produits de fission et produits d'activation	Global site	Débit instantané (Bq/s)	1.10 <sup>3</sup>	1,65.10 <sup>-1</sup>
	Bugey 1	Activité annuelle rejetée (GBq)	0,4	8,14.10 <sup>-4</sup>
		Débit instantané (Bq/s)	4,8.10 <sup>2</sup>	5,29.10 <sup>-2</sup>
	ICEDA	Activité annuelle rejetée (GBq)	0,15	1,32.10 <sup>-3</sup>
		Débit instantané (Bq/s)	1,8.10 <sup>2</sup>	2,20.10 <sup>-2</sup>
Alpha	Bugey 1	Activité annuelle rejetée (GBq)	1,5.10 <sup>-4</sup>	1,17.10 <sup>-5</sup>

**Commentaires :** Les rejets radioactifs à l'atmosphère respectent les valeurs limites de rejets de la décision ASN n°2022-DC-0727 du 28/06/2022 modifiant la décision n°2014-DC-0443.

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

Les rejets radioactifs diffus ont notamment pour origine :

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

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

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

	Volume (m <sup>3</sup> )	Rejets de vapeur du circuit secondaire		Rejets au niveau des événements des réservoirs d'eau de refroidissement des piscines et d'entreposage des effluents liquides		Autres rejets	
		Tritium (Bq)	Iodes (Bq)	Tritium (Bq)	Iodes (Bq)	Tritium (Bq)	Iodes (Bq)
Janvier	2,08.10 <sup>4</sup>	/	/	6,76.10 <sup>7</sup>	2,11	/	/
Février	3,28.10 <sup>4</sup>	/	/	4,77.10 <sup>7</sup>	5,39	/	/
Mars	3,46.10 <sup>4</sup>	/	/	2,88.10 <sup>7</sup>	6,34	1,49.10 <sup>2</sup>	/
Avril	3,27.10 <sup>4</sup>	/	/	2,99.10 <sup>7</sup>	3,59	/	/
Mai	4,79.10 <sup>4</sup>	/	/	1,66.10 <sup>7</sup>	/	/	/
Juin	2,85.10 <sup>4</sup>	/	/	1,25.10 <sup>7</sup>	/	/	/
Juillet	2,95.10 <sup>4</sup>	/	/	2,84.10 <sup>7</sup>	/	/	/
Août	4,35.10 <sup>4</sup>	/	/	7,29.10 <sup>7</sup>	/	/	/
Septembre	4,00.10 <sup>4</sup>	/	/	2,40.10 <sup>7</sup>	/	/	/
Octobre	3,99.10 <sup>4</sup>	/	/	3,56.10 <sup>7</sup>	/	/	/
Novembre	4,14.10 <sup>4</sup>	/	/	7,14.10 <sup>7</sup>	/	/	/
Décembre	3,69.10 <sup>4</sup>	/	/	5,30.10 <sup>7</sup>	/	/	/
<b>TOTAL ANNUUEL</b>	<b>4,29.10<sup>5</sup></b>	<b>/</b>	<b>/</b>	<b>4,88.10<sup>8</sup></b>	<b>17,4</b>	<b>1,49.10<sup>2</sup></b>	<b>/</b>

**Commentaire** : Pas de rejets de vapeur du circuit secondaire en 2022.

### 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 :

- 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) de ces matériels de petites

puissances sont faibles sachant qu'ils ne fonctionnent que peu de temps (moins de 50 h/an par diesel) lors des essais périodiques ou d'incidents.

- Les émissions de fluides frigorigènes. En effet, un CNPE est équipé de groupes frigorifiques pour assurer la production d'eau glacée et pour la réfrigération des locaux techniques et administratifs. Ces matériels utilisent des produits pouvant accroître l'effet de serre. Le fonctionnement des matériels et les opérations de maintenance conduisent à des émissions de fluides frigorigènes. Ces émissions sont réglementairement déclarées et comptabilisées et des actions sont prises pour les limiter.
- 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

En 2022, les groupes électrogènes de secours (moteurs Diesels) et les diesels d'ultimes secours (DUS) ont consommé 143,53 tonnes de carburant (GNR) tandis que la turbine à combustion (TAC) a consommé 12,5 tonnes de kérosène. Ainsi, sur les 4 tranches, la quantité annuelle évaluée d'oxyde de soufre (SOx) rejetée dans l'atmosphère lors du fonctionnement périodique de ces installations est de :

Paramètre	Unité	Groupes électrogènes + DUS	TAC	TOTAL
SOx	kg	3	75	78

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

En 2022, 34,3 m<sup>3</sup> de calorifuges ont été renouvelés dans les enceintes des bâtiments réacteurs n°2, 3 et 4.

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

Concentration calculée	Unité	Paramètres	EBA	ETY
Concentration maximale ajoutée dans l'atmosphère	mg/m <sup>3</sup>	Formaldéhyde	3,76.10 <sup>-3</sup>	8,90.10 <sup>-5</sup>
		Monoxyde de carbone	3,51.10 <sup>-3</sup>	8,30.10 <sup>-5</sup>

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

L'estimation du rejet des espèces volatiles est la suivante :

Paramètre	Unité	TOTAL
Ammoniac	kg	266
Morpholine		32,8
Ethanolamine		5,1

### d. Bilan des émissions gaz à effet de serre et de fluides frigorigènes

Un bilan des émissions de gaz à effet de serre (GES) et de fluides frigorigènes est réalisé annuellement par le CNPE du Bugey.

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

Paramètre	Masse en kg	Tonne équivalent CO <sub>2</sub>
Chloro-fluoro-carbone (CFC)	0	0
Hydrogéo-chloro-fluor-carbone (HCFC)	0	0
Hydrogéo-fluoro-carbone (HFC)	149,24	249,3
Hexafluorure de soufre (SF6)	1,30	29,6
<b>Total des émissions de GES en tonne équivalent CO<sub>2</sub></b>		<b>278,9</b>

Dans le respect de la réglementation relative aux systèmes d'échanges de quota d'émissions de gaz à effet de serre, le CNPE déclare chaque année les émissions de CO<sub>2</sub> provenant de l'activité de combustion de combustibles dans les installations dont la puissance thermique totale de combustion est supérieure à 20 MW. Pour l'année 2022, les émissions liées à cette activité représentent 494,8 tonnes équivalent CO<sub>2</sub>.

L'équivalent CO<sub>2</sub> total des émissions de GES du CNPE constituées des pertes de fluides frigorigène et SF6 et de la combustion des diesels de secours, représente  $4,69 \cdot 10^{-2}$  gCO<sub>2</sub>/kWh électrique produit, la production annuelle nette d'électricité ayant été de 16,5 TWh sur l'année 2022.

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

En 2022, le compresseur 9TEG001CO a été remplacé afin de corriger une défaillance.

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

Il n'y a pas eu d'opérations exceptionnelles 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 en fonctionnement, des effluents liquides radioactifs sont produits :

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

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

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

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

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

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

Les eaux issues des salles des machines (groupe turbo-alternateur) ne sont pas considérées comme des effluents radioactifs au sens de la réglementation (article 2.3.3 de la

décision n°2017-DC-0588). Ces eaux sont collectées sans traitement préalable vers des réservoirs dénommés réglementairement Ex où elles sont contrôlées avant d'être rejetées.

Pour les autres installations nucléaires (déconstruction notamment), des effluents liquides radioactifs peuvent être générés par les procédés mis en œuvre. Ces effluents sont récoltés, stockés, traités et contrôlés avant rejet. Les rejets sont surveillés en continu et réalisés en concertation avec les autres rejets pour l'ensemble du CNPE.

### **a. Règles spécifiques de comptabilisation**

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

La deuxième règle fondamentale consiste à déclarer obligatoirement une activité rejetée pour les radionucléides appartenant à ces différents « spectres de référence ». Les radionucléides dont l'activité mesurée est inférieure au seuil de décision<sup>1</sup> donnent lieu à une comptabilisation d'activité rejetée égale au SD.

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

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

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

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

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

---

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

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

Pour les autres installations (l'unité de déconstruction Bugey 1 et l'ICEDA), le tableau ci-dessous est un rappel du spectre de référence.

Installation	Paramètres	Radionucléide
Bugey 1	Tritium	$^3\text{H}$
	Produits de fission et d'activation	$^{58}\text{Co}$
		$^{137}\text{Cs}$
		$^{63}\text{Ni}$
		$^{55}\text{Fe}$
ICEDA	Pas de rejets liquides	

### c. Cumul mensuel

Le cumul mensuel des rejets d'effluents radioactifs liquides pour les tranches en fonctionnement est donné dans le tableau suivant :

	<sup>131</sup> I (GBq)	<sup>110m</sup> Ag (GBq)	<sup>123m</sup> Te (GBq)	<sup>124</sup> Sb (GBq)	<sup>125</sup> Sb (GBq)	<sup>134</sup> Cs (GBq)	<sup>137</sup> Cs (GBq)	<sup>51</sup> Cr (GBq)	<sup>54</sup> Mn (GBq)	<sup>57</sup> Co (GBq)	<sup>58</sup> Co (GBq)	<sup>60</sup> Co (GBq)	<sup>99</sup> Mo (GBq)	<sup>99m</sup> Tc (GBq)
<b>Janvier</b>	7,955.10 <sup>-4</sup>	3,631.10 <sup>-2</sup>	5,144.10 <sup>-4</sup>	1,085.10 <sup>-3</sup>	2,207.10 <sup>-3</sup>	7,506.10 <sup>-4</sup>	8,505.10 <sup>-4</sup>	/	6,847.10 <sup>-4</sup>	1,060.10 <sup>-4</sup>	2,296.10 <sup>-2</sup>	1,116.10 <sup>-2</sup>	/	/
<b>Février</b>	2,315.10 <sup>-3</sup>	6,007.10 <sup>-2</sup>	1,420.10 <sup>-3</sup>	2,361.10 <sup>-3</sup>	5,831.10 <sup>-3</sup>	2,025.10 <sup>-3</sup>	2,412.10 <sup>-3</sup>	1,267.10 <sup>-3</sup>	2,050.10 <sup>-3</sup>	/	3,845.10 <sup>-2</sup>	3,412.10 <sup>-2</sup>	/	/
<b>Mars</b>	1,698.10 <sup>-3</sup>	5,881.10 <sup>-2</sup>	9,795.10 <sup>-4</sup>	1,271.10 <sup>-2</sup>	4,039.10 <sup>-3</sup>	1,381.10 <sup>-3</sup>	1,569.10 <sup>-3</sup>	/	1,889.10 <sup>-3</sup>	/	2,093.10 <sup>-2</sup>	1,484.10 <sup>-2</sup>	1,337.10 <sup>-4</sup>	1,337.10 <sup>-4</sup>
<b>Avril</b>	1,550.10 <sup>-3</sup>	3,825.10 <sup>-2</sup>	1,052.10 <sup>-3</sup>	5,051.10 <sup>-3</sup>	4,101.10 <sup>-3</sup>	1,522.10 <sup>-3</sup>	1,617.10 <sup>-3</sup>	/	1,426.10 <sup>-3</sup>	/	9,005.10 <sup>-3</sup>	1,142.10 <sup>-2</sup>	7,686.10 <sup>-5</sup>	7,686.10 <sup>-5</sup>
<b>Mai</b>	4,268.10 <sup>-3</sup>	6,658.10 <sup>-2</sup>	3,203.10 <sup>-3</sup>	7,029.10 <sup>-3</sup>	1,223.10 <sup>-2</sup>	4,319.10 <sup>-3</sup>	4,679.10 <sup>-3</sup>	/	4,091.10 <sup>-3</sup>	/	5,676.10 <sup>-3</sup>	1,409.10 <sup>-2</sup>	/	/
<b>Juin</b>	3,697.10 <sup>-3</sup>	6,383.10 <sup>-2</sup>	2,853.10 <sup>-3</sup>	4,895.10 <sup>-3</sup>	1,051.10 <sup>-2</sup>	3,707.10 <sup>-3</sup>	4,011.10 <sup>-3</sup>	/	3,557.10 <sup>-3</sup>	/	4,787.10 <sup>-3</sup>	1,415.10 <sup>-2</sup>	/	/
<b>Juillet</b>	1,735.10 <sup>-3</sup>	5,844.10 <sup>-2</sup>	1,288.10 <sup>-3</sup>	3,176.10 <sup>-3</sup>	5,081.10 <sup>-3</sup>	1,779.10 <sup>-3</sup>	2,092.10 <sup>-3</sup>	/	1,655.10 <sup>-3</sup>	/	2,693.10 <sup>-3</sup>	1,134.10 <sup>-2</sup>	/	/
<b>Août</b>	2,210.10 <sup>-3</sup>	7,867.10 <sup>-2</sup>	1,827.10 <sup>-3</sup>	5,013.10 <sup>-3</sup>	8,215.10 <sup>-3</sup>	2,367.10 <sup>-3</sup>	2,566.10 <sup>-3</sup>	/	2,415.10 <sup>-3</sup>	/	3,698.10 <sup>-3</sup>	3,210.10 <sup>-2</sup>	1,873.10 <sup>-4</sup>	1,873.10 <sup>-4</sup>
<b>Septembre</b>	1,160.10 <sup>-3</sup>	5,922.10 <sup>-2</sup>	8,251.10 <sup>-4</sup>	4,192.10 <sup>-3</sup>	3,584.10 <sup>-3</sup>	1,302.10 <sup>-3</sup>	1,968.10 <sup>-3</sup>	/	1,356.10 <sup>-3</sup>	/	3,667.10 <sup>-3</sup>	2,660.10 <sup>-2</sup>	1,829.10 <sup>-4</sup>	1,829.10 <sup>-4</sup>
<b>Octobre</b>	8,334.10 <sup>-4</sup>	4,028.10 <sup>-2</sup>	5,469.10 <sup>-4</sup>	1,505.10 <sup>-3</sup>	2,547.10 <sup>-3</sup>	6,691.10 <sup>-3</sup>	9,058.10 <sup>-3</sup>	/	1,431.10 <sup>-3</sup>	/	3,878.10 <sup>-3</sup>	2,988.10 <sup>-2</sup>	2,685.10 <sup>-4</sup>	2,685.10 <sup>-4</sup>
<b>Novembre</b>	1,403.10 <sup>-3</sup>	5,230.10 <sup>-2</sup>	2,550.10 <sup>-3</sup>	1,673.10 <sup>-3</sup>	4,231.10 <sup>-3</sup>	5,264.10 <sup>-3</sup>	8,163.10 <sup>-3</sup>	/	1,582.10 <sup>-3</sup>	/	1,948.10 <sup>-3</sup>	2,724.10 <sup>-2</sup>	1,267.10 <sup>-4</sup>	1,267.10 <sup>-4</sup>
<b>Décembre</b>	1,461.10 <sup>-3</sup>	5,578.10 <sup>-2</sup>	1,218.10 <sup>-3</sup>	1,834.10 <sup>-3</sup>	4,182.10 <sup>-3</sup>	2,127.10 <sup>-3</sup>	3,933.10 <sup>-3</sup>	/	1,384.10 <sup>-3</sup>	/	1,347.10 <sup>-3</sup>	1,890.10 <sup>-2</sup>	/	/
<b>TOTAL ANNUEL</b>	<b>2,31.10<sup>-2</sup></b>	<b>6,69.10<sup>-1</sup></b>	<b>1,83.10<sup>-2</sup></b>	<b>5,05.10<sup>-2</sup></b>	<b>6,68.10<sup>-2</sup></b>	<b>3,32.10<sup>-2</sup></b>	<b>4,29.10<sup>-2</sup></b>	<b>1,27.10<sup>-3</sup></b>	<b>2,35.10<sup>-2</sup></b>	<b>1,06.10<sup>-4</sup></b>	<b>1,19.10<sup>-1</sup></b>	<b>2,46.10<sup>-1</sup></b>	<b>9,76.10<sup>-4</sup></b>	<b>9,76.10<sup>-4</sup></b>

	Volumes rejetés (m <sup>3</sup> )	Activités Iodes (GBq)	Activités Autres PF et PA (GBq)	Activités Tritium (GBq)	Activités Carbone 14 (GBq)
Janvier	1,91.10 <sup>4</sup>	7,955.10 <sup>-4</sup>	8,232.10 <sup>-2</sup>	4,978.10 <sup>3</sup>	1,541
Février	3,26.10 <sup>4</sup>	2,315.10 <sup>-3</sup>	1,629.10 <sup>-1</sup>	3,704.10 <sup>3</sup>	1,458
Mars	3,31.10 <sup>4</sup>	1,698.10 <sup>-3</sup>	1,243.10 <sup>-1</sup>	1,902.10 <sup>3</sup>	8,207.10 <sup>-1</sup>
Avril	3,10.10 <sup>4</sup>	1,550.10 <sup>-3</sup>	7,923.10 <sup>-2</sup>	1,980.10 <sup>3</sup>	7,145.10 <sup>-1</sup>
Mai	3,58.10 <sup>4</sup>	4,268.10 <sup>-3</sup>	1,394.10 <sup>-1</sup>	1,123.10 <sup>3</sup>	1,369
Juin	2,76.10 <sup>4</sup>	3,697.10 <sup>-3</sup>	1,288.10 <sup>-1</sup>	8,745.10 <sup>2</sup>	8,639.10 <sup>-1</sup>
Juillet	2,21.10 <sup>4</sup>	1,735.10 <sup>-3</sup>	9,725.10 <sup>-2</sup>	1,871.10 <sup>3</sup>	5,067.10 <sup>-1</sup>
Août	3,84.10 <sup>4</sup>	2,210.10 <sup>-3</sup>	1,477.10 <sup>-1</sup>	5,852.10 <sup>3</sup>	1,007
Septembre	3,45.10 <sup>4</sup>	1,160.10 <sup>-3</sup>	1,084.10 <sup>-1</sup>	1,725.10 <sup>3</sup>	4,072.10 <sup>-1</sup>
Octobre	3,66.10 <sup>4</sup>	8,334.10 <sup>-4</sup>	1,091.10 <sup>-1</sup>	2,432.10 <sup>3</sup>	2,595.10 <sup>-1</sup>
Novembre	4,13.10 <sup>4</sup>	1,403.10 <sup>-3</sup>	1,179.10 <sup>-1</sup>	5,950.10 <sup>3</sup>	8,158.10 <sup>-1</sup>
Décembre	3,18.10 <sup>4</sup>	1,461.10 <sup>-3</sup>	1,135.10 <sup>-1</sup>	4,189.10 <sup>3</sup>	4,582.10 <sup>-1</sup>
<b>TOTAL ANNUEL</b>	<b>3,84.10<sup>5</sup></b>	<b>2,31.10<sup>-2</sup></b>	<b>1,41</b>	<b>3,66.10<sup>4</sup></b>	<b>1,02.10<sup>1</sup></b>

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

Le cumul mensuel des rejets d'effluents radioactifs liquides pour l'installation en déconstruction Bugey 1 est donnée dans le tableau suivant :

	<sup>90</sup> Sr (MBq)	<sup>137</sup> Cs (MBq)	<sup>110</sup> mAg (MBq)
Janvier	2,00.10 <sup>-2</sup>	1,794.10 <sup>-2</sup>	-
Février	-	-	-
Mars	-	4,975.10 <sup>-2</sup>	1,312.10 <sup>-2</sup>
Avril	-	-	-
Mai	-	-	-
Juin	-	-	-
Juillet	-	-	-
Août	-	-	-
Septembre	-	-	-
Octobre	-	-	-
Novembre	-	-	-
Décembre	-	-	-
<b>TOTAL ANNUEL</b>	<b>2,00.10<sup>-2</sup></b>	<b>6,77.10<sup>-2</sup></b>	<b>1,312.10<sup>-2</sup></b>

**Commentaire :** La détection du radionucléide <sup>110</sup>mAg, pourtant absent du spectre de référence de Bugey 1, semble avoir pour origine une contamination croisée lors des analyses des effluents de tranche – habituellement marqués en <sup>110</sup>mAg – et des effluents de Bugey 1.

	Volumes rejetés (m <sup>3</sup> )	Activité Tritium (GBq)	Activités Autres PF et PA (GBq)
Janvier	95	4,35.10 <sup>-4</sup>	3,79.10 <sup>-5</sup>
Février	-	-	-
Mars	149	3,01.10 <sup>-3</sup>	6,29.10 <sup>-5</sup>
Avril	-	-	-
Mai	-	-	-
Juin	-	-	-
Juillet	-	-	-
Août	-	-	-
Septembre	-	-	-
Octobre	-	-	-
Novembre	-	-	-
Décembre	-	-	-
<b>TOTAL ANNUEL</b>	<b>244</b>	<b>3,44.10<sup>-3</sup></b>	<b>1,01.10<sup>-4</sup></b>

**Commentaires :** Les rejets liquides de l'installation de Bugey 1 sont ponctuels.

L'ICEDA ne produit pas d'effluents radioactifs liquides.

#### 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 pour les tranches en fonctionnement.

	Rejets par catégorie de radionucléides (GBq)			
	Tritium	Carbone 14	Iodes	Autres PA et PF
2020	3,53.10 <sup>4</sup>	1,62.10 <sup>1</sup>	1,59.10 <sup>-2</sup>	1,50
2021	4,26.10 <sup>4</sup>	7,64	1,65.10 <sup>-2</sup>	1,87
2022	3,66.10 <sup>4</sup>	1,02.10 <sup>1</sup>	2,31.10 <sup>-2</sup>	1,41
Prévisionnel 2022	6.10 <sup>4</sup>	2,0.10 <sup>1</sup>	2,0.10 <sup>-2</sup>	1,80

**Commentaires :** Les rejets radioactifs liquides sont cohérents avec les valeurs du prévisionnel 2022 pour le tritium, le carbone 14 et les produits de fission et d'activation. Le redémarrage de la tranche 5 au deuxième trimestre 2022 et le redémarrage de la tranche 3 en août, associé à une présence de sodium dans son poste d'eau a nécessité des purges APG vers TER importantes, entraînant des rejets de bâches TER plus fréquents et a fortiori une activité rejetée en iode calculée plus importante. Cela n'est pas lié à un rejet réel plus important mais à un effet de comptabilisation réalisée au seuil de décision.

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejet de l'année 2022 avec les valeurs du prévisionnel 2022 pour l'installation en déconstruction Bugey 1.

Installation	Année	Tritium (MBq)	Autres PA et PF (MBq)
Bugey 1	2020	-	-
	2021	7,09	3,71
	2022	3,44	1,01.10 <sup>-1</sup>
	Prévisionnel 2022	20	1

**Commentaire :** Les rejets radioactifs liquides de Bugey 1 sont cohérents avec les valeurs du prévisionnel 2022.

#### 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 ASN n°2022-DC-0727 du 28/06/2022 modifiant la décision n°2014-DC-0443 pour les tranches en fonctionnement.

Paramètres	Limites annuelles de rejet		Rejet
	Prescriptions	Valeur	Valeur (GBq)
Tritium	Activité annuelle rejetée (GBq)	90 000	3,66.10 <sup>4</sup>
Carbone 14	Activité annuelle rejetée (GBq)	260	1,02.10 <sup>1</sup>
Iodes	Activité annuelle rejetée (GBq)	0,4	2,31.10 <sup>-2</sup>
Autres PA et PF	Activité annuelle rejetée (GBq)	36	1,41

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

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°2022-DC-0727 du 28/06/2022 modifiant la décision n°2014-DC-0443 pour l'installation en déconstruction Bugey 1.

Installation	Paramètres	Limites annuelles de rejet		Rejet
		Prescriptions	Valeur	Valeur (GBq)
Bugey 1	Tritium	Activité annuelle rejetée (GBq)	0,2	3,44.10 <sup>-3</sup>
	Autres PA et PF	Activité annuelle rejetée (GBq)	0,01	1,01.10 <sup>-4</sup>

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

#### f. Surveillance des eaux de surface

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

Les résultats des mesures réalisées sur les eaux de surface pour l'année 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	$1,15 \cdot 10^{-1}$ Bq/L	$4,0 \cdot 10^{-1}$ Bq/L	2 Bq/L	-	-	-
	Tritium	$3,57 \cdot 10^1$ Bq/L	$1,63 \cdot 10^2$ Bq/L	280 Bq/L	$1,94 \cdot 10^1$ Bq/L	$4,9 \cdot 10^1$ Bq/L	140 <sup>(1)</sup> / 100 <sup>(2)</sup> Bq/L
	Potassium	1,86 mg/L	2,50 mg/L	-	-	-	-
Matières en suspension	Activité bêta globale	$1,79 \cdot 10^{-2}$ Bq/L	$1,64 \cdot 10^{-1}$ Bq/L	2 Bq/L	-	-	-

(1) en présence de rejets radioactifs

(2) en l'absence de rejets radioactifs

**Commentaires :** Les mesures de surveillance dans les eaux de surface pour l'année 2022 sont cohérentes avec les valeurs attendues du fait des rejets d'effluents autorisés du CNPE. Les mesures d'activité bêta globale et de l'activité en tritium dans l'eau sont 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 maintenir là aussi un pH de moindre corrosion du circuit secondaire.
- La morpholine ( $C_4H_9NO$ ), l'éthanolamine ( $C_2H_7NO$ ) et l'ammoniaque ( $NH_4OH$ ) sont des amines volatiles qui peuvent être employées, seules ou en combinaison, pour maintenir le bon pH dans le circuit secondaire. Elles complètent l'action de l'hydrazine. Le mode de conditionnement du circuit secondaire a évolué avec les années pour tenir compte du retour d'expérience interne et étranger. L'éthanolamine ( $C_2H_7NO$ ), utilisée sur quelques CNPE, constitue une alternative intéressante à la morpholine, en particulier pour la protection des pièces internes des générateurs de vapeur et des purges des sècheurs-surchauffeurs de la turbine. L'utilisation de l'éthanolamine a été entièrement déployée sur les 4 tranches du CNPE du Bugey.
- 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.

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

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

L'injection d'antitartre organique agit sur le processus de germination du tartre par un ralentissement de la vitesse de croissance des cristaux et permet de limiter également l'adhésion du tartre et des matières en suspension sur les parois des principaux composants des circuits par son effet filmant et dispersant.

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

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

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

Les autres installations nucléaires du site (l'unité en déconstruction Bugey 1 notamment) ne contribuent aux rejets d'effluents chimiques du site que pour une très faible part des rejets de métaux totaux issus de la corrosion des circuits.

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

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

Les principaux effets connus sont également rappelés ci-après.

- La morpholine a des propriétés irritantes (respiratoire, oculaire et cutané) et corrosives. Une Valeur Toxicologique de Référence (VTR) chronique par voie orale de 0,12 mg/kg/j a été établie par l'ANSES en 2019. Une mise à jour de l'évaluation de risque sanitaire suite à la prise en compte de cette VTR pour la morpholine a été réalisée. Elle conclut à une absence de risque sanitaire pour les populations riveraines et à des concentrations ajoutées faibles dans l'environnement ;
- L'éthanolamine a des propriétés irritantes (oculaires, cutanées, brûlures 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 et de la morpholine sont constitués de composés carbonés : ions acétates, formiates, glycolates et oxalates, ainsi que de composés azotés : diéthanolamine, éthanolamine, méthylamine, pyrrolidine, diéthylamine, éthylamine, N-nitrosomorpholine. Il s'agit de substances qui sont faiblement toxiques dans les conditions de rejet. Aucune VTR issue des bases de données de référence n'est associée à ces substances à l'exception de la N-nitrosomorpholine ;
- De plus, la morpholine peut notamment être transformée in vivo en N-nitrosomorpholine en présence de nitrites. Une VTR chronique par voie orale pour la N-nitrosomorpholine de 4 (mg/kg/j)<sup>-1</sup> a été établie par l'ANSES en 2012 ;
- De même, la pyrrolidine peut être transformée in vivo en N-nitrosopyrrolidine. Il s'agit d'une substance formée à partir de la réaction de nitrosation d'un sous-produit de la morpholine, la pyrrolidine. Une VTR chronique par voie orale pour la N-nitrosopyrrolidine de 2,1 (mg/kg/j)<sup>-1</sup> a été établie par l'US EPA en 1987. Une mise à jour de l'évaluation de risque sanitaire suite à la prise en compte de cette substance a été réalisée. Elle conclut à une absence de risque sanitaire pour les populations riveraines et à des concentrations ajoutées faibles dans l'environnement.

L'étude d'impact n'a pas mis en évidence de risques sanitaires attribuable aux rejets liquides de morpholine, 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 le canal de rejet 2/3**

### **i. Cumul mensuel**

Le cumul mensuel des rejets chimiques transitant par le canal de rejet 2/3 est donnée dans le tableau suivant :

	Acide borique (kg)	Azote total (kg)	Chlorures (kg)	Détergents (kg)	Ethanolamine (kg)	Hydrazine (kg)	MES <sup>1</sup> (kg)
Janvier	2,545.10 <sup>2</sup>	3,028.10 <sup>2</sup>	1,204.10 <sup>2</sup>	2,236	/	1,203.10 <sup>-1</sup>	3,302
Février	7,446.10 <sup>2</sup>	2,727.10 <sup>2</sup>	2,606.10 <sup>2</sup>	3,054	1,583.10 <sup>-1</sup>	2,490.10 <sup>-1</sup>	/
Mars	1,854.10 <sup>2</sup>	2,657.10 <sup>2</sup>	1,796.10 <sup>2</sup>	3,066	2,356	1,672.10 <sup>-1</sup>	/
Avril	2,665.10 <sup>2</sup>	2,019.10 <sup>2</sup>	2,439.10 <sup>2</sup>	2,789	1,393	1,554.10 <sup>-1</sup>	1,326
Mai	2,768.10 <sup>2</sup>	6,072.10 <sup>1</sup>	2,611.10 <sup>2</sup>	4,325	3,359	2,059.10 <sup>-1</sup>	/
Juin	1,181.10 <sup>2</sup>	1,577.10 <sup>2</sup>	1,546.10 <sup>2</sup>	3,117	5,637	1,353.10 <sup>-1</sup>	3,910.10 <sup>-1</sup>
Juillet	7,696.10 <sup>2</sup>	1,541.10 <sup>2</sup>	1,809.10 <sup>2</sup>	2,707	9,606.10 <sup>-1</sup>	1,564.10 <sup>-1</sup>	3,815.10 <sup>-1</sup>
Août	2,510.10 <sup>3</sup>	1,600.10 <sup>2</sup>	2,788.10 <sup>2</sup>	2,292	1,853	2,115.10 <sup>-1</sup>	/
Septembre	7,379.10 <sup>2</sup>	1,137.10 <sup>2</sup>	2,597.10 <sup>2</sup>	2,772	1,146	1,532.10 <sup>-1</sup>	/
Octobre	3,715.10 <sup>2</sup>	1,743.10 <sup>2</sup>	2,250.10 <sup>2</sup>	2,290	1,698	2,228.10 <sup>-1</sup>	/
Novembre	1,332.10 <sup>3</sup>	2,280.10 <sup>2</sup>	2,990.10 <sup>2</sup>	3,880.10 <sup>-1</sup>	2,289	2,101.10 <sup>-1</sup>	/
Décembre	1,860.10 <sup>3</sup>	2,580.10 <sup>2</sup>	2,234.10 <sup>2</sup>	2,299	6,396	1,308.10 <sup>-1</sup>	2,807
<b>TOTAL ANNUEL</b>	<b>9,43.10<sup>3</sup></b>	<b>2,35.10<sup>3</sup></b>	<b>2,69.10<sup>3</sup></b>	<b>3,13.10<sup>1</sup></b>	<b>2,72.10<sup>1</sup></b>	<b>2,12</b>	<b>-</b>

<sup>1</sup> Pour le paramètre MES une mesure ponctuelle est effectuée chaque trimestre. Il n'y a pas de cumul annuel.

	Morpholine (kg)	Phosphates (kg)	Sodium (kg)	Sulfates (kg)	DCO (kg)	Métaux totaux (kg)
Janvier	3,567.10 <sup>1</sup>	1,772.10 <sup>1</sup>	2,184.10 <sup>3</sup>	6,046.10 <sup>3</sup>	7,15.10 <sup>1</sup>	2,55
Février	7,321.10 <sup>1</sup>	4,343.10 <sup>1</sup>	6,230.10 <sup>3</sup>	1,419.10 <sup>4</sup>	1,43.10 <sup>3</sup>	8,34
Mars	3,441.10 <sup>1</sup>	4,739.10 <sup>1</sup>	3,944.10 <sup>3</sup>	9,744.10 <sup>3</sup>	9,93.10 <sup>1</sup>	5,51
Avril	2,771.10 <sup>1</sup>	1,716.10 <sup>1</sup>	5,351.10 <sup>3</sup>	1,338.10 <sup>4</sup>	9,31.10 <sup>1</sup>	4,32
Mai	1,205.10 <sup>1</sup>	4,125.10 <sup>1</sup>	5,798.10 <sup>3</sup>	1,346.10 <sup>4</sup>	2,48.10 <sup>2</sup>	4,48
Juin	9,538.10 <sup>0</sup>	2,002.10 <sup>1</sup>	3,516.10 <sup>3</sup>	7,988.10 <sup>3</sup>	8,52.10 <sup>1</sup>	4,95
Juillet	1,283.10 <sup>1</sup>	8,682.10 <sup>1</sup>	4,410.10 <sup>3</sup>	9,835.10 <sup>3</sup>	6,63.10 <sup>1</sup>	4,74
Août	2,980.10 <sup>1</sup>	7,774.10 <sup>1</sup>	6,752.10 <sup>3</sup>	1,520.10 <sup>4</sup>	1,15.10 <sup>2</sup>	7,74
Septembre	1,123.10 <sup>1</sup>	5,507.10 <sup>1</sup>	6,350.10 <sup>3</sup>	1,498.10 <sup>4</sup>	1,23.10 <sup>2</sup>	8,34
Octobre	2,547.10 <sup>1</sup>	4,380.10 <sup>1</sup>	5,104.10 <sup>3</sup>	1,170.10 <sup>4</sup>	1,15.10 <sup>2</sup>	6,76
Novembre	1,732.10 <sup>1</sup>	1,835.10 <sup>1</sup>	6,590.10 <sup>3</sup>	1,532.10 <sup>4</sup>	1,23.10 <sup>2</sup>	6,95
Décembre	1,866.10 <sup>1</sup>	4,280.10 <sup>1</sup>	4,608.10 <sup>3</sup>	1,154.10 <sup>4</sup>	9,55.10 <sup>1</sup>	3,92
<b>TOTAL ANNUEL</b>	<b>3,08.10<sup>2</sup></b>	<b>5,12.10<sup>2</sup></b>	<b>6,08.10<sup>4</sup></b>	<b>1,43.10<sup>5</sup></b>	<b>2,67.10<sup>3</sup></b>	<b>6,86.10<sup>1</sup></b>

	Al (kg)	Cr (kg)	Cu (kg)	Fe (kg)	Mn (kg)	Ni (kg)	Pb (kg)	Zn (kg)
Janvier	1,91.10 <sup>-1</sup>	4,76.10 <sup>-2</sup>	3,51.10 <sup>-1</sup>	1,19	3,24.10 <sup>-1</sup>	5,60.10 <sup>-2</sup>	1,91.10 <sup>-2</sup>	3,69.10 <sup>-1</sup>
Février	6,00.10 <sup>-1</sup>	8,14.10 <sup>-2</sup>	4,01	2,45	5,12.10 <sup>-1</sup>	1,21.10 <sup>-1</sup>	4,55.10 <sup>-2</sup>	5,27.10 <sup>-1</sup>
Mars	6,31.10 <sup>-1</sup>	8,27.10 <sup>-2</sup>	2,79	1,24	3,42.10 <sup>-1</sup>	8,27.10 <sup>-2</sup>	3,31.10 <sup>-2</sup>	3,09.10 <sup>-1</sup>
Avril	7,57.10 <sup>-1</sup>	7,76.10 <sup>-2</sup>	1,43	1,20	2,87.10 <sup>-1</sup>	7,76.10 <sup>-2</sup>	3,10.10 <sup>-2</sup>	4,66.10 <sup>-1</sup>
Mai	5,18.10 <sup>-1</sup>	8,95.10 <sup>-2</sup>	1,58	1,31	3,18.10 <sup>-1</sup>	8,95.10 <sup>-2</sup>	3,58.10 <sup>-2</sup>	5,33.10 <sup>-1</sup>
Juin	8,69.10 <sup>-1</sup>	7,10.10 <sup>-2</sup>	2,41	8,84.10 <sup>-1</sup>	2,98.10 <sup>-1</sup>	7,10.10 <sup>-2</sup>	2,84.10 <sup>-2</sup>	3,20.10 <sup>-1</sup>
Juillet	1,12	5,52.10 <sup>-2</sup>	1,18	1,68	3,17.10 <sup>-1</sup>	5,52.10 <sup>-2</sup>	3,21.10 <sup>-2</sup>	3,17.10 <sup>-1</sup>
Août	1,37	9,59.10 <sup>-2</sup>	2,39	2,59	5,72.10 <sup>-1</sup>	9,59.10 <sup>-2</sup>	6,83.10 <sup>-2</sup>	5,53.10 <sup>-1</sup>
Septembre	8,54.10 <sup>-1</sup>	8,64.10 <sup>-2</sup>	2,12	3,96	4,93.10 <sup>-1</sup>	1,17.10 <sup>-1</sup>	3,45.10 <sup>-2</sup>	6,69.10 <sup>-1</sup>
Octobre	5,61.10 <sup>-1</sup>	9,55.10 <sup>-2</sup>	4,12	1,12	2,56.10 <sup>-1</sup>	9,55.10 <sup>-2</sup>	3,82.10 <sup>-2</sup>	4,82.10 <sup>-1</sup>
Novembre	4,10.10 <sup>-1</sup>	1,02.10 <sup>-2</sup>	3,79	1,33	2,94.10 <sup>-1</sup>	1,32.10 <sup>-1</sup>	4,10.10 <sup>-2</sup>	8,52.10 <sup>-1</sup>
Décembre	3,18.10 <sup>-1</sup>	7,69.10 <sup>-2</sup>	1,69	1,15	9,88.10 <sup>-2</sup>	7,96.10 <sup>-2</sup>	3,18.10 <sup>-2</sup>	4,64.10 <sup>-1</sup>
<b>TOTAL ANNUEL</b>	<b>8,19</b>	<b>9,65.10<sup>-1</sup></b>	<b>2,79.10<sup>1</sup></b>	<b>2,01.10<sup>1</sup></b>	<b>4,11</b>	<b>1,07</b>	<b>4,29.10<sup>-1</sup></b>	<b>5,86</b>

## ii. Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel

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

Substances	Unité	2020	2021	2022	Prévisionnel 2022
Acide borique	kg	1,06.10 <sup>4</sup>	5,07.10 <sup>3</sup>	9,43.10 <sup>3</sup>	12 000
Morpholine	kg	5,89.10 <sup>2</sup>	7,09.10 <sup>2</sup>	3,08.10 <sup>2</sup>	500
Hydrazine	kg	1,56	1,48	2,12	2,2
Ethanolamine	kg	-	-	2,72.10 <sup>1</sup>	300
Détergents	kg	4,02.10 <sup>1</sup>	3,94.10 <sup>1</sup>	3,13.10 <sup>1</sup>	50
Azote	kg	2,76.10 <sup>3</sup>	3,44.10 <sup>3</sup>	2,35.10 <sup>3</sup>	4 500
Phosphates	kg	6,33.10 <sup>2</sup>	3,90.10 <sup>2</sup>	5,12.10 <sup>2</sup>	800
Sodium	kg	6,17.10 <sup>4</sup>	4,71.10 <sup>4</sup>	6,08.10 <sup>4</sup>	75 000
Chlorures	kg	6,91.10 <sup>3</sup>	3,24.10 <sup>3</sup>	2,69.10 <sup>3</sup>	7 500
Métaux totaux	kg	6,14.10 <sup>1</sup>	6,12.10 <sup>1</sup>	6,86.10 <sup>1</sup>	(1)
Sulfates	kg	1,56.10 <sup>5</sup>	1,12.10 <sup>5</sup>	1,43.10 <sup>5</sup>	180 000
DCO	kg	2,54.10 <sup>3</sup>	2,83.10 <sup>3</sup>	2,67.10 <sup>3</sup>	(1)

(1) Pas de prévisionnel pour ces paramètres.

