



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

BUGEY

2023

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

SOMMAIRE

Partie I - Le Centre Nucléaire de Production d'Electricité du Bugey en 2023	5
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
Partie II - Prélèvements d'eau	10
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
Partie III – Restitution et consommation d'eau	15
I. Restitution d'eau	15
II. Consommation d'eau	15
Partie IV - Rejets d'effluents	16
I. Rejets d'effluents à l'atmosphère	17
II. Rejets d'effluents liquides	30
III. Rejets thermiques	53
Partie V - Prévention du risque microbiologique	57
I. Bilan annuel des colonisations en circuit	57
II. Synthèse des traitements biocides et rejets associés	58
Partie VI - Surveillance de l'environnement	59
I. Surveillance de la radioactivité dans l'environnement	59
II. Physico-chimie des eaux souterraines	65
III. Chimie et physico-chimie des eaux de surface	66
IV. Physico-chimie et Hydrobiologie	70
V. Acoustique environnementale	76

Partie VII - Évaluation de l'impact environnemental et sanitaire des rejets de l'installation
77

Partie VIII - Gestion des déchets _____ **81**

I. Les déchets radioactifs _____ 81

II. Les déchets non radioactifs _____ 87

ABREVIATIONS _____ **89**

ANNEXE 1 : Suivi microbiologique du CNPE du Bugey Année 2023 _____ **90**

ANNEXE 2 : Suivi radioécologique annuel du CNPE du Bugey Année 2022 _____ **92**

Partie I - Le Centre Nucléaire de Production d'Electricité du Bugey en 2023

I. Contexte

« La conformité à la réglementation en vigueur, la prévention des pollutions ainsi que la recherche d'amélioration continue de la performance environnementale » constituent l'un des engagements de la politique environnementale d'EDF.

Dans ce cadre, tous les Centres Nucléaires de Production d'Electricité (CNPE) d'EDF disposent d'un système de management de l'environnement certifié « ISO14001 ».

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

En application de l'article 4.4.4 de l'arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base, ce document présente le bilan de l'année 2023 du CNPE 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 600 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 2000.

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 est assurée par le 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 2023, 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.

Pour l'année 2023, il n'y a aucune évolution scientifique susceptible de modifier les conclusions de l'étude 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 événements significatifs pour l'environnement déclarés par le CNPE du Bugey en 2023.

Typologie	Date	Description de l'évènement	Principales actions correctives
ESE2	19/04/2023	Contournement des voies normales de rejets suite au déversement de boues dans le canal de rejet, engendré par le débordement de la station mobile de traitement des boues de décarbonatation La surveillance permanente en place sur le Rhône a permis de montrer que cet évènement n'a eu aucun impact sur les paramètres suivis : oxygène dissous, pH et Conductivité. Par ailleurs, ces boues non nocives, et normalement dédiées à l'épandage, n'ont pas conduit à un dépassement de valeurs de substances réglementées ni à un dépassement de paramètres chimiques du milieu récepteur.	Déclenchement des obturateurs du réseau d'eaux pluviales pour arrêter l'écoulement Arrêt du traitement des boues par la station mobile Reprise de la documentation
ESE6	22/08/2023	Cumul d'émission de fluides frigorigènes supérieur à 100 kg depuis le début de l'année 2023. 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.	Mise à l'arrêt des groupes froids et vidange pour récupération du fluide Réparations des groupes froids Optimisation des procédures Entraînement des intervenants

2. Bilan des incidents de fonctionnement

En 2023, un débordement de réservoir servant à traiter les boues issues de la station de déminéralisation est survenu. Cet événement n'a pas eu d'impact sur l'environnement car ces boues sont classées non dangereuses pour l'environnement. Grâce aux actions mises en œuvre immédiatement, il n'y a pas eu de dépassement de limite réglementaire.

Des équipements frigorifiques ont fait l'objet de fuites entraînant des émissions 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, ...).

Des débordements de bassins des aéroréfrigérants tranche 5 sont parvenus par deux fois en 2023. Ces événements n'ont pas eu d'impact sur l'environnement car la composition des effluents de débordement sont classés non dangereux pour l'environnement.

Enfin, d'autres incidents d'exploitation ponctuels ont eu lieu en 2023 (déversement d'hydrocarbures, ...). 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 m³) 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 CO₂. 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 qq m³ par seconde.

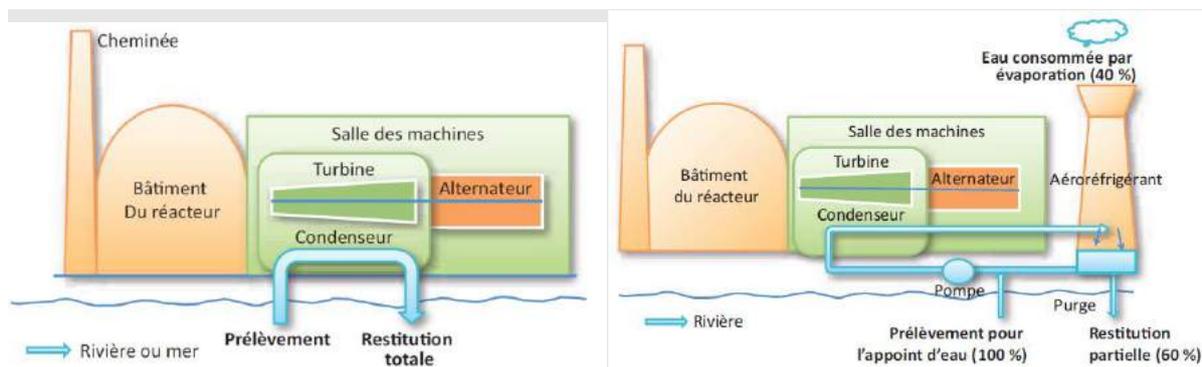


Figure 1 : Schéma d'un CNPE avec un circuit de refroidissement ouvert (à gauche) et fermé (à droite). Source : EDF.

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 aérorefrigérant) 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 2023.

	Prélèvement d'eau (en millions de m ³)
Janvier	277
Février	251
Mars	275
Avril	270
Mai	268
Juin	264
Juillet	247
Août	154
Septembre	153
Octobre	188
Novembre	191
Décembre	154
TOTAL	2 692

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 2023.

	Prélèvement d'eau (en milliers de m ³)
Janvier	54,8
Février	41,4
Mars	44,0
Avril	45,3
Mai	39,5
Juin	50,1
Juillet	48,1
Août	49,3
Septembre	33,6
Octobre	40,6
Novembre	50,8
Décembre	35,6
TOTAL	533

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

Le cumul annuel des prélèvements d'eau potable destinée à usage domestique pour l'année 2023 est de 229 milliers de m³ (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 2023

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

Année	Milieu	Volume (milliers de m ³)
2021	Eau douce superficielle (Rhône)	2 947 136
2022		2 586 577
2023		2 692 479
Prévisionnel 2023		3 000 000
2021	Eau douce souterraine	5,50
2022		2,02
2023		1,34
Prévisionnel 2023		3,5
2021	Eau douce du réseau	185
2022		185
2023		229
Prévisionnel 2023		(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 2023, compte tenu du temps effectif de fonctionnement des unités de production.