### iii. Comparaison aux limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2022 avec les valeurs limites de rejets pour les tranches en fonctionnement fixées par les décisions ASN n°2022-DC-0726 et 2022-DC-0727 qui modifient respectivement les décisions n°2014-DC-0442 et 2014-DC-0443.

Substances	Limite	Rejet	Limite		Rejet	Limite	Rejet	Limite	Rejet
	Concentration maximale ajoutée (mg/L)	Valeur maximale calculée (mg/L)	Flux 24h (kg)	Flux mensuel (kg)	Valeur du flux 24h maximal calculée	Flux 2h (kg)	Valeur maximale calculée (kg)	Flux annuel ajouté (kg)	Flux annuel calculé (kg)
Acide borique	3	5,6.10 <sup>-1</sup>	2 100	-	1,18.10 <sup>3</sup>	500	1,70.10 <sup>2</sup>	23 000	9,43.10 <sup>3</sup>
Morpholine	0,28	7,32.10 <sup>-3</sup>	27	-	1,25.10 <sup>1</sup>	(1)	-	2 090	3,08.10 <sup>2</sup>
Ethanolamine	0,08	2,46.10 <sup>-3</sup>	16	-	5,64	(1)	-	1 150	2,72.10 <sup>1</sup>
Hydrazine	0,006	6,97.10 <sup>-5</sup>	2,2	-	6,33.10 <sup>-2</sup>	(1)	-	32	2,12
Détergents	0,36	5,31.10 <sup>-4</sup>	135	-	4,06.10 <sup>-1</sup>	60	1,76.10 <sup>-1</sup>	8 000	3,13.10 <sup>1</sup>
Azote	0,3	3,44.10 <sup>-2</sup>	120	-	4,26	(1)	-	8 900	2,35.10 <sup>3</sup>
Phosphates	0,24	1,31.10 <sup>-2</sup>	100	-	1,33.10 <sup>1</sup>	40	5,01	1 550	5,12.10 <sup>2</sup>
Sodium	1,8	4,70.10 <sup>-1</sup>	820	-	7,50.10 <sup>2</sup>	(1)	-	(1)	6,08.10 <sup>4</sup>
Chlorures	0,11	2,45.10 <sup>-2</sup>	150	-	2,83.10 <sup>1</sup>	(1)	-	(1)	2,69.10 <sup>3</sup>
Métaux totaux	0,006	3,04.10 <sup>-4</sup>	2,4	24	5,28.10 <sup>-1</sup>	(1)	-	140	6,86.10 <sup>1</sup>
Sulfates	8,9	1,07	3 000	-	1,76.10 <sup>3</sup>	(1)	-	(1)	1,43.10 <sup>5</sup>
MES	0,25	1,04.10 <sup>-3</sup>	120	-	1,76	(1)	-	(1)	8,21
DCO	0,79	4,22.10 <sup>-2</sup>	450	-	1,14.10 <sup>2</sup>	(1)	-	(1)	2,67.10 <sup>3</sup>

(1) Pas de limite réglementaire pour ces paramètres.

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 du Bugey est évaluée à 1,76 kg.

**Commentaires :** Le dépassement du flux annuel de métaux totaux en 2022 (limite jusqu'à présent de 55 kg) a été déclaré via une montée d'indice de l'ESE déclaré depuis 2015, année de la mise en application des décisions rejets en vigueur sur le site (sous dimensionnement de la limite). Par décision ASN n°2022-DC-0727 du 28/06/2022, la demande de modification a été accordée portant le nouveau flux annuel ajouté à 140 kg de métaux totaux.

Par ailleurs, à partir de la date d'application de la nouvelle décision limites n°2022-DC-0727 (28/06/2022), la limite réglementaire liée au flux 24h ajouté en métaux totaux est remplacée par un flux mensuel ajouté à respecter.

#### **d. Rejets d'effluents liquides chimiques via le canal 4/5**

Ce paragraphe présente les rejets de substances chimiques liées au traitement contre le tartre et au traitement biocide du CNPE du Bugey pour l'année 2022.

##### **i. Cumul mensuel**

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

	AOX (kg)	Ammonium (kg)	CRT (kg)	Chlorures (kg)	DCO (kg)	Nitrates (kg)	Nitrites (kg)	Antitarte organique (kg)	Sodium (kg)	THM (kg)	Chlore libre (kg)	Sulfates (kg)
Janvier	(1)	(1)	(1)	(1)	2,698.10 <sup>4</sup>	(1)	(1)	2,49.10 <sup>4</sup>	2,84.10 <sup>3</sup>	(2)	(2)	(3)
Février					2,070.10 <sup>4</sup>			1,90.10 <sup>4</sup>	2,17.10 <sup>3</sup>			
Mars					2,310.10 <sup>4</sup>			2,13.10 <sup>4</sup>	2,43.10 <sup>3</sup>			
Avril					1,170.10 <sup>4</sup>			1,07.10 <sup>4</sup>	1,23.10 <sup>3</sup>			
Mai					3,266.10 <sup>2</sup>			1,042.10 <sup>2</sup>	2,223.10 <sup>3</sup>			
Juin	1,016.10 <sup>2</sup>	5,243.10 <sup>2</sup>	2,455.10 <sup>2</sup>	6,424.10 <sup>3</sup>	1,450.10 <sup>4</sup>	4,641.10 <sup>3</sup>	6,081.10 <sup>2</sup>	1,33.10 <sup>4</sup>	5,75.10 <sup>3</sup>			
Juillet	(1)	1,422.10 <sup>2</sup>	1,922.10 <sup>2</sup>	7,922.10 <sup>3</sup>	1,510.10 <sup>4</sup>	5,769.10 <sup>3</sup>	7,176.10 <sup>1</sup>	1,39.10 <sup>4</sup>	6,92.10 <sup>3</sup>			
Août		1,525.10 <sup>2</sup>	1,826.10 <sup>2</sup>	1,238.10 <sup>4</sup>	1,640.10 <sup>4</sup>	1,014.10 <sup>4</sup>	/	1,51.10 <sup>4</sup>	9,91.10 <sup>3</sup>			
Septembre		1,612.10 <sup>2</sup>	1,651.10 <sup>2</sup>	9,194.10 <sup>3</sup>	1,620.10 <sup>4</sup>	7,849.10 <sup>3</sup>	/	1,50.10 <sup>4</sup>	7,74.10 <sup>3</sup>			
Octobre	2,459.10 <sup>1</sup>	2,489.10 <sup>1</sup>	1,570.10 <sup>1</sup>	1,801.10 <sup>3</sup>	1,670.10 <sup>4</sup>	1,519.10 <sup>3</sup>	/	1,54.10 <sup>4</sup>	2,94.10 <sup>3</sup>			
Novembre	(1)				3,460.10 <sup>4</sup>	(1)	3,19.10 <sup>4</sup>	3,64.10 <sup>3</sup>				
Décembre					5,840.10 <sup>4</sup>		5,38.10 <sup>4</sup>	6,15.10 <sup>3</sup>				
<b>TOTAL ANNUEL</b>	<b>1,26.10<sup>2</sup></b>	<b>1,33.10<sup>3</sup></b>	<b>9,05.10<sup>2</sup></b>	<b>3,99.10<sup>4</sup></b>	<b>2,78.10<sup>5</sup></b>	<b>3,13.10<sup>4</sup></b>	<b>9,92.10<sup>2</sup></b>	<b>2,56.10<sup>5</sup></b>	<b>5,57.10<sup>4</sup></b>			

(1) Pas de traitement biocide sur ces mois

(2) Pas de chloration massive sur l'année

(3) Pas de chloration massive ni de traitement antitarte à l'acide sur l'année

## ii. Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel

Les limites réglementaires relatives aux rejets des substances chimiques liées au traitement biocide sont réglementées par la décision ASN n°2022-DC-0727 du 28/06/2022 modifiant la décision n°2014-DC-0443.

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	$5,80.10^4$	$3,01.10^4$	$3,99.10^4$	60 000
Sodium		$7,17.10^4$	$5,31.10^4$	$5,57.10^4$	90 000
AOX		$9,34.10^1$	$4,04.10^2$	$1,26.10^2$	750
THM		Pas de traitement par chloration massive			
CRT		$1,49.10^3$	$9,31.10^2$	$9,05.10^2$	2 100
Ammonium		$8,76.10^2$	$7,29.10^2$	$1,33.10^3$	1 100
Nitrites		$2,66.10^2$	$2,20.10^2$	$9,92.10^2$	700
Nitrates		$5,26.10^4$	$2,32.10^4$	$3,13.10^4$	60 000
Chlore libre (si chloration massive)		Pas de traitement par chloration massive			
Sulfates (si chloration massive)		Pas de traitement par chloration massive ni de traitement antitartre à l'acide sur ces années			
DCO		$3,32.10^5$	$3,11.10^5$	$2,78.10^5$	(1)
Antitartre organique		$3,06.10^5$	$2,87.10^5$	$2,56.10^5$	400 000

(1) Pas de prévisionnel établi pour cette substance

**Commentaires :** Sur l'année 2022, les prévisionnels en ammonium et en nitrites (liés au traitement biocide) ont été dépassés suite au redémarrage de la tranche 5 après un long arrêt pour visite décennale. Au cours de cette période, les circuits ont été nettoyés et n'ont pas été utilisés pendant plusieurs mois perturbant ainsi le cycle de l'azote et générant des pics non prévus. Une fois le processus de nitrification opérationnel, les rejets en nitrites et ammonium ont retrouvés des niveaux habituels.

## iii. Comparaison aux limites et au prévisionnel

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

Paramètres	Limite	Rejet		Limite	Rejet	Limite	Rejet
	Concentration maximale ajoutée au rejet (mg/L)	Valeur maximale (mg/L)	Valeur moyenne (mg/L)	Flux 24h ajouté (kg)	Valeur maximale (kg)	Flux annuel ajouté (kg)	Flux annuel (kg)
Chlorures	1,7	$5,12 \cdot 10^{-1}$	$4,39 \cdot 10^{-1}$	1 490	$5,31 \cdot 10^2$	180 000	$3,99 \cdot 10^4$
Sodium	1,7	$2,40 \cdot 10^{-1}$	$2,23 \cdot 10^{-1}$	1 480	$1,80 \cdot 10^2$	380 000	$5,57 \cdot 10^4$
AOX	0,05	$1,53 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$	40	$1,45 \cdot 10^1$	1 500	$1,26 \cdot 10^2$
THM	0,2	(1)	(1)	10	(1)	(3)	(1)
CRT	0,14	$1,91 \cdot 10^{-2}$	$1,61 \cdot 10^{-2}$	120	$1,81 \cdot 10^1$	13 000	$9,05 \cdot 10^2$
Ammonium	0,36*	$9,60 \cdot 10^{-2}$	$9,60 \cdot 10^{-2}$	100	$3,87 \cdot 10^1$	(3)	$1,33 \cdot 10^3$
Nitrites				100	$7,73 \cdot 10^1$	(3)	$9,92 \cdot 10^2$
Nitrates				1 370	$3,64 \cdot 10^2$	(3)	$3,13 \cdot 10^4$
Chlore libre (si chloration massive)	0,1	(1)	(1)	(3)	(1)	(3)	(1)
Sulfates (si chloration massive ou traitement acide)	29	(2)	(2)	25 000	(2)	520 000	(2)
DCO	4,5	2,77	2,51	3 900	$5,84 \cdot 10^4$	(3)	$2,78 \cdot 10^5$
Antitartre organique	3,5	2,55	2,31	3 000	$5,38 \cdot 10^4$	(3)	$2,56 \cdot 10^5$

(1) Pas de chloration massive sur l'année 2022

(2) Pas de chloration massive ni de traitement antitartre à l'acide sur l'année 2022

(3) Pas de limite réglementaire pour ces paramètres

**Commentaire** : \*Valeur exprimée en azote total.

**e. Rejets d'effluents liquides chimiques dans le réseau d'eaux pluviales (SEO)**

**i. Rejets chimiques liquides pour les ouvrages W<sub>i</sub> : comparaison aux limites**

Les réseaux d'égouts (W) situés à proximité des matériels utilisant des hydrocarbures sont équipés de dispositifs de traitement appropriés tels que des déshuileurs.

Des contrôles sont réalisés périodiquement à la sortie du système de traitement afin de s'assurer que la concentration en hydrocarbures ne soit pas supérieure aux limites réglementaires fixées dans la décision ASN n°2022-DC-0727 du 28/06/2022 modifiant la décision n°2014-DC-0443.

Des mesures trimestrielles en hydrocarbures et en pH sont réalisées sur l'ensemble des W<sub>i</sub>.

Paramètre	Unité	Période	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	Limites de rejet
Hydrocarbures	mg/L	Trimestre 1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	5 mg/L (pour W1/W4/W5/W7) 10 mg/L (pour W2/W3/W6)
		Trimestre 2	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	
		Trimestre 3	< 0,1	< 0,1	2,8	< 0,1	< 0,2	< 0,1	< 0,1	
		Trimestre 4	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	
pH	-	Trimestre 1	8,2	7,9	8,1	8,1	8,3	8,1	8	(1)
		Trimestre 2	8,0	7,9	8,1	8,0	8,1	8,1	8,0	
		Trimestre 3	8,0	8,3	8,3	8,4	8,1	8,5	8,1	
		Trimestre 4	7,9	8,3	8,3	8,2	8,3	8,3	7,9	

(1) Pas de limite pour ce paramètre

**Commentaire :** RAS.

Certains W<sub>i</sub> font l'objet, chaque semestre, de mesures sur les paramètres suivants :

Paramètre	Unité	Période	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7
DCO	mg/L	Semestre 1	< 6,0	< 6,0	(1)	11,4	(1)	< 6,0	(1)
		Semestre 2	< 6,0	< 6,0		< 6,0			
MES		Semestre 1	2,86	6,75		78,4		31,6	
		Semestre 2	< 2,0	< 2,0		< 2,0		< 2,0	
DBO <sub>5</sub>		Semestre 1	< 3,0	< 3,0		< 3,0		< 3,0	
		Semestre 2	< 3,0	< 3,0		< 3,0		< 3,0	

(1) Pas de mesure réalisée sur ces W<sub>i</sub>

**Commentaire :** RAS

## ii. Rejets chimiques liquides pour les décanteurs déshuileurs

Sur les parties de l'installation où de l'huile est entreposée ou utilisée, des systèmes de traitement ont également été mis en place. Ils font l'objet de contrôles trimestriels pour s'assurer du respect de la limite fixée dans la décision n°2017-DC-0588 de l'ASN du 6 avril 2017.

Paramètre	Lieu de prélèvement	Trimestre 1	Trimestre 2	Trimestre 3	Trimestre 4	Limite
Hydrocarbures	Parking nord 1	< 0,1	0,1	<0,1	< 0,1	10 mg/L
	Parking sud 1	< 0,1	< 0,1	0,2	< 0,1	
	Parking sud 2	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	
	Parking sud 3	< 0,1	< 0,1	0,1	< 0,1	
	Parking sud 4	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	
	Parking direction	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	
	Station-service 1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1	
	Station-service 2	< 0,1	0,1	< 0,2	0,1	
	Garage (1)	0,2	6,7	3,0	< 0,1	
	Huilerie	< 0,1	0,1	0,4	< 0,1	
	Bâche à fuel	1,8	0,2	0,3	< 0,1	
	LTP/LTS TR2/3	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	
	LTP/LTS TR4/5	0,4	< 0,1	< 0,1	0,3	
	LTA TR2/3	0,1	< 0,1	0,1	< 0,1	
	LTA TR4/5	< 0,1	< 0,1	0,1	0,3	
	LGX Bugey 1	< 0,1	0,1	< 0,1	< 0,1	
	FARN 1	1,6	< 0,1	0,2	< 0,1	
	FARN 2	0,2	< 0,1	0,7	< 0,1	
	Aire de dépotage	< 0,1	0,2	0,3	< 0,1	
	Magasin relais	< 0,1	1,7	< 0,1	< 0,1	
ICEDA, zone de dépotage (7 SEO 7063 DH)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1		
ICEDA, décanteur lamellaire (7 SEO 7005 DH)	< 0,1	< 0,1	0,6	< 0,1		
ICEDA, parking (7 SEO 7042 DH)	0,1	< 0,1	0,2	< 0,1		

(1) Le prélèvement est réalisé directement dans la fosse. Cette installation est un débourbeur.

**Commentaire :** RAS.

Le système de traitement de la station de transit des déchets conventionnels fait l'objet d'un suivi particulier. Ce suivi répond à une prescription fixée dans la décision ASN n°2022-DC-0726 fixant les modalités de rejet dans l'environnement des effluents liquides et modifiant la décision ASN n°2014-DC-0442.

Lieu de prélèvement	Unité	Rejet effectif – Valeur maximale enregistrée en 2022
Station de transit des déchets conventionnels	Hydrocarbures	6,1 mg/L
	DCO	3260 mg/L
	pH	7,9

**Commentaire :** RAS.

#### f. Rejets d'effluents liquides chimiques en sortie de la station d'épuration

Les eaux usées d'origine domestique (sanitaires, eaux vannes) sont collectées par un réseau particulier puis dirigées vers une station d'épuration (STEP) avant rejet. Cinq stations sont présentes sur le site du Bugey.

Les paramètres suivants sont contrôlés, notamment pour le contrôle du respect des limites fixées par la décision ASN n°2022-DC-0727 du 28/06/2022 modifiant la décision n°2014-DC-0443.

Paramètres	Concentration maximale en sortie d'installation (mg/L)		Valeur maximale Flux 24h ajouté (kg)	
	Limite de rejet	Rejet effectif	Limite de rejet	Rejet effectif
DCO	<b>300</b>	78	<b>20</b>	4,99
DBO <sub>5</sub>	<b>100</b>	9	<b>10</b>	1
MES	<b>100</b>	25	<b>15</b>	1,17
Phosphore total	(1)	-	<b>0,5</b>	0,4
Azote global	(1)	-	<b>2</b>	1,94

(1) Pas de limite pour ces paramètres

**Commentaire :** RAS.

Paramètres	Cumul annuel (kg)	Limite flux annuel (kg)	Prévisionnel 2022 (kg)
Phosphore total	462,8	(1)	600
Azote global	1971,7	(1)	3 500

(1) Pas de limite pour ces paramètres

**Commentaire :** RAS.

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

Il n'y a pas eu d'opérations de maintenances importantes de plus d'un an sur les équipements et ouvrages de rejets liquides

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

Aucune opération exceptionnelle de rejets d'effluents liquides 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 au 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 du Bugey et des différents circuits secondaires nécessaires à son fonctionnement doivent respecter les limites fixées dans la décision ASN n°2022-DC-0727 du 28/06/2022 modifiant la décision n°2014-DC-0443.

Le CNPE du Bugey réalise en continu des mesures de températures en amont, au rejet et en aval du CNPE et un suivi des rejets thermiques conformément aux autorisations de rejet en vigueur. Le bilan des valeurs mensuelles de ces différents paramètres pour l'année 2022 est présenté dans le tableau suivant :

	Température moyenne journalière mesurée à l'amont (°C)			Echauffement moyen journalier (°C)	Température moyenne journalière calculée à l'aval (°C)		
	Max	Min	Moy	Max	Max	Min	Moy
Janvier	7,49	4,25	5,58	6,39	11,37	6,95	8,33
Février	7,69	5,18	6,72	5,47	11,9	7,39	8,68
Mars	11,11	7,08	8,9	3,14	13,91	8,29	10,81
Avril	13,6	8,79	11,32	2,93	15,41	9,53	12,68
Mai	19,65	13,65	16,63	2,39	20,59	13,74	17,15
Juin	23,52	17,57	20,23	1,96	25,34	18,56	21,71
Juillet	24,77	21,61	23,49	1,96	26,81	22,48	24,69
Août	25,2	21,99	23,59	2,25	26,7	22,14	24,74
Septembre 01-15	23,0	18,05	21,8	2,8	25,31	19,29	23,42
Septembre 16-30	19,53	14,79	17,82	2,81	21,71	15,22	19,73
Octobre	17,0	12,2	15,17	5,27	20,82	12,79	17,87
Novembre	15,3	8,67	11,59	4,48	17,48	10,09	13,64
Décembre	9,07	6,46	7,85	5,81	14,07	8,58	10,1

## 2. Comparaison aux limites

Les rejets thermiques doivent respecter les limites fixées à l'article [EDF-BUG-161] de la décision ASN n°2014-DC-0443, modifiée par la décision n°2022-DC-0727 du 28/06/2022.

Paramètres	Unité	Limite en vigueur	Valeurs maximales
Température moyenne journalière aval calculée	°C	Du 1 <sup>er</sup> mai au 15 septembre : 26°C	26,81
		Du 16 septembre au 30 avril : 24°C	21,71
Echauffement moyen journalier	°C	Du 1 <sup>er</sup> mai au 15 septembre : 5°C	2,8
		Du 16 septembre au 30 avril : 7°C	6,39

**Commentaires :** En aval du CNPE du Bugey, les températures moyennes journalières calculées pendant l'été 2022 ont variées entre des valeurs relevant des conditions climatiques normales (CCN) de la décision n°2014-DC-0443 et de situations exceptionnelles (SE) des

décisions ASN n°2022-DC-0729 du 15/07/2022, 2022-DC-0730 du 21/07/2022 et 2022-DC-0739 du 04/08/2022. En cumulé, 8 jours entre le 19/07 et le 14/08 ont présentés une température moyenne journalière supérieure à 26°C sans pour autant dépasser 27°C en moyenne journalière à l'aval.

Afin de s'assurer de la maîtrise des impacts sur la qualité de l'eau et des écosystèmes aquatiques, un programme de surveillance environnemental complémentaire et renforcé a été mis en œuvre, reposant sur un suivi de la thermie du cours d'eau et des paramètres physico-chimiques et biologiques. Il n'a pas mis en évidence d'impact particulier sur cette période (un bilan détaillé de l'impact de l'été 2022 sur la production nucléaire et de l'impact de la production nucléaire sur l'environnement est disponible sur le site internet d'EDF : <https://www.edf.fr/groupe-edf/produire-une-energie-respectueuse-du-climat/lenergie-nucleaire/nous-preparons-le-nucleaire-de-demain/la-maitrise-de-limpact-environnemental-des-centrales>).

### 3. Suivi de tendance des débits du Rhône et des rejets thermiques

Le graphique ci-après est présenté en réponse à la prescription [EDF-BUG-106] de la décision n°2022-DC-0726 du 28/06/2022 modifiant la décision ASN n°2014-DC-0442. Il présente les données en moyennes journalières de températures amont et aval calculées, les échauffements ainsi que les débits du Rhône en amont du CNPE du Bugey, au pont de Lagnieu sur la période estivale 2022. La courbe orange représente la température moyenne journalière calculée à l'aval, sur laquelle porte la limite de 26°C (24°C à partir du 16/09), qui a été dépassée pendant 8 jours non consécutifs lors des épisodes de situations exceptionnelles.

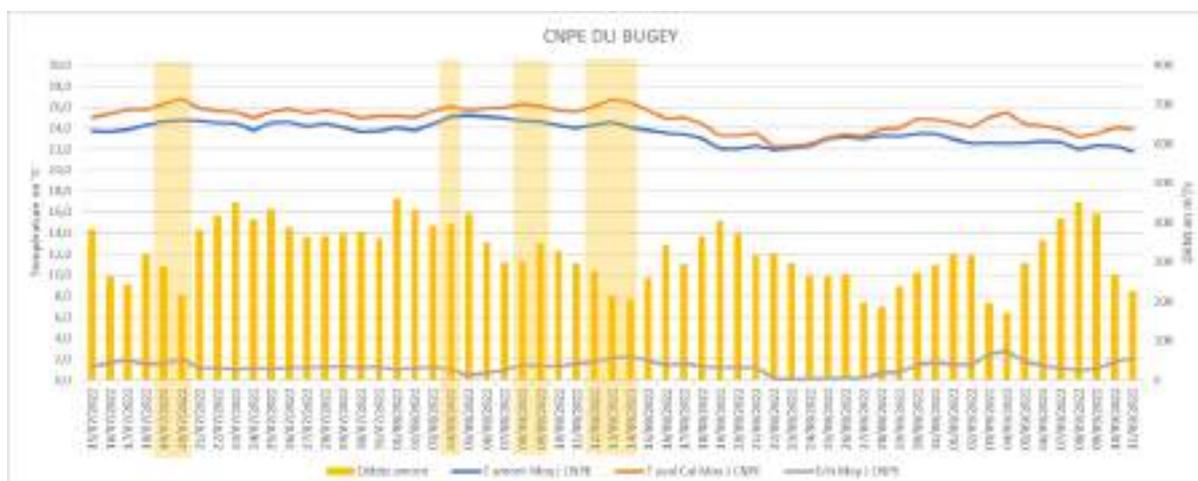


Figure 2: Températures et débits moyens du Rhône – été 2022 (Source : EDF)

### 4. En conditions climatiques exceptionnelles

En raison de la situation climatique exceptionnelle rencontrée au cours de l'été 2022, les décisions ASN n°2022-DC-0729 du 15/07/2022, 2022-DC-0730 du 21/07/2022 et 2022-DC-0739 du 04/08/2022 ont fixées, de manière temporaire, de nouvelles limites de rejets thermiques applicables aux réacteurs de la centrale nucléaire du Bugey, modifiant la décision d'autorisation de rejets n°2014-DC-0442 (dorénavant modifiée par la décision ASN n°2022-

DC-0726 du 28/06/2022). Les limites fixées dans ces décisions ont toujours été respectées et aucun impact sur la qualité de l'eau et des écosystèmes aquatiques n'a été mis en évidence sur cette période.

## **5. 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'ont été nécessaires.

## Partie V - Prévention du risque microbiologique

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

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

Afin de limiter ces proliférations, le CNPE du Bugey applique un traitement biocide à l'eau des circuits de refroidissement depuis l'année 2002. Dans l'objectif de limiter l'impact sur l'environnement de ce traitement par injection de monochloramine, le CNPE du Bugey développe depuis plusieurs années une méthodologie de traitement séquentiel au lieu d'une injection continue. Cette méthode permet de maîtriser le risque microbiologique tout en diminuant de façon notable les quantités de produits chimiques rejetés.

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

### I. Bilan annuel des colonisations en circuit

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

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

Paramètre	Valeur maximale observée en 2022	Seuil d'action
<i>Legionella pneumophila</i>	500 UFC/L mesurée en bassin	10 000 UFC/L
<i>Naegleria fowleri</i>	20 <i>N.fowleri</i> /L calculée dans le Rhône	100 <i>N.fowleri</i> /L

**Commentaires :** Pendant toute la durée du suivi microbiologique, la concentration en *Naegleria fowleri* calculée dans le Rhône 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 dans le bassin.

## II. Synthèse des traitements biocides et rejets associés

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

La stratégie de traitement préventif estival communiquée en début d'année consistait en un traitement continu, suivi d'un traitement séquentiel. Le traitement séquentiel consiste en une injection continue de 4 à 7 heures par jour. Le traitement est démarré et arrêté sur des critères basés sur les niveaux de colonisations en amibes *Naegleria fowleri* et en légionelles *Legionella pneumophila*.

Données d'ensemble de la campagne de traitement 2022 :

Paramètres	Unités de production			
	File 4.1	File 4.2	File 5.1	File 5.2
Date de démarrage et d'arrêt de la période de vaccination	Pas de traitement biocide		03/06/2022 au 08/06/2022	18/05/2022 au 25/05/2022
Date de démarrage et d'arrêt du traitement préventif			03/06/2022 au 26/09/2022	18/05/2022 au 26/06/2022 <sup>4</sup> et 30/09/2022 au 14/10/2022
Date d'arrêt de Tranche (début et fin)	09/04/2022 au 13/09/2022 (arrêt pour recherche de corrosion)		Arrêt pour VD du 22/07/2021 au 03/05/2022 et arrêt du 15/07/2022 au 21/07/2022 (découplage)	
Nombre de jour de traitement continu	Pas de traitement biocide		43	40
Nombre de jour de traitement séquentiel			66	97
Date de mise en œuvre du traitement renforcé	Pas de chloration massive ni traitement renforcé en 2022			
Nombre de jours de Chloration massive				
CRT moyen sortie condenseur (mg/L)	Pas de traitement biocide		0,24	0,24
Consommation réelle d'eau de Javel (m <sup>3</sup> )	233,9			
Consommation réelle d'ammoniaque (m <sup>3</sup> )	39,8			

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

<sup>4</sup> Avec une interruption de traitement les 18 et 19 juin (arrêt de la pompe CRF) et le 15 juillet (file de traitement indisponible).

## 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'analyses, 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, 29 400 analyses dont les résultats sont transmis à l'administration et publiés par EDF sur le site internet du CNPE (EDF Bugey <https://www.edf.fr/centrale-nucleaire-bugey>).

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 permet 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.

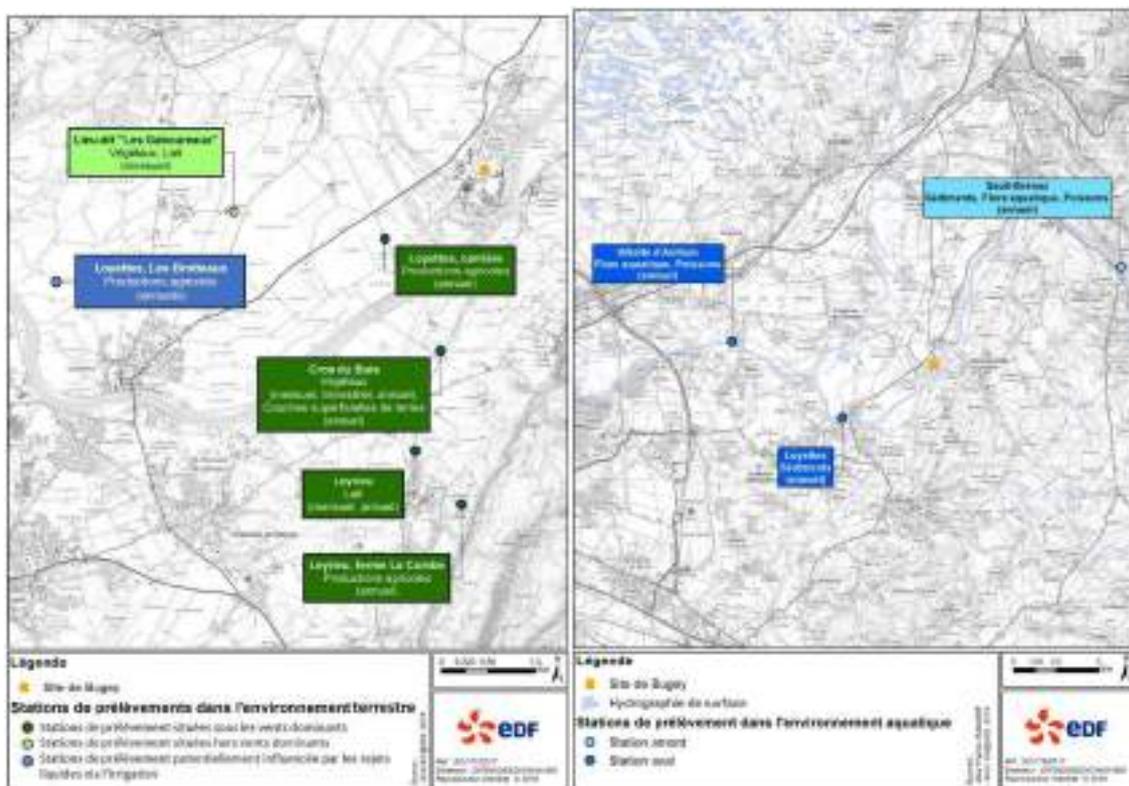
La nature des échantillons et les lieux de prélèvement sont sélectionnés afin de mettre en évidence une éventuelle contribution des rejets d'effluents liquides et/ou atmosphériques des installations à l'ajout de radioactivité dans l'environnement.

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.

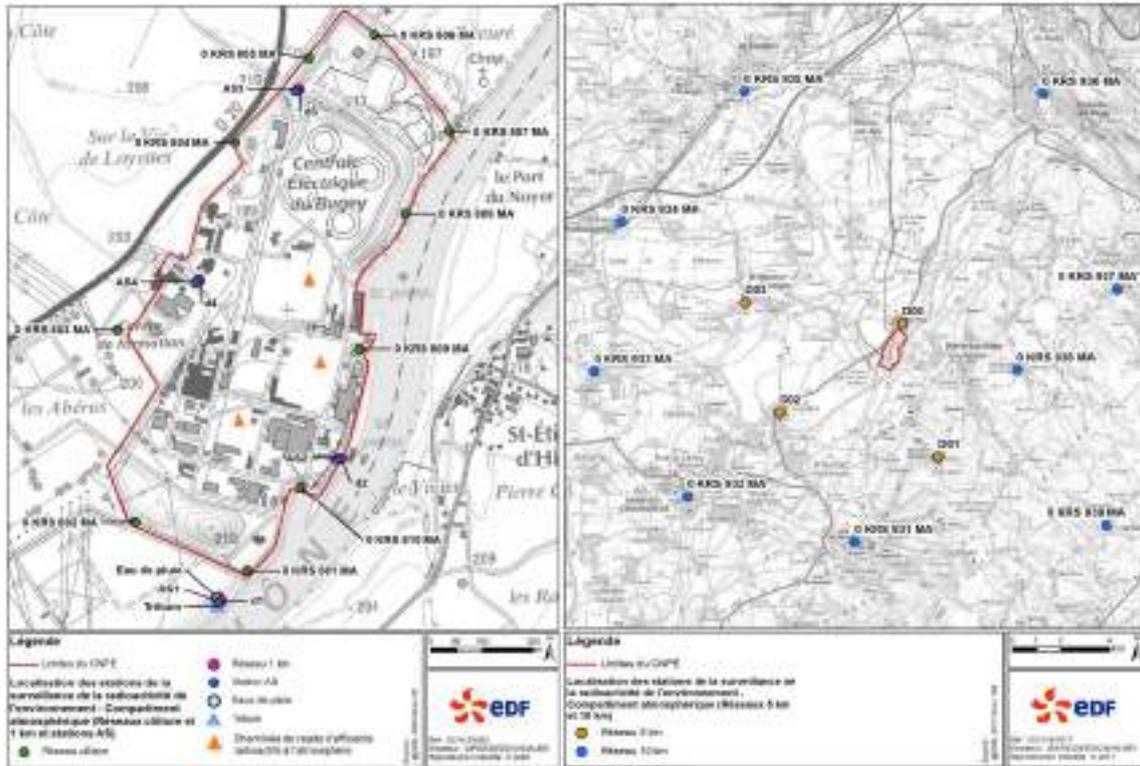


**Figure 3 : Surveillance de la radioactivité dans l'environnement autour du CNPE du Bugey pour le compartiment terrestre (à gauche) et aquatique (à droite). Source : EDF.**

**Commentaire :** Le producteur de Leyrieu a cessé sa production de lait en mai 2022 (voir page 65).

### 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.



**Figure 4 : Localisation des stations de la surveillance de la radioactivité de l'environnement – Compartiment atmosphérique (source : EDF).**

Les informations (débits de dose et états de fonctionnement) issues des balises sont envoyées en continu vers un centralisateur qui permet la visualisation et l'enregistrement des données. Les débits de dose moyens enregistrés par les différents réseaux de mesure pour l'année 2022 sont présentés dans le tableau suivant. Les débits de dose maximaux et les données relatives aux années antérieures sont également présentés à titre de comparaison.

Réseau de mesure	Débit de dose moyen année 2022 (nSv/h)	Débit de dose max année 2022 (nSv/h)	Débit de dose moyen année 2021 (nSv/h)	Débit de dose moyen année 2020 (nSv/h)
Clôture	$8,21 \cdot 10^1$	$2,40 \cdot 10^2$	$8,38 \cdot 10^1$	$8,72 \cdot 10^1$
1 km	$8,20 \cdot 10^1$	$3,64 \cdot 10^3$	$8,59 \cdot 10^1$	$9,72 \cdot 10^1$
5 km	$8,46 \cdot 10^1$	$2,44 \cdot 10^2$	$8,69 \cdot 10^1$	$1,03 \cdot 10^2$
10 km	$9,25 \cdot 10^1$	$1,90 \cdot 10^2$	$9,21 \cdot 10^1$	$9,67 \cdot 10^1$

**Commentaire :** 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 alpha globale et bêta globale à J+6 sont réalisées quotidiennement sur les filtres, ainsi qu'une analyse isotopique mensuelle par spectrométrie gamma sur regroupement des filtres quotidiens par station.

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

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

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

Compartiment	Paramètres	Moyenne annuelle	Valeur maximale mesurée	Limite réglementaire	
Poussières atmosphériques	Alpha globale (Bq/m <sup>3</sup> )	< 5,55.10 <sup>-5</sup>	< 2,23.10 <sup>-4</sup>	(1)	
	Bêta globale (Bq/m <sup>3</sup> )	< 8,62.10 <sup>-4</sup>	2,14.10 <sup>-3</sup>	0,01	
	Spectrométrie gamma (Bq/m <sup>3</sup> )	<sup>58</sup> Co	< 2,05.10 <sup>-5</sup>	< 6,90.10 <sup>-5</sup>	(1)
		<sup>60</sup> Co	< 1,86.10 <sup>-5</sup>	< 6,70.10 <sup>-5</sup>	
		<sup>134</sup> Cs	< 1,72.10 <sup>-5</sup>	< 6,40.10 <sup>-5</sup>	
		<sup>137</sup> Cs	< 1,41.10 <sup>-5</sup>	< 4,90.10 <sup>-5</sup>	
	Spectrométrie alpha (Bq/m <sup>3</sup> )	<sup>40</sup> K	< 3,02.10 <sup>-4</sup>	< 1,10.10 <sup>-3</sup>	
		<sup>241</sup> Am	< 6,03.10 <sup>-8</sup>	< 1,60.10 <sup>-7</sup>	
		<sup>244</sup> Cm	< 6,38.10 <sup>-8</sup>	< 3,50.10 <sup>-7</sup>	
		<sup>238</sup> Pu	< 1,17.10 <sup>-7</sup>	< 6,70.10 <sup>-7</sup>	
	<sup>239</sup> Pu	< 7,57.10 <sup>-8</sup>	< 2,30.10 <sup>-7</sup>		
Tritium atmosphérique (Bq/m <sup>3</sup> )		< 1,5.10 <sup>-1</sup>	2,1.10 <sup>-1</sup>	50	
Eau de pluie	Alpha globale (Bq/L)	< 1,49.10 <sup>-2</sup>	2,6.10 <sup>-2</sup>	(1)	
	Bêta globale (Bq/L)	< 1,55.10 <sup>-1</sup>	< 4,82.10 <sup>-1</sup>		
	Tritium (Bq/L)	< 4,60	< 4,90		

(1) Pas de limite réglementaire pour ces paramètres

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

### 3. Surveillance du milieu terrestre

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

Nature du prélèvement	Radionucléide		Périodicité	Moyenne annuelle	Valeur maximale mesurée
Végétaux terrestres (Bq/kg sec)	Spectrométrie gamma	<sup>58</sup> Co	Mensuelle	< 3,13.10 <sup>-1</sup>	< 4,0.10 <sup>-1</sup>
		<sup>60</sup> Co		< 3,03.10 <sup>-1</sup>	< 4,0.10 <sup>-1</sup>
		<sup>134</sup> Cs		< 2,74.10 <sup>-1</sup>	< 4,0.10 <sup>-1</sup>
		<sup>137</sup> Cs		< 3,01.10 <sup>-1</sup>	8,20.10 <sup>-1</sup>
		<sup>40</sup> K		6,14.10 <sup>2</sup>	9,60.10 <sup>2</sup>
Lait (Bq/L)	Spectrométrie gamma	<sup>58</sup> Co	Mensuelle	< 3,27.10 <sup>-1</sup>	< 4,80.10 <sup>-1</sup>
		<sup>60</sup> Co		< 3,90.10 <sup>-1</sup>	< 5,70.10 <sup>-1</sup>
		<sup>134</sup> Cs		< 3,35.10 <sup>-1</sup>	< 4,10.10 <sup>-1</sup>
		<sup>137</sup> Cs		< 3,35.10 <sup>-1</sup>	< 4,70.10 <sup>-1</sup>
		<sup>40</sup> K		< 2,60.10 <sup>1</sup>	5,70.10 <sup>1</sup>

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

Depuis mai 2022, l'un des deux producteurs de lait à partir desquels sont réalisés des prélèvements a cessé sa production. Une demande auprès des chambres d'agriculture de l'Ain et de l'Isère a été effectuée mais les producteurs retenus ne correspondaient pas aux modalités de prélèvement (arrêt de production, non situés sous les vents dominants et secondaires). Les critères d'acceptabilité se sont donc élargis à la production de lait de chèvre dont un producteur toujours en activité a été contacté.

De juin 2022 à août 2022 inclus, les prélèvements de végétaux n'ont pas pu être réalisés pour analyses en raison de l'absence de matrice.

### 4. Surveillance du milieu aquatique

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

### 5. Surveillance des eaux souterraines

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

Paramètres	Unité	Valeur maximale mesurée
Tritium	Bq/L	6,18.10 <sup>2</sup>
Bêta global	Bq/L	3,20.10 <sup>-1</sup>
<sup>40</sup> K	mg/L	1,34.10 <sup>1</sup>

**Commentaires :** la valeur de 618 Bq/L a fait l'objet d'une déclaration d'évènement auprès de l'Autorité de Sûreté Nucléaire. Elle s'explique par un aléa d'exploitation en lien avec le débordement d'un puisard (voir ESE9 - Détection d'une augmentation en tritium dans le piézomètre 0SEZ011PZ, page 8). Une surveillance renforcée a alors été mise en place.

## II. Physico-chimie des eaux souterraines

Une surveillance physico-chimique des eaux souterraines est effectuée sur les paramètres physico-chimiques par le biais de prélèvements sur 36 piézomètres du CNPE.

Paramètres	Unité	Valeur maximale mesurée
pH	-	8,43
Conductivité	μS/cm	1 732*
Hydrocarbures		0,60
DCO		20
Azote total		0,8
Métaux totaux, dont :		3,56
<i>Aluminium</i>		1,8.10 <sup>-2</sup>
<i>Arsenic</i>		8,0.10 <sup>-3</sup>
<i>Cadmium</i>		1,0.10 <sup>-3</sup>
<i>Chrome</i>		5,0.10 <sup>-3</sup>
<i>Cuivre</i>	mg/L	1,0.10 <sup>-2</sup>
<i>Mercure</i>		1,0.10 <sup>-5</sup>
<i>Plomb</i>		2,0.10 <sup>-3</sup>
<i>Zinc</i>		2,36.10 <sup>-1</sup>
Phosphates		0,11
Nitrates		64
Chlorures		33
Sulfates		23
Sodium		16,1

### **Commentaires :**

\*Cette valeur élevée en conductivité, détectée sur le piézomètre 0 SEZ 150 PZ en juin 2022, n'est pas considérée comme représentative du fait des difficultés de prélèvement (faible réalimentation en eau sur ce piézomètre) et n'est pas liée aux activités du site étant donné l'emplacement du piézomètre en amont des installations.

Lors de la campagne Etat Zéro des Sols réalisée dans le cadre du réexamen périodique (RCRi), des marquages au sol ont été détectés au niveau de trois zones sur l'ensemble du CNPE. Dans ce cadre, une surveillance renforcée sur des piézomètres situés en aval et en amont de ces 3 zones a été mise en place par le CNPE du Bugey.

Cette surveillance complémentaire a été mise en place sur 14 piézomètres surveillés à fréquence mensuelle pour les hydrocarbures. Les résultats de cette surveillance complémentaire sont présentés dans le tableau suivant.

Paramètre	Unité	Valeur maximale mesurée
Hydrocarbures	mg/L	0,6

**Commentaire :** La valeur est ponctuelle et n'a pas été confirmée lors des mois suivants.

### 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 à l'amont et à l'aval du site. Il s'agit des valeurs moyennes obtenues.

Station amont	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Oxygène dissous (mg/L)	11,4	11,2	11,3	10,2	9,3	8,2	7,6	7,7	8,3	8,8	9,5	10,5
Conductivité (µS/cm)	367	364	350	324	299	292	280	274	287	314	361	376
pH	7,9	7,9	8,1	8,1	8,2	8,2	8,1	8,0	8,1	8,1	8,0	7,9
Température (°C)	5,6	6,7	8,9	11,3	16,6	20,2	23,5	23,6	19,8	15,1	11,7	7,9
Station aval	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Oxygène dissous (mg/L)	10,7	10,7	10,9	9,9	9,5	8,2	6,2	8,1	8,5	8,9	9,7	10,6
Conductivité (µS/cm)	349	343	333	314	295	284	275	271	282	303	338	355
pH	8,0	8,0	8,1	8,0	8,1	7,9	7,9	8,0	8,1	8,0	8,1	8,1
Température (°C)	12,2	12,0	14,9	15,8	18,8	24,9	27,4	26,7	24,8	22,0	17,4	13,6

**Commentaire :** RAS

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. La mesure de la température à la station aval est cohérente avec les rejets thermiques des tranches 2 et 3.

## 2. Physico-chimie des eaux de surface

Le CNPE fait réaliser par le laboratoire indépendant, en amont et en aval, des mesures de certains paramètres physico-chimiques soutenant la vie biologique. La fréquence des analyses est mensuelle, à l'exception des ions majeurs et de certains paramètres de minéralisation (Ca, Mg, K, TAC, TH), ainsi que de la chlorophylle, seulement analysés de manière trimestrielle. Les résultats de ces campagnes de mesures sont présentés dans le rapport de surveillance réalisé par ARALEP, disponible sur demande auprès du CNPE, dont la synthèse reprenant l'interprétation de ces résultats est présentée ci-après (IV.1).

## 3. Chimie des eaux de surface

Les rejets chimiques résultant du fonctionnement du CNPE sont issus :

- des produits de conditionnement des circuits ;
- des traitements de l'eau des circuits contre le tartre, la corrosion ;
- de l'usure normale des matériaux ;
- du lavage du linge utilisé en zone contrôlée.

Ces rejets font l'objet d'une surveillance des concentrations présentes dans le milieu récepteur. A cet effet, des mesures de substances chimiques sont effectuées trimestriellement dans le fleuve en amont et en aval du CNPE. Les tableaux suivants présentent les valeurs mesurées aux deux stations amont et aval sur l'année 2022.

Paramètres Station amont		Unité	Trimestre 1	Trimestre 2	Trimestre 3	Trimestre 4
Bore			$< 5,72 \cdot 10^{-1}$	$< 1,1 \cdot 10^{-2}$	$< 1,0 \cdot 10^{-2}$	$8,8 \cdot 10^{-3}$
Métaux totaux	Fraction brute		$8,2 \cdot 10^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-1}$	$3,8 \cdot 10^{-1}$	$4,4 \cdot 10^{-1}$
	Fraction dissoute		$1,4 \cdot 10^{-2}$	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$2,8 \cdot 10^{-2}$	$5,3 \cdot 10^{-2}$
Hydrazine			$< 5 \cdot 10^{-3}$	$< 1,0 \cdot 10^{-1}$	$< 5 \cdot 10^{-3}$	$< 1,0 \cdot 10^{-5}$
Morpholine			$< 5 \cdot 10^{-2}$	$< 2,0 \cdot 10^{-4}$	$< 5 \cdot 10^{-2}$	$< 8,0 \cdot 10^{-4}$
Ethanolamine			/	$< 5 \cdot 10^{-2}$	$< 5 \cdot 10^{-2}$	$< 10$
Détergents		mg/L	$< 2$	$< 2$	$< 2$	$< 2$
Hydrocarbures			$< 1 \cdot 10^{-1}$	$< 1 \cdot 10^{-1}$	$< 1,0 \cdot 10^{-1}$	$< 1 \cdot 10^{-1}$
AOX				$1,1 \cdot 10^{-2}$	$< 1,0 \cdot 10^{-2}$	
AOX dont acides chloroacétiques			(1)	$< 4,5 \cdot 10^{-3}$	$< 4,5 \cdot 10^{-3}$	(1)
Chlore résiduel total				$1,5 \cdot 10^{-2}$	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$2,1 \cdot 10^{-1}$
THM			(2)			
THM dont teneur en chloroforme						

Paramètres Station aval		Unité	Trimestre 1	Trimestre 2	Trimestre 3	Trimestre 4
Bore		mg/L	$< 5,72.10^{-1}$	$< 1,2.10^{-2}$	$< 1,0.10^{-2}$	$8,8.10^{-3}$
Métaux totaux	Fraction brute		$7,9.10^{-2}$	$7,7.10^{-2}$	$1,8.10^{-1}$	$4,0.10^{-1}$
	Fraction dissoute		$1,5.10^{-2}$	$1,7.10^{-2}$	$3,8.10^{-2}$	$4,2.10^{-2}$
Hydrazine			$< 5.10^{-3}$	$< 1,0.10^{-1}$	$< 5.10^{-3}$	$< 1,0.10^{-4}$
Morpholine			$< 5.10^{-2}$	$< 2,0.10^{-4}$	$< 5.10^{-2}$	$< 2,0.10^{-1}$
Ethanolamine			/	$< 5.10^{-2}$	$< 5.10^{-2}$	$< 10$
Détergents			$< 2$	$< 2$	$< 2$	$< 2$
Hydrocarbures			$< 1.10^{-1}$	$< 1.10^{-1}$	$< 1.10^{-1}$	$< 1.10^{-1}$
AOX			(1)	$< 1,0.10^{-2}$	$< 1,0.10^{-2}$	(1)
AOX dont acides chloroacétiques				$< 4,5.10^{-3}$	$< 4,5.10^{-3}$	
Chlore résiduel total				$2,9.10^{-2}$	$< 5.10^{-2}$	$1,8.10^{-1}$
THM			(2)			

(1) Pas de traitement biocide sur le trimestre

(2) Pas de chloration massive sur le trimestre

**Commentaire :** A partir du premier trimestre 2022, la morpholine a progressivement été remplacée par l'éthanolamine, ce qui explique l'absence de mesure.

Le détail des métaux est présenté dans les tableaux suivants :

Station amont	Paramètres	Unité	Trimestre 1	Trimestre 2	Trimestre 3	Trimestre 4
Fraction soluble	Aluminium	mg/L	$3,90.10^{-3}$	$3,50.10^{-3}$	$1,66.10^{-2}$	$2,85.10^{-2}$
	Chrome		$2,00.10^{-4}$	$2,00.10^{-4}$	$1,00.10^{-4}$	$2,00.10^{-4}$
	Cuivre		$1,10.10^{-3}$	$6,40.10^{-4}$	$1,00.10^{-3}$	$1,00.10^{-3}$
	Fer		$6,50.10^{-3}$	$8,30.10^{-3}$	$7,50.10^{-3}$	$2,12.10^{-2}$
	Manganèse		$1,40.10^{-3}$	$< 5,00.10^{-4}$	$< 5,00.10^{-4}$	$7,00.10^{-4}$
	Nickel		$7,00.10^{-4}$	$7,00.10^{-4}$	$7,00.10^{-4}$	$7,00.10^{-4}$
	Plomb		$< 5,00.10^{-5}$	$< 5,00.10^{-5}$	$< 5,00.10^{-5}$	$6,00.10^{-5}$
	Zinc		$1,61.10^{-3}$	$< 1,00.10^{-3}$	$1,54.10^{-3}$	$< 1,00.10^{-3}$
Fraction brute	Aluminium	mg/L	$3,08.10^{-2}$	$2,40.10^{-2}$	$1,40.10^{-1}$	$2,10.10^{-4}$
	Chrome		$3,00.10^{-4}$	$< 5,00.10^{-3}$	$< 5,00.10^{-3}$	$< 5,00.10^{-3}$
	Cuivre		$1,40.10^{-3}$	$< 1,00.10^{-2}$	$< 1,00.10^{-2}$	$< 1,00.10^{-2}$
	Fer		$4,16.10^{-2}$	$4,90.10^{-2}$	$1,93.10^{-1}$	$1,98.10^{-1}$
	Manganèse		$4,80.10^{-3}$	$< 1,00.10^{-2}$	$3,00.10^{-2}$	$1,10.10^{-2}$
	Nickel		$8,00.10^{-4}$	$< 5,00.10^{-3}$	$< 5,00.10^{-3}$	$< 5,00.10^{-3}$
	Plomb		$1,30.10^{-4}$	$< 2,00.10^{-3}$	$< 2,00.10^{-3}$	$< 2,00.10^{-3}$
	Zinc		$2,60.10^{-3}$	$< 1,00.10^{-2}$	$< 1,00.10^{-2}$	$< 1,00.10^{-2}$

Station aval	Paramètres	Unité	Trimestre 1	Trimestre 2	Trimestre 3	Trimestre 4
Fraction soluble	Aluminium	mg/L	$4,10.10^{-3}$	$4,30.10^{-3}$	$1,57.10^{-2}$	$2,13.10^{-2}$
	Chrome		$2,00.10^{-4}$	$1,00.10^{-4}$	$1,04.10^{-2}$	$1,00.10^{-4}$
	Cuivre		$1,10.10^{-3}$	$8,30.10^{-4}$	$9,60.10^{-4}$	$1,30.10^{-3}$
	Fer		$7,10.10^{-3}$	$8,70.10^{-3}$	$8,50.10^{-3}$	$1,74.10^{-2}$
	Manganèse		$9,00.10^{-4}$	$8,00.10^{-4}$	$< 5,00.10^{-4}$	$7,00.10^{-4}$
	Nickel		$6,00.10^{-4}$	$7,00.10^{-4}$	$7,00.10^{-4}$	$7,00.10^{-4}$
	Plomb		$< 5,00.10^{-5}$	$< 5,00.10^{-5}$	$< 5,00.10^{-5}$	$< 5,00.10^{-5}$
	Zinc		$1,46.10^{-3}$	$1,33.10^{-3}$	$1,80.10^{-3}$	$< 1,00.10^{-3}$
Fraction brute	Aluminium		$2,90.10^{-2}$	$1,30.10^{-2}$	$7,60.10^{-2}$	$1,79.10^{-1}$
	Chrome		$3,00.10^{-4}$	$< 5,00.10^{-3}$	$< 5,00.10^{-3}$	$< 5,00.10^{-3}$
	Cuivre		$1,37.10^{-3}$	$< 1,00.10^{-2}$	$< 1,00.10^{-2}$	$< 1,00.10^{-2}$
	Fer		$4,11.10^{-2}$	$2,20.10^{-2}$	$8,40.10^{-2}$	$1,96.10^{-1}$
	Manganèse		$4,20.10^{-3}$	$< 1,00.10^{-2}$	$< 1,00.10^{-2}$	$1,10.10^{-2}$
	Nickel		$7,00.10^{-4}$	$< 5,00.10^{-3}$	$< 5,00.10^{-3}$	$< 5,00.10^{-3}$
	Plomb		$1,10.10^{-4}$	$< 2,00.10^{-3}$	$< 5,00.10^{-5}$	$< 2,00.10^{-3}$
	Zinc		$2,20.10^{-3}$	$< 1,00.10^{-2}$	$< 1,00.10^{-2}$	$< 1,00.10^{-2}$

**Commentaire :** RAS.

#### IV. Physico-chimie et Hydrobiologie

Chaque année, le CNPE confie la réalisation de la surveillance physico-chimique et hydrobiologique à un organisme reconnu dans le domaine, ARALEP. Sont distinguées la surveillance pérenne, réalisée annuellement, des surveillances en conditions climatiques exceptionnelles (voir exigence [BUG-161-II] de la décision n°2022-DC-0727 du 28/06/2022 modifiant la décision n°2014-DC-0443).

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

##### 1. Surveillance pérenne

La synthèse du rapport de surveillance, réalisée par le bureau d'études ARALEP, est présentée ci-dessous.

## RESUME

### Objectifs de la surveillance

Commencé en 1978, le programme de surveillance physico-chimique et biologique du Rhône dans le secteur du Bugey a pour objectifs de suivre l'évolution du milieu récepteur (l'hydrosystème Rhône) et de déceler une évolution anormale d'un ou de plusieurs compartiments qui proviendrait des activités du Centre Nucléaire de Production d'Electricité (CNPE) de Bugey (EDF).

Cette surveillance est basée sur :

- la description des conditions environnementales générales (débit et température de l'eau) et de l'habitat des sites d'échantillonnage des communautés aquatiques ; analyse des écarts de température à l'amont du CNPE et l'aval (sonde EDF de Loyettes) ;
- des analyses de la qualité physico-chimique de l'eau (échantillonnages mensuels, voire trimestriels pour certains ions majeurs et paramètres de minéralisation ainsi que pour les pigments chlorophylliens – 5 stations) ;
- la surveillance des communautés d'invertébrés benthiques et de diatomées (4 campagnes – 5 stations) ;
- la surveillance de la communauté piscicole (4 campagnes – 7 stations).

Les stations d'échantillonnage se regroupent en trois secteurs : Amont, Rejet et Aval du CNPE, dont l'emprise totale s'étend sur 13 km entre Saint-Vulbas (amont île de la Fenièrre, PK 50.5) et Loyettes (aval pont, PK 37.5).

### Conditions environnementales

L'amont du CNPE de Bugey est un habitat assez courant avec une hétérogénéité des profondeurs. A l'aval du CNPE de Bugey les conditions d'habitat sont légèrement moins courantes qu'à l'amont mais avec une diversité de profondeur comparable. Les conditions d'habitat de la station rejet sont plus lentes.

Du point de vue météorologique, l'été 2022 a été marqué par la succession de 3 épisodes caniculaires successifs en juin qui ont provoqué des difficultés de respect des températures de rejet des centrales thermiques et nucléaires imposées par les arrêtés de rejet. Trois épisodes de canicule se sont ainsi succédé en juin (5 jours), juillet et août (14 jours chacun), avec des écarts de la température de l'air de 2 à 2,5°C par rapport à la normale.

L'hydrologie du Rhône à Bugey en 2022 se caractérise par une hydraulité nettement déficitaire (coefficient annuel de 0,79). Le débit journalier moyen 2022 a été de 363 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>, s'échelonnant de 150 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> à 1382 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> en valeur horaire. La dernière valeur, enregistrée en fin d'année, est proche d'une période de retour de la crue biennale (1400 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>). A l'exception du dernier trimestre et du mois de décembre, l'hydraulité a toujours été inférieure à la normale (0,66 et 0,73 aux trimestres 2 et 3). Durant la période juillet-août elle a été respectivement de 0,67 et 0,70.

La température 2022 du Rhône à Bugey en amont du CNPE donnée par les enregistrements en continu des SMP EDF est la plus forte enregistrée depuis le début des

mesures en 1980, 14,3°C, soit près de 2°C au-dessus de la valeur inter-annuelle (12,4°C) et un coefficient de thermicité de 1,15. Elle s'est échelonnée de 4,1°C à 25,9 en valeur horaire (4,3 à 25,2 en valeurs moyennes journalières). Cette valeur est également nettement supérieure à la moyenne de la chronique des années 2000 (12,8°C), ainsi qu'à celle des dix dernières années (13,1°C). L'année 2022 devient la seconde en termes de dépassement de la température 20°C, après 2018 (88 vs 96 jours ; 66 jours en moyenne décennale). Le fonctionnement du CNPE se caractérise par le redémarrage des tranches 2 et 3, en arrêt pour maintenance décennale l'année précédente, durant le premier trimestre. La tranche 4 a été à l'arrêt globalement sur l'ensemble du premier semestre tandis que la tranche 5 a, à son tour, été arrêtée totalement courant juillet et l'était toujours en fin d'année.

### **Physico-chimie**

En dehors des conditions thermiques singulières, le constat 2022 reste « classique », récurrent d'une année sur l'autre, l'ensemble des autres paramètres montrant peu de discriminations entre les stations. Le fonctionnement et la qualité physico-chimique de l'eau n'apparaissent pas altérés par cet échauffement. Les différences entre stations sont le plus souvent dus à des conditions précises : rejet des STEP de Saint-Vulbas en amont RD et de Saint-Romain-de-Jalionas en aval RG (conductivité et nitrates pour les deux, ainsi que les chlorures pour la première) ; influence des phénomènes hydrologiques sur les particules en suspension (montée des eaux de la campagne de mi-avril par exemple).

La valeur moyenne de température enregistrée en amont lors des 12 dates de mesures (mesures ponctuelles instantanées) est significativement supérieure aussi bien à celle de l'an dernier (14,5°C vs 11,5°C) que par rapport à la dernière valeur décennale (13,2°C) ou à celle de l'ensemble de la chronique de suivi depuis 1980 (12,3°C).

Les valeurs unitaires les plus élevées restent essentiellement liées à l'hydrologie via les phénomènes de concentration-dilution et/ou à la production primaire. L'ensemble des stations présente une très bonne qualité des eaux au sens de l'arrêté du 25 janvier 2010 modifié par l'arrêté du 27 juillet 2018 permettant d'évaluer l'état chimique des masses d'eau, et/ou du SEQ-Eau pour les paramètres considérés uniquement par celui-ci, en dehors des quelques phénomènes ponctuels mentionnés précédemment.

Même si elle est plus modérée que sur des rivières de plaine lentes et productives, la consommation biologique estivale de l'ammonium et des nitrates est bien visible cette année, accompagnée de la baisse concomitante à cette période des paramètres descripteurs de la minéralisation. Cette dernière reste toutefois prépondérante par rapport à l'activité photosynthétique, qui reste faible malgré des circonstances potentiellement favorables. Aucun effet notable des conditions climatiques estivales n'est ainsi mesuré.

### **Diatomées**

La richesse diatomique globale 2022 est de 167 taxons et la richesse unitaire est en moyenne de 41,3 taxons par station, soit des valeurs supérieures aux moyennes de la chronique d'étude (respectivement 155 et 38,4 taxons). La richesse globale continue ainsi à s'inscrire dans une tendance à la hausse depuis 2017, en étant la seconde plus élevée depuis le début du suivi (174 taxons en 2015).

Les prélèvements unitaires montrent l'existence de différences amont-aval (38 vs 43 taxons en moyenne entre les deux secteurs) et entre les deux rives (en faveur de la RG, tant en amont qu'en aval). Le rejet montre la richesse moyenne unitaire la plus élevée (45 taxons). Ces résultats, richesse en aval immédiat du rejet du CNPE plus élevée et richesse significativement plus faible dans le secteur amont, sont confirmés à l'échelle de la chronique.

La note IBD moyenne est de 15,1, soit exactement la valeur moyenne inter-annuelle de la chronique. Si la note 2022 est légèrement inférieure à celle des années précédentes, elle reste supérieure à 15 et s'inscrit dans la dynamique croissante observée depuis 2015 dans le secteur de Bugey. 70% des notes se situent dans la classe de bonne qualité biologique, signe d'une bonne homogénéité de ce descripteur et une bonne qualité d'eau générale, au sens de l'IBD (i.e. vis-à-vis des critères MOOX et salinité). Les notes IPS présentent une tendance à être légèrement inférieures à celles de l'IBD, ce qui est une tendance naturelle de cet indice (IPS moyen 13,9). L'indice IDS/E est élevé (3,7 en moyenne) et montre une altération faible et une bonne qualité au sens de l'altération générale.

A l'échelle de la chronique 2015-2022 la note IBD moyenne montre une tendance à une qualité biologique diatomées moindre au niveau de la station rejet (0,6 point en moyenne par rapport aux autres stations), d'autant plus accentuée cette année, la différence atteignant 2,6 points, en moyenne en 2022. La note IBD du rejet a ainsi une tendance inverse de la richesse mais cette dernière n'influe pas sur la note.

La plupart des espèces dominantes (i.e. > 5%) sont ubiquistes et cosmopolites. La cohorte de celles-ci sur les critères d'abondance et d'occurrence en 2022 est très similaire aux années précédentes. Il existe au final peu d'évolution du peuplement dominant dans le secteur du Rhône à Bugey depuis le début du suivi. Leur profil écologique (au sens de l'IBD) est homogène et montre une qualité d'eau globalement bonne (classe 5/7). Les espèces dominantes et sub-dominantes (>2%) sont tolérantes aux nutriments (statut méso-eutrophe à eutrophe dominant) et beaucoup moins à la matière organique (statut bêta-mésotrophe dominant), résultat conforme celui de l'indice IDSE et à la chimie du secteur. Les principales variations d'espèces dominantes apparaissent essentiellement saisonnières. Des espèces de profil écologique opposé peuvent ainsi cohabiter comme en avril à la station amont RD entre DEHR (oligo-mésotrophe) et LVCF (eutrophe).

Au sens de l'arrêté du 27 juillet 2018, l'objectif de bon état est atteint très régulièrement en 2022 (70% des relevés), y compris au rejet (uniquement toutefois lors de la campagne automnale) et en aval éloigné RD, cette dernière station étant la seule à ne jamais être déclassée, voire à atteindre la qualité « très bonne » en avril. A l'échelle de la chronique de suivi depuis 2015, la très grande majorité des notes EQR diatomées est comprise dans la classe « bonne » (77% des relevés).

D'une manière générale, l'analyse des peuplements diatomiques du Rhône à Bugey montre une situation homogène qui se confirme au fil des années et semble se renforcer à certains égards. Les différents indices, profils écologiques et statuts trophiques ne traduisent que très localement et ponctuellement une problématique d'eutrophisation marquée dans le Rhône à Bugey, même durant la période critique estivale et les conditions climatiques exceptionnelles. Cela corrobore les résultats des mesures des pigments chlorophylliens, toujours très faibles (< 2 µg/L quelle que soit la date et la station). Aucun impact significatif du

rejet n'est mis en évidence sur le peuplement diatomique et les analyses ne mettent pas en évidence de plus grande fragilité de ce compartiment dans des conditions plus pénalisantes.

### Macroinvertébrés

L'étude IBGA-DCE 2022 de la macrofaune benthique du Rhône aux environs du CNPE du Bugey a permis d'échantillonner 95 taxons (aux limites systématiques de la méthode, à savoir *a maxima* le Genre), soit 72 taxons en amont (Saint-Vulbas), 73 en aval immédiat du rejet et 50 taxons en aval (Loyettes). Les substrats artificiels déposés en zone intermédiaire sont toujours la technique d'échantillonnage permettant la capture du plus grand nombre de taxons (79) par opposition aux dragages du chenal (49 taxons) et aux filets de bordure (56 taxons). Sans atteindre les valeurs des premières années de suivi ( $\geq 100$  unités), les résultats 2022 se situent dans une tendance à la hausse après la baisse et le creux de la période 2019-2021 (77 unités en 2020).

La structure du peuplement benthique apparaît instable puisque près de 40% des taxons sont considérés comme étant accidentels sur le critère d'abondance et plus de 50% sur celui d'occurrence. Cette instabilité est certes récurrente d'une année sur l'autre mais semble accentuée cette année.

Le constat 2022 de décroissance amont-aval de la richesse taxonomique est confirmé par la richesse moyenne sur la période 2015-2022 (respectivement 77, 73 et 61 taxons), tandis que, selon la technique d'échantillonnage, elle est en moyenne nettement supérieure en zone rivulaire (plus protégée) et plus faible dans le chenal profond (directement soumis au stress hydraulique) (63 vs 51 taxons). Les substrats artificiels déposés en zone intermédiaire, et échantillonnant aussi bien la faune en place que celle en dérive, restent les plus biogènes (81 taxons). Ces derniers constituent toujours également la technique d'échantillonnage la plus productive (5477 individus en 2022 vs 5018 pour la chronique 2015-2022). Les dragages restent intermédiaires (3864 en 2022 et 3496 en moyenne pour la période 2015-2022). La zone rivulaire reste « classiquement » fortement impactée par les marnages journaliers liés aux éclusées énergétiques et ainsi peu propice à l'installation durable de peuplements benthiques invertébrés diversifiés et abondants, quelle que soit la station. La valeur 2022 des filets est même la plus basse enregistrée pour cette technique sur les huit années de chronique.

De façon récurrente au fil des années, quelques taxons concentrent une majorité d'individus, *Dikerogammarus*, *Jaera*, les Chironomes et les Oligochètes représentent ainsi 89% de l'abondance totale. Parmi les 19 taxons sub-résidants  $> 0,1\%$  à dominants, 6 d'entre eux sont exotiques représentant 67% des individus. Trois taxons représentatifs du Rhône restent toutefois « classiquement » présents parmi ceux-ci : le Mollusque *Ancylus fluviatilis* et les Trichoptères *Psychomyia pusilla* et *Hydropsyche* sp. L'ensemble de ces taxons abrite 99% de l'abondance 2022. Parallèlement, la chute des effectifs des Insectes (métriques EPT, plus représentative de conditions lotiques et abritant des taxons plutôt sensibles, et OCH, plutôt représentative de conditions lenticules) reste marquée (2,6% de l'abondance totale), alors que leur richesse taxonomique reste relativement stable (près de 50% de la richesse totale).

Les substrats artificiels, technique d'échantillonnage utilisée depuis les origines du suivi, en dépit d'un changement de type de substrat à partir de 2015 afin de satisfaire à la méthode DCE (multiplaques Verneaux-CEMAGREF vs sisal-pierres IBGA) permettent

d'appréhender l'évolution temporelle long terme. Après la forte baisse de la richesse totale des années 2019-2020, la légère remontée notée l'an dernier s'accroît, la valeur 2022 étant la troisième plus élevée de la chronique générale. Ceci n'est toutefois pas systématique pour toutes les stations, en particulier pour les deux stations aval qui baissent nettement (une dizaine de taxons en moins comparé à l'an dernier). Longtemps globalement synonymes d'une qualité biologique moyenne au sens de l'IQBP, voire très ponctuellement bonne à la station amont, les notes indicielles se sont nettement dégradées à partir de 2019 passant en classe de qualité médiocre, voire même mauvaise pour le rejet et la station aval en 2020. De façon identique à l'an dernier, elles restent majoritairement médiocres en 2022. En aval, bien que toutes deux médiocres, la note moyenne de la station RG est supérieure de 1,5 points à celle de la RD échauffée. De manière identique à la richesse, les notes indicielles 2022 sont inférieures à celles des diverses chroniques temporelles.

En termes de qualité biologique DCE, le bon potentiel biologique est uniquement atteint pour la moitié des échantillons filets + dragages et pour 75% des 12 prélèvements incluant les substrats artificiels précédents. Les trois échantillons 12 prélèvements n'atteignant pas cet objectif sont ceux combinant une richesse moyenne et un GFI médiocre. L'apport des substrats artificiels permet aux stations amont et rejet d'atteindre la classe très bon lors des trois premières dates pour la première et lors des deux premières pour la seconde.

D'un point de vue méthodologique, la comparaison de la méthode originelle (substrats artificiels et calcul de l'IQBP) et de la méthode DCE à 12 échantillons permet de mettre en évidence l'apport des différents compartiments (dérive pour les substrats, zone rivulaire pour les filets, chenal pour les dragages) et leur complémentarité. Cette année, tant pour la note indicielle que pour la richesse taxonomique, la contribution la plus importante est amenée par la combinaison filets+dragages (i.e. le compartiment rives+chenal) par rapport aux substrats artificiels échantillonnant le compartiment intermédiaire : apport de 12,8 taxons de richesse taxonomique et de 4,9 points de note indicielle.

Les échantillons supplémentaires réalisés par dragage dans la zone intermédiaire (ZI) lors de la campagne IBGA « classique » d'automne afin d'avoir une campagne suivant strictement la norme IBG GCE XP T90-337 permettent de comparer les différents types d'échantillonnage de 4 prélèvements unitaires chacun. Toutes stations confondues, les substrats artificiels sont, de loin, celui présentant la plus forte richesse taxonomique (38 taxons) comparé aux filets de bordure, dragages du chenal profond, et dragages de la zone intermédiaire. Ils abritent par ailleurs 12 taxons qui leur sont exclusifs, Tandis que, à l'opposé, 8 taxons rencontrés dans les filets et les dragages ne sont pas présents dans les substrats. En termes de richesse IBG, la prise en compte des substrats plutôt que des dragages dans la zone intermédiaire permet le gain de 5 taxons à l'amont, de 4 au rejet, tandis que les richesses sont identiques à l'aval. Aucune différence n'est notée dans la sensibilité du taxon indicateur qui reste identique quelle que soit la technique d'échantillonnage complémentaire considérée. On aboutit ainsi au gain de 2 points d'indice biologique, aboutissant au gain d'une classe de qualité, avec l'échantillonnage de la zone intermédiaire par les substrats artificiels plutôt que par dragage à la station amont, au gain d'un point d'indice mais à une même classe de qualité au rejet, et au statu quo à la station aval.

L'aménagement du fleuve, les nombreux stress anthropiques auquel il est soumis et les influences multifactorielles agissent en synergie, ne permettant pas de mettre en évidence

un effet particulier des conditions climatiques exceptionnelles de la période estivale 2022 sur la macrofaune benthique du Rhône à Bugey.

## Poissons

L'image globale du peuplement piscicole du Rhône dans le secteur du Bugey qui émerge de l'analyse des données issues des pêches de 2022 montre une richesse spécifique plutôt élevée de 27 espèces. Seulement 11 espèces sont systématiquement capturées depuis 2000. Ce fond ichtyologique est ainsi composé d'espèces rhéophiles (vandoise, hotu, barbeau fluviatile, spirilin), d'espèces lénitophiles (gardon, brème bordelière) et d'espèces ubiquistes (ablette, chevesne, goujon, silure). Les 16 autres espèces qui constituent le peuplement échantillonné sont très peu abondantes (< 20 individus/ha). Ce peuplement est relativement riche compte tenu du potentiel de 32 espèces (nombre d'espèces capturées depuis 2000) et parmi les plus diversifiés des 23 dernières années tout en ayant des effectifs globalement parmi les moins contrastés (diversité  $H' = 2,68$  et équitabilité  $J' = 0,56$ ).

Le nombre total de poissons capturés en 2022 est de 11 065 individus soit (4 306 ind/ha) et la biomasse estimée totale capturée de 124 kg (38,3 kg/ha). L'abondance est très élevée (2 fois supérieure à la moyenne depuis 2000) et cette valeur n'avait jamais été atteinte depuis 2000. Elle résulte probablement des conditions de reproduction et de croissance pour les juvéniles extrêmement favorables pour la majorité des espèces en lien avec (i) les températures plus élevées que la moyenne sur une grande partie de l'année, y compris au moins pour certaines espèces lors de l'épisode caniculaire ; (ii) des débits faibles, et donc des vitesses de courant limitées, mieux adaptées aux capacités de nage limitées de ces jeunes individus.

En 2022, le chevesne est l'espèce la plus abondante devant le spirilin. Ce dernier n'est donc plus systématiquement l'espèce dominante comme cela était le cas depuis 2008 (excepté en 2020). Il est possible que les températures de plus en plus élevées en lien avec le réchauffement climatique aient fini par devenir moins favorables au spirilin (notamment aux juvéniles) qui se caractérise par une moindre résistance aux températures élevées par rapport aux autres espèces du peuplement piscicole du Rhône aux alentours du CNPE du Bugey. Avec le chevesne, sept espèces ont une abondance supérieure à 50 individus/ha et peuvent être considérées comme les espèces dominantes du peuplement 2022 : le spirilin, le goujon, le barbeau fluviatile, le gardon, l'ablette, la brème bordelière et le hotu. A quelques exceptions près, on retrouve ces huit espèces en tête des divers classements que ce soit par campagne, par secteur (amont, aval) et même par station malgré une forte variabilité par espèce.

Des groupes de tailles sont définis pour 14 espèces parmi les 27 capturées en 2022, soit 83,3 % des poissons capturés. Parmi les 4 229 individus/ha appartenant à ces espèces (nombre moyen d'individus à l'hectare pour une station et pour une campagne), 79% d'entre eux sont des Petits individus (i.e. recrutement de l'année ou 0+) et 21% sont des Grands individus. Sur l'ensemble de l'année, l'abondance des Petits individus est donc en moyenne près de quatre fois plus importante que celle des Grands individus. L'évolution des abondances des Petits et des Grands individus au fil des campagnes suit logiquement le patron de celle de l'ensemble des espèces : abondance moyenne en mars, faible en mai, très nette augmentation en septembre et légère augmentation finale en novembre.

Pour évaluer si la structure du peuplement de poissons du Rhône diffère entre le secteur amont et aval du CNPE du Bugey, nous pouvons résumer les informations issues de notre échantillonnage 2022 comme suit :

- le nombre d'espèces à l'aval est systématiquement plus élevée que celui de l'amont lors des quatre campagnes de prélèvements : respectivement 18 vs 14 espèces en moyenne ;
- l'abondance moyenne annuelle est supérieure à l'aval : 5 421 individus/ha vs 4 246 individus/ha à l'amont, quelle que soit la campagne, excepté lors de celle de septembre ;
- sur les 26 espèces capturées, 18 sont plus abondantes à l'aval (69%) alors que 8 sont plus abondantes à l'amont (31%) ;
- lors de chacune des campagnes, la majorité des espèces ont une abondance supérieure à l'aval (pour les quatre campagnes le pourcentage d'espèces plus abondantes à l'aval est en moyenne de 68,5%) ;
- la biomasse de l'aval est supérieure à celle de l'amont, aussi bien à l'échelle annuelle (respectivement 53 kg/ha et 35 kg/ha), qu'à celle de la campagne (exception en mai), ou qu'à celle des espèces capturées (19 d'entre elles sur 26 ont une biomasse plus élevée à l'aval) ;
- sur l'ensemble de l'année 2022, mais aussi lors de chacune des quatre campagnes (à l'exception de la campagne de septembre), les effectifs des Petits et des Grands individus sont plus élevés à l'aval ;
- sur l'ensemble de l'année, la majorité des espèces ont une abondance des Petits et des Grands individus plus élevée à l'aval qu'à l'amont (respectivement 10 vs 4 espèces pour les Petits et 9 vs 4 espèces pour les Grands. Ce résultat est confirmé lors de chacune des quatre campagnes pour chacune des espèces : 80,5% en moyenne d'espèces plus abondantes à l'aval pour les Grands individus et 67,5% en moyenne pour les Petits individus).

Ainsi, les conditions hydrométéorologiques particulières de l'année 2022 semblent avoir rendu l'aval du CNPE de Bugey légèrement plus attractif que l'amont, à l'exception de la campagne de septembre en lien avec un possible comportement d'évitement des poissons vis-à-vis du rejet échauffé lié à l'effet cumulé de l'épisode caniculaire et de la zone échauffée. Comme pour les autres descripteurs biologiques, il reste toutefois difficile d'établir, dans ce résultat, la part des différences mésologiques entre l'aval et l'amont.

Concernant plus précisément l'épisode caniculaire de l'été 2022, celui-ci semble avoir structuré différemment le peuplement piscicole par rapport aux dernières années, notamment lors de la campagne de septembre et, dans une moindre mesure, lors de la campagne de novembre. En effet, en septembre, on observe globalement une moindre attractivité de l'aval par rapport à l'amont comparée aux années passées. Ce constat pourrait s'expliquer par un comportement d'évitement relatif des populations piscicoles vis-à-vis de la lame d'eau échauffée. Plusieurs éléments observés sur le secteur en aval immédiat du rejet en septembre semblent corroborer cette hypothèse : (i) une abondance extrêmement faible comparativement aux deux autres secteurs (dix fois moins), (ii) seulement 13% des 24 espèces capturées sont plus abondantes au rejet (33% à l'amont et 54% à l'aval) et (iii) l'absence d'augmentation du nombre de juvéniles par rapport à la campagne de mai contrairement aux deux autres secteurs où les effectifs explosent.

## Conclusion

L'influence du fonctionnement du CNPE de Bugey reste principalement notable au travers du réchauffement engendré en rive droite à l'aval immédiat du site, un échauffement résiduel étant toujours présent à Loyettes en dépit des phénomènes de mélange et de dilution en cours. Le fonctionnement et la qualité physico-chimique de l'eau restent aucunement altérés par l'échauffement engendré par les divers rejets chimiques et thermiques du CNPE, en dépit de conditions hydroclimatologiques 2022 particulièrement contrastées, une hydrologie nettement déficitaire s'opposant à une forte thermicité positive, le tout accentué par des conditions climatiques estivales caniculaires.