Les prélèvements en eau douce souterraine depuis 2018 sont effectués dans le cadre des travaux de création de puits de pompage en nappe phréatique, et des essais associés à leur 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.

2. Comparaison aux valeurs limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des débits instantanés et des volumes d'eau prélevés en 2023 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	105	m ³ /s
	Volume journalier	9,1 millions	9,0 millions	m ³
	Volume annuel	3 300 millions	2 692 millions	m ³
Eau douce souterraine	Débit instantané	135	42	m ³ /h
	Volume journalier	2 200	311	m ³
	Volume annuel	46 000	1 341	m ³

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 2023 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'Ilot Nucléaire (bâches d'alimentation en eau de secours des générateurs de vapeur et piscines du bâtiment combustible et du bâtiment réacteur). Sur le CNPE 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 2023, 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 2023 est présentée dans le tableau ci-dessous.

		Eau de refroidissement	Rejets radioactifs	Rejets industriels (hors rejets eaux usées)	Unités
Restitution mensuelle	Janvier	274 826	24,7	19,3	milliers de m ³
	Février	248 662	19,7	30,1	
	Mars	271 665	23,5	31,2	
	Avril	267 279	21,4	29,8	
	Mai	266 061	20,9	25,5	
	Juin	262 308	25,1	18,1	
	Juillet	244 243	21,5	19,4	
	Août	152 653	16,1	36,2	
	Septembre	150 019	18,7	36,4	
	Octobre	185 280	19,7	39,7	
	Novembre	188 293	24,7	41,6	
	Décembre	151 129	24,3	29,6	
TOTAL	Restitution au milieu aquatique	2 663 035			milliers de m ³
	Pourcentage de restitution d'eau au milieu aquatique par rapport au prélèvement	98,9			%

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 2023 est de 30 200 milliers de m³ (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 décision¹ (SD) donnent lieu à une comptabilisation d'activité rejetée égale au SD.

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

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

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

- les gaz rares,
- le Tritium,
- 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.

Paramètres	Radionucléide
Gaz rares	⁴¹ Ar
	⁸⁵ Kr
	^{131m} Xe
	¹³³ Xe
	¹³⁵ Xe

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

Tritium	^3H
Carbone 14	^{14}C
Iodes	^{131}I
	^{133}I
Produits de fission et d'activation	^{58}Co
	^{60}Co
	^{134}Cs
	^{137}Cs

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

	¹³¹ I (GBq)	¹³³ I (GBq)	^{131m} Xe (GBq)	¹³³ Xe (GBq)	¹³⁵ Xe (GBq)	⁴¹ Ar (GBq)	⁸⁵ Kr (GBq)	¹³⁴ Cs (GBq)	¹³⁷ Cs (GBq)	⁵⁸ Co (GBq)	⁶⁰ Co (GBq)
Janvier	3,269.10 ⁻⁴	7,121.10 ⁻⁴	8,468.10 ⁻²	1,689.10 ²	1,959.10 ¹	2,495	3,406	4,429.10 ⁻⁵	3,553.10 ⁻⁵	3,783.10 ⁻⁵	5,209.10 ⁻⁵
Février	1,447.10 ⁻³	2,042.10 ⁻³	7,930.10 ⁻²	7,685.10 ¹	1,505.10 ¹	3,904	4,495.10 ⁻¹	4,040.10 ⁻⁵	3,800.10 ⁻⁵	3,468.10 ⁻⁵	5,252.10 ⁻⁵
Mars	2,743.10 ⁻³	8,025.10 ⁻⁴	1,966.10 ⁻¹	5,322.10 ¹	1,718.10 ¹	3,390	9,267	4,415.10 ⁻⁵	3,872.10 ⁻⁵	3,756.10 ⁻⁵	5,654.10 ⁻⁵
Avril	1,536.10 ⁻⁴	7,551.10 ⁻⁴	3,668.10 ⁻¹	7,612.10 ¹	1,575.10 ¹	2,710	4,509	4,730.10 ⁻⁵	3,712.10 ⁻⁵	3,659.10 ⁻⁵	4,659.10 ⁻⁵
Mai	2,565.10 ⁻⁴	8,717.10 ⁻⁴	2,467.10 ⁻¹	1,210.10 ³	2,777.10 ¹	2,430	4,701	5,136.10 ⁻⁵	4,787.10 ⁻⁵	5,159.10 ⁻⁵	6,431.10 ⁻⁵
Juin	1,021.10 ⁻³	9,178.10 ⁻⁴	8,113.10 ⁻¹	2,902.10 ¹	1,494.10 ¹	2,368	1,174.10 ¹	4,418.10 ⁻⁵	3,842.10 ⁻⁵	3,710.10 ⁻⁵	4,448.10 ⁻⁵
Juillet	1,444.10 ⁻³	8,364.10 ⁻⁴	8,225.10 ⁻²	3,056.10 ¹	1,768.10 ¹	7,130	2,045	4,563.10 ⁻⁵	3,972.10 ⁻⁵	4,229.10 ⁻⁵	5,181.10 ⁻⁵
Août	4,366.10 ⁻⁴	7,944.10 ⁻⁴	4,073.10 ⁻²	3,930.10 ¹	2,501.10 ¹	2,935	4,631	4,639.10 ⁻⁵	4,601.10 ⁻⁵	3,989.10 ⁻⁵	4,506.10 ⁻⁵
Septembre	1,532.10 ⁻³	8,742.10 ⁻⁴	6,140.10 ⁻³	3,002.10 ¹	1,962.10 ¹	2,022	3,838	4,084.10 ⁻⁵	4,497.10 ⁻⁵	4,172.10 ⁻⁵	4,996.10 ⁻⁵
Octobre	1,466.10 ⁻⁴	6,672.10 ⁻⁴	1,188.10 ⁻²	2,593.10 ¹	1,670.10 ¹	3,113	8,641.10 ⁻¹	5,277.10 ⁻⁵	4,649.10 ⁻⁵	4,755.10 ⁻⁵	4,640.10 ⁻⁵
Novembre	1,031.10 ⁻²	1,120.10 ⁻³	7,342.10 ⁻³	2,802.10 ¹	1,760.10 ¹	7,700	9,407.10 ⁻¹	4,553.10 ⁻⁵	4,610.10 ⁻⁵	4,082.10 ⁻⁵	4,619.10 ⁻⁵
Décembre	2,028.10 ⁻⁴	1,378.10 ⁻³	8,660.10 ⁻³	4,293.10 ¹	2,646.10 ¹	7,567	5,235.10 ⁻¹	4,693.10 ⁻⁵	4,225.10 ⁻⁵	4,260.10 ⁻⁵	4,187.10 ⁻⁵
TOTAL ANNUEL	2,00.10⁻²	1,18.10⁻²	1,94	1,81.10³	2,33.10²	4,78.10¹	4,69.10¹	5,50.10⁻⁴	5,01.10⁻⁴	4,90.10⁻⁴	5,98.10⁻⁴

	Volumes rejetés (m ³)	Activités Iodes (GBq)	Activités gaz rares (GBq)	Activités Autres PF et PA (GBq)	Activité Tritium (GBq)	Activité Carbone 14 (GBq)
Janvier	3,52.10 ⁸	1,04.10 ⁻³	1,95.10 ²	1,70.10 ⁻⁴	5,82.10 ¹	1,07.10 ²
Février	3,26.10 ⁸	3,49.10 ⁻³	9,63.10 ¹	1,66.10 ⁻⁴	6,50.10 ¹	/
Mars	3,50.10 ⁸	3,55.10 ⁻³	8,33.10 ¹	1,77.10 ⁻⁴	7,36.10 ¹	/
Avril	3,43.10 ⁸	9,09.10 ⁻⁴	9,95.10 ¹	1,68.10 ⁻⁴	6,88.10 ¹	1,61.10 ²
Mai	3,91.10 ⁸	1,13.10 ⁻³	1,25.10 ³	2,15.10 ⁻⁴	6,80.10 ¹	/
Juin	3,50.10 ⁸	1,94.10 ⁻³	5,89.10 ¹	1,64.10 ⁻⁴	6,26.10 ¹	/
Juillet	3,78.10 ⁸	2,28.10 ⁻³	5,75.10 ¹	1,79.10 ⁻⁴	8,39.10 ¹	1,66.10 ²
Août	3,67.10 ⁸	1,23.10 ⁻³	7,19.10 ¹	1,77.10 ⁻⁴	9,72.10 ¹	/
Septembre	3,81.10 ⁸	2,41.10 ⁻³	5,55.10 ¹	1,78.10 ⁻⁴	6,89.10 ¹	/
Octobre	3,47.10 ⁸	8,14.10 ⁻⁴	4,66.10 ¹	1,93.10 ⁻⁴	4,67.10 ¹	2,03.10 ²
Novembre	3,78.10 ⁸	1,14.10 ⁻²	5,43.10 ¹	1,79.10 ⁻⁴	4,76.10 ¹	/
Décembre	3,95.10 ⁸	1,58.10 ⁻³	7,75.10 ¹	1,74.10 ⁻⁴	6,53.10 ¹	/
TOTAL ANNUEL	4,36.10⁹	3,18.10⁻²	2,14.10³	2,14.10⁻³	8,06.10²	6,36.10²

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.

	⁶⁰ Co (GBq)	⁶³ Ni (GBq)	⁵⁵ Fe (GBq)
Janvier	1,020.10 ⁻⁵	1,128.10 ⁻⁵	4,102.10 ⁻⁵
Février	1,110.10 ⁻⁵	1,570.10 ⁻⁵	2,912.10 ⁻⁵
Mars	1,187.10 ⁻⁵	7,879.10 ⁻⁵	2,724.10 ⁻⁵
Avril	8,540.10 ⁻⁶	1,918.10 ⁻⁵	2,951.10 ⁻⁵
Mai	8,660.10 ⁻⁶	1,984.10 ⁻⁵	5,341.10 ⁻⁵
Juin	1,445.10 ⁻⁵	3,534.10 ⁻⁵	1,193.10 ⁻⁵
Juillet	1,027.10 ⁻⁵	3,289.10 ⁻⁵	1,239.10 ⁻⁵
Août	1,222.10 ⁻⁵	3,371.10 ⁻⁵	1,549.10 ⁻⁵
Septembre	9,413.10 ⁻⁶	4,484.10 ⁻⁵	1,635.10 ⁻⁵
Octobre	9,120.10 ⁻⁶	3,226.10 ⁻⁵	1,262.10 ⁻⁵
Novembre	9,013.10 ⁻⁶	2,983.10 ⁻⁵	1,395.10 ⁻⁵
Décembre	9,762.10 ⁻⁶	3,274.10 ⁻⁵	5,904.10 ⁻⁶
TOTAL ANNUEL	1,25.10⁻⁴	3,86.10⁻⁴	2,69.10⁻⁴

	Volumes rejetés (m ³)	Activité Tritium (GBq)	Activité Carbone 14 (GBq)	Activités Autres PF et PA (GBq)	Activités émetteurs Alpha (GBq)
Janvier	4,98.10 ⁷	1,670.10 ⁻²	1,47.10 ⁻¹	6,25.10 ⁻⁵	9,573.10 ⁻⁷
Février	4,48.10 ⁷	1,356.10 ⁻²		5,59.10 ⁻⁵	1,022.10 ⁻⁶
Mars	4,64.10 ⁷	1,70.10 ⁻²		1,18.10 ⁻⁴	9,66.10 ⁻⁷
Avril	4,81.10 ⁷	1,75.10 ⁻²	1,39.10 ⁻¹	5,72.10 ⁻⁵	9,13.10 ⁻⁷
Mai	4,84.10 ⁷	1,77.10 ⁻²		8,19.10 ⁻⁵	1,09.10 ⁻⁶
Juin	4,42.10 ⁷	2,19.10 ⁻²		6,17.10 ⁻⁵	1,08.10 ⁻⁶
Juillet	4,77.10 ⁷	1,90.10 ⁻²	1,44.10 ⁻¹	5,56.10 ⁻⁵	1,05.10 ⁻⁷
Août	4,56.10 ⁷	1,69.10 ⁻²		6,14.10 ⁻⁵	9,80.10 ⁻⁷
Septembre	4,67.10 ⁷	1,91.10 ⁻²		7,06.10 ⁻⁵	9,12.10 ⁻⁷
Octobre	4,68.10 ⁷	1,81.10 ⁻²	1,46.10 ⁻¹	5,40.10 ⁻⁵	1,02.10 ⁻⁶
Novembre	4,81.10 ⁷	1,99.10 ⁻²		5,28.10 ⁻⁵	7,96.10 ⁻⁷
Décembre	5,37.10 ⁷	2,15.10 ⁻²		4,84.10 ⁻⁵	9,55.10 ⁻⁷
TOTAL ANNUEL	5,70.10⁸	2,19.10⁻¹	5,75.10⁻¹	7,80.10⁻⁴	1,17.10⁻⁵