Du point de vue biologique, l'analyse des peuplements diatomiques du Rhône à Bugey montre une situation homogène qui se confirme au fil des années et semble se renforcer à certains égards. Le constat principal met toujours en évidence la tendance inverse observée au rejet entre la richesse taxonomique élevée et la qualité biologique, au sens de ce descripteur, moindre par rapport aux stations amont et aval. Les différents indices, profils écologiques et statuts trophiques ne traduisent que très localement et ponctuellement une problématique d'eutrophisation marquée dans le Rhône à Bugey, même durant la période critique estivale et les conditions climatiques exceptionnelles.

Si la richesse taxonomique totale se situe dans une tendance à la hausse après la baisse et le creux de la période 2019-2021, la structure du peuplement de macroinvertébrés benthiques apparaît instable puisque près de 40% des taxons sont considérés comme étant accidentels sur le critère d'abondance et plus de 50% sur celui d'occurrence. Cette instabilité est certes récurrente d'une année sur l'autre mais semble accentuée cette année. Le constat 2022 de décroissance amont-aval de la richesse taxonomique est confirmé par la richesse moyenne sur la période 2015-2022. A cela s'ajoute la part très importante des taxons invasifs et la faible diversité du pool de taxons constituant la base du peuplement de macroinvertébrés de ce secteur du Rhône, une quinzaine de taxons regroupant 99% des individus. De la même manière que le descripteur précédent, aucun effet particulier des conditions climatiques exceptionnelles de la période estivale 2022 n'apparaît sur la macrofaune benthique du Rhône à Bugey, soumise à la synergie d'influences multi-factorielles.

Si les différents paramètres descripteurs (richesse spécifique, effectif, biomasse, part des Petits individus) concordent pour dire que les conditions hydrométéorologiques particulières de l'année 2022 semblent avoir rendu l'aval du CNPE de Bugey légèrement plus attractif que l'amont pour le peuplement de poissons, l'épisode caniculaire de l'été 2022 paraît avoir structuré différemment celui-ci lors de la campagne de septembre et, dans une moindre mesure, lors de celle de novembre. En effet, en septembre, on observe globalement une moindre attractivité de l'aval par rapport à l'amont comparée aux années passées. Ce constat pourrait s'expliquer par un comportement d'évitement relatif des populations piscicoles vis-à-vis de la lame d'eau échauffée. Plusieurs éléments observés sur le secteur en aval immédiat du rejet en septembre corroborent cette hypothèse (abondance extrêmement faible, absence d'augmentation du nombre de juvéniles, ...). Toutefois, là aussi, il reste difficile d'établir la part, dans ce résultat, des différences mésologiques et thermiques entre l'aval et l'amont.

Enfin, il faut garder à l'esprit que dans un milieu aménagé et soumis à de nombreux stress anthropiques comme le Haut-Rhône (aménagement physique, éclusées énergétiques, rejets thermiques, opérations régulières de chasse des sédiments, etc.), les influences sont multifactorielles et agissent en synergie, les fluctuations inter-annuelles inhérentes à tout écosystème étant d'autant plus exacerbées. Si cela permet de décrire et de suivre des tendances, celles-ci ne sont aucunement définitives mais au contraire particulièrement évolutives d'une année sur l'autre. Ainsi, l'impact des conditions caniculaires de l'été 2022 n'apparaît pas visiblement sur les différents compartiments biologiques, à l'exception de l'ichtyofaune.

## 2. Surveillance en conditions climatiques exceptionnelles

La prescription [EDF-BUG-106] de la décision modalités n°2022-DC-0726 du 28/06/2022 et modifiant la décision ASN n°2014-DC-0442 prévoit qu'une surveillance chimique, physico-chimique, microbiologique et hydrobiologique spécifique soit réalisée en cas de dépassement des valeurs limites applicables aux rejets en conditions climatiques normales (voir exigence [EDF-BUG-161] de la décision n°2022-DC-0727 du 28/06/2022 modifiant la décision n°2014-DC-0443).

A l'été 2022, un épisode caniculaire impactant le CNPE du Bugey a nécessité la mise en place du programme de surveillance des dispositions prévues dans les décisions n°2022-DC-0729, 2022-DC-0730 et 2022-DC-0739 fixant de manière temporaire les nouvelles limites de rejets thermiques (situation exceptionnelle du fait du fonctionnement d'une unité en circuit ouvert). En cumulé, 8 jours entre le 19/07/2022 et le 14/08/2022 ont présentés une température moyenne journalière supérieure à 26°C sans pour autant dépasser 27°C en moyenne journalière à l'aval.

L'analyse des résultats de cette surveillance thermique, physico-chimique, microbiologique et hydrobiologique ne met pas en évidence d'impact particulier sur le fonctionnement du CNPE en période de canicule sur le milieu récepteur.

## V. Acoustique environnementale

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

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

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

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

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

La Mission Communication du CNPE du Bugey 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 (Saint-Vulbas, Loyettes, Vernas, Hières-sur-Amby), 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 du Bugey, 24 heures sur 24 : 0800 00 01 02.

## 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 site du Bugey dans le cadre du programme de surveillance réglementaire et du suivi radioécologique du site (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 site est principalement d'origine naturelle. Les niveaux de radioactivité artificielle mesurés dans l'environnement du site sont faibles et trouvent pour partie leur origine dans d'autres sources (industrie horlogère, retombées atmosphériques des essais nucléaires, Tchernobyl, ...). L'analyse détaillée des résultats est présentée dans le rapport du suivi radioécologique annuel réalisé par l'IRSN, 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](https://www.irsn.fr/FR/expertise/rapports_expertise/Documents/environnement/IRSN-ENV_Bilan-Radiologique-France-2018-2020.pdf)

À partir des activités annuelles rejetées par radionucléide, une dose efficace<sup>5</sup> est calculée en tenant compte des mécanismes de transfert de l'environnement jusqu'à l'Homme. Cette dose permet de « mesurer » le niveau d'exposition attribuable aux rejets d'effluents radioactifs liquides et atmosphériques d'une installation et de le positionner par rapport à la limite réglementaire pour l'exposition de la population aux rayonnements ionisants conformément à l'article R1333-11 du Code de la Santé Publique.

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

Les principales hypothèses retenues sont les suivantes :

- les habitants consomment pour partie des aliments produits dans l'environnement proche du site ;
- 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

---

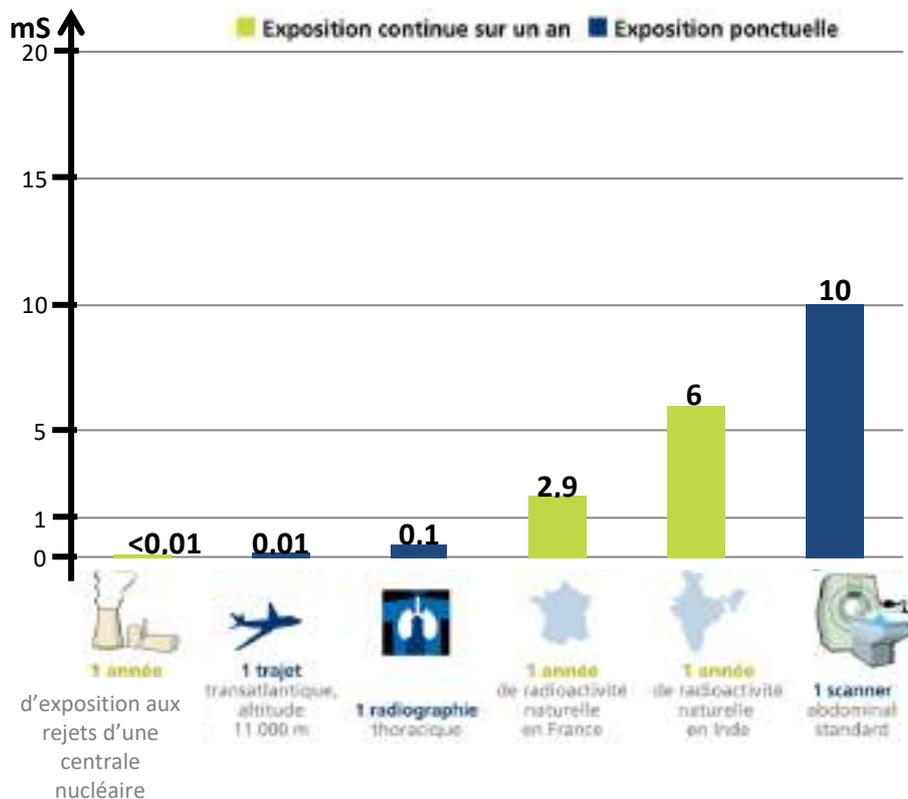
<sup>5</sup> La **dose efficace** est la somme des doses absorbées par tous les tissus, pondérée d'un facteur radiologique  $W_R$  ( $W_R$  = Radiation Weighting factor, facteur de pondération du rayonnement) pour tenir compte de la qualité du rayonnement ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ...) et d'un facteur de pondération tissulaire  $W_T$  ( $W_T$  = Tissue Weighting factor) correspondant à la radiosensibilité relative du tissu exposé. La dose efficace a pour objectif d'apprécier le risque total et s'exprime en sievert (Sv). Elle est appelée communément « **dose** ».

qui revient à considérer que le milieu aquatique à l'aval du site 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 sites est supposée systématique, sans exclure les zones de pêche interdite.

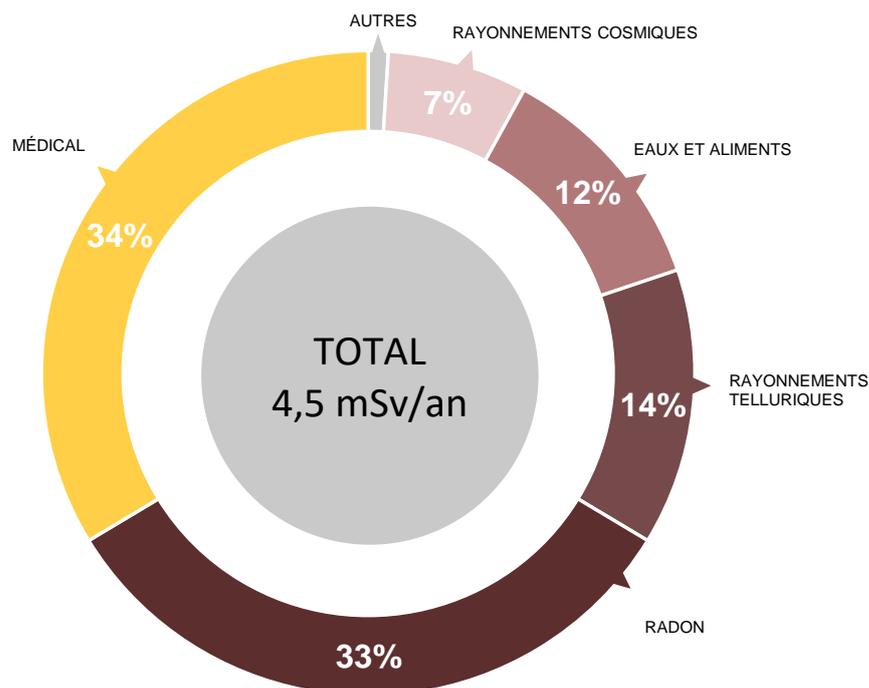
Les principaux facteurs d'incertitudes dans le calcul de dose sont associés essentiellement à quelques données et paramètres difficiles à acquérir sur le terrain, tels que certaines caractéristiques de l'environnement et comportements précis des populations riveraines (les rations alimentaires par exemple).

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



**Figure 5 : 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 6 ci-après.



**Figure 6 : 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 site de Bugey, 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 site.

ADULTE	Exposition externe (mSv)	Exposition interne (mSv)	Total (mSv)
Rejets d'effluents à l'atmosphère	$4,9 \cdot 10^{-6}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$	$2,3 \cdot 10^{-5}$
Rejets d'effluents liquides	$1,9 \cdot 10^{-6}$	$6,6 \cdot 10^{-5}$	$6,8 \cdot 10^{-5}$
<b>Total</b>	<b><math>6,9 \cdot 10^{-6}</math></b>	<b><math>8,4 \cdot 10^{-5}</math></b>	<b><math>9,1 \cdot 10^{-5}</math></b>

ENFANT DE 10 ANS	Exposition externe (mSv)	Exposition interne (mSv)	Total (mSv)
Rejets d'effluents à l'atmosphère	$5,1 \cdot 10^{-6}$	$1,6 \cdot 10^{-5}$	$2,1 \cdot 10^{-5}$
Rejets d'effluents liquides	s.o.	$6,2 \cdot 10^{-5}$	$6,2 \cdot 10^{-5}$
<b>Total</b>	<b><math>5,1 \cdot 10^{-6}</math></b>	<b><math>7,8 \cdot 10^{-5}</math></b>	<b><math>8,3 \cdot 10^{-5}</math></b>

ENFANT DE 1 AN	Exposition externe (mSv)	Exposition interne (mSv)	Total (mSv)
Rejets d'effluents à l'atmosphère	$5,1 \cdot 10^{-6}$	$3,2 \cdot 10^{-5}$	$3,7 \cdot 10^{-5}$
Rejets d'effluents liquides	s.o.	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$
<b>Total</b>	<b><math>5,1 \cdot 10^{-6}</math></b>	<b><math>1,4 \cdot 10^{-4}</math></b>	<b><math>1,5 \cdot 10^{-4}</math></b>

Les valeurs de doses calculées sont inférieures à  $1 \cdot 10^{-4}$  mSv/an pour l'adulte et l'enfant de 10 ans et  $1 \cdot 10^{-3}$  mSv/an pour l'enfant de 1 an.

Les valeurs de doses calculées pour l'adulte, l'enfant de 10 ans et l'enfant de 1 an, attribuables aux rejets d'effluents radioactifs de l'année 2022 sont plus de 1 000 fois inférieures à la limite d'exposition fixée à 1 mSv par an pour la population, par l'article R1333-11 du Code de la Santé Publique. L'ensemble des populations résidant de manière permanente ou temporaire autour du site 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.

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

### I. Les déchets radioactifs

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

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

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

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

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

## 1. Les catégories de déchets radioactifs

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

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

Ces déchets proviennent essentiellement :

- des systèmes de filtration (épuration du circuit primaire : filtres, résines, concentrats, boues...)
- des opérations de maintenance sur matériels : pompes, vannes...
- des opérations d'entretien divers : vinyles, tissus, gants...
- de certains travaux de déconstruction des centrales mises à l'arrêt définitif (gravats, pièces métalliques...).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

En ce qui concerne les déchets de haute et moyenne activité « à vie longue », la solution industrielle de gestion à long terme retenue par la loi du 28 juin 2006 est celle du stockage géologique (projet Cigéo, en cours de conception). Les déchets déjà existants sont entreposés en toute sûreté sur leur lieu de production et commencent progressivement à être transférés à l'ICEDA (Installation de Conditionnement et d'Entreposage des Déchets Activés) en service depuis septembre 2020.

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 activés	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

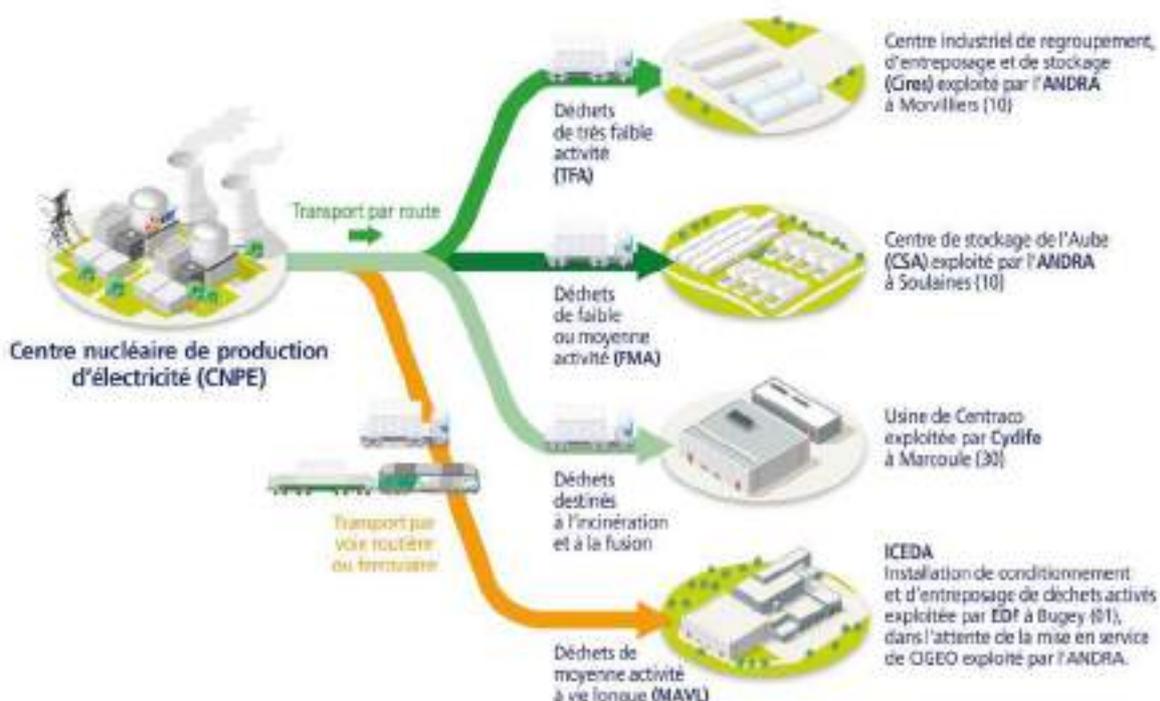


Figure 7 : Transport des déchets radioactifs (Source : EDF).

## 3. Les quantités de déchets entreposés au 31/12/2022

Le tableau suivant présente les quantités de déchets en attente de conditionnement au 31 décembre 2022 pour les 4 réacteurs en fonctionnement du CNPE du Bugey.

Catégorie déchet	Quantité entreposée au 31/12/2022	Commentaires
TFA	343 tonnes	En conteneur sur l'aire TFA
FMAVC (Liquides)	21 tonnes	Effluents du lessivage chimique, huiles, solvants...
FMAVC (Solides)	116 tonnes	Localisation Bâtiment des Auxiliaires Nucléaire et Bâtiment des Auxiliaires Nucléaires Généraux (BANG), sur l'aire TFA pour les tubes guides de grappes (autorisation spécifique)
MAVL	220 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 4 réacteurs en fonctionnement du CNPE du Bugey.

Catégorie déchet	Quantité entreposée au 31/12/2022	Type d'emballage
TFA	56 colis	Tous types d'emballages confondus
FMAVC	89 colis	Coques béton
FMAVC	154 colis	Fûts (métalliques, PEHD)
FMAVC	3 colis	Autres (caissons, pièces massives...)

Le tableau suivant présente le nombre de colis évacués et les sites d'entreposage en 2022 pour les 4 réacteurs en fonctionnement du CNPE du Bugey.

Site destinataire	Nombre de colis évacués
Cires à Morvilliers	538
CSA à Soulaines	224
Centraco à Marcoule	2 913
ICEDA au Bugey	0

En 2022, 3 675 colis ont été évacués vers les différents sites de traitement ou de stockage appropriés (Centraco, Andra ou ICEDA).

Le tableau suivant présente les quantités de déchets en attente de conditionnement au 31 décembre 2022 pour l'unité Bugey 1 en déconstruction.

Catégorie déchet	Quantité entreposée au 31/12/2022
TFA	59,466 tonnes
FMAVC (Liquides)	5,516 tonnes
FMAVC (Solides)	17,505 tonnes
FAVL	0 tonne
MAVL	0 objet

Le tableau suivant présente les quantités de déchets conditionnés en attente d'expédition au 31 décembre 2022 pour l'unité Bugey 1 en déconstruction.

Catégorie déchet	Quantité entreposée au 31/12/2022	Type d'emballage
TFA	33 colis	Tous types d'emballages confondus
FMAVC	0 colis	Coques béton
FMAVC	6 colis	Fûts (métalliques, PEHD)
FMAVC	1 colis	Autres (caissons, pièces massives...)

Le tableau suivant présente le nombre de colis évacués et les sites d'entreposage en 2022 pour l'unité Bugey 1 en déconstruction.

Site destinataire	Nombre de colis évacués
Cires à Morvilliers	41
CSA à Soulaines	10
Centraco à Marcoule	302
ICEDA au Bugey	0

En 2022, 353 colis ont été évacués vers les différents sites de traitement ou de stockage appropriés (Centraco, Andra ou ICEDA).

Le tableau suivant présente les quantités de déchets induits par le fonctionnement de l'ICEDA entreposées au 31 décembre 2022.

Catégorie déchet	Quantité entreposée au 31/12/2022
TFA	660 kg
FMAVC (Liquides)	0 kg
FMAVC (Solides)	0 kg
FAVL	0 kg
MAVL	0 kg

En 2022, l'ICEDA a produit 310 kg de déchets radioactifs.

L'ICEDA a conditionné un caisson de 5 m<sup>3</sup> en attente d'expédition (sous l'agrément 7BR) au 31 décembre 2022.

## 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	3 782	3 522

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

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

La production de déchets inertes reste conséquente en 2022 malgré une baisse par rapport à l'année 2021 du fait de la poursuite d'importants chantiers, liés notamment aux chantiers de modifications post-Fukushima, au projet Grand Carénage, ainsi qu'à des chantiers de voirie, d'aménagement de zones d'entreposage, de parkings, de bâtiments tertiaires et des chantiers de rénovation des systèmes de traitement des eaux usées.

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

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

- la création en 2006 du Groupe Déchets Economie Circulaire, chargé d'animer la gestion des déchets conventionnels pour l'ensemble des entités d'EDF. Ce groupe, qui s'inscrit dans le cadre du Système de Management Environnemental certifié ISO 14001 d'EDF, est composé de représentants des Divisions/Métiers des différentes Directions productrices de déchets. Ses principales missions consistent à apporter de la cohérence en proposant des règles et outils de référence aux entités productrices de déchets ;
- les entités productrices de déchets conventionnels disposent d'un outil informatique qui permet en particulier de maîtriser les inventaires de déchets et leurs voies de gestion ;
- la définition depuis 2008 d'un objectif de valorisation pour l'ensemble des déchets valorisables. Cet objectif est actuellement fixé à 90% ;
- la prise en compte de la gestion des déchets dans les contrats de gestion des sites,

- la mise en place de structures opérationnelles assurant la coordination et la sensibilisation à la gestion des déchets de l'ensemble des métiers ;
- la création de stages de formation spécifiques « gestion des déchets conventionnels » ;
- le recensement annuel des actions de prévention de production des déchets.

En 2022, les unités de production n°2, 3, 4 et 5 de la centrale du Bugey ont produit 8352,6 tonnes de déchets conventionnels. 98 % de ces déchets ont été valorisés ou recyclés.

Concernant Bugey 1 et ICEDA, respectivement 690,6 et 69,5 tonnes de déchets conventionnels ont été produites en 2022. Pour Bugey 1, 95% de ces déchets ont été valorisés ou recyclés (81% pour l'ICEDA).

## 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

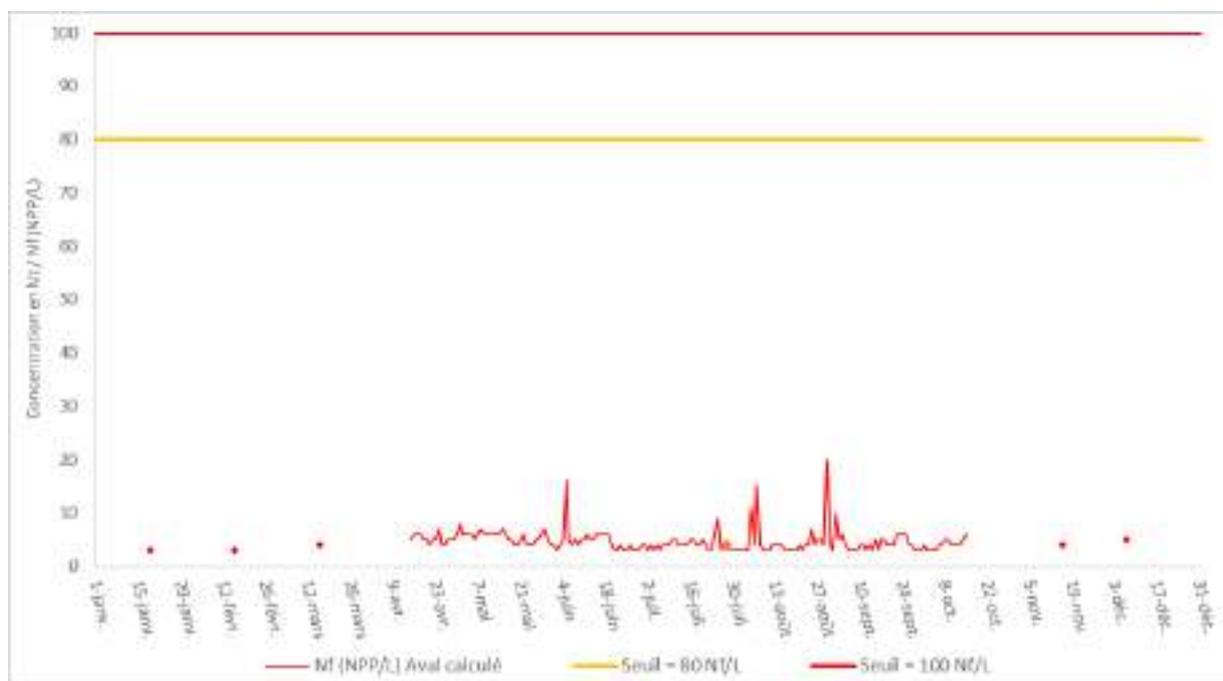
TEU - Traitement des Effluents Usés

TFA - Très Faible Activité

THE – Très Haute Efficacité

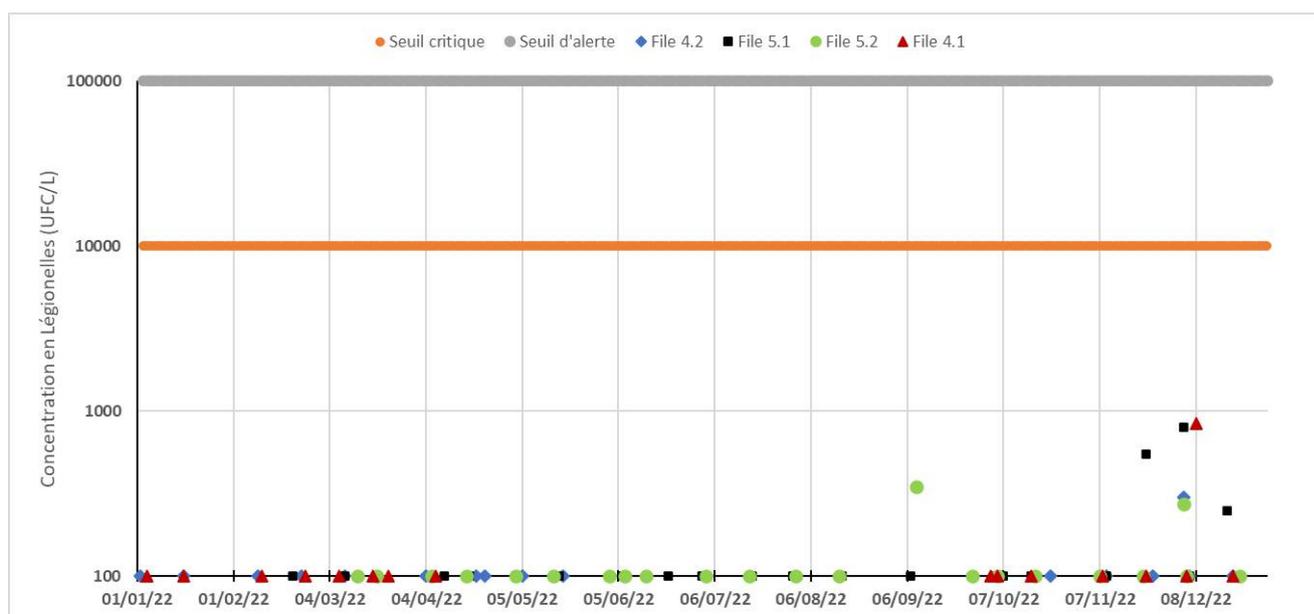
UFC - Unité Formant Colonie

## ANNEXE 1 : Suivi microbiologique du CNPE du Bugey Année 2022



**Figure 8 : Amibes calculées à l'aval dans le Rhône en 2022 (source : rapport annuel CAPSIS, pour EDF).**

Les concentrations calculées en aval sont en-deçà des seuils réglementaires de 80 et 100 Nf/L. La stratégie de traitement mise en œuvre par le CNPE a permis de maîtriser le risque sanitaire lié à l'espèce pathogène dans l'environnement.



**Figure 9 : Légionelles mesurées dans les bassins des 4 circuits de refroidissement semi-fermés (Source : rapport annuel CAPSIS pour EDF).**

**Commentaires** : Les pompes CRF des différentes files ont été à l'arrêt :

- du 13 avril au 24 septembre 2022 pour la file 4.1,
- du 5 juin au 16 octobre pour la file 4.2,
- du 1<sup>er</sup> janvier au 14 février et du 19 mars au 4 avril pour la file 5.1,
- du 1<sup>er</sup> janvier au 9 mars pour la file 5.2.

En 2022, le seuil réglementaire de 10 000 UFC/L n'a pas été atteint. En conséquence, la stratégie de traitement mise en œuvre par le CNPE a permis de maîtriser le risque sanitaire lié à l'espèce pathogène dans l'environnement.

## **ANNEXE 2 : Suivi radioécologique annuel du CNPE du Bugey Année 2022**

RAPPORT

**SUIVI RADIOÉCOLOGIQUE  
ANNUEL DES CNPE DU RHÔNE  
ET DU SITE EN  
DÉMANTÈLEMENT DE CREYS-  
MALVILLE**

ANNÉE 2021

Pôle santé et environnement

Rapport IRSN N° 2022-00811

**RÉSUMÉ**

L'objectif du suivi radioécologique des CNPE implantés le long du Rhône et du site en démantèlement de Creys-Malville est de caractériser les niveaux de radioactivité dans l'environnement proche de ces sites dans des matrices représentatives des compartiments terrestre et aquatique. Il s'agit d'identifier les différentes sources, passées ou présentes, à l'origine de la présence des radionucléides observés dans l'environnement des sites et d'analyser l'évolution temporelle de leurs niveaux d'activité dans ces matrices.

Pour le compartiment terrestre, le  $^{137}\text{Cs}$  est le seul radionucléide émetteur gamma détecté dans la quasi-totalité des échantillons, à des niveaux comparables à ceux des années précédentes. Ce radionucléide artificiel est issu des retombées atmosphériques globales anciennes (essais aériens d'armes nucléaires et accident de Tchernobyl). Pour l'année 2021, les rejets de tritium à l'atmosphère réalisés par les sites nucléaires implantés sur le Rhône, excepté le CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil, marquent les échantillons prélevés dans leur environnement immédiat.

Pour le compartiment aquatique, le  $^{137}\text{Cs}$  est mesuré dans presque tous les échantillons prélevés et analysés. Si sa présence est pour l'essentiel héritée des retombées atmosphériques globales anciennes (essais nucléaires aériens et accident de Tchernobyl), une contribution des rejets liquides des CNPE ne peut être exclue, même si celle-ci ne peut être quantifiée. En effet, la présence d'autres radionucléides émetteurs gamma d'origine artificielle ( $^{60}\text{Co}$ ,  $^{65}\text{Zn}$ ,  $^{109}\text{Cd}$ ) mesurés dans des échantillons prélevés en aval des sites de Bugey, Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil et Cruas-Meysses ainsi qu'en amont des sites de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil et Tricastin attestent du marquage de l'environnement aquatique par les rejets d'effluents liquides de ces sites. L'environnement aquatique présente également un marquage en tritium dont l'origine peut être attribuée aux rejets liquides des différentes installations rhodaniennes ainsi qu'aux activités passées de l'industrie horlogère. En effet, d'une part plusieurs résultats de mesure sont supérieurs au bruit de fond observé à distance de tout apport industriel, d'autre part les échantillons prélevés en aval présentent dans leur majorité des activités supérieures à celles mesurées dans les échantillons prélevés en amont. Un marquage en  $^{14}\text{C}$  est également mis en évidence en milieu aquatique depuis l'aval du CNPE de Creys-Malville jusqu'en aval du Tricastin. Les échantillons de poissons prélevés dans la partie aval du Rhône présentent les activités les plus importantes, en relation possible avec le cumul des rejets. L' $^{129}\text{I}$  est mesuré en milieu aquatique dans les phanérogames et les mousses aquatiques avec des activités pouvant être supérieures en amont, supérieures en aval ou équivalentes entre l'amont et l'aval. Aussi, il est difficile d'attribuer la présence de ce radionucléide strictement aux rejets d'effluents liquides des CNPE du Rhône. La présence d'unités médicales dans les agglomérations riveraines est probablement à l'origine de ce marquage du milieu aquatique. Enfin, la détection sporadique de  $^{99}\text{Tc}$  est observée. Bien que présent dans les rejets des installations nucléaires, il est difficile de se prononcer du fait d'une connaissance encore peu robuste sur d'une part l'origine précise de ce radionucléide dans l'environnement et d'autre part sur la variabilité des activités dans l'environnement. Par ailleurs, les seuils de décision pour le  $^{235}\text{U}$  sont élevés et représentent un élément limitant l'interprétation dans l'état actuel des données disponibles.

## 0 OBJECTIFS

Électricité de France (EDF) a sollicité l'Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN) pour effectuer un bilan radioécologique annuel de l'environnement proche des Centres Nucléaires de Production d'Électricité (CNPE) du Rhône et du site en démantèlement de Creys-Malville.

L'objectif de cette étude est de caractériser, chaque année, les niveaux de radioactivité dans l'environnement proche des CNPE du Rhône (Bugey, Saint-Alban, Cruas et Tricastin) et du site en démantèlement de Creys-Malville dans un grand nombre de matrices des compartiments terrestre et aquatique et pour un large spectre de radionucléides. Il s'agit d'identifier les différentes sources, passées ou présentes, à l'origine de la présence de ces radionucléides observés dans l'environnement et d'analyser l'évolution de leurs niveaux d'activité dans les matrices au cours de la dernière décennie.

## 1 MÉTHODOLOGIE DU SUIVI RADIOÉCOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT PROCHE DES CENTRES NUCLÉAIRES DE PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ FRANÇAIS

La stratégie de prélèvements et d'analyses est commune à l'ensemble des sites. Des contraintes supplémentaires peuvent localement modifier la position, le nombre ou les analyses réalisées. Le choix des stations et de la nature des prélèvements permet la comparaison des résultats avec ceux des études antérieures. Les stations de prélèvement ont été définies en fonction du régime éolien local en milieu terrestre et en fonction de l'hydrodynamisme local en milieu aquatique (Annexe 1).

Les matrices échantillonnées sont les plus abondantes localement et/ou caractéristiques de l'économie locale (Annexe 2 et Annexe 5). Elles correspondent également, pour la plupart, aux espèces prélevées lors de la dernière décennie. Les matrices prélevées tiennent également compte de la réglementation applicable à chaque CNPE.

L'ensemble des analyses sont réalisées à fréquence annuelle, ainsi qu'à fréquence trimestrielle pour le  $^{14}\text{C}$  mesuré dans les végétaux terrestres (Annexe 3), voire quinquennale pour quelques techniques plus pointues. Dans la plupart des matrices collectées, une analyse gamma, une analyse de tritium organiquement lié voire de tritium libre et une analyse de  $^{14}\text{C}$  sont réalisées (Annexe 4, Annexe 7, Annexe 8 et Annexe 10). Dans certaines matrices, des analyses supplémentaires peuvent être réalisées (Annexe 4). L'analyse des émetteurs gamma d'origine naturelle permet de caractériser les échantillons prélevés, de vérifier la qualité des prélèvements et des analyses. Les méthodes de prélèvement, de préparation et d'analyses des échantillons mises en œuvre aux fins de la présente étude sont détaillées en annexes (Annexe 5 à Annexe 7).

## 2 ORIGINE DE LA RADIOACTIVITÉ DANS L'ENVIRONNEMENT DES CNPE DU RHÔNE ET DU SITE EN DÉMANTÈLEMENT DE CREYS-MALVILLE

La présence de radionucléides artificiels dans les milieux terrestre et aquatique autour des CNPE du Rhône et du site en démantèlement de Creys-Malville résulte des retombées atmosphériques globales liées aux essais nucléaires aériens dans l'atmosphère, des rentrées atmosphériques de satellites artificiels, des utilisations médicales de sources radioactives, des peintures luminescentes utilisées dans l'industrie horlogère, des rejets d'effluents des installations nucléaires (Figure 1 page 20) ainsi que des retombées atmosphériques des accidents de Tchernobyl et de Fukushima Daiichi.

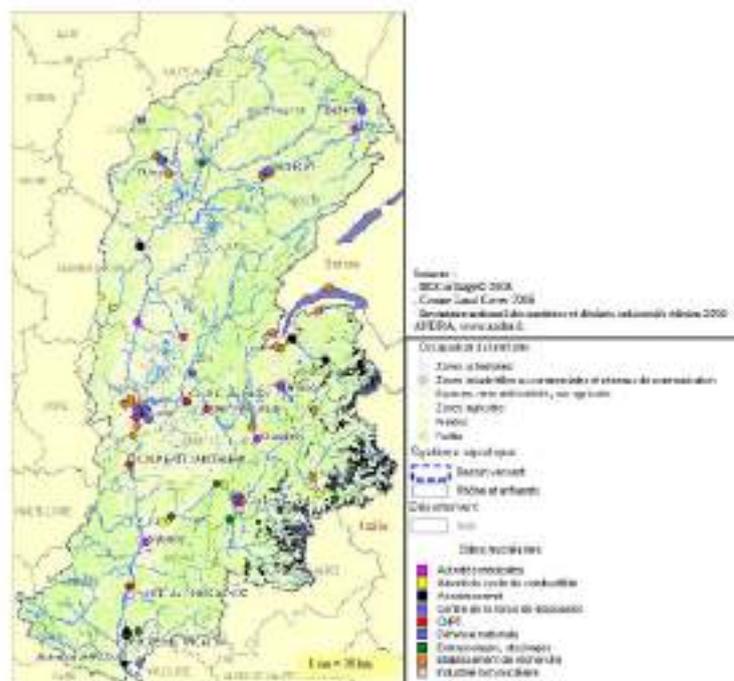


Figure 1 – Localisation des sites détenant des radionucléides dans le bassin versant du Rhône

## 2.1 Radionucléides d'origine naturelle

Le bruit de fond radiologique naturel a deux origines : les radionucléides telluriques présents depuis la formation de l'univers et le rayonnement cosmique qui produit, de manière permanente, des radionucléides dits cosmogéniques.

### 2.1.1 Origine tellurique

Les radionucléides d'origine tellurique sont principalement le  $^{40}\text{K}$  et les produits des chaînes de désintégration de  $^{238}\text{U}$ , de  $^{235}\text{U}$  et du  $^{232}\text{Th}$ . Présents dans l'écorce terrestre, ces radionucléides sont persistants dans les divers compartiments de l'environnement du fait de leur période radioactive de l'ordre de plusieurs milliards d'années. Leurs niveaux d'activité usuels sont indiqués dans le bilan de l'état radiologique de l'environnement français [1].

### 2.1.2 Origine cosmogénique et comportement du tritium et du $^{14}\text{C}$

Le rayonnement cosmique en provenance du soleil et de l'espace interagit avec la haute atmosphère terrestre et engendre en permanence la production de radionucléides cosmogéniques, comme le tritium ( $^3\text{H}$ ), le  $^{14}\text{C}$ ,  $^7\text{Be}$  et le  $^{22}\text{Na}$ . Leurs niveaux d'activité usuels sont indiqués dans le bilan de l'état radiologique de l'environnement français [1].

Le  $^3\text{H}$  et le  $^{14}\text{C}$  ont également une origine anthropique, qui sera traitée plus en détail dans le paragraphe 2.2.

En tant qu'isotope de l'hydrogène, le  $^3\text{H}$  (période radioactive : 12,312 ans [2]) est intimement lié au cycle de cet élément dans l'environnement. Il peut être présent dans toutes les molécules hydrogénées, être associé aussi bien à l'eau tissulaire qu'à la matière organique des végétaux et des animaux. Sous la forme d'eau tritiée (HTO et TED après déshydratation de la matière organique), ce radionucléide est extrêmement mobile dans l'environnement et dans tous les systèmes biologiques et, de ce fait rapidement intégré dans de nombreux cycles de la géosphère et de la biosphère. En situation d'équilibre, il ne s'accumule pas dans tel ou tel composant environnemental ou biologique. Ainsi, les activités en tritium métabolisé dans la matière organique (tritium organiquement lié, TOL) sont généralement à l'équilibre avec les activités en HTO [3, 4]. Avant l'ère nucléaire, les valeurs en  $^3\text{H}$  atmosphérique étaient de l'ordre de 0,1 à 0,6 Bq.L<sup>-1</sup>.

S'agissant du  $^{14}\text{C}$  (période radioactive : 5 700 ans [2]), en milieu terrestre, les observations permettent de montrer que l'activité spécifique, exprimée en becquerels de  $^{14}\text{C}$  par kilogramme de carbone total (Bq.kg<sup>-1</sup> C), est en équilibre dans les composantes de l'environnement, notamment avec celle du CO<sub>2</sub> atmosphérique. Contrairement au milieu terrestre, le  $^{14}\text{C}$  des écosystèmes d'eau douce n'est pas en équilibre avec le CO<sub>2</sub> atmosphérique du fait de sa dilution notamment par les carbonates des roches sédimentaires anciennes dépourvues de  $^{14}\text{C}$ . L'activité spécifique hors influence industrielle locale peut donc être plus faible et variable en fonction de la teneur en carbonates anciens, entre 180 et 220 Bq.kg<sup>-1</sup> C [1].

## 2.2 Radionucléides d'origine artificielle

### 2.2.1 Retombées des essais nucléaires aériens et des chutes de satellites

Entre 1945 et 1980, les États-Unis d'Amérique, l'Union Soviétique, la France, la Grande-Bretagne et la Chine ont procédé à plus de 500 essais nucléaires aériens, l'essentiel de la puissance ayant été libéré entre 1954 et 1958, puis en 1961 et 1962. Les particules radioactives libérées dans la troposphère et la stratosphère au cours de ces essais sont retombées sur l'ensemble du globe, mais en raison de la localisation des sites d'essais, l'hémisphère nord a reçu la majorité des retombées radioactives issues de ces essais. En France métropolitaine, les retombées de ces essais ont été globalement homogènes et constituent la principale source de radioactivité artificielle dans l'environnement.

En termes d'activité, les dépôts les plus importants concernent les radionucléides à vie courte. Ainsi, en France, les dépôts d'<sup>137</sup>I, de <sup>90</sup>Sr, de <sup>144</sup>Ce/Pr et de <sup>106</sup>Ru/Rh (périodes radioactives respectives de 8,0233, 64,032, 285,0 et 371,5 jours [2]), aujourd'hui disparus, ont été 10 fois plus importants que les dépôts de radionucléides à vie moyenne (<sup>90</sup>Sr et <sup>137</sup>Cs, de 28,80 et 30,05 ans de périodes radioactives respectives [2]). Les dépôts de radionucléides à vie longue (<sup>241</sup>Am<sup>1</sup>, <sup>137</sup>Cs, <sup>239</sup>Pu et <sup>240</sup>Pu, de 432,6, 5 700, 6 561 et 24 100 ans de périodes respectives [2]) ont été comparativement très faibles [5]. Le <sup>137</sup>Cs, le <sup>90</sup>Sr, le <sup>239</sup>Pu, le <sup>240</sup>Pu et <sup>241</sup>Am sont encore détectés aujourd'hui dans de nombreux compartiments. Leurs faibles décroissances radioactives et, pour certains, leurs faibles mobilités dans les sols entretiennent un marquage ne diminuant que lentement depuis le milieu des années 1960 [5]. Dans une moindre mesure, la désintégration de onze satellites artificiels lors de leur entrée dans l'atmosphère, entre 1964 et 1996, a provoqué la dispersion dans l'atmosphère terrestre de <sup>238</sup>Pu, d'<sup>238</sup>U et de leurs produits de fission, puis leurs retombées sur l'ensemble de la planète. Pour ces radionucléides, l'activité rémanente des retombées anciennes constitue, dans le cadre de la présente étude, un bruit de fond radiologique dont les valeurs sont présentées dans le bilan de l'état radiologique de l'environnement français [1] et plus brièvement ci-dessous. En 2018, sur la majeure partie de la France, les activités rémanentes en <sup>137</sup>Cs des retombées des essais aériens étaient comprises entre 1 400 et 2 000 Bq.m<sup>-2</sup>, compte tenu de la seule décroissance radioactive du <sup>137</sup>Cs. Elles ont été augmentées par les retombées de l'accident de Tchernobyl (voir

<sup>1</sup> Le <sup>241</sup>Am n'a pas été produit directement lors des essais mais par la décroissance du <sup>241</sup>Pu (T<sub>1/2</sub>=14,4 ans).

paragraphe suivant). En comparaison, celles de l'accident de Fukushima-Daichi sont beaucoup plus faibles (voir paragraphe 2.2.3).

Le  $^3\text{H}$  a été massivement émis lors des essais nucléaires aériens. De plus de  $500 \text{ Bq.L}^{-1}$  dans les eaux de pluie analysées à Thonon-les-Bains ou à Vienne dans les années 1960, l'activité volumique a décliné à moins de  $30 \text{ Bq.L}^{-1}$  dès la fin des années 1970. Depuis la fin des années 1990, elle est inférieure à  $2 \text{ Bq.L}^{-1}$  [6-9] (Figure 2 page 22).

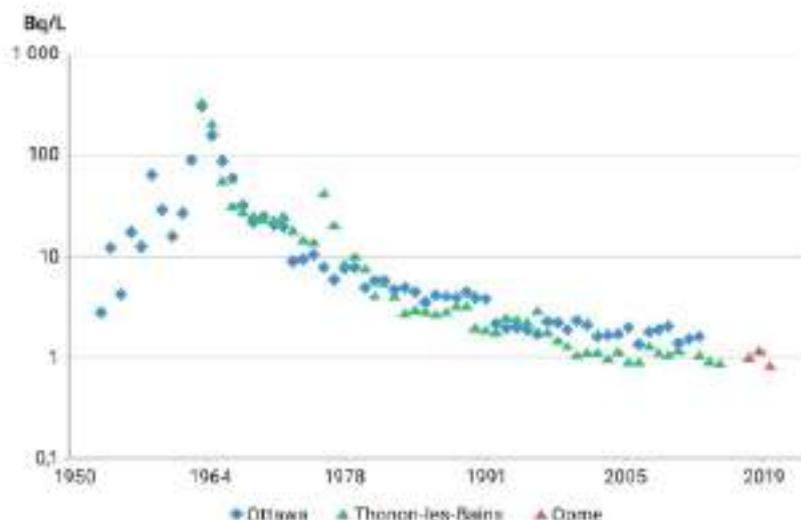


Figure 2 - Activités de  $^3\text{H}$  dans l'eau de pluie d'après [1].

Les valeurs acquises pour les eaux des cours d'eau français en dehors des zones d'influence des rejets industriels (tête de bassin versant ou hydro-systèmes non nucléarisés) sur la même période ne présentent pas de différence significative par rapport aux niveaux observés dans les eaux de pluie ( $1,4 \pm 0,4 \text{ Bq.L}^{-1}$ ) [10]. Le tritium produit lors des essais aériens est quantifiable aujourd'hui sous les formes libres (HTO directement dans l'eau et TED par collecte de l'eau de dessiccation, exprimés respectivement en  $\text{Bq.L}^{-1}$  et en  $\text{Bq.L}^{-1}$  d'eau de dessiccation, abrégé en  $\text{Bq.L}^{-1}$  ED) et liée à la matière organique (TOL, exprimé en  $\text{Bq.L}^{-1}$  d'eau de combustion, abrégé en  $\text{Bq.L}^{-1}$  EC). Hors influence industrielle locale, les formes libres (HTO et TED) sont à l'équilibre avec les niveaux atmosphériques actuels. Le bruit de fond radiologique du tritium libre et du tritium organiquement lié en milieu terrestre hors influence d'un rejet est de l'ordre de  $1,0 \text{ Bq.L}^{-1}$  en France métropolitaine (dans une gamme allant de 0,37 à  $1,8 \text{ Bq.L}^{-1}$  pour le TOL, et de 0,5 à  $2 \text{ Bq.L}^{-1}$  pour l'HTO et le TED d'après [1]) pour les matrices annuelles, proche des activités en tritium libre de la vapeur d'eau atmosphérique.

Les essais nucléaires aériens ont également conduit à l'époque à doubler les quantités de  $^{14}\text{C}$  présent dans l'atmosphère. L'activité spécifique atmosphérique en  $^{14}\text{C}$  a atteint plus de  $400 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$  avant de décroître suite à l'arrêt des essais atmosphériques ainsi qu'à l'augmentation des rejets de  $\text{CO}_2$  dans l'atmosphère liée à l'utilisation grandissante de combustibles fossiles, dépourvus de  $^{14}\text{C}$  [11]. En 1999, l'activité spécifique dans le milieu terrestre s'élevait à  $255 \pm 7 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$  [12]. En 2021, elle est proche de  $223 \pm 7 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$ , de l'ordre de grandeur de l'activité spécifique atmosphérique antérieure aux premiers essais aériens ( $226,0 \pm 1,1 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$ ) [1] (Figure 3 page 23).

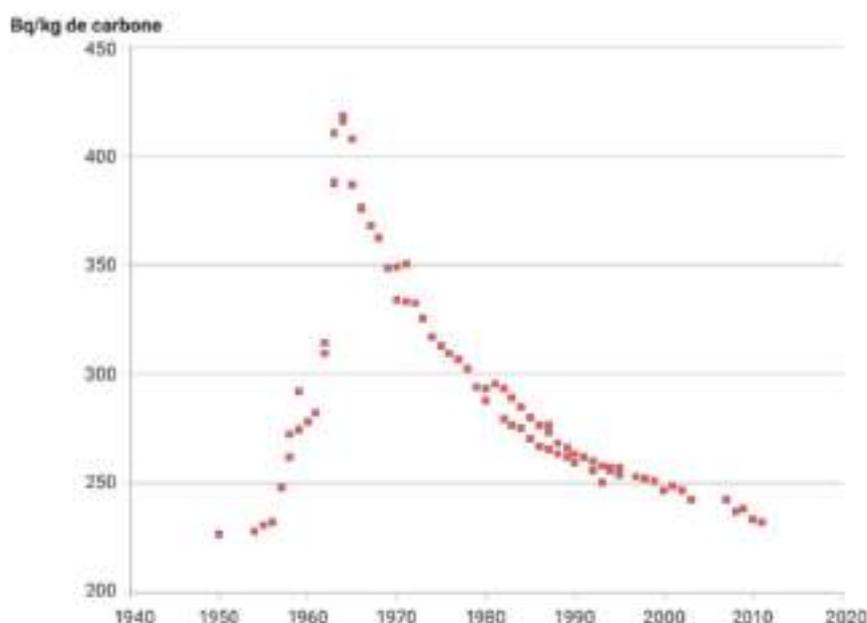


Figure 3 – Évolution de l'activité spécifique du  $^{14}\text{C}$  dans l'hémisphère nord depuis 1950 (tirée de [1]).

Le  $^{14}\text{C}$  des écosystèmes d'eau douce n'est pas en équilibre avec le  $\text{CO}_2$  atmosphérique du fait de sa dilution notamment par les carbonates des roches sédimentaires anciennes dépourvues de  $^{14}\text{C}$ . L'activité spécifique hors influence industrielle locale peut donc être plus faible et variable en fonction de la teneur en carbonates anciens, entre 180 et 220  $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}\text{C}$  [1].

De nos jours, les apports industriels en  $^3\text{H}$  et  $^{14}\text{C}$ , notamment ceux liés aux CNPE, peuvent être identifiés, dans le milieu terrestre, par des activités mesurées un peu plus élevées dans des feuilles d'arbre et de lierre à proximité du CNPE ou dans l'herbe prélevée à la station AS1 et, dans le milieu aquatique, par des activités mesurées plus élevées dans les végétaux aquatiques et les poissons prélevés à l'aval du CNPE, comparativement à l'amont.

## 2.2.2 Retombées de l'accident de Tchernobyl

Le 26 avril 1986, le réacteur n°4 de la centrale de Tchernobyl (Ukraine), en service depuis 3 ans, explose accidentellement lors de la réalisation d'un essai technique. L'énergie libérée par l'explosion entraîne l'émission dans l'atmosphère de produits de fission et d'activation jusqu'à plus de 1 200 mètres de hauteur. Pendant dix jours, près de 107 TBq sont libérés dans l'environnement, la majorité des radionucléides émis ayant une période radioactive inférieure à un mois. Jusqu'à la mi-mai 1986, la dispersion du panache radioactif dissémine divers radionucléides sur la plupart des pays d'Europe. La dispersion du panache radioactif s'accompagne d'une dilution de l'activité volumique des radionucléides artificiels au sein de celui-ci. Ainsi, l'activité mesurée au sein du panache au voisinage du réacteur accidenté, de l'ordre de 107  $\text{Bq}/\text{m}^3$ , n'était plus que de quelques dizaines de  $\text{Bq}/\text{m}^3$  lorsque le panache a atteint la France métropolitaine durant la première semaine de mai 1986. Les événements pluvieux concomitants ont favorisé le dépôt des particules. Dix-neuf radionucléides ont été détectés dans les retombées de l'accident de Tchernobyl et sept ont principalement été mis en évidence sur le territoire français ( $^{85}\text{Ru}$ ,  $^{90}\text{Ru}/^{90}\text{Rh}$ ,  $^{133}\text{mAg}$ ,  $^{134}\text{I}$ ,  $^{132}\text{Te}$ ,  $^{134}\text{Cs}$  et  $^{137}\text{Cs}$ ). Les retombées atmosphériques de l'accident de

Tchernobyl ont affecté l'ensemble du territoire et, plus particulièrement, la moitié est de la France. La Figure 4 page 24 présente la répartition des activités surfaciques estimées en  $^{137}\text{Cs}$  dans la vallée du Rhône issues de la rémanence de ces retombées. De nos jours, seul le  $^{137}\text{Cs}$  est encore mesurable [13].

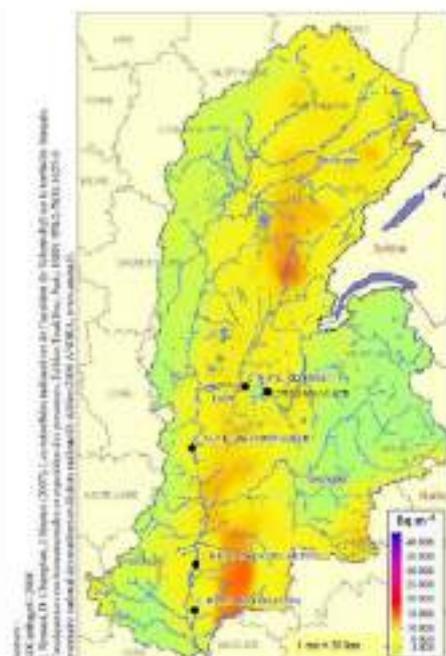


Figure 4 – Activités surfaciques de  $^{137}\text{Cs}$ , calculées pour l'année 2010, issues des retombées atmosphériques des essais aériens et de l'accident de Tchernobyl à partir de [14], sur le bassin versant de la zone d'étude.

### 2.2.3 Retombées de l'accident de Fukushima-Daiichi

Les dépôts issus des retombées atmosphériques de l'accident de Fukushima-Daiichi survenu le 11 mars 2011 ont été de 500 à plus de 1 000 fois inférieurs à ceux mesurés début mai 1986 en France après l'accident de Tchernobyl (Figure 5 page 25). Les résultats des analyses réalisées sur le territoire métropolitain par l'IRSN et les exploitants nucléaires ont montré la présence de  $^{131}\text{I}$ , de  $^{137}\text{Cs}$  et de  $^{134}\text{Cs}$  [15]. Du fait de sa courte période radioactive (8,0233 jours [2]),  $^{131}\text{I}$  a rapidement disparu de l'environnement. Le  $^{134}\text{Cs}$ , dont le dépôt massif issu des retombées de l'accident de Tchernobyl n'était plus détecté compte tenu de sa courte période radioactive (2,0644 ans [2]), a pu être attribué à cet accident. En revanche, les résultats de  $^{137}\text{Cs}$  sont difficilement imputables à ce seul évènement compte-tenu de la rémanence de ce radionucléide dans le bassin versant rhodanien.

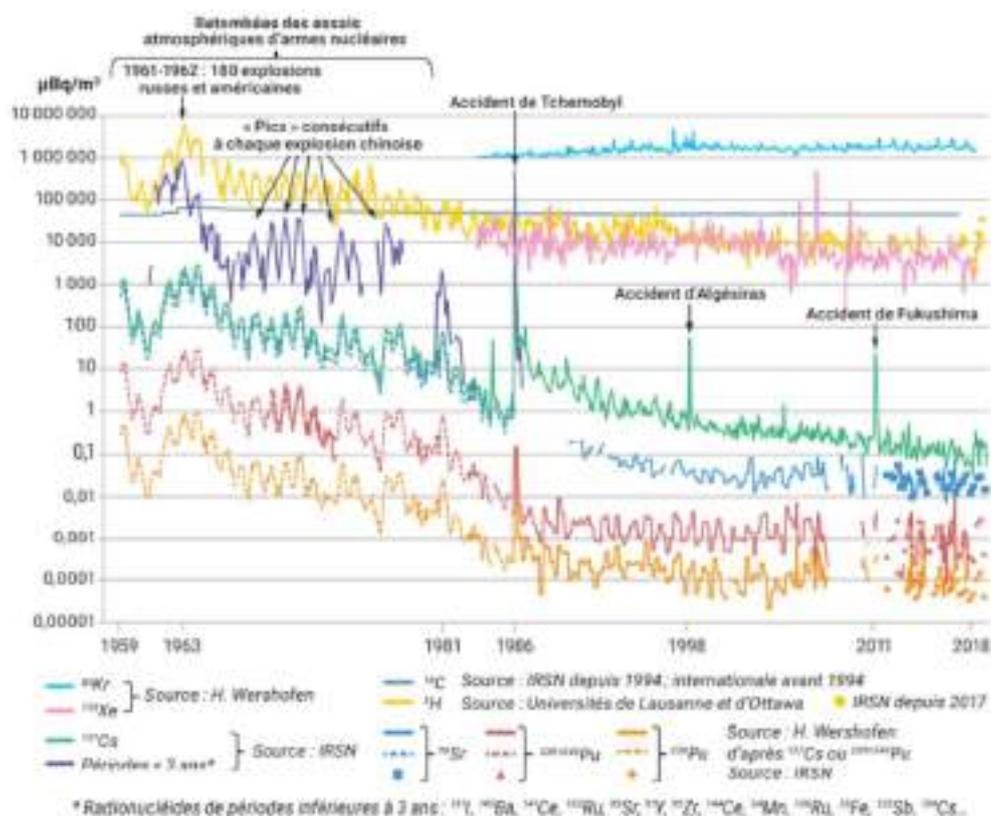


Figure 5 – Évolution des activités des principaux radionucléides artificiels mesurés dans l'air en France et en Allemagne au cours des 60 dernières années [1].

## 2.2.4 Installations nucléaires exploitées par EDF

L'exploitation d'un réacteur nucléaire implique la génération d'isotopes radioactifs issus de la fission des noyaux du combustible (produits de fission) et de l'activation des différents matériaux, notamment ceux de la structure et de certains composants issus du conditionnement des circuits (produits d'activation). Dans le cadre des décisions de rejets émises par l'ASN, les CNPE sont autorisés à rejeter, en fonctionnement normal, une partie de ces produits de fission et d'activation dans l'environnement par voie liquide et/ou atmosphérique. Ces rejets sont ainsi susceptibles de marquer l'environnement autour des installations nucléaires.

Les rejets d'effluents radioactifs atmosphériques des CNPE comprennent notamment le tritium, le  $^{14}\text{C}$ , l' $^{41}\text{Ar}$ , les xénon métastables 131, 133 et 135, le  $^{85}\text{Kr}$ , les  $^{125}\text{I}$  et  $^{132}\text{I}$ , les  $^{58}\text{Co}$  et  $^{60}\text{Co}$  et les  $^{134}\text{Cs}$  et  $^{137}\text{Cs}$ . Au sein des rejets d'effluents radioactifs liquides, le tritium, le  $^{24}\text{C}$ , les  $^{58}\text{Co}$  et  $^{60}\text{Co}$ , le  $^{63}\text{Ni}$ , les  $^{124}\text{Sb}$  et  $^{125}\text{Sb}$ , les  $^{134}\text{Cs}$  et  $^{137}\text{Cs}$ , le  $^{54}\text{Mn}$ , l' $^{109}\text{Ag}$ , le  $^{129}\text{Te}$ , et l' $^{127}\text{I}$  sont prépondérants. Le  $^{59}\text{Fe}$  et l' $^{109}\text{Ag}$  sont rejetés dans une moindre mesure.

Les conditions d'exécution et les limites des rejets d'effluents, dans les cours d'eau et dans l'atmosphère, sont définies par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN). L'exploitant n'a pas porté à la connaissance de l'IRSN un événement intéressant l'environnement pour l'année 2021.

### 2.2.5 Autres activités

Le bassin versant du Rhône accueille l'ensemble du cycle du combustible, depuis son enrichissement jusqu'à son utilisation dans les 4 CNPE en fonctionnement. On note également la présence du site de Pierrelatte (enrichissement, etc.) et de Marcoule (production de combustible, recherche sur les déchets radioactifs, etc.) dans la partie sud du fleuve. Le site de Valduc (recherche et production d'armes nucléaires) est localisé sur le bassin versant de la Loire mais ses rejets atmosphériques marquent l'environnement terrestre et aquatique du bassin versant du Rhône.

Outre la filière énergétique, plusieurs unités hospitalières sont également présentes sur le territoire étudié à Lyon, Valence, Annecy, Chambéry et dans d'autres agglomérations du bassin versant de la Saône. Parmi les principaux radionucléides utilisés en médecine nucléaire, le  $^{99m}\text{Tc}$  (en diagnostic fonctionnel, période radioactive de 6,01 heures) et  $^{131}\text{I}$  (en thérapie métabolique, période radioactive de 8,02 jours) représentent à eux seuls près de 99% de la radioactivité utilisée par les services de médecine nucléaire [16]. L' $^{131}\text{I}$  ainsi introduit dans l'environnement via les urines et les selles des patients traités peut être détecté dans les stations d'épuration et en aval des celles-ci. Difficile à détecter dans l'eau, l' $^{131}\text{I}$  peut être mesuré dans les végétaux. On compte également de nombreux centres de recherche utilisant des produits radioactifs, notamment autour des agglomérations lyonnaise et grenobloise. Enfin, dans le Haut-Rhône et le Doubs, les déchets de peintures luminescentes notamment de l'industrie horlogère utilisant du tritium jusque dans les années 1990, ont contribué au marquage encore actuel de l'environnement aquatique. Les autres installations présentées sur la Figure 1 page 20 représentant des sources de radionucléides négligeables par rapport aux apports ci-dessus.

## 3 CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL ET GÉOGRAPHIQUE

### 3.1 Climatologie

Du nord au sud, les CNPE situés dans la vallée du Rhône présentent des caractéristiques météorologiques diverses, d'abord marquées par une influence continentale (site du Bugey et de Creys-Malville) qui se traduit par des inter-saisons pluvieuses et un hiver plus sec, laissant progressivement place à l'influence méditerranéenne. Celle-ci se caractérise par des pluies d'automne pouvant donner lieu à des cumuls importants de précipitations. Les vents dominants proviennent du nord sur l'ensemble des CNPE rhodaniens avec cependant une prédominance plus nette dans la zone des sites du Tricastin et de Cruas-Meyssse.

### 3.2 Géologie et hydrogéologie

Les CNPE du Rhône sont situés dans la plaine alluviale du fleuve et reposent sur des alluvions quaternaires dont l'épaisseur varie de 2,5 m à environ 10 m suivant les sites. Cette couche est généralement constituée de sédiments sablo-graveleux, s'affinant vers la surface du fait des dépôts limoneux ou limono-sableux liés aux débordements des eaux lors des crues récentes du fleuve.

Sous les alluvions modernes, on trouve, sur le site du Bugey, un horizon intermédiaire épais de plusieurs dizaines de mètres et constitué d'argile sur la partie supérieure et de galets reliés entre eux par un ciment sableux ou sablo-argileux sur la partie inférieure. Cet horizon recouvre une formation de molasse ayant une centaine de mètres d'épaisseur au niveau du site et constituée de sables, de grès sableux, de lits silteux bruns et de quelques niveaux de grès francs. Au niveau de Saint-Alban, on retrouve des formations pliocènes et miocènes qui

recouvrent le socle cristallin avec une épaisseur très variable sur cette zone. À Cruas-Meyssse, en revanche, la stratigraphie est relativement simple car les alluvions récentes recouvrent de puissants bancs calcaires du Jurassique et du Crétacé inférieur qui se développent sur environ 3 500 mètres d'épaisseur. Au niveau du site du Tricastin, les dépôts marneux du Pliocène s'intercalent entre les alluvions quaternaires en surface et les formations marno-calcaires du Crétacé sous-jacentes.

### 3.3 Hydrographie et hydrologie

Le Rhône est l'un des plus grands fleuves métropolitains français par la taille de son bassin versant (environ 98 000 km<sup>2</sup>) et par son débit moyen annuel (environ 1 800 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> à Beaucaire, en amont immédiat de son delta). Le cours du fleuve (522 km en France) est aujourd'hui largement contraint par les aménagements hydro-électriques qui le jalonnent depuis son entrée en France jusqu'à son débouché en Méditerranée (barrages, seuils, centrales hydroélectriques). Du lac Léman à l'amont du Bugey, seuls le Fier et l'Arve viennent grossir les eaux du Rhône qui présente alors un débit moyen de l'ordre de 450 à 600 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>. Entre Le Bugey et Saint-Alban, le Rhône est alimenté par les eaux de l'Ain et surtout de la Saône, principal affluent du fleuve. Son débit moyen annuel augmente alors à 1 040 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> à Ternay. Plus au sud, entre Saint-Alban-Saint-Maurice-L'Exil et Cruas-Meyssse, ce sont la Drôme et l'Isère, situées en rive gauche, qui constituent les affluents principaux du Rhône. À Valence, le débit moyen annuel est d'environ 1 410 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>. Entre Cruas-Meyssse et Le Tricastin, aucun affluent n'alimente le fleuve. Enfin, l'Ardèche se jette dans le Rhône en aval immédiat du CNPE du Tricastin, bientôt rejoint par l'Ouvèze, la Durance et le Gardon. La diversité des bassins versants drainés et des conditions hydrologiques des affluents qui alimentent le Rhône conduisent à des débits variables à l'échelle intra et interannuelle. Si à l'amont des débits sont relativement plus élevés en été, soutenus par les affluents alpins, vers l'aval les affluents méridionaux contribuent à l'alternance d'étiages marqués en été avec des crues soudaines et parfois intenses d'un point de vue hydrologique et sédimentaire de l'automne au printemps. Ainsi, les débits enregistrés à Beaucaire (dernière station hydrométrique avant l'entrée du fleuve dans son delta) varient de 350 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> en étiage à plus de 10 000 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> en crue.

## 5 ÉTAT RADIOLOGIQUE DU CNPE DE BUGEY

### 5.1 Généralités et chronologie des études radioécologiques antérieures

Le site du Bugey est situé en rive droite du Rhône, à environ 40 km à l'est de Lyon (Figure 11 page 83). Il est composé d'une tranche de 500 MWe de la filière des réacteurs Uranium Naturel Graphite-Gaz (UNGG) arrêté le 27 mai 1994 ainsi que de quatre tranches de 900 MWe de la filière des réacteurs à Eau Pressurisée (R.E.P.), couplées au réseau en mai 1978, septembre 1978, mars 1979 et juillet 1979. ICEDA (Installation de Conditionnement et d'Entreposage de Déchets Activés) a été mise en service en septembre 2020 sur le site du Bugey. L'installation en déconstruction de Creys-Malville est située à 34 km à l'amont du CNPE du Bugey sur le Rhône. Sur la frontière franco-suisse sont implantées les installations du CERN dont le grand collisionneur de hadrons. Des services de médecine nucléaire, utilisant de l' $^{131}\text{I}$ , sont situés en amont du Bugey, à Annecy, Chambéry et Genève.

La chronologie des études radioécologiques conduites dans l'environnement du CNPE du Bugey est présentée sur la Figure 10 page 72.

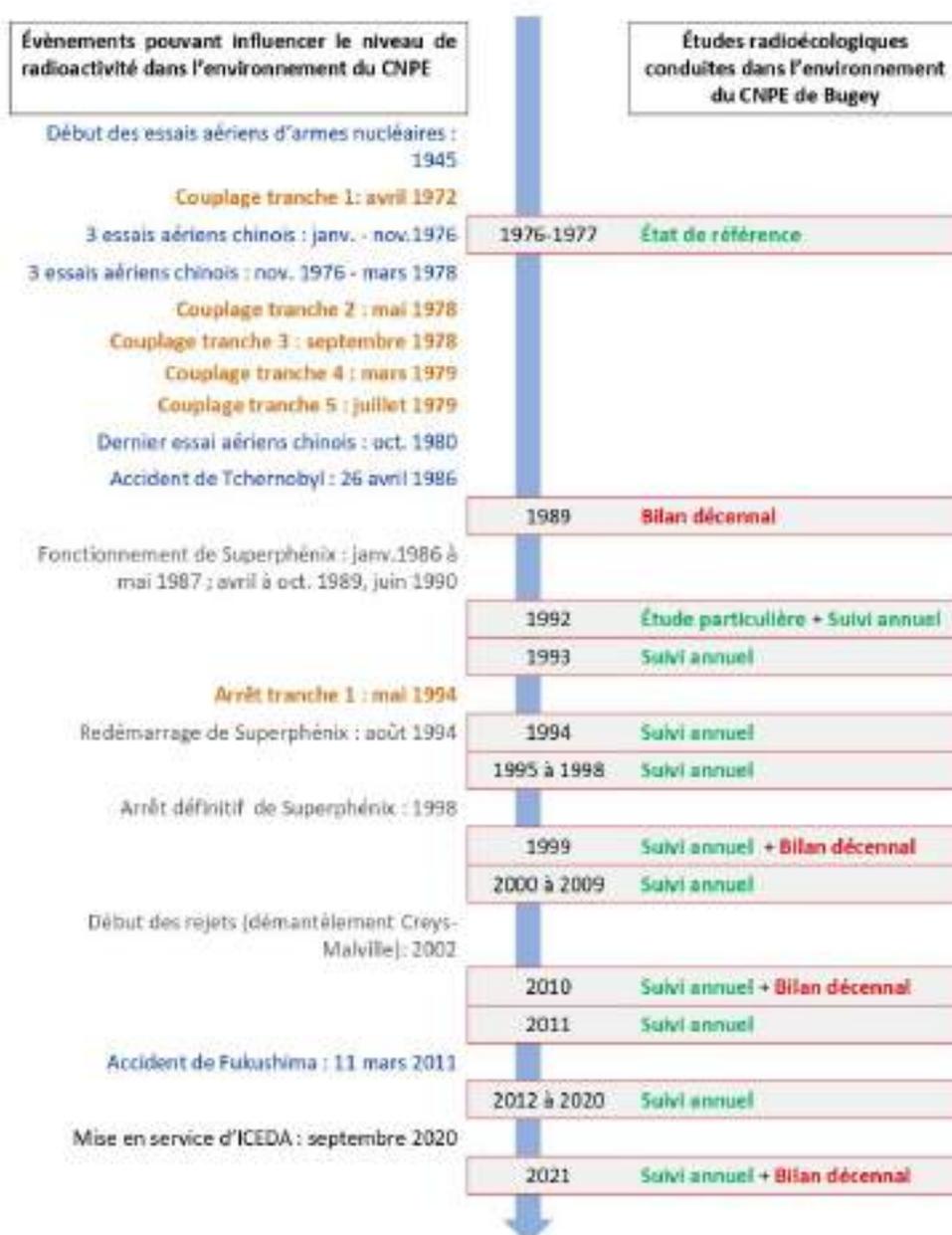


Figure 10 – Chronologie des études radioécologiques conduites dans l'environnement du CNPE de Bugey

## 5.2 État radiologique de l'environnement terrestre

### 5.2.1 Stratégie d'échantillonnage

La localisation des stations de prélèvement et la nature des échantillons collectés sont présentées à la Figure 11 page 83.

Les caractéristiques (dates, stations, natures, etc.) identifiant chaque échantillon analysé sont présentées dans le Tableau 30 page 75 et suivantes.

Pour l'essentiel, la stratégie de prélèvement et d'analyse est commune à l'ensemble des sites (Annexes). Le choix des stations et de la nature des prélèvements permet la comparaison des résultats avec ceux des études antérieures. Les sols échantillonnés sont des sols non cultivés sur lesquels les cultures, pluriannuelles, ne demandent aucun remaniement (pâturages). Ce type de sol est privilégié dans l'objectif de mesurer l'accumulation potentielle des dépôts atmosphériques sur plusieurs années. Les échantillons sont, en dehors des indicateurs végétaux (mousses terricoles et herbe), des vecteurs directs ou indirects de radioactivité vers l'homme : le lait et des légumes-feuilles comme les salades. Les végétaux cultivés (salade et herbe) sont communs sur l'ensemble du territoire français. Leur cycle végétatif annuel et leur grande surface d'interception en font d'assez bons bioindicateurs pour le suivi des niveaux de radioactivité de l'environnement et caractériser d'éventuels marquages. Du lait de vache est collecté, dans la mesure du possible, sur une commune à proximité du site. Dans la stratégie générale, une mousse terricole, une production agricole, un sol de prairie, de l'herbe et un lait sont prélevés sous les vents dominants (Z1). Hors vents dominants (ZNI), une mousse, un sol de prairie, de l'herbe et plusieurs productions agricoles sont collectés.

Des contraintes supplémentaires peuvent localement modifier la position, le nombre ou les analyses réalisées.

Les prélèvements, traitements et analyses spécifiques au bilan quinquennal et au bilan décennal 2021 ont été menés conjointement à ceux du suivi annuel. La stratégie d'analyse et les résultats du bilan quinquennal sont présentés dans ce rapport. Concernant le bilan décennal, seuls les résultats de spectrométrie gamma y figurent. L'ensemble de la stratégie d'analyse et les résultats du bilan décennal seront présentés dans un rapport relatif au bilan radioécologique décennal de l'environnement proche du CNPE du Bugey.

La dispersion des rejets des effluents dans l'environnement est contrainte par les conditions météorologiques (des vents nord-ouest dominants et sud secondaires, cf. page 83). Des échantillons de productions agricoles (maïs et raisins), de vin rouge, de lait de vache, de feuilles de chêne, d'herbe, de sols cultivés (sol de céréale et sol de salade), de mousses terrestres et de sol de prairie sont prélevés sous les vents dominants, au sud de l'installation (Vernas, Saint-Vulbas, Leyrieu, « Loyettes carrières »). Les maïs et sols associés prélevés au lieu-dit Les Brotteaux à Loyettes, à l'ouest du CNPE, sont potentiellement influencés par les rejets d'effluents liquides du CNPE, via l'eau d'irrigation prélevée dans le Rhône. Il en est de même pour les maïs et les sols associés prélevés à « Loyettes, carrières ». Hors vents, deux productions agricoles (maïs et salades), une mousse terricole, des feuilles de chêne, un sol de prairie, de l'herbe, du lait de vache et deux sols cultivés (sol de céréale et sol de salade) sont prélevés à Saint-Romain-de-Jalionas<sup>2</sup>, Bressolles, Le Montellier, Miribel. Les maïs prélevés à Chazey-sur-Ain, sous les vents maïs à plus de 5 km du site, sont irrigués par de l'eau provenant d'un captage localisé à Proulieu, en amont du dispositif de rejets liquides du CNPE.

L'ensemble des prélèvements est mesuré par spectrométrie gamma. L<sup>137</sup>I est recherché dans les mousses terrestres, l'herbe et le lait de vache prélevés sous et hors vents dominants. Le tritium libre et le tritium

<sup>2</sup> Cette année, les salades sont prélevées à Saint-Romain-de-Jalionas, zone située hors vents dominants et à plus de 5 km du site, afin d'avoir assez de ressources pour faire toutes les analyses demandées dans le cadre du bilan décennal.

organiquement lié ont été recherchés dans les trois prélèvements de maïs ainsi que dans l'herbe, les salades et le lait de vache prélevés sous les vents dominants. Ces matrices ont fait l'objet d'une mesure en  $^{14}\text{C}$ , excepté l'herbe qui fait l'objet de quatre mesures (une par trimestre) dont les résultats seront présentés dans le rapport simplifié exigé au titre de la réglementation 2021 ainsi que dans le rapport du suivi radioécologique annuel de l'année 2022. Une mesure en spectrométrie alpha a également été réalisée sur les échantillons d'herbe ainsi que sur les sols de prairie prélevés à Vernas et à Bressolles. La mesure de  $^{55}\text{Fe}$  n'a pas pu être réalisée dans les sols de prairie prélevés à Vernas, les sols de céréales collectés à Loyettes/Carrières et Loyettes les Brotteaux en zone influencée et les sols de céréales prélevés à Chazey-sur-Ain car les concentrations en fer stable étaient trop élevées (respectivement de l'ordre de  $27 \text{ mg.g}^{-1}$  de cendre,  $208 \text{ mg.g}^{-1}$  de cendre,  $99 \text{ mg.g}^{-1}$  de cendre et  $124 \text{ mg.g}^{-1}$  de cendre). Enfin, du  $^{87}\text{Sr}$  est recherché dans le sol de prairie de Vernas.