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

	⁶⁰ Co (GBq)	^{108m} Ag (GBq)	⁶³ Ni (GBq)	⁵⁵ Fe (GBq)
Janvier	1,692.10 ⁻⁵	1,393.10 ⁻⁵	1,809.10 ⁻⁵	6,331.10 ⁻⁵
Février	2,223.10 ⁻⁵	1,312.10 ⁻⁵	2,174.10 ⁻⁵	5,706.10 ⁻⁵
Mars	1,628.10 ⁻⁵	1,484.10 ⁻⁵	1,127.10 ⁻⁵	5,044.10 ⁻⁵
Avril	1,771.10 ⁻⁵	1,509.10 ⁻⁵	3,025.10 ⁻⁵	4,321.10 ⁻⁵
Mai	1,192.10 ⁻⁵	9,893.10 ⁻⁶	3,226.10 ⁻⁵	7,835.10 ⁻⁵
Juin	1,486.10 ⁻⁵	2,074.10 ⁻⁵	5,278.10 ⁻⁵	2,097.10 ⁻⁵
Juillet	1,703.10 ⁻⁵	1,122.10 ⁻⁵	5,205.10 ⁻⁵	1,393.10 ⁻⁵
Août	1,705.10 ⁻⁵	1,530.10 ⁻⁵	3,371.10 ⁻⁵	1,549.10 ⁻⁵
Septembre	1,169.10 ⁻⁵	1,454.10 ⁻⁵	3,719.10 ⁻⁵	2,040.10 ⁻⁵
Octobre	1,688.10 ⁻⁵	1,601.10 ⁻⁵	5,866.10 ⁻⁵	1,422.10 ⁻⁵
Novembre	1,658.10 ⁻⁵	1,683.10 ⁻⁵	6,312.10 ⁻⁵	3,419.10 ⁻⁵
Décembre	1,763.10 ⁻⁵	1,733.10 ⁻⁵	5,701.10 ⁻⁵	1,236.10 ⁻⁵
TOTAL ANNUEL	2,03.10⁻⁴	1,73.10⁻⁴	5,95.10⁻⁴	4,25.10⁻⁴

	Volumes rejetés (m ³)	Activité Tritium (GBq)	Activité Carbone 14 (GBq)	Activités Autres PF et PA (GBq)
Janvier	7,69.10 ⁷	2,00.10 ⁻²	2,24.10 ⁻¹	1,12.10 ⁻⁴
Février	6,89.10 ⁷	2,02.10 ⁻²		1,14.10 ⁻⁴
Mars	7,26.10 ⁷	1,96.10 ⁻²		1,94.10 ⁻⁴
Avril	7,40.10 ⁷	2,18.10 ⁻²	2,26.10 ⁻¹	1,06.10 ⁻⁴
Mai	7,98.10 ⁷	2,50.10 ⁻²		1,32.10 ⁻⁴
Juin	7,23.10 ⁷	2,39.10 ⁻²		1,09.10 ⁻⁴
Juillet	7,33.10 ⁷	2,38.10 ⁻²	2,13.10 ⁻¹	9,42.10 ⁻⁵
Août	7,39.10 ⁷	2,28.10 ⁻²		1,08.10 ⁻⁴
Septembre	6,00.10 ⁷	1,81.10 ⁻²		8,38.10 ⁻⁵
Octobre	5,93.10 ⁷	1,85.10 ⁻²	1,90.10 ⁻¹	1,06.10 ⁻⁴
Novembre	6,58.10 ⁷	1,82.10 ⁻²		1,31.10 ⁻⁴
Décembre	6,87.10 ⁷	1,76.10 ⁻²		1,04.10 ⁻⁴
TOTAL ANNUEL	8,45.10⁸	2,49.10⁻¹	8,53.10⁻¹	1,40.10⁻³

d. Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2023 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2023 pour les tranches en fonctionnement.

Année	Rejets par catégorie de radionucléides (GBq)				
	Gaz rares	Tritium	Carbone 14	Iodes	Autres PF et PA
2021	853	622	360	0,023	0,003
2022	4 730	634	418	0,021	0,0026
2023	2 140	806	636	0,0318	0,0021
Prévisionnel 2023	3 500	1 000	600	0,1	0,004

Commentaires : RAS

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2023 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2023 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	2021	$2,00.10^{-1}$	$8,4.10^{-1}$	$4,73.10^{-4}$	$1,12.10^{-5}$
	2022	$1,99.10^{-1}$	$1,72.10^{-1}$	$8,14.10^{-4}$	$1,17.10^{-5}$
	2023	$2,19.10^{-1}$	$5,75.10^{-1}$	$7,80.10^{-4}$	$1,17.10^{-5}$
	Prévisionnel 2023	$5,0.10^{-1}$	$9,0.10^{-1}$	1.10^{-3}	3.10^{-5}
ICEDA	2021	$2,00.10^{-1}$	$4,9.10^{-1}$	$8,95.10^{-4}$	-
	2022	$2,52.10^{-1}$	$6,19.10^{-1}$	$1,32.10^{-3}$	-
	2023	$2,49.10^{-1}$	$8,53.10^{-1}$	$1,40.10^{-3}$	-
	Prévisionnel 2023	20	1,2	$6,0.10^{-3}$	-

e. Comparaison aux valeurs limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2023 avec les valeurs limites de rejets fixées par la décision ASN n°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	$2,14.10^3$
	Réacteurs n°2-3	Débit instantané (Bq/s)	5.10^7	$8,65.10^4$
	Réacteurs n°4-5	Débit instantané (Bq/s)	5.10^7	$3,40.10^6$
Carbone 14	Réacteurs n°2-3-4 et 5	Activité annuelle rejetée (GBq)	2 200	636
Tritium	Réacteurs n°2-3-4 et 5	Activité annuelle rejetée (GBq)	8 000	$8,06.10^2$
	Réacteurs n°2-3	Débit instantané (Bq/s)	$4,4.10^6$	$2,16.10^4$
	Réacteurs n°4-5	Débit instantané (Bq/s)	$4,4.10^6$	$3,11.10^4$
Iodes	Réacteurs n°2-3-4 et 5	Activité annuelle rejetée (GBq)	1,2	$3,18.10^{-2}$
	Réacteurs n°2-3	Débit instantané (Bq/s)	5.10^2	$1,47.10^1$
	Réacteurs n°4-5	Débit instantané (Bq/s)	5.10^2	2,27
Autres produits de fission et produits d'activation	Réacteurs n°2-3-4 et 5	Activité annuelle rejetée (GBq)	0,28	$2,14.10^{-3}$
	Réacteurs n°2-3	Débit instantané (Bq/s)	$1,7.10^2$	$4,37.10^{-2}$
	Réacteurs n°4-5	Débit instantané (Bq/s)	$1,7.10^2$	$7,18.10^{-2}$