Tableau 30 – Identification des échantillons analysés dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique de 2021

Situation par rapport au C.N.P.E.	Chronique	Commune	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frac/Sec	Sec/Cendres
1,75 km O	Le Bugey - Zone hors vents dominants (>5 km)	Layettes	05,22290	45,79476	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	10/06/2021	Gamma (Liquide)	8,44	-
1,75 km O	Le Bugey - Zone hors vents dominants (>5 km)	Layettes	05,22290	45,79476	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	10/06/2021	Gamma (Entier)	8,44	15,04
1,75 km O	Le Bugey - Zone hors vents dominants (>5 km)	Layettes	05,22290	45,79476	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	10/06/2021	C-14 (ex St. Béthune) (Sec)	7,04	-
1,75 km O	Le Bugey - Zone hors vents dominants (>5 km)	Layettes	05,22290	45,79476	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	10/06/2021	C dérivé (Sec)	7,04	-
1,75 km O	Le Bugey - Zone hors vents dominants (>5 km)	Layettes	05,22290	45,79476	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	10/06/2021	Rapport relatif C11/C12 (Sec)	7,04	-
1,75 km O	Le Bugey - Zone hors vents dominants (>5 km)	Layettes	05,22290	45,79476	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	10/06/2021	H-3 H (Sec)	7,04	-
1,75 km O	Le Bugey - Zone hors vents dominants (>5 km)	Layettes	05,22290	45,79476	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	10/06/2021	Pourcentage massique de Hydrogène (Sec)	7,04	-
1,75 km O	Le Bugey - Zone hors vents dominants (>5 km)	Layettes	05,22290	45,79476	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	10/06/2021	H-3 H (liquide)	7,04	-
3,07 km SO	Le Bugey - Zone hors vents dominants (>5 km)	Saint-Romain-de-Jallieu	05,23169	45,76211	Sols cultivés	Sol de salade	Tamisé + 2000 µm Strate 0-20 cm	29/06/2021	Gamma (Sec)	1,14	-
3,07 km SO	Le Bugey - Zone hors vents dominants (>5 km)	Saint-Romain-de-Jallieu	05,23169	45,76211	Sols cultivés	Sol de salade	Entier Strate 0-20 cm	29/06/2021	Translométrie (Sec)	1,14	-
3,07 km SO	Le Bugey - Zone hors vents dominants (>5 km)	Saint-Romain-de-Jallieu	05,23169	45,76211	Sols cultivés	Sol de salade	Entier Strate 0-20 cm	29/06/2021	MO après combustion (Sec)	1,14	-
3,07 km SO	Le Bugey - Zone hors vents dominants (>5 km)	Saint-Romain-de-Jallieu	05,23169	45,76211	Légumes	Salade	Parties aériennes	29/06/2021	Gamma (Entier)	23,23	3,17
16,26 km DNO	Le Bugey - Zone hors vents dominants (>5 km)	Bressoles	05,09258	45,87702	Masses herbacées	Rhynchospora triquetra Rhynchospora triquetra	Entier	23/02/2021	Gamma (Frais)	1,26	-
16,34 km DNO	Le Bugey - Zone hors vents dominants (>5 km)	Bressoles	05,09227	45,87596	Arbre feuillu	Chêne sessile Quercus petraea	Feuilles séchées	22/09/2021	Gamma (Entier)	2,41	14,72
16,39 km DNO	Le Bugey - Zone hors vents dominants (>5 km)	Bressoles	05,09190	45,88062	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Tamisé + 2000 µm Strate 0-5 cm	23/02/2021	Gamma (Sec)	1,38	-

## Rapport IRSN N° 2022-00823

Situation par rapport au C.N.P.E.	Chronique	Commune	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frats/Sec	Sec/Cendres
16,39 km OHD	Le Bagay - Zone hors vents dominants (<5 km)	Bressales	05,09190	45,88862	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Totaux < 2000 µm Strate 5-15 cm	23/03/2021	Gamma (Sec)	1,28	-
16,39 km OHD	Le Bagay - Zone hors vents dominants (<5 km)	Bressales	05,09190	45,88862	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Totaux < 2000 µm Strate 15-30 cm	23/03/2021	Gamma (Sec)	1,28	-
16,39 km OHD	Le Bagay - Zone hors vents dominants (<5 km)	Bressales	05,09190	45,88862	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Totaux < 2000 µm Strate 0-5 cm	23/03/2021	Pa, Am par Sp, Alpha (Pu-238, 214-214), Am-241) (Cendre)	1,38	1,07
16,39 km OHD	Le Bagay - Zone hors vents dominants (<5 km)	Bressales	05,09190	45,88862	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Entier Strate 0-5 cm	23/03/2021	Granulométrie (Sec)	1,38	-
16,39 km OHD	Le Bagay - Zone hors vents dominants (<5 km)	Bressales	05,09190	45,88862	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Entier Strate 0-5 cm	23/03/2021	MO après combustion (Sec)	1,38	-
16,39 km OHD	Le Bagay - Zone hors vents dominants (<5 km)	Bressales	05,09190	45,88862	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Entier Strate 5-15 cm	23/03/2021	Granulométrie (Sec)	1,28	-
16,39 km OHD	Le Bagay - Zone hors vents dominants (<5 km)	Bressales	05,09190	45,88862	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Entier Strate 5-15 cm	23/03/2021	MO après combustion (Sec)	1,28	-
16,39 km OHD	Le Bagay - Zone hors vents dominants (<5 km)	Bressales	05,09190	45,88862	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Entier Strate 15-30 cm	23/03/2021	Granulométrie (Sec)	1,28	-
16,39 km OHD	Le Bagay - Zone hors vents dominants (<5 km)	Bressales	05,09190	45,88862	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Entier Strate 15-30 cm	23/03/2021	MO après combustion (Sec)	1,28	-
16,41 km OHD	Le Bagay - Zone hors vents dominants (<5 km)	Bressales	05,09132	45,88831	Herbes	Herbe de prairie permanente	Entier	04/05/2021	Gamma (Frais)	4,20	-
16,41 km OHD	Le Bagay - Zone hors vents dominants (<5 km)	Bressales	05,09132	45,88831	Herbes	Herbe de prairie permanente	Entier	04/05/2021	Gamma (Cendre)	3,75	12,38
16,41 km OHD	Le Bagay - Zone hors vents dominants (<5 km)	Bressales	05,09132	45,88831	Herbes	Herbe de prairie permanente	Entier	04/05/2021	Pa, Am par Sp, Alpha (Pu-238, 214-214), Am-241) (Cendre)	3,75	12,38
21,82 km OHD	Le Bagay - Zone hors vents dominants (<5 km)	Le Montellier	05,07458	45,93839	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	29/06/2021	Gamma (Liquide)	6,23	-
21,82 km OHD	Le Bagay - Zone hors vents dominants (<5 km)	Le Montellier	05,07458	45,93839	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	29/06/2021	Gamma (Cendre)	6,23	14,41

Situation par rapport au C.N.P.E.	Chronique	Commune	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
27,08 km O	Le Bugey - Zone hors vents dominants (>5 km)	Hiribel	04,92631	-45,84045	Sols cultivés	Sol de salade	Tamisé < 2000 µm Strato 0 - 20 cm	30/06/2021	Gamma (Sec)	1,15	-
27,08 km O	Le Bugey - Zone hors vents dominants (>5 km)	Hiribel	04,92631	-45,84045	Sols cultivés	Sol de salade	Entier Strato 0 - 20 cm	30/06/2021	Granulométrie (Sec)	1,15	-
27,08 km O	Le Bugey - Zone hors vents dominants (>5 km)	Hiribel	04,92631	-45,84045	Sols cultivés	Sol de salade	Entier Strato 0 - 20 cm	30/06/2021	MO après combustion (Sec)	1,15	-
27,08 km O	Le Bugey - Zone hors vents dominants (>5 km)	Hiribel	04,92631	-45,84045	Légumes	Salade	Parties aériennes	30/06/2021	Gamma (Cendre)	21,76	4,34
5,83 km O	Le Bugey - Zone hors vents dominants (>5 km) - Argues par de l'eau du Rhône collectée en aval du CNE	Ugentes, Les-Béthouaux	05,19029	-45,78790	Sols cultivés	Sol de céréales	Tamisé < 2000 µm Strato 0 - 20 cm	25/09/2021	Gamma (Sec)	1,19	-
5,83 km O	Le Bugey - Zone hors vents dominants (>5 km) - Argues par de l'eau du Rhône collectée en aval du CNE	Ugentes, Les-Béthouaux	05,19029	-45,78790	Sols cultivés	Sol de céréales	Entier Strato 0 - 20 cm	25/09/2021	Granulométrie (Sec)	1,19	-
5,83 km O	Le Bugey - Zone hors vents dominants (>5 km) - Argues par de l'eau du Rhône collectée en aval du CNE	Ugentes, Les-Béthouaux	05,19029	-45,78790	Sols cultivés	Sol de céréales	Entier Strato 0 - 20 cm	25/09/2021	MO après combustion (Sec)	1,19	-
5,83 km O	Le Bugey - Zone hors vents dominants (>5 km) - Argues par de l'eau du Rhône collectée en aval du CNE	Ugentes, Les-Béthouaux	05,19029	-45,78790	Céréales	Witt 200 mg	Grain	25/09/2021	Gamma (Cendre)	1,50	74,87
5,83 km O	Le Bugey - Zone hors vents dominants (>5 km) - Argues par de l'eau du Rhône collectée en aval du CNE	Ugentes, Les-Béthouaux	05,19029	-45,78790	Céréales	Witt 200 mg	Grain	25/09/2021	U-134 par 3L (Witt) (Sec)	1,50	-
5,83 km O	Le Bugey - Zone hors vents dominants (>5 km) - Argues par de l'eau du Rhône collectée en aval du CNE	Ugentes, Les-Béthouaux	05,19029	-45,78790	Céréales	Witt 200 mg	Grain	25/09/2021	Calorimétrie (Sec)	1,50	-
5,83 km O	Le Bugey - Zone hors vents dominants (>5 km) - Argues par de l'eau du Rhône collectée en aval du CNE	Ugentes, Les-Béthouaux	05,19029	-45,78790	Céréales	Witt 200 mg	Grain	25/09/2021	Support (MO) C-13/C12 (Sec)	1,50	-

Rapport IRSN N° 2022-00811

Situation par rapport au C.M.P.E.	Dynamique	Commune	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Centres
1,03 km O	Le Bagay - Zone sans les vents dominants (0-5 km) (Ingrédients de l'air) (WGS 84) (Indicateur en noir au C.M.P.E.)	Lusigny, Les Bénévoles	05,19624	45,70786	Céréales	Maïs Zea mays	Grain	21/09/2021	U-119 (Sec)	1,32	-
1,03 km O	Le Bagay - Zone sans les vents dominants (0-5 km) (Ingrédients de l'air) (WGS 84) (Indicateur en noir au C.M.P.E.)	Lusigny, Les Bénévoles	05,19624	45,70786	Céréales	Maïs Zea mays	Grain	21/09/2021	Plurométrage externe de l'hydrogène (Sec)	1,32	-
1,03 km O	Le Bagay - Zone sans les vents dominants (0-5 km) (Ingrédients de l'air) (WGS 84) (Indicateur en noir au C.M.P.E.)	Lusigny, Les Bénévoles	05,19624	45,70786	Céréales	Maïs Zea mays	Grain	21/09/2021	U-119 (Sec)	1,32	-
1,04 km N40	Le Bagay - Zone sans les vents (< 5 km)	Saint-Mébas	05,26620	45,80789	Arbres/bulbes	Vigne commune Vitis vinifera	Enter	01/09/2021	Gamma (Sec)	5,82	-
1,04 km N40	Le Bagay - Zone sans les vents (< 5 km)	Saint-Mébas	05,26621	45,80789	Herbes alcoobulbes	Vin rouge	Enter	04/11/2021	Gamma (Endoc)	45,77	1,90
1,18 km S50	Le Bagay - Zone sans les vents (< 5 km)	Vernas	05,26503	45,79055	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Fraisé = 200 µm Strate 0-5 cm	23/02/2021	Gamma (Sec)	1,21	-
1,18 km S50	Le Bagay - Zone sans les vents (< 5 km)	Vernas	05,26503	45,79055	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Fraisé = 200 µm Strate 0-5 cm	23/02/2021	Sr 90 (sur compt. Pres. Centre)	1,21	1,09
1,18 km S50	Le Bagay - Zone sans les vents (< 5 km)	Vernas	05,26503	45,79055	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Fraisé = 200 µm Strate 0-5 cm	23/02/2021	mesure de Cs (Centre)	1,21	1,09
1,18 km S50	Le Bagay - Zone sans les vents (< 5 km)	Vernas	05,26503	45,79055	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Fraisé = 200 µm Strate 0-5 cm	23/02/2021	Po, Am par Sp. Alpha (Po-210, 214-210, Am-241) (Centre)	1,21	1,09
1,18 km S50	Le Bagay - Zone sans les vents (< 5 km)	Vernas	05,26503	45,79055	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Enter Strate 0 - 5 cm	23/02/2021	Granulométrie (Sec)	1,21	-
1,18 km S50	Le Bagay - Zone sans les vents (< 5 km)	Vernas	05,26503	45,79055	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Enter Strate 0 - 5 cm	23/02/2021	MO après combustion (Sec)	1,21	-
1,37 km S50	Le Bagay - Zone sans les vents (< 5 km)	Vernas	05,26188	45,77911	Herbes	Herbe de prairie perennante	Enter	04/05/2021	Gamma (Frais)	1,44	-

Rapport IRSN N° 2022-00811

Situation par rapport au C.M.P.E.	Dynamique	Commune	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Centres
2,37 km SSO	Le Bagry - Zone sans les vents (< 5 km)	Vernou	05,26188	45,77903	Herbes	Herbe de prairie permanente	Entier	04/05/2021	Gamma (Ender)	1,95	11,75
2,37 km SSO	Le Bagry - Zone sans les vents (< 5 km)	Vernou	05,26188	45,77903	Herbes	Herbe de prairie permanente	Entier	04/05/2021	H 3 (Sec)	1,94	-
2,37 km SSO	Le Bagry - Zone sans les vents (< 5 km)	Vernou	05,26188	45,77903	Herbes	Herbe de prairie permanente	Entier	04/05/2021	Phaenocitoge monotyp de l'hydrocote (Sec)	1,94	-
2,37 km SSO	Le Bagry - Zone sans les vents (< 5 km)	Vernou	05,26188	45,77903	Herbes	Herbe de prairie permanente	Entier	04/05/2021	H 3 (Sec) (Ender)	1,94	-
2,37 km SSO	Le Bagry - Zone sans les vents (< 5 km)	Vernou	05,26188	45,77903	Herbes	Herbe de prairie permanente	Entier	04/05/2021	Ps, Anopar Sp, Alpha (Ps-238, 239-240, Am-241) (Ender)	1,95	11,75
3,87 km SSO	Le Bagry - Zone sans les vents (< 5 km)	Leyrieu	05,25264	45,76533	Arbre feuillu	Théa sensible Quercus petraea	Feuilles annuelles	22/09/2021	Gamma (Ender)	2,18	14,96
3,88 km SSO	Le Bagry - Zone sans les vents (< 5 km)	Leyrieu	05,25609	45,76542	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Tamisé + 200 µm Strate 5-15 cm	23/02/2021	Gamma (Sec)	1,15	-
3,88 km SSO	Le Bagry - Zone sans les vents (< 5 km)	Leyrieu	05,25609	45,76542	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Tamisé + 200 µm Strate 0-5 cm	23/02/2021	Gamma (Sec)	1,28	-
3,88 km SSO	Le Bagry - Zone sans les vents (< 5 km)	Leyrieu	05,25609	45,76542	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Tamisé + 200 µm Strate 15-30 cm	23/02/2021	Gamma (Sec)	1,15	-
3,88 km SSO	Le Bagry - Zone sans les vents (< 5 km)	Leyrieu	05,25609	45,76542	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Entier Strate 0 - 5 cm	23/02/2021	Grandsontrie (Sec)	1,28	-
3,88 km SSO	Le Bagry - Zone sans les vents (< 5 km)	Leyrieu	05,25609	45,76542	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Entier Strate 0 - 5 cm	23/02/2021	MO après combustion (Sec)	1,28	-
3,88 km SSO	Le Bagry - Zone sans les vents (< 5 km)	Leyrieu	05,25609	45,76542	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Entier Strate 5 - 15 cm	23/02/2021	Grandsontrie (Sec)	1,15	-
3,88 km SSO	Le Bagry - Zone sans les vents (< 5 km)	Leyrieu	05,25609	45,76542	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Entier Strate 5 - 15 cm	23/02/2021	MO après combustion (Sec)	1,15	-
3,88 km SSO	Le Bagry - Zone sans les vents (< 5 km)	Leyrieu	05,25609	45,76542	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Entier Strate 15 - 30 cm	23/02/2021	Grandsontrie (Sec)	1,15	-
3,88 km SSO	Le Bagry - Zone sans les vents (< 5 km)	Leyrieu	05,25609	45,76542	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Entier Strate 15 - 30 cm	23/02/2021	MO après combustion (Sec)	1,15	-

Rapport IRSN N° 2022-00811

Situation par rapport au C.M.P.E.	Dynamique	Commune	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Centres
4,7 km E	Le Bagry - Données les vents (< 5 km)	Layrou	01,2650	45,7574	Masses terrestres	<i>Hydrophilus tripartitus</i> <i>Hydrophilus tripartitus</i>	Leser	21/01/2021	Gama (Fmk)	-	-
2,37 km O	Le Bagry - Données les vents (< 5 km) égale par les lieux du Broyer collectés en août de 2019	Layrou	01,2643	45,7567	Sols cultivés	Sol de culture	Frais 2000 (m) Sous 0 - 20 cm	21/09/2021	Gama (Fmk)	1,22	
2,37 km O	Le Bagry - Données les vents (< 5 km) égale par les lieux du Broyer collectés en août de 2019	Layrou	01,2643	45,7567	Sols cultivés	Sol de culture	Frais Sous 0 - 20 cm	21/09/2021	Sciencescivile (Fmk)	1,22	
2,37 km O	Le Bagry - Données les vents (< 5 km) égale par les lieux du Broyer collectés en août de 2019	Layrou	01,2643	45,7567	Sols cultivés	Sol de culture	Frais Sous 0 - 20 cm	21/09/2021	MO avec indication (Fmk)	1,22	
2,37 km O	Le Bagry - Données les vents (< 5 km) égale par les lieux du Broyer collectés en août de 2019	Layrou	01,2643	45,7567	Crochets	Mus Zus (Fmk)	Gross	21/09/2021	Gama (Fmk)	1,22	26,60
2,37 km O	Le Bagry - Données les vents (< 5 km) égale par les lieux du Broyer collectés en août de 2019	Layrou	01,2643	45,7567	Crochets	Mus Zus (Fmk)	Gross	21/09/2021	C-04 par St. (Biomme) (Fmk)	1,22	
2,37 km O	Le Bagry - Données les vents (< 5 km) égale par les lieux du Broyer collectés en août de 2019	Layrou	01,2643	45,7567	Crochets	Mus Zus (Fmk)	Gross	21/09/2021	C-04 par St. (Biomme) (Fmk)	1,22	
2,37 km O	Le Bagry - Données les vents (< 5 km) égale par les lieux du Broyer collectés en août de 2019	Layrou	01,2643	45,7567	Crochets	Mus Zus (Fmk)	Gross	21/09/2021	Wassat (Fmk) (17714) (Fmk)	1,22	
2,37 km O	Le Bagry - Données les vents (< 5 km) égale par les lieux du Broyer collectés en août de 2019	Layrou	01,2643	45,7567	Crochets	Mus Zus (Fmk)	Gross	21/09/2021	W-1 (Fmk)	1,22	
2,37 km O	Le Bagry - Données les vents (< 5 km) égale par les lieux du Broyer collectés en août de 2019	Layrou	01,2643	45,7567	Crochets	Mus Zus (Fmk)	Gross	21/09/2021	Wassat (Fmk) (17714) (Fmk)	1,22	

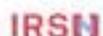
Rapport IRSN N° 2022-00811

Situation par rapport au C.M.P.E.	Dynamique	Commune	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
0,37 km/080	par-dessus les filtres collecteurs au vent de l'ISD	Le Bagay - Zone sans les vents (>5 km)	05,2644	45,8967	Céréales	Mais Zea mays	Grain	21/09/2021	H-3 fibre (Liquide)	1,48	-
0,1 km/N	Le Bagay - Zone sans les vents (>5 km)	Chazey-sur-Ain	05,26288	45,89037	Sols cultivés	Sol de céréale	Teneur < 2000 µm Sieve 0 - 20 cm	21/09/2021	Gamma (Sec)	1,21	-
0,1 km/N	Le Bagay - Zone sans les vents (>5 km)	Chazey-sur-Ain	05,26288	45,89037	Sols cultivés	Sol de céréale	Entier Sieve 0 - 20 cm	21/09/2021	Granulométrie (Sec)	1,21	-
0,1 km/N	Le Bagay - Zone sans les vents (>5 km)	Chazey-sur-Ain	05,26288	45,89037	Sols cultivés	Sol de céréale	Entier Sieve 0 - 20 cm	21/09/2021	M0 après combustion (Sec)	1,21	-
0,1 km/N	Le Bagay - Zone sans les vents (>5 km)	Chazey-sur-Ain	05,26288	45,89037	Céréales	Mais Zea mays	Grain	21/09/2021	Gamma (Cendres)	1,48	77,08
0,1 km/N	Le Bagay - Zone sans les vents (>5 km)	Chazey-sur-Ain	05,26288	45,89037	Céréales	Mais Zea mays	Grain	21/09/2021	C-14 par MS (spectrométrie de masse) (Sec)	1,51	-
0,1 km/N	Le Bagay - Zone sans les vents (>5 km)	Chazey-sur-Ain	05,26288	45,89037	Céréales	Mais Zea mays	Grain	21/09/2021	C élémentaire (Sec)	1,51	-
0,1 km/N	Le Bagay - Zone sans les vents (>5 km)	Chazey-sur-Ain	05,26288	45,89037	Céréales	Mais Zea mays	Grain	21/09/2021	Rapport relatif (13C/12) (Sec)	1,51	-
0,1 km/N	Le Bagay - Zone sans les vents (>5 km)	Chazey-sur-Ain	05,26288	45,89037	Céréales	Mais Zea mays	Grain	21/09/2021	H-3 fibre (Sec)	1,51	-
0,1 km/N	Le Bagay - Zone sans les vents (>5 km)	Chazey-sur-Ain	05,26288	45,89037	Céréales	Mais Zea mays	Grain	21/09/2021	Pourcentage molaire de l'hydrogène (Sec)	1,51	-
0,1 km/N	Le Bagay - Zone sans les vents (>5 km)	Chazey-sur-Ain	05,26288	45,89037	Céréales	Mais Zea mays	Grain	21/09/2021	H-3 fibre (Liquide)	1,51	-

- : absence de traitement. EauLyso : eau extraite par lyophilisation. ResLyso : résidu sec après lyophilisation.

Dans les tableaux terrestres suivants :

Prélèvements hors vents dominants de l'installation



Sous réserve du droit des tiers, ce document ne peut être communiqué, divulgué ou reproduit à ou par des tiers sans autorisation écrite préalable. Il est susceptible de contenir des informations confidentielles, au regard de la sécurité notamment, ou protégées au titre de la propriété intellectuelle ou de secret en matière industrielle et commerciale.

	Prélèvements sous les vents dominants de l'installation et à moins de 5 km de l'installation
	Prélèvements sous les vents dominants de l'installation et à plus de 5 km de l'installation
	Prélèvements irrigués par les eaux du Rhône collectées en aval des rejets liquides du CNPE
	Prélèvements hors vents dominants de l'installation



Figure 11 – Localisation générale des stations de prélèvement dans le milieu terrestre et dans le milieu aquatique pour le suivi radioécologique annuel du CNPE du Bugey

## 5.2.2 Résultats et interprétation

### 5.2.2.1 Radionucléides émetteurs gamma

#### 5.2.2.1.1 Radionucléides émetteurs gamma d'origine naturelle

Les résultats d'analyse par spectrométrie  $\gamma$  des activités en radionucléides d'origine naturelle dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey sont présentés dans le Tableau 44 page 112 et suivantes.

En 2021, les activités détectées dans les matrices terrestres prélevées autour du CNPE du Bugey sont proches des valeurs habituelles pour ces matrices d'après [1]. La radioactivité d'origine naturelle présente une composante tellurique prépondérante dans les sols et les végétaux. Elle est principalement due au  $^{40}\text{K}$  et, dans une moindre mesure, par les radionucléides des familles du  $^{232}\text{Th}$  et de  $^{238}\text{U}$ . Dans les sols, les activités massiques en  $^{40}\text{K}$  et en descendants du  $^{232}\text{Th}$  et du  $^{238}\text{U}$  sont en accord avec les valeurs observées en France métropolitaine [1, 17, 18]. La seconde composante, d'origine cosmogénique, est due au  $^7\text{Be}$  présent principalement dans les végétaux dont la surface foliaire est propice à la captation des retombées atmosphériques. Dans le lait de vache, le  $^{40}\text{K}$  est toujours proche de  $50 \text{ Bq.L}^{-1}$ , quels que soient l'année ou le lieu de prélèvement.

Ces résultats de mesure attestent de l'absence de biais dans les étapes de prélèvements, de préparation et de mesure des échantillons.

#### 5.2.2.1.2 Radionucléides émetteurs gamma d'origine artificielle

Les résultats d'analyse par spectrométrie  $\gamma$  des activités en radionucléides d'origine artificielle dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey sont présentés dans le Tableau 45 page 115 et suivantes.

Le  $^{137}\text{Cs}$  est quantifié dans toutes les matrices prélevées excepté les maïs prélevés à Loyettes les Brotteaux et Chazey-sur-Ain, le raisin et le vin rouge de Saint-Vulbas, les salades prélevées à Miribel ainsi que l'herbe collectée à Bressolles. Les activités en  $^{137}\text{Cs}$  détectées dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey sont dans la gamme des niveaux observés au cours des dix dernières années (Tableau 32 page 99 au Tableau 37 page 104 et exemple ci-dessous).

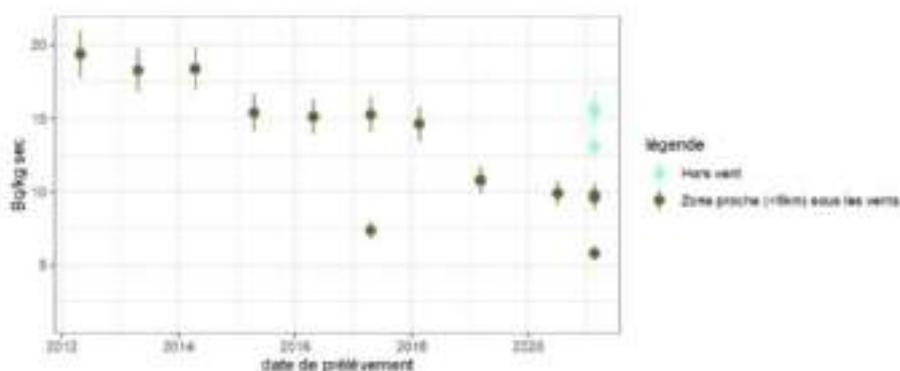


Figure 12 – Variation temporelle des activités en  $^{137}\text{Cs}$  mesurées dans les sols collectés dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey de 2012 à 2021

L' $^{133}\text{I}$  mesuré dans l'herbe prélevée à Vernas ainsi que dans les mousses terrestres collectées hors et sous les vents dominants est à un niveau d'activité inférieure au seuil de décision.

### 5.2.2.2 Radionucléides émetteurs bêta

#### 5.2.2.2.1 Tritium

Les résultats d'analyse des activités en tritium libre et en tritium organiquement lié dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey sont présentés respectivement dans le Tableau 46 page 117 et le Tableau 47 page 118.

Les activités en tritium libre et tritium organiquement lié sont proches du bruit de fond attendu en milieu terrestre hors influence d'un apport industriel local (de l'ordre de  $1 \text{ Bq.L}^{-1}$  dans une gamme allant de  $0,4$  à  $2 \text{ Bq.L}^{-1}$  pour le tritium libre et de  $0,37$  à  $1,8 \text{ Bq.L}^{-1}$  pour le tritium organiquement lié d'après [1]) à l'exception de l'échantillon de maïs prélevé sur la commune de Loyettes aux lieu-dit Les Brotteaux pour lequel les activités en tritium libre ( $6,3 \pm 1,1 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ ED}$ ) et tritium organiquement lié ( $4,50 \pm 0,90 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ EC}$ ) sont plus élevées que le bruit de fond. Ces activités démontrent la contribution des rejets liquides du CNPE au marquage de cet échantillon. En effet, les maïs prélevés à Loyettes les Brotteaux sont irrigués par les eaux du Rhône collectées en aval des rejets d'effluents liquides du CNPE. Le second maïs collecté à Sainte-Julie, lui aussi irrigué, mais par de l'eau collectée en amont du site (Proulieu), montre des activités volumiques en TED et TOL dans la gamme des valeurs attendues en dehors d'une influence industrielle locale.

Ces observations sont en accord avec les résultats des études précédentes (Figure 13 page 85 et figure 14 page 86).

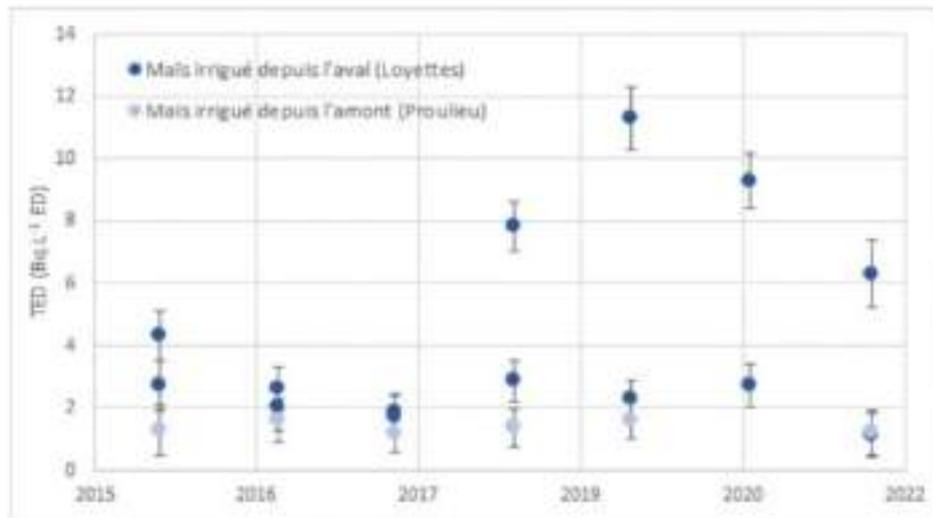


Figure 13 – Variation temporelle des activités HTO mesurées dans les maïs irrigués de la plaine de l'Ain



Figure 14 – Activités en tritium organiquement lié dans les matrices terrestres de la plaine de l'Ain, irriguée, et hors de la plaine de l'Ain

#### 5.2.2.2.2 Carbone 14

Les résultats d'analyse des activités en <sup>14</sup>C dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey sont présentés dans le tableau 48 page 119.

Les activités en <sup>14</sup>C mesurées dans les maïs, les salades ainsi que dans le lait de vache sont proches du bruit de fond attendu hors influence d'un apport industriel local (223±7 Bq.kg<sup>-1</sup> C d'après [1]).

Les activités en <sup>14</sup>C mesurées dans les prélèvements d'herbe collectés en 2021 à Leyrieu dans le cadre de la surveillance trimestrielle sont également du même ordre de grandeur et proches du bruit de fond attendu hors influence d'un apport industriel local.

#### 5.2.2.2.3 Strontium 90

Le résultat d'analyse de l'activité en <sup>90</sup>Sr dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey est présenté dans le Tableau 49 page 120.

L'activité en <sup>90</sup>Sr mesurée dans les sols non cultivés est inférieure à la valeur attendue hors influence d'un apport industriel local (essentiellement comprises entre 1,2 et 3 Bq.kg<sup>-1</sup> sec d'après [1]).

#### 5.2.2.3 Radionucléides émetteurs alpha

Les résultats d'analyse des activités en <sup>238</sup>Pu, <sup>239+240</sup>Pu et <sup>241</sup>Am dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey sont présentés dans le Tableau 50 page 121.

Les activités en <sup>239+240</sup>Pu mesurées dans l'herbe et dans les sols non cultivés s'inscrivent dans la gamme basse du bruit de fond attendu hors influence d'un apport industriel local (proche de 0,009 Bq.kg<sup>-1</sup> sec dans une gamme allant de 0,0001 à 0,01 Bq.kg<sup>-1</sup> sec pour l'herbe et essentiellement comprise entre 0,03 et 0,93 Bq.kg<sup>-1</sup> sec pour les sols d'après [1]). Les rapports d'activité <sup>241</sup>Am/<sup>239+240</sup>Pu des échantillons d'herbe, entachés d'une forte incertitude, restent caractéristiques de la signature des retombées des essais nucléaires aériens, voisine de 0,436±0,036 d'après [19, 20]. Les rapports d'activité <sup>238</sup>Pu/<sup>239+240</sup>Pu et <sup>241</sup>Am/<sup>239+240</sup>Pu des échantillons de sols non cultivés sont caractéristiques de la signature des retombées des essais nucléaires aériens, voisine de 0,028±0,002 pour <sup>238</sup>Pu/<sup>239+240</sup>Pu et de 0,436±0,036 pour <sup>241</sup>Am/<sup>239+240</sup>Pu d'après [19, 20].

## 5.3 État radiologique de l'environnement aquatique

### 5.3.1 Stratégie d'échantillonnage

La localisation des stations de prélèvement et la nature des échantillons collectés sont indiquées à la Figure 11 page 83.

Les caractéristiques (dates, stations, natures, etc.) identifiant chaque échantillon sont répertoriées dans le Tableau 31 page 88 et suivantes.

Les stations de prélèvement et la nature des échantillons permettent la comparaison des résultats avec ceux des études antérieures. Les stations en amont du site sont localisées à Sault-Brénaz, Porcieu-Amblagnieu et Serrières-de-Briord. Les résultats d'analyses de ces stations sont partagés avec le site de Creys-Maville. La zone de mélange complet est éloignée du site, au niveau de la confluence avec la rivière d'Ain. Aussi, depuis les premières études, la station de prélèvement de sédiments de Loyettes, située à 6,31 km en aval du CNPE, est placée avant la zone de mélange complet. Les sédiments y sont prélevés en rive droite pour augmenter la représentativité du prélèvement. La station de Loyettes est peu propice aux prélèvements de poissons et de phanérogame (peu de ressources). Les mousses aquatiques sont prélevées à Saint-Romain-de-Jallonas qui est également située avant la zone de mélange complet. Les stations plus en aval (Vilette-d'Anthon, Niévroz et Meyzieu) sont dans la zone de mélange complet mais aussi dans la zone de dilution du Rhône par l'Ain. Cette année, aucune phanérogame immergée n'a pu être prélevée à Balan (station aval) faute de ressource disponible.

Les pêches ont été réalisées par un pêcheur professionnel. Les mesures de radioactivité ont été réalisées sur les muscles des poissons afin d'étudier la fraction susceptible d'être consommée par l'homme et de s'affranchir du contenu du tractus gastro-intestinal. Des échantillons homogènes de poissons ont été constitués pour réaliser l'ensemble des analyses prévues. Les analyses ont été réalisées sur des barbeaux fluviatiles de taille moyenne et d'âge supérieur à 10 ans.

L'eau de boisson est collectée à Chavanoz car cette eau est potentiellement influencée par les rejets d'effluents liquides du site. Elle provient essentiellement de la nappe d'Anthon, alimentée par l'eau du Rhône, en aval du dispositif de rejet liquide du site.

L'eau d'irrigation est prélevée à Loyettes et provient de l'eau du Rhône. Cette eau est potentiellement influencée par les rejets liquides du site.

Les échantillons prélevés ont été mesurés par spectrométrie γ excepté les eaux de boissons, d'irrigation et les eaux de rivière. De l' $^{234}\text{mPa}$  est recherché dans les prélèvements de mousses aquatiques et de phanérogames. Le tritium libre, le tritium organiquement lié et le  $^3\text{H}$  ont été mesurés dans les poissons, les sédiments et les phanérogames immergées. Du tritium libre est recherché dans les eaux de boisson et d'irrigation. Du  $^{14}\text{C}$  a été mesuré dans les eaux de rivière prélevées en amont et en aval du site. Le  $^{63}\text{Ni}$  est recherché dans les mousses aquatiques et les sédiments. Le  $^{59}\text{Fe}$  est recherché dans les mousses aquatiques. La mesure de  $^{59}\text{Fe}$  n'a pas pu être réalisée dans les sédiments prélevés en amont du site car la concentration en fer stable était trop élevée.