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2023 avec les valeurs limites de rejets fixées par la décision ASN n°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 ⁸	3,42.10 ⁶
Carbone 14	Bugey 1	Activité annuelle rejetée (GBq)	1,5	5,75.10 ⁻¹
	ICEDA	Activité annuelle rejetée (GBq)	2	8,53.10 ⁻¹
Tritium	Global site	Débit instantané (Bq/s)	1.10 ⁷	3,56.10 ⁴
	Bugey 1	Activité annuelle rejetée (GBq)	100	2,19.10 ⁻¹
		Débit instantané (Bq/s)	1,1.10 ⁵	13,5
	ICEDA	Activité annuelle rejetée (GBq)	1.10 ³	2,49.10 ⁻¹
		Débit instantané (Bq/s)	1,1.10 ⁶	13,4
Iodes	Global site	Débit instantané (Bq/s)	1.10 ³	15
Autres produits de fission et produits d'activation	Global site	Débit instantané (Bq/s)	1.10 ³	1,20.10 ⁻¹
	Bugey 1	Activité annuelle rejetée (GBq)	0,4	7,80.10 ⁻⁴
		Débit instantané (Bq/s)	4,8.10 ²	9,88.10 ⁻³
	ICEDA	Activité annuelle rejetée (GBq)	0,15	1,40.10 ⁻³
		Débit instantané (Bq/s)	1,8.10 ²	1,98.10 ⁻²
Alpha	Bugey 1	Activité annuelle rejetée (GBq)	1,5.10 ⁻⁴	1,17.10 ⁻⁵

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 ³)	Rejets de vapeur du circuit secondaire		Rejets au niveau des événements des réservoirs d'eau de refroidissement des piscines et d'entreposage des effluents liquides		Autres rejets	
		Tritium (Bq)	Iodes (Bq)	Tritium (Bq)	Iodes (Bq)	Tritium (Bq)	Iodes (Bq)
Janvier	4,13.10 ⁴	/	/	8,775.10 ⁷	0	/	/
Février	3,56.10 ⁴	/	/	4,514.10 ⁷	0	1,31.10 ¹	/
Mars	2,88.10 ⁴	/	/	3,336.10 ⁷	0	/	/
Avril	3,26.10 ⁴	/	/	1,144.10 ⁸	0	/	/
Mai	2,83.10 ⁴	/	/	7,739.10 ⁷	0	/	/
Juin	4,30.10 ⁴	/	/	6,472.10 ⁷	0	7,56	/
Juillet	3,33.10 ⁴	/	/	4,244.10 ⁷	0	/	/
Août	3,72.10 ⁴	/	/	6,972.10 ⁷	0	/	/
Septembre	2,38.10 ⁴	/	/	2,646.10 ⁷	0	/	/
Octobre	2,68.10 ⁴	/	/	6,771.10 ⁷	0	/	/
Novembre	3,72.10 ⁴	/	/	3,930.10 ⁷	0	1,03.10 ¹	/
Décembre	2,94.10 ⁴	/	/	4,554.10 ⁷	0	/	/
TOTAL ANNUEL	3,97.10⁵	/	/	7,14.10⁸	0	3,09.10¹	/

Commentaire : Il n'y a pas eu de rejet d'effluents radioactifs compatibilisés provenant du secondaire en 2023.

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 2023, les groupes électrogènes de secours (pour les moteurs diesels, les coffrets LLS et le bâtiment de sécurité) et les diesels d'ultimes secours (DUS) ont consommé 147,15 tonnes de carburant (GNR) tandis que la turbine à combustion (TAC) a consommé 13,78 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	83	86

b. Rejets de formaldéhyde et de monoxyde de carbone

En 2023, 16,46 m³ de calorifuges ont été renouvelés dans les enceintes des bâtiments réacteurs n°2 et 5.

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

Concentration calculée	Unité	Paramètres	EBA	ETY
	mg/m ³	Formaldéhyde	1,80.10 ⁻³	4,27.10 ⁻⁵

Concentration maximale ajoutée dans l'atmosphère		Monoxyde de carbone	1,68.10 ⁻³	3,98.10 ⁻⁵
--	--	---------------------	-----------------------	-----------------------

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	307,8
Morpholine		0
Ethanolamine		3,4

d. Bilan des émissions de 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 CO2
Chloro-fluoro-carbone (CFC)	0	0
Hydrogène-chloro-fluoro-carbone (HCFC)	0	0
Hydrogène-fluoro-carbone (HFC)	197,32	363,16
Hexafluorure de soufre (SF6)	0,30	7,56
Total des émissions de GES en tonne équivalent CO2		370,72

Dans le respect de la réglementation relative aux systèmes d'échanges de quota d'émissions de gaz à effet de serre, le CNPE déclare chaque année les émissions de CO₂ provenant de l'activité de combustion de combustibles dans les installations dont la puissance thermique totale de combustion est supérieure à 20 MW. Pour l'année 2023, les émissions liées à cette activité représentent 510,7 tonnes équivalent CO₂.

L'équivalent CO₂ total des émissions de GES du CNPE constituées des pertes de fluides frigorigène et SF₆ et de la combustion des diesels de secours, représente 1,54.10⁻² gCO₂/kWh électrique produit, la production annuelle nette d'électricité ayant été de 24,3 TWh sur l'année 2023.

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

En 2023, les requalifications périodiques des réservoirs 0TEG003BA et 0TEG010BA ont été réalisées.

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 2023.

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 décision¹ donnent lieu à une comptabilisation d'activité rejetée égale au SD.

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

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

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

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

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

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

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

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	^3H
	Produits de fission et d'activation	^{58}Co
		^{137}Cs
		^{63}Ni
		^{55}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 :