Tableau 31 – Identification des échantillons analysés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique de 2021

Situation par rapport au C.N.P.E.	Chronique	Commune	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Commentaire	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frats/Sec	Seci/Cendres
1,39 km SO	Rhône en aval du Bugey	Loyette	05,23079	45,77518	Station de pompage ASIA de Loyette.	Eaux douces	Eau d'irrigation	Entier Filtrat < 0,2 µm	26/07/2021	H-3 libre (Liquide)	-	-
6,49 km ONO	Rhône en aval du Bugey	Chavenoz	05,14997	45,77165		Eaux douces	Eau d'adduction publique	Entier Filtrat < 0,2 µm	04/05/2021	H-3 libre (Liquide)	-	-
12,01 km amont	Rhône en amont du Bugey	Sault-Bressac	05,39858	45,86085	Rive droite	Poissons	Barbeau fluviatile Barbus barbus	Muscle	01/05/2021	Gamma (Cendre)	4,56	19,04
12,01 km amont	Rhône en amont du Bugey	Sault-Bressac	05,39858	45,86085	Rive droite	Poissons	Barbeau fluviatile Barbus barbus	Muscle	01/05/2021	C-14 par SL (Benzène) (Sec)	4,56	-
12,01 km amont	Rhône en amont du Bugey	Sault-Bressac	05,39858	45,86085	Rive droite	Poissons	Barbeau fluviatile Barbus barbus	Muscle	01/05/2021	C élémentaire (Sec)	4,56	-
12,01 km amont	Rhône en amont du Bugey	Sault-Bressac	05,39858	45,86085	Rive droite	Poissons	Barbeau fluviatile Barbus barbus	Muscle	01/05/2021	Rapport relatif C11/C12 (Sec)	4,56	-
12,01 km amont	Rhône en amont du Bugey	Sault-Bressac	05,39858	45,86085	Rive droite	Poissons	Barbeau fluviatile Barbus barbus	Muscle	01/05/2021	H-3 lib (Sec)	4,56	-
12,01 km amont	Rhône en amont du Bugey	Sault-Bressac	05,39858	45,86085	Rive droite	Poissons	Barbeau fluviatile Barbus barbus	Muscle	01/05/2021	Pourcentage molaire de l'hydrogène (Sec)	4,56	-
12,01 km amont	Rhône en amont du Bugey	Sault-Bressac	05,39858	45,86085	Rive droite	Poissons	Barbeau fluviatile Barbus barbus	Muscle	01/05/2021	H-3 libre (Liquide)	4,56	-
12,15 km amont	Rhône en amont du Bugey	Rocles-Ambagnieu	05,40953	45,85078	Rive droite canal	Sédiments	Sédiments de milieu dulcoépéicole	Entier Tamisé < 2000 µm	23/02/2021	Gamma (Sec)	2,41	-
12,15 km amont	Rhône en amont du Bugey	Rocles-Ambagnieu	05,40953	45,85078	Rive droite canal	Sédiments	Sédiments de milieu dulcoépéicole	Entier Tamisé < 2000 µm	23/02/2021	C-14 par MS (spectrométrie de masse) (Sec)	2,41	-
12,15 km amont	Rhône en amont du Bugey	Rocles-Ambagnieu	05,40953	45,85078	Rive droite canal	Sédiments	Sédiments de milieu dulcoépéicole	Entier Tamisé < 2000 µm	23/02/2021	C élémentaire (Sec)	2,41	-
12,15 km amont	Rhône en amont du Bugey	Rocles-Ambagnieu	05,40953	45,85078	Rive droite canal	Sédiments	Sédiments de milieu dulcoépéicole	Entier Tamisé < 2000 µm	23/02/2021	Rapport relatif C11/C12 (Sec)	2,41	-
12,15 km amont	Rhône en amont du Bugey	Rocles-Ambagnieu	05,40953	45,85078	Rive droite canal	Sédiments	Sédiments de milieu dulcoépéicole	Entier Tamisé < 2000 µm	23/02/2021	H-3 lib (Sec)	2,41	-

Situation par rapport au C.N.P.E.	Chronique	Commune	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Commentaire	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Seci/Cendres
12,15 km amont	Rhône en amont du Bugey	Porcieu-Ambagnieu	05,40955	45,05008	Rive droite canal	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier Tamisif < 2000 µm	23/02/2021	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	2,41	-
12,15 km amont	Rhône en amont du Bugey	Porcieu-Ambagnieu	05,40955	45,05008	Rive droite canal	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	23/02/2021	H-1 fibre (Liquide)	2,43	-
12,15 km amont	Rhône en amont du Bugey	Porcieu-Ambagnieu	05,40955	45,05008	Rive droite canal	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier Tamisif < 2000 µm	23/02/2021	Ni-63 par Sc. Liq. (cendres) (Cendre)	2,43	1,00
12,15 km amont	Rhône en amont du Bugey	Porcieu-Ambagnieu	05,40955	45,05008	Rive droite canal	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	23/02/2021	Granulométrie (Sec)	2,41	-
12,15 km amont	Rhône en amont du Bugey	Porcieu-Ambagnieu	05,40955	45,05008	Rive droite canal	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	23/02/2021	M0 après combustion (Sec)	2,41	-
12,15 km amont	Rhône en amont du Bugey	Porcieu-Ambagnieu	05,40955	45,05000		Eaux douces	Eau de cours d'eau	Entier	04/05/2021	C-14 (générique) (Sec)	5555,56	-
12,15 km amont	Rhône en amont du Bugey	Porcieu-Ambagnieu	05,40955	45,05000		Eaux douces	Eau de cours d'eau	Entier Filtrat < 0,2 µm	04/05/2021	C élémentaire (Liquide)	-	-
12,15 km amont	Rhône en amont du Bugey	Porcieu-Ambagnieu	05,40955	45,05000		Eaux douces	Eau de cours d'eau	Entier Filtrat < 0,2 µm	04/05/2021	Rapport relatif C13/C12 (Liquide)	-	-
12,24 km amont	Rhône en amont du Bugey	Sault-Bronaz	05,40613	45,05641	Rive droite	Mousses aquatiques	Cinclidonus fontinalis Cinclidonus fontinaloides (Redw.) P. Beauv.	Entier	31/08/2021	Gamma (Frais)	4,01	-
12,24 km amont	Rhône en amont du Bugey	Sault-Bronaz	05,40613	45,05641	Rive droite	Mousses aquatiques	Cinclidonus fontinalis Cinclidonus fontinaloides (Redw.) P. Beauv.	Entier	31/08/2021	Gamma (Cendre)	5,24	6,02
12,24 km amont	Rhône en amont du Bugey	Sault-Bronaz	05,40613	45,05641	Rive droite	Mousses aquatiques	Cinclidonus fontinalis Cinclidonus fontinaloides (Redw.) P. Beauv.	Entier	31/08/2021	Fe-55 par Sc. (Cendre)	5,24	6,02
12,24 km amont	Rhône en amont du Bugey	Sault-Bronaz	05,40613	45,05641	Rive droite	Mousses aquatiques	Cinclidonus fontinalis Cinclidonus fontinaloides (Redw.) P. Beauv.	Entier	31/08/2021	Ni-63 par Sc. Liq. (cendres) (Cendre)	5,24	6,02
13,32 km amont	Rhône en amont du Bugey	Serrières-de-Briord	05,43758	45,02847	Rive droite	Phanérogames immergées	Myriophylle Myriophyllum spicatum L.	Entier	01/09/2021	Gamma (Frais)	11,72	-
13,32 km amont	Rhône en amont du Bugey	Serrières-de-Briord	05,43758	45,02847	Rive droite	Phanérogames immergées	Myriophylle Myriophyllum spicatum L.	Entier	01/09/2021	Gamma (Cendre)	18,06	3,83
13,32 km amont	Rhône en amont du Bugey	Serrières-de-Briord	05,43758	45,02847	Rive droite	Phanérogames immergées	Myriophylle Myriophyllum spicatum L.	Entier	01/09/2021	C-14 par MS (spectrométrie de masse) (Sec)	11,72	-
13,32 km amont	Rhône en amont du Bugey	Serrières-de-Briord	05,43758	45,02847	Rive droite	Phanérogames immergées	Myriophylle Myriophyllum spicatum L.	Entier	01/09/2021	C élémentaire (Sec)	11,72	-

Situation par rapport au C.N.P.E.	Chronique	Commune	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Commentaire	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frans/Sec	Seci/Canthres
11,12 km amont	Rhône en amont du Bugy	Sermières-de-Billard	05,41758	45,82947	Rive droite	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum</i> L.	Entier	01/09/2021	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	11,72	-
11,12 km amont	Rhône en amont du Bugy	Sermières-de-Billard	05,41758	45,82947	Rive droite	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum</i> L.	Entier	01/09/2021	H-3108 (Sec)	11,72	-
11,12 km amont	Rhône en amont du Bugy	Sermières-de-Billard	05,41758	45,82947	Rive droite	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum</i> L.	Entier	01/09/2021	Pourcentage molaire de l'hydrogène (Sec)	11,72	-
11,12 km amont	Rhône en amont du Bugy	Sermières-de-Billard	05,41758	45,82947	Rive droite	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum</i> L.	Entier	01/09/2021	H-3 libre (Liquide)	11,72	-
5,77 km aval	Rhône en aval du Bugy	Saint-Romain-de-Jalionas	05,20881	45,77103	Rive gauche	Algues aquatiques	Fonctuale <i>Fonctualia utopagnetta</i> Nedw.	Entier	01/09/2021	Gamma (Frais)	4,03	-
5,77 km aval	Rhône en aval du Bugy	Saint-Romain-de-Jalionas	05,20881	45,77103	Rive gauche	Algues aquatiques	Fonctuale <i>Fonctualia utopagnetta</i> Nedw.	Entier	01/09/2021	Gamma (Cristal)	7,72	4,03
5,77 km aval	Rhône en aval du Bugy	Saint-Romain-de-Jalionas	05,20881	45,77103	Rive gauche	Algues aquatiques	Fonctuale <i>Fonctualia utopagnetta</i> Nedw.	Entier	01/09/2021	Te-75 par SL (Cristal)	7,72	4,03
5,77 km aval	Rhône en aval du Bugy	Saint-Romain-de-Jalionas	05,20881	45,77103	Rive gauche	Algues aquatiques	Fonctuale <i>Fonctualia utopagnetta</i> Nedw.	Entier	01/09/2021	Ri-63 par Sc. (30 cristaux) (Cristal)	7,72	4,03
6,1 km aval	Rhône en aval du Bugy	Loyettes	05,19972	45,77219	Rive droite	Eau douce	Eau de cours d'eau	Entier	06/05/2021	C-14 (spectrométrie Dec)	816,20	-
6,1 km aval	Rhône en aval du Bugy	Loyettes	05,19972	45,77219	Rive droite	Eau douce	Eau de cours d'eau	Entier Filtrat < 0.2 µm	06/05/2021	Célérestaire (Liquide)	-	-
6,1 km aval	Rhône en aval du Bugy	Loyettes	05,19972	45,77219	Rive droite	Eau douce	Eau de cours d'eau	Entier Filtrat < 0.2 µm	06/05/2021	Rapport relatif C13/C12 (Liquide)	-	-
6,31 km aval	Rhône en aval du Bugy	Loyettes	05,19966	45,77222	Rive droite	Sédiments	Sédiments de vifieu ducaquicole	Entier Fumose < 2000 µm	23/02/2021	Gamma (Sec)	1,40	-
6,31 km aval	Rhône en aval du Bugy	Loyettes	05,19966	45,77222	Rive droite	Sédiments	Sédiments de vifieu ducaquicole	Entier Fumose < 2000 µm	23/02/2021	C-14 par MS (spectrométrie de masse) (Sec)	1,40	-
6,31 km aval	Rhône en aval du Bugy	Loyettes	05,19966	45,77222	Rive droite	Sédiments	Sédiments de vifieu ducaquicole	Entier Fumose < 2000 µm	23/02/2021	Célérestaire (Sec)	1,40	-
6,31 km aval	Rhône en aval du Bugy	Loyettes	05,19966	45,77222	Rive droite	Sédiments	Sédiments de vifieu ducaquicole	Entier Fumose < 2000 µm	23/02/2021	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	1,40	-

Situation par rapport au C.N.P.E	Chronique	Commune	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Commentaire	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
6,31 km aval	Rhône en aval du barrage	Lapalisse	25,19066	45,77222	Rive droite	Sédiments	Sédiments de rivières décapésolée	Entier Terre + 2000 µm	23/02/2021	H-106 (Sec)	1,40	-
6,31 km aval	Rhône en aval du barrage	Lapalisse	25,19066	45,77222	Rive droite	Sédiments	Sédiments de rivières décapésolée	Entier Terre + 2000 µm	23/02/2021	Pourcentage relatif par lit hydrologique (Sec)	1,40	-
6,31 km aval	Rhône en aval du barrage	Lapalisse	25,19066	45,77222	Rive droite	Sédiments	Sédiments de rivières décapésolée	Entier	23/02/2021	H-3166 (Dépôt)	1,40	-
6,31 km aval	Rhône en aval du barrage	Lapalisse	25,19066	45,77222	Rive droite	Sédiments	Sédiments de rivières décapésolée	Entier Terre + 2000 µm	23/02/2021	Fe-50 par SL (cendre)	1,40	1,00
6,31 km aval	Rhône en aval du barrage	Lapalisse	25,19066	45,77222	Rive droite	Sédiments	Sédiments de rivières décapésolée	Entier Terre + 2000 µm	23/02/2021	Ni-63 par Sc. 50 (cendres) (cendre)	1,40	1,00
6,31 km aval	Rhône en aval du barrage	Lapalisse	25,19066	45,77222	Rive droite	Sédiments	Sédiments de rivières décapésolée	Entier	23/02/2021	Granulométrie (Sec)	1,40	-
6,31 km aval	Rhône en aval du barrage	Lapalisse	25,19066	45,77222	Rive droite	Sédiments	Sédiments de rivières décapésolée	Entier	23/02/2021	MO après combustion (Sec)	1,40	-
10,26 km aval	Rhône en aval du barrage	Villefranche-d'Auvergne	25,11122	45,80034	Rive droite	Poissons	Barbus fluviatilis Barbus barbus	Muscle	04/05/2021	Carence (Cendre)	4,83	18,21
10,26 km aval	Rhône en aval du barrage	Villefranche-d'Auvergne	25,11122	45,80034	Rive droite	Poissons	Barbus fluviatilis Barbus barbus	Muscle	04/05/2021	C-14 par SL (Benzène) (Sec)	4,83	-
10,26 km aval	Rhône en aval du barrage	Villefranche-d'Auvergne	25,11122	45,80034	Rive droite	Poissons	Barbus fluviatilis Barbus barbus	Muscle	04/05/2021	C-13 par SL (Benzène) (Sec)	4,83	-
10,26 km aval	Rhône en aval du barrage	Villefranche-d'Auvergne	25,11122	45,80034	Rive droite	Poissons	Barbus fluviatilis Barbus barbus	Muscle	04/05/2021	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	4,83	-
10,26 km aval	Rhône en aval du barrage	Villefranche-d'Auvergne	25,11122	45,80034	Rive droite	Poissons	Barbus fluviatilis Barbus barbus	Muscle	04/05/2021	H-106 (Sec)	4,83	-
10,26 km aval	Rhône en aval du barrage	Villefranche-d'Auvergne	25,11122	45,80034	Rive droite	Poissons	Barbus fluviatilis Barbus barbus	Muscle	04/05/2021	Pourcentage relatif par lit hydrologique (Sec)	4,83	-
10,26 km aval	Rhône en aval du barrage	Villefranche-d'Auvergne	25,11122	45,80034	Rive droite	Poissons	Barbus fluviatilis Barbus barbus	Muscle	04/05/2021	H-3166 (Dépôt)	4,83	-
14,13 km aval	Rhône en aval du barrage	Mérolles	25,89942	45,81229	Rive droite	Sédiments	Sédiments de rivières décapésolée	Entier Terre + 2000 µm	23/02/2021	Gamme (Sec)	1,40	-
14,13 km aval	Rhône en aval du barrage	Mérolles	25,89942	45,81229	Rive droite	Sédiments	Sédiments de rivières décapésolée	Entier	23/02/2021	Granulométrie (Sec)	1,40	-

Situation par rapport au C.N.P.E.	Chronique	Commune	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Commentaire	Nature	Espèce	Fraction	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec.	Sec/Cendres
14,13 km aval	Rhône en aval du Bagny	Reyrieu	05,88942	-45,81229	Rive droite	Sédiments	Sédiments de rivières dulcoquaires	Estier	23/02/2021	NO azotés (concentration) (Sec)	1,48	-
19,19 km aval	Rhône en aval du Bagny	Reyrieu	05,92381	-45,78827	Rive gauche	Prasinogamies immergées	Hydrophyte <i>Hydracanthum spicatum</i> L.	Estier	01/09/2021	Gamma (Frais)	9,42	-
19,19 km aval	Rhône en aval du Bagny	Reyrieu	05,92381	-45,78827	Rive gauche	Prasinogamies immergées	Hydrophyte <i>Hydracanthum spicatum</i> L.	Estier	01/09/2021	Gamma (Cendres)	11,98	1,77
19,19 km aval	Rhône en aval du Bagny	Reyrieu	05,92381	-45,78827	Rive gauche	Prasinogamies immergées	Hydrophyte <i>Hydracanthum spicatum</i> L.	Estier	01/09/2021	C 14 par AS (pas traitement de rince) (Sec)	9,42	-
19,19 km aval	Rhône en aval du Bagny	Reyrieu	05,92381	-45,78827	Rive gauche	Prasinogamies immergées	Hydrophyte <i>Hydracanthum spicatum</i> L.	Estier	01/09/2021	C élémentaire (Sec)	9,42	-
19,19 km aval	Rhône en aval du Bagny	Reyrieu	05,92381	-45,78827	Rive gauche	Prasinogamies immergées	Hydrophyte <i>Hydracanthum spicatum</i> L.	Estier	01/09/2021	Rapport relatif C11/C12 (Sec)	9,42	-
19,19 km aval	Rhône en aval du Bagny	Reyrieu	05,92381	-45,78827	Rive gauche	Prasinogamies immergées	Hydrophyte <i>Hydracanthum spicatum</i> L.	Estier	01/09/2021	H 316 (Sec)	9,42	-
19,19 km aval	Rhône en aval du Bagny	Reyrieu	05,92381	-45,78827	Rive gauche	Prasinogamies immergées	Hydrophyte <i>Hydracanthum spicatum</i> L.	Estier	01/09/2021	Pourcentage molaire de l'hydrogène (Sec)	9,42	-
19,19 km aval	Rhône en aval du Bagny	Reyrieu	05,92381	-45,78827	Rive gauche	Prasinogamies immergées	Hydrophyte <i>Hydracanthum spicatum</i> L.	Estier	01/09/2021	R 1 litre (Liquide)	9,42	-
19,2 km aval	Rhône en aval du Bagny	Reyrieu	05,92385	-45,78817	Rive gauche	Algues aquatiques	Cicciobolus fontinale <i>Cicciobolus fontinaloides</i> (Détw.) P. Bataz.	Estier	01/09/2021	Gamma (Frais)	2,91	-
19,2 km aval	Rhône en aval du Bagny	Reyrieu	05,92385	-45,78817	Rive gauche	Algues aquatiques	Cicciobolus fontinale <i>Cicciobolus fontinaloides</i> (Détw.) P. Bataz.	Estier	01/09/2021	Gamma (Cendres)	1,99	3,18

- : absence de traitement.

Dans les tableaux aquatiques suivants :

Prélèvements en amont du dispositif de rejets des effluents liquides
Prélèvements en aval du dispositif de rejets des effluents liquides
Prélèvements d'eau en aval du dispositif de rejet des effluents liquides

## 5.3.2 Résultats et interprétation

### 5.3.2.1 Radionucléides émetteurs gamma

#### 5.3.2.1.1 Radionucléides émetteurs gamma d'origine naturelle

Les résultats d'analyse par spectrométrie  $\gamma$  des activités en radionucléides d'origine naturelle dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey sont présentés dans le Tableau 52 page 123.

En 2021, la radioactivité d'origine naturelle détectée dans les sédiments, les végétaux et les poissons est proche des valeurs habituelles pour ces matrices [1]. La radioactivité est essentiellement liée à la présence du  $^{40}\text{K}$  dans l'ensemble des matrices échantillonnées. Les activités en  $^{40}\text{K}$  dans les poissons sont en accord avec les valeurs attendues pour ces animaux dont la teneur en potassium est physiologiquement régulée (activité massique toujours proche de  $100 \text{ Bq.kg}^{-1}$  frais). Les éléments des familles de  $^{238}\text{U}$  et du  $^{232}\text{Th}$  ainsi que le  $^7\text{Be}$  sont détectés dans les sédiments et les végétaux.

Ces résultats de mesure attestent de l'absence de biais dans les étapes de prélèvements, de préparation et de mesure des échantillons.

#### 5.3.2.1.2 Radionucléides émetteurs gamma d'origine artificielle

Les résultats d'analyse par spectrométrie  $\gamma$  des activités en radionucléides d'origine artificielle dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey sont présentés dans le Tableau 53 page 124.

Le  $^{137}\text{Cs}$  est présent dans tous les échantillons prélevés en milieu aquatique avec des activités s'inscrivant dans la gamme des niveaux observés au cours des dix dernières années (Tableau 39 page 106 au Tableau 42 page 109). On notera que, dans toutes les matrices prélevées, compte tenu des incertitudes de mesure, l'activité du  $^{137}\text{Cs}$  est similaire entre l'amont et l'aval, à l'exception des sédiments prélevés en amont, lesquels présentent un niveau d'activité ( $6,40 \pm 0,50 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ ) supérieur à celui mesuré en aval proche ( $1,37 \pm 0,14 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ ).

De  $^{110m}\text{Ag}$  est observé exclusivement dans les sédiments et les mousses aquatiques prélevés en aval du CNPE du Bugey mais à des niveaux proches des seuils de décisions observés en amont. En revanche, du  $^{60}\text{Co}$  et du  $^{63}\text{Co}$  sont aussi quantifiés exclusivement dans les phanérogames prélevés en aval du site ainsi que dans les mousses aquatiques prélevées à Meyzieu et Saint-Romain-de-Jallonas mais cette fois avec des détections plus élevées que les seuils de décisions de l'amont. Ces éléments témoignent de l'influence des rejets liquides autorisés du CNPE de Bugey comme observé ces dernières années (Figures ci-dessous).

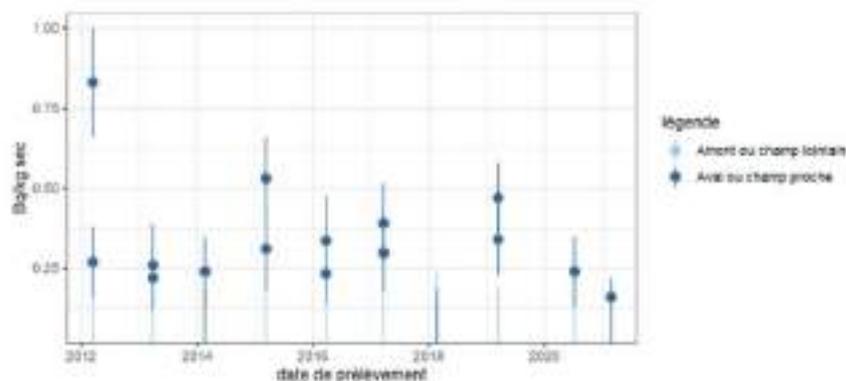


Figure 15 – Variation temporelle des activités en  $^{110m}\text{Ag}$  détecté par spectrométrie  $\gamma$  dans les sédiments collectés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey de 2012 à 2021

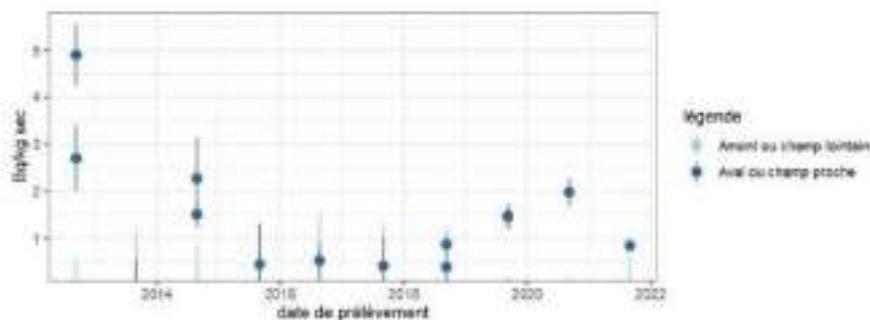


Figure 16 – Variation temporelle des activités en  $^{60}\text{Co}$  détecté par spectrométrie  $\gamma$  dans les phanérogames collectées dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey de 2012 à 2021

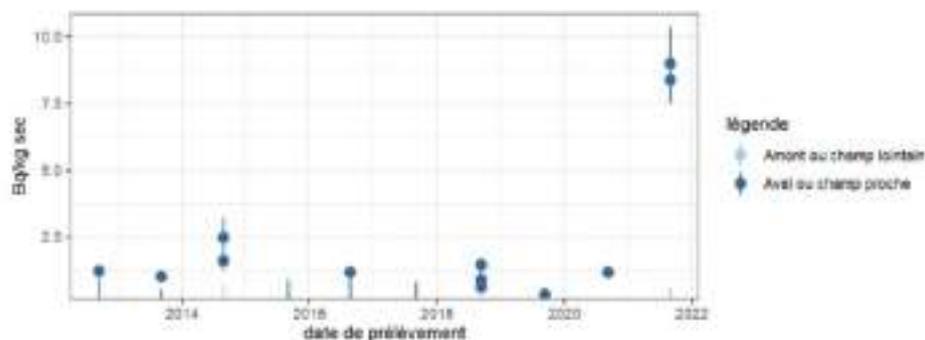


Figure 17 – Variation temporelle des activités en  $^{59}\text{Co}$  détecté par spectrométrie  $\gamma$  dans les phanérogames collectées dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey de 2012 à 2021

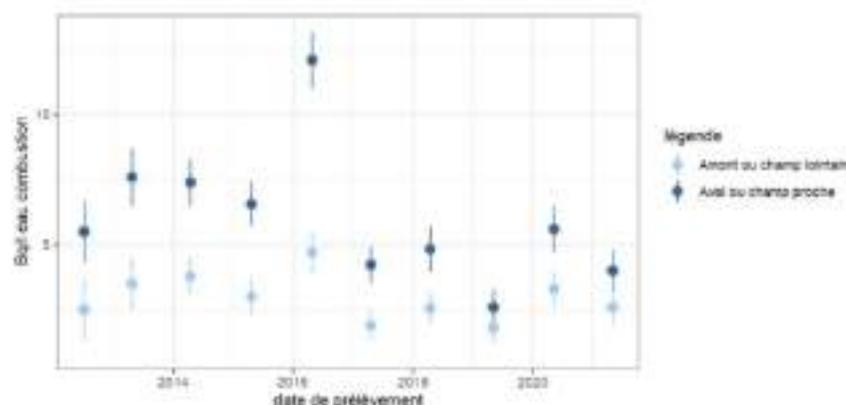


Figure 19 – Variation temporelle des activités du tritium organiquement lié détecté dans les poissons pêchés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey de 2012 à 2021

Pour les sédiments, les activités en tritium organiquement lié, plus élevées en amont qu'en aval du site, sont plus faibles que la gamme des niveaux observés les années précédentes (Tableau 39 page 106). Ces activités s'expliquent par les rejets passés de l'industrie horlogère dans le Haut-Rhône ainsi que par les rejets passés du site en démantèlement de Creys-Malville et du CNPE du Bugey.

#### 5.3.2.2.2 Carbone 14

Les résultats d'analyse des activités en <sup>14</sup>C dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey sont présentés dans le Tableau 56 page 127.

Les activités en <sup>14</sup>C mesurées dans les sédiments, les phanérogames immergées et les eaux de rivière sont proches de la valeur caractéristique d'un milieu fluvial non soumis à des rejets d'effluents radioactifs [inférieure à 220 Bq.kg<sup>-1</sup> C d'après [1]], aussi bien en amont qu'en aval. En revanche, les activités en <sup>14</sup>C mesurées dans les prélèvements de poissons sont supérieures aux valeurs caractéristiques d'un environnement non soumis à des rejets industriels, [1]). Même si cette année la valeur mesurée dans les poissons en aval ne s'écarte pas significativement de celle mesurée dans les poissons collectés en amont ; les années précédentes, mise à part en 2019, il y avait toujours plus de <sup>14</sup>C dans les poissons collectés en aval du site (Figure 20 page 97). Aussi, un marquage par les rejets liquides du CNPE de Bugey est mis en évidence.

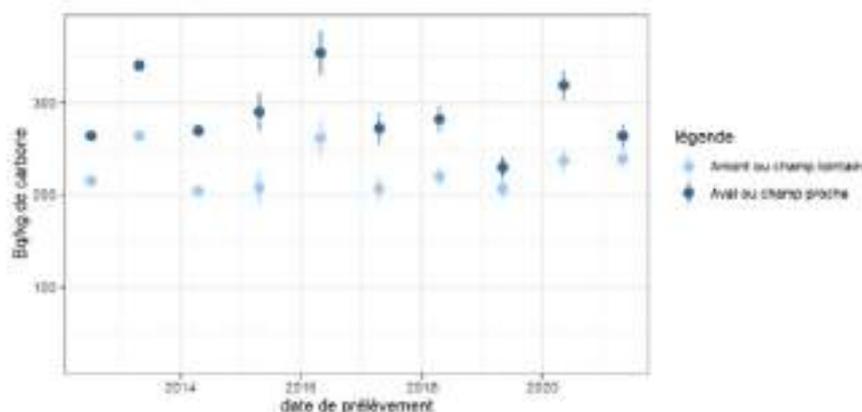


Figure 20 – Variation temporelle des activités du  $^{14}\text{C}$  détecté dans les poissons pêchés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey de 2012 à 2021

#### 5.3.2.2.3 Nickel 63 et Fer 55

Les résultats d'analyse des activités en  $^{63}\text{Ni}$  et  $^{55}\text{Fe}$  dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey sont présentés respectivement dans le Tableau 57 page 128 et le Tableau 58 page 128.

Les activités en  $^{63}\text{Ni}$  mesurées dans les mousses aquatiques ne présentent pas de différence significative entre les mesures réalisées à l'amont ( $0,226 \pm 0,070 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ ) et à l'aval ( $0,39 \pm 0,11 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ ). Les activités en  $^{63}\text{Ni}$  mesurées dans les sédiments sont inférieures au seuil de décision. Les activités en  $^{55}\text{Fe}$  mesurées dans les mousses sont inférieures au seuil de décision, aussi bien en amont qu'en aval du CNPE. La technique de mesure du  $^{55}\text{Fe}$  fournit pour ces échantillons des limites de détection trop élevées pour affiner le diagnostic.

## 5.4 Conclusion de l'état radiologique de l'environnement du CNPE du Bugey

En 2021, la radioactivité d'origine naturelle reste équivalente à celle observée avant la mise en service industrielle du CNPE. Le  $^{40}\text{K}$  est le radionucléide d'origine naturelle prépondérant dans tous les échantillons.

La radioactivité gamma d'origine artificielle du milieu terrestre est exclusivement imputable au  $^{137}\text{Cs}$ . La présence de ce radionucléide artificiel dans l'environnement terrestre est essentiellement liée aux retombées des essais nucléaires et de Tchernobyl.

Les activités en tritium libre et en tritium organiquement lié mesurées dans l'herbe, les salades et le lait de vache ne mettent pas en évidence de marquage lié aux rejets d'effluent à l'atmosphère. Il en est de même pour les grains de maïs prélevés à Loyettes Carrières et Chazey-sur-Ain. En revanche, pour les grains prélevés à Loyettes les Brotteaux, les activités en tritium libre et en tritium organiquement lié mesurées sont supérieures au bruit de fond. Le marquage observé sur ces grains de maïs est consécutif aux marquages des eaux d'irrigation par les rejets d'effluents liquides du CNPE du Bugey.

L'activité en  $^{14}\text{C}$  mesurée dans les salades et le maïs prélevé à Chazey-sur-Ain est proche du bruit de fond radiologique sur le territoire français hors influence industrielle. En 2020 un marquage du maïs irrigué par les rejets liquides du CNPE était mis en évidence.

Dans le domaine aquatique, l'activité en  $^{131}\text{I}$  mesurée dans les phanérogames immergées provient très probablement des services de médecine nucléaire implantés en amont même si une contribution du CNPE de Bugey ne peut être exclue. Le marquage par les rejets d'effluents liquides du CNPE du Bugey est mis en évidence en 2021 par la détection des  $^{60}\text{Co}$  et  $^{59}\text{Co}$  dans les phanérogames immergées et les mousses aquatiques prélevées en aval du site. L' $^{110m}\text{Ag}$  est détecté dans les sédiments et les mousses aquatiques prélevés en aval du CNPE du Bugey. L'activité en tritium organiquement lié mesurée dans les poissons et les phanérogames immergées, supérieure au bruit de fond attendu et avec une activité plus élevée en aval qu'en amont, témoigne d'un marquage des eaux du Rhône par les rejets d'effluents liquides tritiés du CNPE de Bugey et du site en démantèlement de Creys-Malville. Un marquage des eaux du Rhône par des rejets passés de l'industrie horlogère mais aussi par les rejets liquides tritiés du CNPE du Bugey et du site en démantèlement de Creys-Malville est également mis en évidence par les sédiments qui présentent des activités élevées en tritium libre dans le prélèvement réalisé en aval du site et en tritium organiquement lié dans le prélèvement amont. L'activité en  $^{14}\text{C}$  mesurée dans les poissons pêchés en aval du site atteste également d'un marquage par les rejets d'effluents liquides du site du Bugey.



**Tableau 33 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  des échantillons de mousses collectés dans l'environnement terrestre du site du Bugey lors du suivi radioécologique annuel de 2012 à 2021**

Année	2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2021	
Fraction	Entier		Parties aériennes		Parties aériennes													
Chronique	Le Bugey - zone hors vents dominants (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (> 5 km)	Le Bugey - zone hors vents dominants (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (> 5 km)	Le Bugey - zone hors vents dominants (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (> 5 km)	Le Bugey - zone hors vents dominants (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (> 5 km)	Le Bugey - zone hors vents dominants (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (> 5 km)	Le Bugey - zone hors vents dominants (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (> 5 km)	Le Bugey - zone hors vents dominants (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (> 5 km)	Le Bugey - zone hors vents dominants (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (> 5 km)	Le Bugey - zone hors vents dominants (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (> 5 km)
Émetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.kg <sup>-1</sup> .sec)																		
<sup>137</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>134</sup> Cs	2,50 (1/1)	4,5 (1/1)	2,54 (1/1)	7,21 (1/1)	3,31 (1/1)	4,84 (1/1)	3,53 (1/1)	5,45 (1/1)	1,16 (1/1)	3,79 (1/1)	1,67 (1/1)	2,54 (1/1)	4,90 (1/1)	1,5 (1/1)	2,69 (1/1)	2,14 (1/1)	-	-
<sup>60</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>137m</sup> Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>137m</sup> Ba	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>137m</sup> Sr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>137m</sup> Sr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(n)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- : inférieur au seuil de décision.

**Tableau 34 – Activités en radionucléides des échantillons d'herbe collectés dans l'environnement terrestre du site du Bugey lors du suivi radioécologique annuel de 2012 à 2021**

Année	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021		
Fraction	Parties aériennes		Parties aériennes									
Chronique	Le Bugey - zone sous les vents (> 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (> 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (> 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (> 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (> 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (> 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (> 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (> 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (> 5 km)	Le Bugey - zone hors vents directs (> 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	
<b>Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.kg<sup>-1</sup>.sec)</b>												
<sup>137</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	
<sup>134</sup> Cs	-	0,123 (1/1)	0,367 (1/1)	0,312 (1/1)	0,164 (1/1)	0,117 (1/1)	0,024 (1/1)	-	n.a.	-	0,073 (1/1)	
<sup>137</sup> Ba	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	
<sup>132</sup> I	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	
<sup>109</sup> Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	
<sup>140</sup> La	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	
<sup>138</sup> Ba	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	
<sup>134</sup> Ce	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	
<sup>135</sup> Ce	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	
<sup>137</sup> La	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-	
<b>Emetteurs beta (<sup>3</sup>H libre : Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de désactivation, <sup>3</sup>H H<sub>2</sub>O : Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de combustion, <sup>14</sup>C : Bq.kg<sup>-1</sup>.C)</b>												
<sup>3</sup> H libre	n.a.	n.a.	n.a.	1,60 (1/1)	1,30 (1/1)	1,48-2,45 (2/2)	1,00 (1/1)	1,60 (1/1)	n.a.	n.a.	2,30 (1/1)	
<sup>3</sup> H H <sub>2</sub> O	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,30 (1/1)	1,15-1,76 (2/2)	1,26 (1/1)	1,20 (1/1)	n.a.	n.a.	1,80 (1/1)	
<sup>14</sup> C	229,9 (1/1)	230,2 (1/1)	226,9 (1/1)	227-211,5 (4/4)	219-233 (5/5)	226-234 (6/6)	227,4-261 (3/3)	238-275 (4/4)	214-229 (3/3)	n.a.	229-226 (4/4)	
<b>Emetteurs alpha (Bq.kg<sup>-1</sup>.sec)</b>												
<sup>239</sup> Pu	n.a.	0,000151 (1/1)	0,000210 (1/1)	0,00076 (1/1)								
<sup>240</sup> Pu	n.a.	-	-	-								
<sup>241</sup> Am	n.a.	0,000119 (1/1)	0,000170 (1/1)	0,00046 (1/1)								

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

**Tableau 35 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  et  $\beta$  des échantillons de salade collectés dans l'environnement terrestre du site du Bugey lors du suivi radioécologique annuel de 2012 à 2021**

Année	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Fraction	Feuilles	Feuilles annuelles	Parties aériennes	Parties aériennes						
Chronique	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone hors vents dominants (>5 km)
<b>Émetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.kg<sup>-1</sup>.sec)</b>										
<sup>137</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>134</sup> Cs	0,25 (1/1)	-	0,28 (1/1)	0,28 (1/1)	0,32 (1/1)	0,175 (1/1)	0,64 (1/1)	0,89 (1/1)	-	0,360 (1/2)
<sup>137</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>132</sup> Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>137m</sup> Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>137m</sup> La	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>137m</sup> Sr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>137m</sup> Zr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<sup>137</sup> Y	n.a.									
<b>Émetteurs beta (<sup>3</sup>H libre : Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de dessiccation, <sup>3</sup>H lié : Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de combustion, <sup>14</sup>C : Bq.kg<sup>-1</sup>.C)</b>										
<sup>3</sup> H libre	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,90 (1/1)	1,75 (1/1)	1,63 (1/1)	1,10 (1/1)	1,20 (1/1)	1 (1/2)
<sup>3</sup> H lié	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,42 (1/1)	1,63 (1/1)	1,70 (1/1)	2,2 (1/1)	2,1 (1/1)	1,5-1,9 (2/2)
<sup>14</sup> C	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	219 (1/1)	211 (1/1)	227 (1/1)	333 (1/1)	333 (1/1)	221,7-230 (2/2)

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



**Tableau 37 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  et  $\beta$  des échantillons de lait collectés dans l'environnement terrestre du site du Bugey lors des études radioécologiques de 2012 à 2021**

Année	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
Fraction	Entier										
Chronique	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone hors vents dominants (>5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)
<b>Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.L<sup>-1</sup>)</b>											
<sup>137</sup> Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-
<sup>134</sup> Cs	0,0228 (1/1)	0,0232 (1/1)	0,0256 (1/1)	0,0099 (1/1)	0,0132 (1/1)	0,0172 (1/1)	0,0223 (1/1)	0,0159 (1/1)	n.a.	0,0182 (1/1)	0,0132 (1/1)
<sup>137</sup> Cd	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-
<sup>134</sup> Cd	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-
<sup>109</sup> Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-
<sup>135</sup> Sr	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-
<sup>132</sup> I	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-
<sup>131</sup> I	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-
<sup>113</sup> mIn	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
<b>Emetteurs beta (<sup>3</sup>H libre : Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de décaction, <sup>3</sup>H lié : Bq.L<sup>-1</sup> d'eau de combustion, <sup>14</sup>C : Bq.kg<sup>-1</sup> C, autres : Bq.L<sup>-1</sup>)</b>											
<sup>3</sup> H libre	1,20 (1/1)	0,90 (1/1)	1,00 (1/1)	-	0,60 (1/1)	1,22 (1/1)	-	0,90 (1/1)	-	n.a.	1,10 (1/1)
<sup>3</sup> H lié	1,10 (1/1)	-	1,62 (1/1)	0,80 (1/1)	1,60 (1/1)	-	-	1,90 (1/1)	n.a.	n.a.	2,30 (1/1)
<sup>14</sup> C	n.a.	n.a.	n.a.	228-230 (6/4)	229-238 (6/6)	226-233 (6/4)	237 (1/1)	229 (1/1)	224 (1/1)	n.a.	220 (1/1)
<sup>90</sup> Sr	n.a.	n.a.	n.a.	0,0404 (1/1)	0,0279 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

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

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/Sec	Date de mesure	‰	Famille du $^{90}\text{Sr}$		Famille de l' $^{137}\text{Cs}$		TBe	Unité
										$^{90}\text{Y}$	$^{90}\text{Zr}$	$^{137}\text{Ba}$	$^{137}\text{La}$		
<b>Rhytidodermis trapezica</b>															
Le Bugey - zone sous les vents (< 3 km)	Saint-Yrieux	06/11/2021	Bouteille alcoolisée	Vin rouge	Entier	Centre	45,77	02/12/2021	1.110e180	± 1,8	± 2,1	± 32	4,0±1,5	22,0±2,2	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le Bugey - zone hors vents (hors vents) (>5 km)	Le Montcelier	29/06/2021	Produits laitiers	Lait de vache	Entier	Centre	8,23	13/09/2021	48,7±4,2	± 0,020	± 0,031	± 0,39	± 0,039	± 0,067	Bq.l <sup>-1</sup>
Le Bugey - zone hors vents (hors vents) (>5 km)	Luyettes	30/06/2021	Produits laitiers	Lait de vache	Entier	Centre	8,44	12/10/2021	48,8±1,9	± 0,018	± 0,029	± 0,35	± 0,047	± 0,087	Bq.l <sup>-1</sup>

n.a : non analysé.