	¹³¹ I (GBq)	^{110m} Ag (GBq)	^{123m} Te (GBq)	¹²⁴ Sb (GBq)	¹²⁵ Sb (GBq)	¹³⁴ Cs (GBq)	¹³⁷ Cs (GBq)	⁵¹ Cr (GBq)	⁵⁴ Mn (GBq)	⁵⁸ Co (GBq)	⁶⁰ Co (GBq)	⁹⁹ Mo (GBq)	^{99m} Tc (GBq)
Janvier	1,454.10 ⁻³	3,328.10 ⁻²	1,005.10 ⁻³	1,525.10 ⁻³	4,081.10 ⁻³	1,549.10 ⁻³	1,944.10 ⁻³	/	1,351.10 ⁻³	1,543.10 ⁻³	1,546.10 ⁻²	1,578.10 ⁻⁴	1,578.10 ⁻⁴
Février	2,009.10 ⁻³	2,386.10 ⁻²	1,441.10 ⁻³	2,390.10 ⁻³	5,587.10 ⁻³	7,113.10 ⁻³	1,105.10 ⁻²	/	1,856.10 ⁻³	2,025.10 ⁻³	1,448.10 ⁻²	/	/
Mars	1,108.10 ⁻³	1,343.10 ⁻²	7,990.10 ⁻⁴	1,223.10 ⁻³	3,221.10 ⁻³	2,963.10 ⁻³	5,373.10 ⁻³	/	1,111.10 ⁻³	1,072.10 ⁻³	1,834.10 ⁻²	/	/
Avril	1,312.10 ⁻³	3,303.10 ⁻²	9,347.10 ⁻⁴	1,814.10 ⁻³	4,217.10 ⁻³	4,651.10 ⁻³	7,969.10 ⁻³	/	1,640.10 ⁻³	1,413.10 ⁻³	3,717.10 ⁻²	1,134.10 ⁻⁴	1,134.10 ⁻⁴
Mai	1,538.10 ⁻³	3,855.10 ⁻²	1,043.10 ⁻³	2,143.10 ⁻³	4,969.10 ⁻³	8,122.10 ⁻³	1,514.10 ⁻²	3,663.10 ⁻³	1,551.10 ⁻³	7,794.10 ⁻³	3,725.10 ⁻²	/	/
Juin	1,526.10 ⁻³	3,329.10 ⁻²	1,055.10 ⁻³	1,979.10 ⁻³	4,434.10 ⁻³	4,350.10 ⁻³	8,437.10 ⁻³	/	1,353.10 ⁻³	1,337.10 ⁻¹	1,805.10 ⁻²	/	/
Juillet	1,644.10 ⁻³	4,381.10 ⁻²	1,147.10 ⁻³	2,116.10 ⁻³	4,600.10 ⁻³	4,521.10 ⁻³	1,110.10 ⁻²	/	1,507.10 ⁻³	5,179.10 ⁻²	1,039.10 ⁻²	1,30.10 ⁻⁴	1,30.10 ⁻⁴
Août	1,758.10 ⁻³	1,444.10 ⁻¹	1,275.10 ⁻³	7,044.10 ⁻³	5,277.10 ⁻³	4,914.10 ⁻³	1,360.10 ⁻²	/	1,583.10 ⁻³	1,592.10 ⁻²	1,024.10 ⁻²	/	/
Septembre	8,592.10 ⁻⁴	6,929.10 ⁻²	8,407.10 ⁻⁴	3,001.10 ⁻³	2,547.10 ⁻³	5,887.10 ⁻³	1,328.10 ⁻²	/	8,897.10 ⁻⁴	1,529.10 ⁻²	7,420.10 ⁻³	/	/
Octobre	1,500.10 ⁻³	9,950.10 ⁻²	1,789.10 ⁻³	4,840.10 ⁻³	4,450.10 ⁻³	7,413.10 ⁻³	1,773.10 ⁻²	/	1,916.10 ⁻³	1,272.10 ⁻²	1,689.10 ⁻²	/	/
Novembre	1,966.10 ⁻³	1,013.10 ⁻¹	1,365.10 ⁻³	5,769.10 ⁻³	6,300.10 ⁻³	4,889.10 ⁻³	1,351.10 ⁻²	/	2,045.10 ⁻³	4,488.10 ⁻³	1,283.10 ⁻²	/	/
Décembre	1,612.10 ⁻³	7,357.10 ⁻²	1,146.10 ⁻³	3,562.10 ⁻³	4,770.10 ⁻³	4,119.10 ⁻³	1,009.10 ⁻²	2,268.10 ⁻³	2,113.10 ⁻³	5,116.10 ⁻³	1,713.10 ⁻²	/	/
TOTAL ANNUEL	1,83.10⁻²	7,07.10⁻¹	1,38.10⁻²	3,74.10⁻²	5,45.10⁻²	6,05.10⁻²	1,29.10⁻¹	5,93.10⁻³	1,89.10⁻²	2,53.10⁻¹	2,16.10⁻¹	4,02.10⁻⁴	4,02.10⁻⁴

	Volumes rejetés (m ³)	Activités Iodes (GBq)	Activités Autres PF et PA (GBq)	Activités Tritium (GBq)	Activités Carbone 14 (GBq)
Janvier	3,12.10 ⁴	1,454.10 ⁻³	7,248.10 ⁻²	7,052.10 ³	9,832.10 ⁻¹
Février	3,04.10 ⁴	2,009.10 ⁻³	8,637.10 ⁻²	3,524.10 ³	3,25.10 ⁻¹
Mars	2,88.10 ⁴	1,108.10 ⁻³	5,553.10 ⁻²	2,517.10 ³	3,332.10 ⁻¹
Avril	2,76.10 ⁴	1,312.10 ⁻³	1,126.10 ⁻¹	9,272.10 ³	8,75.10 ⁻¹
Mai	2,75.10 ⁴	1,538.10 ⁻³	1,340.10 ⁻¹	5,993.10 ³	9,426.10 ⁻¹
Juin	3,13.10 ⁴	1,526.10 ⁻³	2,239.10 ⁻¹	4,77.10 ³	1,417
Juillet	2,82.10 ⁴	1,644.10 ⁻³	1,639.10 ⁻¹	3,229.10 ³	1,697
Août	2,21.10 ⁴	1,758.10 ⁻³	2,155.10 ⁻¹	5,523.10 ³	1,395
Septembre	2,17.10 ⁴	8,592.10 ⁻⁴	1,269.10 ⁻¹	1,864.10 ³	6,716.10 ⁻¹
Octobre	2,51.10 ⁴	1,500.10 ⁻³	1,813.10 ⁻¹	5,083.10 ³	1,056
Novembre	3,19.10 ⁴	1,966.10 ⁻³	1,618.10 ⁻¹	3,048.10 ³	4,801.10 ⁻¹
Décembre	2,93.10 ⁴	1,612.10 ⁻³	1,295.10 ⁻¹	3,597.10 ³	5,543.10 ⁻¹
TOTAL ANNUEL	3,35.10⁵	1,83.10⁻²	1,66	5,55.10⁴	1,11.10¹

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 :

	⁹⁰ Sr (MBq)	¹³⁷ Cs (MBq)
Janvier	-	-
Février	2,21.10 ⁻⁴	1,34.10 ⁻⁴
Mars	-	-
Avril	-	-
Mai	6,24.10 ⁻⁴	3,42.10 ⁻⁵
Juin	8,82.10 ⁻⁵	1,99.10 ⁻⁵
Juillet	-	-
Août	-	-
Septembre	-	-
Octobre	-	-
Novembre	1,07.10 ⁻⁴	6,43.10 ⁻⁵
Décembre	-	-
TOTAL ANNUEL	1,04.10⁻³	2,52.10⁻⁴

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

	Volumes rejetés (m ³)	Activité Tritium (GBq)	Activités Autres PF et PA (GBq)
Janvier	-	-	-
Février	1,00.10 ²	1,259.10 ⁻³	3,6.10 ⁻⁴
Mars	-	-	-
Avril	-	-	-
Mai	7,80.10 ¹	3,820.10 ⁻⁴	6,6.10 ⁻⁴
Juin	9,80.10 ¹	7,186.10 ⁻⁴	1,18.10 ⁻⁴
Juillet	-	-	-
Août	-	-	-
Septembre	-	-	-
Octobre	-	-	-
Novembre	9,50.10 ¹	9,573.10 ⁻⁴	1,7.10 ⁻⁴
Décembre	-	-	-
TOTAL ANNUEL	3,71.10²	3,32.10⁻³	1,3.10⁻³

Commentaires : RAS

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 2023 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2023 pour les tranches en fonctionnement.

	Rejets par catégorie de radionucléides (GBq)			
	Tritium	Carbone 14	Iodes	Autres PA et PF
2021	4,26.10 ⁴	7,64	1,65.10 ⁻²	1,87
2022	3,66.10 ⁴	1,02.10 ¹	2,31.10 ⁻²	1,41
2023	5,55.10 ⁴	1,11.10 ¹	1,83.10 ⁻²	1,66
Prévisionnel 2023	6.10 ⁴	2,0.10 ¹	2,0.10 ⁻²	1,80

Commentaires : RAS.

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejet de l'année 2023 avec les valeurs du prévisionnel 2023 pour l'installation en déconstruction Bugey 1.

Installation	Année	Tritium (MBq)	Autres PA et PF (MBq)
Bugey 1	2021	7,09	3,71
	2022	3,44	1,01.10 ⁻¹
	2023	3,32	1,29
	Prévisionnel 2023	60	4

Commentaire : RAS

e. Comparaison aux limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2023 avec les valeurs limites de rejets fixées par la décision 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	5,55.10 ⁴
Carbone 14	Activité annuelle rejetée (GBq)	260	1,11.10 ¹
Iodes	Activité annuelle rejetée (GBq)	0,4	1,83.10 ⁻²
Autres PA et PF	Activité annuelle rejetée (GBq)	36	1,66

Commentaire : Les limites réglementaires de rejets ont été respectées.

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2023 avec les valeurs limites de rejets fixées par la décision ASN n°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	3,32.10 ⁻³
	Autres PA et PF	Activité annuelle rejetée (GBq)	0,01	1,29.10 ⁻³

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 2023 sont donnés dans le tableau suivant (valeurs moyennes et maximales).

	Paramètre analysé	Activité volumique horaire à mi-rejet			Activité volumique : moyenne journalière		
		Valeur moyenne mesurée en 2023	Valeur maximale mesurée en 2023	Limite réglementaire	Valeur moyenne mesurée en 2023	Valeur maximale mesurée en 2023	Limite réglementaire
Eau filtrée	Activité bêta globale	$1,26 \cdot 10^{-1}$ Bq/L	$4,0 \cdot 10^{-1}$ Bq/L	2 Bq/L	-	-	-
	Tritium	$5,37 \cdot 10^1$ Bq/L	$1,83 \cdot 10^2$ Bq/L	280 Bq/L	$1,3 \cdot 10^1$ Bq/L	$8,30 \cdot 10^1$ Bq/L	140 ⁽¹⁾ / 100 ⁽²⁾ Bq/L
	Potassium	1,83 mg/L	2,40 mg/L	-	-	-	-
Matières en suspension	Activité bêta globale	$3,49 \cdot 10^{-2}$ Bq/L	$7,30 \cdot 10^{-1}$ 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 2023 sont cohérentes avec les valeurs attendues du fait des rejets d'effluents autorisés du CNPE. Les mesures d'activité bêta globale et de l'activité en tritium dans l'eau sont 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 sécheurs-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

Il n'y a pas d'évolution récente des connaissances sur la toxicité de l'éthanolamine et des sous-produits associés. En revanche, 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)⁻¹ a été établie par l'ANSES en 2012 ;
- De même, la pyrrolidine peut être transformée in vivo en N-nitrosopyrrolidine. Il s'agit d'une substance formée à partir de la réaction de nitrosation d'un sous-produit de la morpholine, la pyrrolidine. Une VTR chronique par voie orale pour la N-nitrosopyrrolidine de 2,1 (mg/kg/j)⁻¹ a été établie par l'US EPA en 1987. Une mise à jour de l'évaluation de risque sanitaire suite à la prise en compte de cette substance a été réalisée. Elle conclut à une absence de risque sanitaire pour les populations riveraines et à des concentrations ajoutées faibles dans l'environnement.

L'étude d'impact n'a pas mis en évidence de 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 ¹ (kg)
Janvier	9,36.10 ²	1,92.10 ²	2,39.10 ²	2,32	1,97	8,85.10 ⁻²	9,04.10 ¹
Février	1,17.10 ³	2,02.10 ²	1,84.10 ²	1,53	1,21	9,72.10 ⁻²	
Mars	3,08.10 ²	2,22.10 ²	1,73.10 ²	2,30	7,19.10 ⁻¹	7,95.10 ⁻²	
Avril	1,68.10 ³	1,92.10 ²	2,07.10 ²	1,90	8,83.10 ⁻¹	1,86.10 ⁻¹	8,63.10 ¹
Mai	8,42.10 ²	2,00.10 ²	1,67.10 ²	2,67	6,87.10 ⁻¹	1,03.10 ⁻¹	
Juin	5,95.10 ²	2,32.10 ²	2,23.10 ²	2,66	3,11	1,07.10 ⁻¹	
Juillet	2,555.10 ²	3,256.10 ²	1,999.10 ²	2,674	1,983	8,955.10 ⁻²	1,58.10 ²
Août	4,383.10 ²	1,219.10 ²	2,273.10 ²	3,404	5,535.10 ⁻¹	1,210.10 ⁻¹	
Septembre	2,774.10 ²	1,864.10 ²	1,770.10 ²	2,987	8,888.10 ⁻¹	6,748.10 ⁻²	
Octobre	9,836.10 ²	2,056.10 ²	1,955.10 ²	2,686	1,208	1,098.10 ⁻¹	6,13.10 ²
Novembre	5,060.10 ²	1,787.10 ²	2,097.10 ²	2,657	8,222.10 ⁻¹	1,289.10 ⁻¹	
Décembre	2,964.10 ²	1,975.10 ²	1,465.10 ²	3,163	7,333.10 ⁻¹	1,192.10 ⁻¹	
TOTAL ANNUEL	8,28.10³	2,46.10³	2,35.10³	3,10.10¹	1,48.10¹	1,30	-