**Tableau 45 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  d'origine artificielle mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site du Bugey lors du suivi radioécologique 2021**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité/Prats/Sec	Date de mesure	$^{137}\text{Cs}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Co}$	$^{134}\text{Co}$	$^{109}\text{Ag}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{135}\text{Cs}$	$^{137}\text{Sr}$	Unité
Le Bugey – zone hors vents dominants (>5 km) Imposée par de l'eau du robinet collectée en aval du site	Leyrieu, les Bouches	21/09/2021	Sols	Sol de culture	Tamisé + 2000 $\mu\text{m}$	Sec	19/11/2021	$\pm 0,11$	<b>7,36<math>\pm</math>0,60</b>	$\pm 0,23$	$\pm 0,14$	$\pm 0,17$	$\pm 0,15$	$\pm 0,21$	$\pm 0,60$	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le Bugey – zone sous les vents (< 5 km) Imposée par de l'eau du robinet collectée en aval du site	Leyrieu, les Bouches	21/09/2021	Sols	Sol de culture	Tamisé + 2000 $\mu\text{m}$	Sec	18/11/2021	$\pm 0,17$	<b>14,5<math>\pm</math>1,8</b>	$\pm 0,26$	$\pm 0,17$	$\pm 0,20$	$\pm 0,22$	$\pm 0,30$	$\pm 0,50$	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le Bugey – zone sous les vents (>5 km)	Chazey-sur-Ain	21/09/2021	Sols	Sol de céréale	Tamisé + 2000 $\mu\text{m}$	Sec	18/11/2021	$\pm 0,14$	<b>8,10<math>\pm</math>0,70</b>	$\pm 0,21$	$\pm 0,15$	$\pm 0,18$	$\pm 0,18$	$\pm 0,24$	$\pm 0,42$	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le Bugey – zone hors vents dominants (>5 km)	Bressobas	23/02/2021	Sols	Sol de pâturage ou de prairie	Tamisé + 2000 $\mu\text{m}$ Strate 0-5 cm	Sec	17/05/2021	$\pm 0,17$	<b>13,10<math>\pm</math>0,90</b>	$\pm 0,32$	$\pm 0,19$	$\pm 0,24$	$\pm 0,24$	$\pm 0,40$	$\pm 0,50$	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le Bugey – zone hors vents dominants (>5 km)	Bressobas	23/02/2021	Sols	Sol de pâturage ou de prairie	Tamisé + 2000 $\mu\text{m}$ Strate 5-15 cm	Sec	17/05/2021	$\pm 0,14$	<b>15,7<math>\pm</math>1,3</b>	$\pm 0,27$	$\pm 0,15$	$\pm 0,20$	$\pm 0,20$	$\pm 0,32$	$\pm 0,42$	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le Bugey – zone hors vents dominants (>5 km)	Bressobas	23/02/2021	Sols	Sol de pâturage ou de prairie	Tamisé + 2000 $\mu\text{m}$ Strate 15-30 cm	Sec	17/05/2021	$\pm 0,14$	<b>15,5<math>\pm</math>1,0</b>	$\pm 0,28$	$\pm 0,15$	$\pm 0,20$	$\pm 0,20$	$\pm 0,33$	$\pm 0,43$	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le Bugey – zone sous les vents (< 5 km)	Leyrieu	23/02/2021	Sols	Sol de pâturage ou de prairie	Tamisé + 2000 $\mu\text{m}$ Strate 0-5 cm	Sec	17/05/2021	$\pm 0,11$	<b>9,30<math>\pm</math>0,80</b>	$\pm 0,21$	$\pm 0,12$	$\pm 0,15$	$\pm 0,14$	$\pm 0,26$	$\pm 0,32$	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le Bugey – zone sous les vents (< 5 km)	Leyrieu	23/02/2021	Sols	Sol de pâturage ou de prairie	Tamisé + 2000 $\mu\text{m}$ Strate 5-15 cm	Sec	19/05/2021	$\pm 0,13$	<b>9,60<math>\pm</math>0,80</b>	$\pm 0,25$	$\pm 0,13$	$\pm 0,18$	$\pm 0,17$	$\pm 0,29$	$\pm 0,38$	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le Bugey – zone sous les vents (< 5 km)	Leyrieu	23/02/2021	Sols	Sol de pâturage ou de prairie	Tamisé + 2000 $\mu\text{m}$ Strate 15-30 cm	Sec	20/05/2021	$\pm 0,11$	<b>8,80<math>\pm</math>0,50</b>	$\pm 0,25$	$\pm 0,13$	$\pm 0,18$	$\pm 0,17$	$\pm 0,29$	$\pm 0,38$	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le Bugey – zone sous les vents (< 5 km)	Verres	23/02/2021	Sols	Sol de pâturage ou de prairie	Tamisé + 2000 $\mu\text{m}$ Strate 0-5 cm	Sec	16/04/2021	$\pm 0,14$	<b>9,30<math>\pm</math>0,70</b>	$\pm 0,20$	$\pm 0,15$	$\pm 0,18$	$\pm 0,18$	$\pm 0,21$	$\pm 0,47$	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le Bugey – zone hors vents dominants (>5 km)	Saint-Romain-de-Jalionas	29/06/2021	Sols	Sol de salade	Tamisé + 2000 $\mu\text{m}$	Sec	06/09/2021	$\pm 0,12$	<b>6,20<math>\pm</math>0,40</b>	$\pm 0,20$	$\pm 0,13$	$\pm 0,16$	$\pm 0,15$	$\pm 0,23$	$\pm 0,34$	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le Bugey – zone hors vents dominants (>5 km)	Arribet	30/06/2021	Sols	Sol de salade	Tamisé + 2000 $\mu\text{m}$	Sec	07/09/2021	$\pm 0,15$	<b>5,56<math>\pm</math>0,48</b>	$\pm 0,26$	$\pm 0,15$	$\pm 0,21$	$\pm 0,20$	$\pm 0,29$	$\pm 0,45$	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le Bugey – zone hors vents dominants (>5 km) Imposée par de l'eau du robinet collectée en aval du site	Leyrieu, les Bouches	21/09/2021	Céréales	Mix Zea mays	Grain	Cendre	22/11/2021	$\pm 0,0010$	<b>0,0000</b>	$\pm 0,018$	$\pm 0,015$	$\pm 0,011$	$\pm 0,011$	$\pm 0,016$	$\pm 0,011$	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le Bugey – zone sous les vents (< 5 km) Imposée par de l'eau du robinet collectée en aval du site	Leyrieu, les Bouches	21/09/2021	Céréales	Mix Zea mays	Grain	Cendre	22/11/2021	$\pm 0,0010$	<b>0,0010, 0,0070</b>	$\pm 0,015$	$\pm 0,014$	$\pm 0,011$	$\pm 0,009$	$\pm 0,014$	$\pm 0,019$	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le Bugey – zone sous les vents (>5 km)	Chazey-sur-Ain	21/09/2021	Céréales	Mix Zea mays	Grain	Cendre	29/11/2021	$\pm 0,0090$	$\pm 0,0090$	$\pm 0,020$	$\pm 0,016$	$\pm 0,014$	$\pm 0,011$	$\pm 0,017$	$\pm 0,022$	Bq.kg <sup>-1</sup> sec

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Quantité/rais/sec	Date de mesure	<sup>137</sup> Cs	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Co	<sup>134</sup> Co	<sup>137</sup> Ag	<sup>131</sup> I	<sup>132</sup> Sb	<sup>134</sup> Sb	<sup>131</sup> I	Unité	
Le Bagry - zone sous les vents (< 5 km)	Saint-Vaibles	01/09/2021	Fruits	Vigne commune Vitis vinifera	Entier	Sec	5,02	12/10/2021	± 0,11	≤ 0,100	± 0,17	± 0,14	± 0,15	± 0,12	± 0,16	± 0,26	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le Bagry - zone hors vents dominants (> 5 km)	Saint-Romain-de-Jallon	29/06/2021	Légumes	Salades	Parties aériennes	Cendre	23,23	17/09/2021	± 0,090	<b>0,160±0,060</b>	± 0,19	± 0,13	± 0,13	± 0,100	± 0,19	± 0,21	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le Bagry - zone hors vents dominants (> 5 km)	Minibot	30/06/2021	Légumes	Salades	Parties aériennes	Cendre	21,76	07/09/2021	± 0,14	± 0,14	± 0,31	± 0,23	± 0,32	± 0,38	± 0,37	± 0,35	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le Bagry - zone sous les vents (< 5 km)	Vernas	04/05/2021	Herbes	Herbe de prairie permanente non lé.	Parties aériennes	Frais	1,98	11/05/2021	± 0,38	± 0,31	± 0,33	± 0,44	± 0,32	± 0,32	± 0,34	± 0,63	± 0,43	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le Bagry - zone hors vents dominants (> 5 km)	Breucelles	04/05/2021	Herbes	Herbe de prairie permanente non lé.	Parties aériennes	Frais	4,20	11/05/2021	± 0,32	± 0,37	± 0,39	± 0,50	± 0,40	± 0,31	± 0,35	± 0,70	± 0,46	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le Bagry - zone sous les vents (< 5 km)	Vernas	04/05/2021	Herbes	Herbe de prairie permanente non lé.	Parties aériennes	Cendre	1,95	16/09/2021	± 0,047	<b>0,073±0,026</b>	± 0,16	± 0,078	± 0,090	± 0,060	± 0,16	± 0,11	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le Bagry - zone hors vents dominants (> 5 km)	Breucelles	04/05/2021	Herbes	Herbe de prairie permanente non lé.	Parties aériennes	Cendre	1,75	07/09/2021	± 0,070	± 0,070	± 0,23	± 0,108	± 0,11	± 0,090	± 0,23	± 0,16	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le Bagry - zone sous les vents (< 5 km)	Leyrieu	22/09/2021	Arbres	Chêne sessile Quercus petraea	Feuilles annuelles	Cendre	2,18	29/11/2021	± 0,017	<b>0,244±0,031</b>	± 0,090	± 0,066	± 0,050	± 0,045	± 0,070	± 0,100	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le Bagry - zone hors vents dominants (> 5 km)	Breucelles	22/09/2021	Arbres	Chêne sessile Quercus petraea	Feuilles annuelles	Cendre	2,43	29/11/2021	± 0,045	<b>1,02±0,25</b>	± 0,090	± 0,066	± 0,070	± 0,050	± 0,080	± 0,12	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le Bagry - zone hors vents dominants (> 5 km)	Breucelles	23/02/2021	Algues terrestres	Rhizodiadelphe triquetra Rhizodiadelphe triquetra	Entier	Frais	1,26	03/03/2021	± 0,31	<b>1,09±0,59</b>	± 0,32	± 0,37	± 0,34	± 0,30	± 0,30	± 0,90	± 0,60	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le Bagry - zone sous les vents (< 5 km)	Leyrieu	23/02/2021	Algues terrestres	Rhizodiadelphe triquetra Rhizodiadelphe triquetra	Entier	Frais	2,28	03/03/2021	± 0,15	<b>1,14±0,31</b>	± 0,16	± 0,21	± 0,17	± 0,17	± 0,16	± 0,50	± 0,32	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le Bagry - zone sous les vents (< 5 km)	Saint-Vaibles	04/11/2021	Bousses alcoolisées	Vin rouge	Entier	Cendre	49,77	02/12/2021	± 0,21	± 0,28	± 0,29	± 0,31	± 0,28	± 0,23	± 0,26	± 0,50	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Le Bagry - zone hors vents dominants (> 5 km)	Le Montellier	29/06/2021	Produits laitiers	Lait de vache	Entier	Frais	7,95	07/07/2021	± 0,060	± 0,070	± 0,070	± 0,078	± 0,070	± 0,060	± 0,060	± 0,17	± 0,100	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Le Bagry - zone hors vents dominants (> 5 km)	Le Montellier	29/06/2021	Produits laitiers	Lait de vache	Entier	Cendre	8,23	13/09/2021	± 0,0040	<b>0,0182±0,0019</b>	± 0,0091	± 0,0059	± 0,0059	± 0,0051	± 0,0064	± 0,010	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Le Bagry - zone hors vents dominants (> 5 km)	Loyettes	30/06/2021	Produits laitiers	Lait de vache	Entier	Frais	8,44	07/07/2021	± 0,060	± 0,090	± 0,060	± 0,078	± 0,070	± 0,060	± 0,060	± 0,17	± 0,100	Bq.l <sup>-1</sup>
Le Bagry - zone hors vents dominants (> 5 km)	Loyettes	30/06/2021	Produits laitiers	Lait de vache	Entier	Cendre	8,44	12/10/2021	± 0,00180	<b>0,0132±0,0024</b>	± 0,010	± 0,0075	± 0,0063	± 0,0047	± 0,010	± 0,0090	n.a.	Bq.l <sup>-1</sup>

n.a. : non analysé.

\* Du fait de sa courte période radioactive, l'<sup>131</sup>I a été analysé sur des échantillons frais.

**Tableau 46 – Activités en tritium libre mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2021**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frans/Sec	Date de mesure	Tritium libre (Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de dessiccation)	Tritium libre (Bq.kg <sup>-1</sup> sec ou frais ou Bq.L <sup>-1</sup> )	Unité
Le Bugey - zone sous les vents (>5 km)	Chazay-sur-Ain	21/09/2021	Céréales	Mais Zoo moyen	Eau extraite par lyophilisation	1,51	22/11/2021	1,2±0,7	0,40±0,24	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Le Bugey - zone hors vents dominants (>5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée au sein du canal	Layettes, les Bouchoux	21/09/2021	Céréales	Mais Zoo moyen	Eau extraite par lyophilisation	1,52	21/09/2021	6,3±1,1	2,16±0,37	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Le Bugey - zone sous les vents (> 5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée au sein du canal	Layettes, cantons	21/09/2021	Céréales	Mais Zoo moyen	Eau extraite par lyophilisation	1,38	21/09/2021	1,3±0,7	0,36±0,21	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Le Bugey - zone hors vents dominants (>5 km)	Saint-Romain-de-Jalionas	29/06/2021	Légumes	Salades	Eau extraite par lyophilisation	19,70	14/09/2021	± 0,6	± 0,57	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Le Bugey - zone hors vents dominants (>5 km)	Milibel	30/06/2021	Légumes	Salades	Eau extraite par lyophilisation	17,09	14/09/2021	1,0±0,7	0,94±0,66	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Vernay	06/05/2021	Herbes	Herbe de prairie permanente non ut.	Eau extraite par lyophilisation	3,98	06/07/2021	2,3±0,7	1,72±0,52	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Layettes	30/06/2021	Produits laitiers	Lait de vache	Eau extraite par lyophilisation	7,04	14/09/2021	1,3±0,7	0,94±0,66	Bq.L <sup>-1</sup> D50°C

**Tableau 47 – Activités en tritium organiquement lié (TOL) mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2021**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure	TOL (Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de combustion)	TOL (Bq.kg <sup>-1</sup> sec ou frais ou Bq.L <sup>-1</sup> )	Unité
Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Quincy-sur-Ais	21/09/2021	Céréales	Maïs Zea mays	Résidu sec obtenu après lyophilisation	1,51	23/11/2021	1,5±0,7	0,60±0,28	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Le Bugey - zone hors vents dominants (> 5 km) à l'ouest par le ruisseau de l'Isère collectés en aval du barrage	Loyettes, les Bouchoux	21/09/2021	Carottes	Maïs Zea mays	Résidu sec obtenu après lyophilisation	1,52	24/10/2021	4,5±0,9	1,85±0,38	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km) à l'ouest par le ruisseau de l'Isère collectés en aval du barrage	Loyettes, Courbès	21/09/2021	Carottes	Maïs Zea mays	Résidu sec obtenu après lyophilisation	1,49	24/10/2021	1,8±0,8	0,74±0,33	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Le Bugey - Zone hors vents dominants (> 5 km)	Saint-Romain-de-Jalionas	29/06/2021	Légumes	Salades	Résidu sec obtenu après lyophilisation	19,70	11/08/2021	1,9±1,1	0,050±0,029	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Le Bugey - zone hors vents dominants (> 5 km)	Miribel	30/06/2021	Légumes	Salades	Résidu sec obtenu après lyophilisation	17,49	11/08/2021	1,5±0,6	0,045±0,018	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Vernay	04/02/2021	Herbes	Herbe de prairie permanente non ML	Résidu sec obtenu après lyophilisation	1,98	14/02/2021	1,3±0,6	0,181±0,084	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Loyettes	30/06/2021	Produits laitiers	Lait de vache	Résidu sec obtenu après lyophilisation	7,04	04/08/2021	2,3±0,7	0,244±0,075	Bq.L <sup>-1</sup> d'EC16

Tableau 48 – Activités en  $^{14}\text{C}$  mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2021

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure $^{14}\text{C}$	$^{14}\text{C}$ (Bq.kg <sup>-1</sup> de C)	$\delta^{14}\text{C}$ (‰)	pMC (‰)	$^{14}\text{C}$ (Bq.kg <sup>-1</sup> sec ou frais ou Bq.L <sup>-1</sup> )	C.TOT. (g.kg <sup>-1</sup> sec ou frais ou g.L <sup>-1</sup> )	Unité
Le Bugey – zone hors vents dominants (>5 km) depuis par le biais du bétail collecté en aval du site	Loyettes	21/09/2021	Céréales	Melch. Zoa ovins	Résidu sec obtenu après lyophilisation	sec	15/02/2021	255±11	-22,26	98,66±1,7	66,15±1,1	281	Frais
Le Bugey – zone sous les vents (<5 km) depuis par de l'eau de rivière collectée en aval du site	Loyettes	21/09/2021	Céréales	Melch. Zoa ovins	Résidu sec obtenu après lyophilisation	sec	15/02/2021	255±11	-22,26	98,66±1,7	66,15±1,1	281	Frais
Le Bugey – zone sous les vents (>5 km)	Chazay-sur-Ain	21/09/2021	Céréales	Melch. Zoa ovins	Résidu sec obtenu après lyophilisation	1,51	15/02/2021	128,8±2,4	-22,30	98,74±1,2	60,65±0,13	281	Frais
Le Bugey – zone hors vents dominants (>3 km)	Saint-Barthé- de-Jallanges	29/06/2021	Légumes	Salsolés	Résidu sec obtenu après lyophilisation	19,70	04/03/2021	230±12	-29,73	932,7±5,4	4,75±0,14	20	Frais
Le Bugey – zone hors vents dominants (>5 km)	Miribel	30/06/2021	Légumes	Salsolés	Résidu sec obtenu après lyophilisation	17,44	16/12/2021	121,7±2,5	-26,63	98,8±1,1	4,83±0,075	22	Frais
Le Bugey – zone hors vents dominants (>5 km)	Loyettes	30/06/2021	Produits laitiers	Lait de vache	Résidu sec obtenu après lyophilisation	7,04	04/04/2021	223±13	-18,59	99,1±4,8	17,34±0,63	76	Liquide

**Tableau 49 – Activités en  $^{90}\text{Sr}$  mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2021**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Poids/Sec	Date de mesure	$^{90}\text{Sr}$	$^{90}\text{Sr}/\text{Ca}$ (Bq.g <sup>-1</sup> de Ca)	Unité $^{90}\text{Sr}$
Le Bugey zone sans les vents (< 5 km)	Vernas	21/02/2021	Sols	Sol de pâturage ou de prairie	Tiercé < 2000 µm	1,21	28/09/2021	0,56±0,10	0,000002±0,000004	Bq.kg <sup>-1</sup> sec

**Tableau 50 – Activités en radionucléides émetteurs  $\alpha$  mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du CNPE de Bugey lors du suivi radioécologique 2021**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure	$^{238}\text{Pu}$	$^{239+240}\text{Pu}$	$^{241}\text{Am}$	Unité	$^{238}\text{Pu}/(^{238}\text{Pu}+^{239+240}\text{Pu})$	$^{241}\text{Am}/(^{238}\text{Pu}+^{239+240}\text{Pu})$	Unité
Le Bugey – zone sous les vents (< 5 km)	Vernay	04/05/2021	Herbes	Herbe de prairie permanente non tid.	Parties aériennes	1,95	24/11/2021	< 0,002	0,58±0,14	0,240±0,080	mBq.kg <sup>-1</sup> .sec	-	0,41±0,17	Sans unité
Le Bugey – zone hors vents dominants (> 5 km)	Bressafles	04/05/2021	Herbes	Herbe de prairie permanente non tid.	Parties aériennes	3,75	24/11/2021	< 0,042	0,230±0,090	0,170±0,070	mBq.kg <sup>-1</sup> .sec	-	0,74±0,42	Sans unité
Le Bugey – zone sous les vents (< 5 km)	Vernay	23/02/2021	Sols	Sol de pâturage ou de prairie	Frais < 2000 $\mu\text{m}$	1,23	07/10/2021	6,2±1,0	250±13	105,6±7,0	mBq.kg <sup>-1</sup> .sec	0,0248±0,0042	0,40±0,136	Sans unité
Le Bugey – zone hors vents dominants (> 5 km)	Bressafles	23/02/2021	Sols	Sol de pâturage ou de prairie	Frais < 2000 $\mu\text{m}$	1,38	07/10/2021	5,9±1,0	210±11	86,0±6,0	mBq.kg <sup>-1</sup> .sec	0,0281±0,0050	0,41±0,136	Sans unité

- : inférieur au seuil de décision.

**Tableau S1 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques des échantillons de sédiments récoltés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique en 2021.**

Station	Date de prélèvement	Nature	Spécie	Fraction	Date de mesure	Qualité	Fraction	%
Porcieux- Anblagnieu	21/02/2021	Sédiments	Sédiments de milieu d'apiculture	≤ 2 mm	02/07/2021	sec	Matière organique	4,19
							Argiles (<2µm)	25,9
							Limons Fins	46,1
							Limons Grossiers	18,9
							Sables Fins	8,1
Sables Grossiers	1							
Loyettes	21/02/2021	Sédiments	Sédiments de milieu d'apiculture	≤ 2 mm	02/07/2021	sec	Matière organique	1,43
							Argiles (<2µm)	7,9
							Limons Fins	8,5
							Limons Grossiers	13,7
							Sables Fins	56,6
Sables Grossiers	13,3							
Ménage	21/02/2021	Sédiments	Sédiments de milieu d'apiculture	≤ 2 mm	02/07/2021	sec	Matière organique	1,00
							Argiles (<2µm)	7,2
							Limons Fins	7,0
							Limons Grossiers	6,6
							Sables Fins	34,2
Sables Grossiers	45,0							

**Tableau S2 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  d'origine naturelle mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2021**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Fraic/Sec	Date de mesure	*K	Familie de l'UTh				T <sub>1/2</sub>	Unité
										232Ac	232Th	235U	238U		
Rhône en amont du Bugey	Sault-Brenaz	31/05/2021	Mousses aquatiques	Circidictus fontinalis Circidictus fontinaloides	Parties aériennes	Cendre	5,24	28/10/2021	252±22	54,3±4,1	47,3±4,6	56±10	61,0±6,0	191±15	Bq/kg 1 sec
Rhône en aval du Bugey	Meyrieu	01/09/2021	Mousses aquatiques	Circidictus fontinalis Circidictus fontinaloides	Parties aériennes	Cendre	5,99	19/11/2021	237±21	48,0±5,0	48,1±4,4	52,0±7,0	73±10	193±15	Bq/kg 1 sec
Rhône en aval du Bugey	Saint-Romain-de-Jalionas	01/09/2021	Mousses aquatiques	Fondula Fondula sp.	Parties aériennes	Cendre	7,72	02/11/2021	317±29	46,7±3,7	51,0±5,0	43±11	111±15	230±18	Bq/kg 1 sec
Rhône en amont du Bugey	Pacieu-Ambagnieu	23/02/2021	Sédiments	Sédiments de milieu dulcicole	Tamisé < 2000 µm	Sec	2,43	19/04/2021	50±40	47,0±5,0	49,0±6,0	40±10	135±25	41,7±3,2	Bq/kg 1 sec
Rhône en aval du Bugey	Loyettes	23/02/2021	Sédiments	Sédiments de milieu dulcicole	Tamisé < 2000 µm	Frais	1,40	16/05/2021	48±32	31,4±1,9	31,3±2,6	31,0±8,0	76±12	61,6±1,6	Bq/kg 1 sec
Rhône en aval du Bugey	Mévroz	23/02/2021	Sédiments	Sédiments de milieu dulcicole	Tamisé < 2000 µm	Sec	1,48	17/05/2021	253±21	19,1±1,2	21,4±1,9	16,0±6,0	40,0±9,0	13,3±1,8	Bq/kg 1 sec
Rhône en amont du Bugey	Semères-de-Bron	01/09/2021	Phanérogames aquatiques	Myriophyllum non identifié Myriophyllum sp.	Parties aériennes	Cendre	18,06	16/11/2021	660±60	12,6±1,6	34,9±2,9	29±11	18,1±2,6	42,9±3,9	Bq/kg 1 sec
Rhône en aval du Bugey	Meyrieu	01/09/2021	Phanérogames aquatiques	Myriophyllum non identifié Myriophyllum sp.	Parties aériennes	Cendre	11,98	16/11/2021	570±50	14,8±1,2	19,7±2,2	± 11	28,9±1,9	72,0±6,0	Bq/kg 1 sec
Rhône en amont du Bugey	Sault-Brenaz	03/05/2021	Poissons	Barbeau fluviatile Barbus barbus	Muscle	Cendre	4,50	27/08/2021	97,0±6,0	± 0,036	± 0,090	± 1,2	± 0,100	± 0,21	Bq/kg 1 fraic
Rhône en aval du Bugey	Villette-d'Arbin	04/05/2021	Poissons	Barbeau fluviatile Barbus barbus	Muscle	Cendre	4,66	17/09/2021	96,0±6,0	± 0,033	± 0,070	± 1,1	± 0,080	± 0,21	Bq/kg 1 fraic

**Tableau 53 – Activités en radionucléides émetteurs  $\gamma$  d'origine artificielle mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2021**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/Sec	Date de mesure	$^{137}\text{Cs}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{60}\text{Co}$	$^{152}\text{Eu}$	$^{154}\text{Eu}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{60}\text{Co}$	$^{152}\text{Eu}$	$^{154}\text{Eu}$	Unité
Rhône en amont du Bugey	Pezieu-Authagnieu	23/02/2021	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Farines < 2000 $\mu\text{m}$	Sec	2,43	19/04/2021 $\pm$ 0,13	<b>6,49<math>\pm</math>0,50</b>	$\leq$ 0,20	$\leq$ 0,15	$\leq$ 0,17	$\leq$ 0,38	$\leq$ 0,22	$\leq$ 0,38	n.a.	n.a.	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> .sec
Rhône en aval du Bugey	Loyettes	23/02/2021	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Farines < 2000 $\mu\text{m}$	Sec	1,40	00/05/2021 $\pm$ 0,12	<b>2,09<math>\pm</math>0,19</b>	$\leq$ 0,23	$\leq$ 0,15	$\leq$ 0,17	$\leq$ 0,36	$\leq$ 0,26	$\leq$ 0,35	n.a.	n.a.	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> .sec
Rhône en aval du Bugey	Névaug	23/02/2021	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Farines < 2000 $\mu\text{m}$	Sec	1,48	17/05/2021 $\pm$ 0,108	<b>1,37<math>\pm</math>0,14</b>	$\leq$ 0,39	$\leq$ 0,060	<b>0,160<math>\pm</math>0,060</b>	$\leq$ 0,11	$\leq$ 0,21	$\leq$ 0,29	n.a.	n.a.	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> .sec
Rhône en amont du Bugey	Sermières-de-Briord	01/09/2021	Planchettes aquatiques	Macrophyte non identifié <i>Abricofyllum</i> sp.	Parties aériennes	Frais	11,72	00/09/2021 $\pm$ 0,60	<b>1,03<math>\pm</math>0,44</b>	$\leq$ 0,60	$\leq$ 0,70	$\leq$ 0,60	$\leq$ 0,90	$\leq$ 0,60	$\leq$ 1,3	<b>13,8<math>\pm</math>1,8</b>	n.a.	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> .sec
Rhône en amont du Bugey	Sermières-de-Briord	01/09/2021	Planchettes aquatiques	Macrophyte non identifié <i>Abricofyllum</i> sp.	Parties aériennes	Centre	18,06	16/11/2021 $\pm$ 0,14	<b>0,66<math>\pm</math>0,11</b>	$\leq$ 0,27	$\leq$ 0,19	$\leq$ 0,20	$\leq$ 0,39	$\leq$ 0,28	$\leq$ 0,36	n.a.	n.a.	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> .sec
Rhône en aval du Bugey	Meyrieu	01/09/2021	Planchettes aquatiques	Macrophyte non identifié <i>Abricofyllum</i> sp.	Parties aériennes	Frais	9,42	00/09/2021 $\pm$ 0,60	<b>0,89<math>\pm</math>0,48</b>	$\leq$ 0,60	<b>0,60<math>\pm</math>0,50</b>	$\leq$ 0,70	$\leq$ 0,90	$\leq$ 0,60	$\leq$ 1,4	<b>9,3<math>\pm</math>1,4</b>	n.a.	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> .sec
Rhône en aval du Bugey	Meyrieu	01/09/2021	Planchettes aquatiques	Macrophyte non identifié <i>Abricofyllum</i> sp.	Parties aériennes	Centre	11,98	16/11/2021 $\pm$ 0,16	<b>1,07<math>\pm</math>0,14</b>	$\leq$ 0,46	<b>0,94<math>\pm</math>0,14</b>	$\leq$ 0,25	$\leq$ 0,39	$\leq$ 0,31	$\leq$ 0,40	n.a.	n.a.	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> .sec
Rhône en amont du Bugey	Sault-Brienas	31/08/2021	Mousses aquatiques	<i>Cinclobatus fontinalis</i>	Parties aériennes	Frais	4,81	00/09/2021 $\pm$ 0,35	<b>1,95<math>\pm</math>0,35</b>	$\leq$ 0,36	$\leq$ 0,40	$\leq$ 0,41	$\leq$ 0,44	$\leq$ 0,39	$\leq$ 1,0	<b>8,5<math>\pm</math>1,0</b>	n.a.	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> .sec
Rhône en amont du Bugey	Sault-Brienas	31/08/2021	Mousses aquatiques	<i>Cinclobatus fontinalis</i>	Parties aériennes	Centre	5,24	20/10/2021 $\pm$ 0,13	<b>1,20<math>\pm</math>0,12</b>	$\leq$ 0,30	$\leq$ 0,13	$\leq$ 0,18	$\leq$ 0,17	$\leq$ 0,22	$\leq$ 0,36	n.a.	n.a.	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> .sec
Rhône en aval du Bugey	Meyrieu	01/09/2021	Mousses aquatiques	<i>Cinclobatus fontinalis</i>	Parties aériennes	Frais	2,91	00/09/2021 $\pm$ 0,20	<b>0,47<math>\pm</math>0,17</b>	<b>4,80<math>\pm</math>0,60</b>	<b>0,91<math>\pm</math>0,18</b>	$\leq$ 0,25	$\leq$ 0,26	$\leq$ 0,21	$\leq$ 0,50	<b>6,25<math>\pm</math>0,60</b>	n.a.	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> .sec
Rhône en aval du Bugey	Meyrieu	01/09/2021	Mousses aquatiques	<i>Cinclobatus fontinalis</i>	Parties aériennes	Centre	3,99	19/11/2021 $\pm$ 0,090	<b>1,00<math>\pm</math>0,090</b>	<b>9,00<math>\pm</math>0,80</b>	<b>2,60<math>\pm</math>0,22</b>	<b>0,190<math>\pm</math>0,070</b>	$\leq$ 0,11	$\leq$ 0,18	$\leq$ 0,21	n.a.	n.a.	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> .sec
Rhône en aval du Bugey	Saint-Romain-de-Jallieu	01/09/2021	Mousses aquatiques	<i>Fontinalis</i> sp.	Parties aériennes	Frais	4,60	00/09/2021 $\pm$ 0,36	<b>1,83<math>\pm</math>0,38</b>	<b>1,90<math>\pm</math>0,38</b>	<b>0,43<math>\pm</math>0,27</b>	$\leq$ 0,45	$\leq$ 0,41	$\leq$ 0,35	$\leq$ 1,0	<b>9,4<math>\pm</math>1,1</b>	n.a.	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> .sec
Rhône en aval du Bugey	Saint-Romain-de-Jallieu	01/09/2021	Mousses aquatiques	<i>Fontinalis</i> sp.	Parties aériennes	Centre	2,72	02/11/2021 $\pm$ 0,16	<b>1,84<math>\pm</math>0,18</b>	<b>1,44<math>\pm</math>0,230</b>	<b>550<math>\pm</math>0,100</b>	$\leq$ 0,23	$\leq$ 0,21	$\leq$ 0,38	$\leq$ 0,45	n.a.	n.a.	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> .sec
Rhône en amont du Bugey	Sault-Brienas	05/05/2021	Poissons	Barbeau fluvial de Boford barbot	Muscle	Centre	4,30	27/09/2021 $\pm$ 0,0090	<b>0,0570<math>\pm</math>0,0070</b>	$\leq$ 0,026	$\leq$ 0,012	$\leq$ 0,034	$\leq$ 0,0100	$\leq$ 0,026	$\leq$ 0,020	n.a.	n.a.	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> .sec
Rhône en aval du Bugey	Villette-d'Autric	04/05/2021	Poissons	Barbeau fluvial de Boford barbot	Muscle	Centre	4,98	17/09/2021 $\pm$ 0,0070	<b>0,0420<math>\pm</math>0,0060</b>	$\leq$ 0,027	$\leq$ 0,011	$\leq$ 0,033	$\leq$ 0,0100	$\leq$ 0,029	$\leq$ 0,017	n.a.	n.a.	n.a.	Bq.kg <sup>-1</sup> .sec

n.a. : non analysé.

**Tableau 54 – Activités en tritium libre mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2021**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure	<sup>3</sup> H libre (Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de deslocation)	<sup>3</sup> H libre (Bq.kg <sup>-1</sup> sec ou frais <sup>-1</sup> )	Unité
Rhône en aval du Bugey	Chavanoz	06/05/2021	Eaux de boisson	Eau d'adduction publique	Produit de filtration- Filtrat < 0.2 µm	-	01/06/2021	2,7±0,7	2,70±0,70	Bq.L <sup>-1</sup> d'ECH
Rhône en aval du Bugey	Loyettes	26/07/2021	Eaux douces	Eau d'irrigation	Produit de filtration- Filtrat < 0.2 µm	-	14/09/2021	1,6±0,7	1,60±0,70	Bq.L <sup>-1</sup> d'ECH
Rhône en amont du Bugey	Porcieu- Arbagnieu	23/02/2021	Sédiments	Sédiments de milieu d'ultrapélagique	Tamisé < 2mm	2,43	04/04/2021	≤ 0,6	≤ 0,86	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en aval du Bugey	Loyettes	23/02/2021	Sédiments	Sédiments de milieu d'ultrapélagique	Tamisé < 2mm	1,40	04/04/2021	1,4±0,7	0,96±0,21	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en amont du Bugey	Serréles- de-l'Isont	01/09/2021	Phanérogames aquatiques	Hydrophyte non identifié Myriophyllum sp.	Partie aérienne	11,72	04/10/2021	≤ 0,6	≤ 0,55	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Rhône en aval du Bugey	Heyrieu	01/09/2021	Phanérogames aquatiques	Hydrophyte non identifié Myriophyllum sp.	Partie aérienne	9,42	04/10/2021	2,0±0,7	1,79±0,63	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Rhône en amont du Bugey	Sault- Brenaz	03/05/2021	Poissons	Barbeau fluviatile Barbus barbus	Muscle	4,56	22/07/2021	≤ 0,7	≤ 0,55	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Rhône en aval du Bugey	Villette- d'Arthon	04/05/2021	Poissons	Barbeau fluviatile Barbus barbus	Muscle	4,31	09/07/2021	1,4±0,7	1,11±0,56	Bq.kg <sup>-1</sup> frais

**Tableau 55 – Activités en tritium organiquement lié (TOL) mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2021**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure	TOL (Bq.L <sup>-1</sup> d'eau de combustion)	TOL (Bq.kg <sup>-1</sup> sec ou frais)	Unité
Rhône en amont du Bugey	Porteu-Ambloigneu	23/02/2021	Sédiments	Sédiments de milieu dulcicolecte	Produits de tamisage Tamis < 2000 µm	2,43	30/09/2021	96±7	4,9±1,8	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en aval du Bugey	Loyettes	23/02/2021	Sédiments	Sédiments de milieu dulcicolecte	Produits de tamisage Tamis < 2000 µm	1,40	01/10/2021	60±5	1,18±0,11	Bq.kg <sup>-1</sup> sec
Rhône en amont du Bugey	Serrières-de-Briord	01/09/2021	Phanérogames aquatiques	Myriophylle non identifié <i>Myriophyllum</i> sp.	Partie aérienne	11,72	12/10/2021	5,6±1,0	0,192±0,037	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Rhône en aval du Bugey	Meyzieu	01/09/2021	Phanérogames aquatiques	Myriophylle non identifié <i>Myriophyllum</i> sp.	Partie aérienne	9,42	12/10/2021	11,1±1,0	0,467±0,051	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Rhône en amont du Bugey	Sault-Brenaz	03/05/2021	Poissons	Barbeau fluviatile <i>Ameiurus borus</i>	Muscle	4,56	11/06/2021	2,6±0,7	0,38±0,10	Bq.kg <sup>-1</sup> frais
Rhône en aval du Bugey	Villette-d'Arthon	04/05/2021	Poissons	Barbeau fluviatile <i>Ameiurus borus</i>	Muscle	4,83	11/06/2021	4,0±0,8	0,53±0,11	Bq.kg <sup>-1</sup> frais

Tableau 56 – Activités en <sup>14</sup>C mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2021

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure <sup>14</sup> C	<sup>14</sup> C (Bq.kg <sup>-1</sup> de C)	δ <sup>13</sup> C (‰)	pMC (‰)	<sup>14</sup> C (Bq.kg <sup>-1</sup> sec ou frais ou Bq.L <sup>-1</sup> )	C TOT. (g.kg <sup>-1</sup> sec ou frais ou g.L <sup>-1</sup> )	Unité
Rhône en amont du Bugey	Porcieu-Ambagnieu	23/02/2021	Sédiments	Sédiments de milieu dulcicolecte	Totaux < 2000 µm	2,43	16/06/2021	196,5±2,1	-10,56	84,44±0,99	11,36±0,13	58	Sec
Rhône en aval du Bugey	Loyettes	23/02/2021	Sédiments	Sédiments de milieu dulcicolecte	Totaux < 2000 µm	1,4	16/06/2021	201,1±2,1	-9,21	85,4±1,8	8,52±0,11	42	Sec
Rhône en amont du Bugey	Serières-de-Binard	01/09/2021	Phanérogames aquatiques	Macrophyte non identifié <i>Myriophyllum</i> sp	Partie aérienne	11,72	02/12/2021	190,8±1,8	-27,36	84,87±0,44	5,311±0,008	28	Frais
Rhône en aval du Bugey	Aygnon	01/09/2021	Phanérogames aquatiques	Macrophyte non identifié <i>Myriophyllum</i> sp	Partie aérienne	9,42	02/12/2021	211,1±1,1	-18,49	92,37±0,44	7,231±0,008	34	Frais
Rhône en amont du Bugey	Saint-Bénaz	01/05/2021	Poissons	<i>Barbus haasi</i> <i>Barbus barbus</i>	Muscle	4,56	16/09/2021	239±12	-25,67	105,5±5,3	26,0±1,3	110	Frais
Rhône en aval du Bugey	Yrieux-d'Arthon	04/05/2021	Poissons	<i>Barbus haasi</i> <i>Barbus barbus</i>	Muscle	4,83	16/09/2021	264±13	-27,09	117,3±5,8	26,7±1,1	100	Frais
Rhône en amont du Bugey	Porcieu-Ambagnieu	04/05/2021	Eau douce	Eau de cours d'eau	Carbonates CTD	5555,56	19/11/2021	187,3±0,90	-4,51	81,7±0,38	0,0059009±0,0000014	0,0299	Litre
Rhône en aval du Bugey	Loyettes	04/05/2021	Eau douce	Eau de cours d'eau	Carbonates CTD	1816,30	19/11/2021	196,4±1,1	-6,9	84,26±0,47	0,0064231±0,0000018	0,0129	Litre

**Tableau 57 – Activités en <sup>63</sup>Ni mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2021**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Qualité	Date de mesure <sup>198</sup>	<sup>63</sup> Ni (Bq.kg <sup>-1</sup> .sec ou frais ou Bq.L <sup>-1</sup> )	Ni (g.kg <sup>-1</sup> .sec ou frais ou g.L <sup>-1</sup> )	Unité
Rhône en amont du Bugey	Poncinou-Arbigny	21/02/2021	Sédiments	Sédiments de rivière dulçaquicole	Frais <sup>198</sup> < 2000 µm	2,40	Cendre	12/05/2021	≤ 0,12	0,432	Sec
Rhône en aval du Bugey	Loyettes	21/02/2021	Sédiments	Sédiments de rivière dulçaquicole	Frais <sup>198</sup> < 2000 µm	1,40	Frais	16/06/2021	≤ 0,15	0,204	Sec
Rhône en amont du Bugey	Sault-Brenaz	31/08/2021	Mousses aquatiques	Circoidolus fontinalis Circoidolus fontinaloides	Parties aériennes	5,24	Cendre	09/02/2022	0,226-0,070	1,09	Sec
Rhône en aval du Bugey	Saint-Sornin-de-Jallieu	01/09/2021	Mousses aquatiques	Fontinale Fontinalis sp.	Parties aériennes	7,72	Cendre	09/02/2022	0,39-0,11	1,3	Sec

**Tableau 58 – Activités en <sup>55</sup>Fe mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2021**

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/Sec	Date de mesure	<sup>55</sup> Fe	Unité
Rhône en aval du Bugey	Loyettes	21/02/2021	Sédiments	Sédiments de rivière dulçaquicole	Frais <sup>198</sup> < 2000 µm	1,40	Cendre	01/02/2021	≤ 7,0	Bq.kg <sup>-1</sup> .sec
Rhône en amont du Bugey	Sault-Brenaz	31/08/2021	Mousses aquatiques	Circoidolus fontinalis Circoidolus fontinaloides	Parties aériennes	Cendre	5,24	29/01/2022	≤ 6,0	Bq.kg <sup>-1</sup> .sec
Rhône en aval du Bugey	Saint-Sornin-de-Jallieu	01/09/2021	Mousses aquatiques	Fontinale Fontinalis sp.	Parties aériennes	Cendre	7,72	29/01/2022	≤ 9,0	Bq.kg <sup>-1</sup> .sec

La concentration en fer stable dans le sédiment collecté en amont du site n'a pas permis la mesure du <sup>55</sup>Fe.

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



EDF SA  
22-30, avenue de Wagram  
75382 Paris cedex 08  
Capital de 1 525 484 813 euros  
552 081 317 R.C.S. Paris  
[www.edf.fr](http://www.edf.fr)

CNPE du Bugey  
Route départementale 20  
01150 Saint-Vulbas  
04 74 34 33 3 3

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