¹ 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	1,86.10 ¹	2,59.10 ¹	5,23.10 ³	1,24.10 ⁴	9,35.10 ¹	3,93
Février	2,60	3,37.10 ¹	4,44.10 ³	1,03.10 ⁴	9,13.10 ¹	2,82
Mars	7,74	6,58.10 ¹	3,78.10 ³	8,70.10 ³	8,63.10 ¹	3,38
Avril	1,22	3,46.10 ¹	4,29.10 ³	9,77.10 ³	1,06.10 ²	4,17
Mai	9,84.10 ⁻¹	2,13.10 ¹	3,53.10 ³	8,01.10 ³	8,25.10 ¹	3,90
Juin	2,41	4,14.10 ¹	5,31.10 ³	1,17.10 ⁴	9,379.10 ¹	3,947
Juillet	8,754.10 ⁻¹	6,771.10 ¹	4,826.10 ³	1,067.10 ⁴	8,457.10 ¹	3,447
Août	6,476.10 ⁻¹	8,270.10 ¹	5,608.10 ³	1,252.10 ⁴	1,353.10 ²	3,984
Septembre	7,071.10 ⁻¹	3,712.10 ¹	3,782.10 ³	8,508.10 ³	5,051.10 ²	4,143
Octobre	8,574.10 ⁻¹	2,935.10 ¹	4,006.10 ³	9,049.10 ³	7,520.10 ¹	6,847
Novembre	9,436.10 ⁻¹	4,281.10 ¹	4,556.10 ³	1,078.10 ⁴	9,571.10 ¹	5,617
Décembre	1,045	1,845.10 ¹	2,269.10 ³	6,592.10 ³	1,421.10 ²	8,818
TOTAL ANNUEL	3,86.10¹	5,01.10²	5,16.10⁴	1,19.10⁵	1,59.10³	5,50.10¹

	Al (kg)	Cr (kg)	Cu (kg)	Fe (kg)	Mn (kg)	Ni (kg)	Pb (kg)	Zn (kg)
Janvier	3,12.10 ⁻¹	7,80.10 ⁻²	1,83	8,23.10 ⁻¹	1,75.10 ⁻¹	7,80.10 ⁻²	3,12.10 ⁻²	5,97.10 ⁻¹
Février	3,04.10 ⁻¹	7,61.10 ⁻²	1,20	7,41.10 ⁻¹	7,61.10 ⁻²	7,61.10 ⁻²	3,04.10 ⁻²	3,13.10 ⁻¹
Mars	2,88.10 ⁻¹	7,19.10 ⁻²	1,70	6,83.10 ⁻¹	8,66.10 ⁻²	7,19.10 ⁻²	2,88.10 ⁻²	4,50.10 ⁻¹
Avril	2,76.10 ⁻¹	6,90.10 ⁻²	2,21	8,05.10 ⁻¹	9,00.10 ⁻²	1,28.10 ⁻¹	2,76.10 ⁻²	5,65.10 ⁻¹
Mai	5,47.10 ⁻¹	6,87.10 ⁻²	1,11	1,38	1,57.10 ⁻¹	1,44.10 ⁻¹	2,75.10 ⁻²	4,71.10 ⁻¹
Juin	3,13.10 ⁻¹	7,82.10 ⁻²	2,22	8,70.10 ⁻¹	7,82.10 ⁻²	7,82.10 ⁻²	3,13.10 ⁻²	2,83.10 ⁻¹
Juillet	6,89.10 ⁻¹	7,05.10 ⁻²	1,16	8,38.10 ⁻¹	1,00.10 ⁻¹	7,05.10 ⁻²	9,37.10 ⁻²	4,30.10 ⁻¹
Août	5,48.10 ⁻¹	5,54.10 ⁻²	1,20	1,40	1,79.10 ⁻¹	5,54.10 ⁻²	2,21.10 ⁻²	5,28.10 ⁻¹
Septembre	8,33.10 ⁻¹	5,41.10 ⁻²	1,27	1,15	2,09.10 ⁻¹	5,41.10 ⁻²	7,76.10 ⁻²	4,98.10 ⁻¹
Octobre	7,03.10 ⁻¹	6,27.10 ⁻²	3,80	1,33	2,47.10 ⁻¹	6,27.10 ⁻²	3,69.10 ⁻²	6,08.10 ⁻¹
Novembre	8,62.10 ⁻¹	7,98.10 ⁻²	1,35	2,30	2,84.10 ⁻¹	7,98.10 ⁻²	1,33.10 ⁻¹	5,33.10 ⁻¹
Décembre	1,69	7,33.10 ⁻²	1,80	3,87	4,01.10 ⁻¹	7,33.10 ⁻²	5,96.10 ⁻²	8,32.10 ⁻¹
TOTAL ANNUEL	7,37	8,37.10⁻¹	2,09.10¹	1,62.10¹	2,08	9,71.10⁻¹	6,00.10⁻¹	6,11

ii. Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel

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

Substance	Unité	2021	2022	2023	Prévisionnel 2023
Acide borique	kg	5,07.10 ³	9,43.10 ³	8,28.10 ³	13 000
Morpholine	kg	7,09.10 ²	3,08.10 ²	3,86.10 ¹	100
Hydrazine	kg	1,48	2,12	1,30	2,2
Ethanolamine	kg	-	2,72.10 ¹	1,48.10 ¹	200
Détergents	kg	3,94.10 ¹	3,13.10 ¹	3,10.10 ¹	50
Azote	kg	3,44.10 ³	2,35.10 ³	2,46.10 ³	6 500
Phosphates	kg	3,90.10 ²	5,12.10 ²	5,01.10 ²	700
Sodium	kg	4,71.10 ⁴	6,08.10 ⁴	5,16.10 ⁴	75 000
Chlorures	kg	3,24.10 ³	2,69.10 ³	2,35.10 ³	6 000
Métaux totaux	kg	6,12.10 ¹	6,86.10 ¹	5,50.10 ¹	(1)
Sulfates	kg	1,12.10 ⁵	1,43.10 ⁵	1,19.10 ⁵	160 000
DCO	kg	2,83.10 ³	2,67.10 ³	1,59.10 ³	(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 2023 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 ⁴	Flux 2h (kg)	Valeur maximale calculée (kg)	Flux annuel ajouté (kg)	Flux annuel calculé (kg)
Acide borique	3	4,49.10 ⁻¹	2 100	-	4,37.10 ²	500	2,23.10 ²	23 000	8,28.10³
Morpholine	0,28	4,68.10 ⁻³	27	-	4,65	(1)	-	2 090	3,86.10¹
Ethanolamine	0,08	1,97.10 ⁻³	16	-	1,30	(1)	-	1 150	1,48.10¹
Hydrazine	0,006	3,40.10 ⁻⁵	2,2	-	6,01.10 ⁻²	(1)	-	32	1,30
Détergents	0,36	1,17.10 ⁻³	135	-	7,77.10 ⁻¹	60	3,89.10 ⁻¹	8 000	3,10.10¹
Azote	0,3	2,44.10 ⁻²	120	-	2,26.10 ¹	(1)	-	8 900	2,46.10³
Phosphates	0,24	3,67.10 ⁻²	100	-	1,47.10 ¹	40	1,22.10 ¹	1 550	5,01.10²
Sodium	1,8	6,85.10 ⁻¹	820	-	6,22.10 ²	(1)	-	(1)	5,16.10⁴
Chlorures	0,11	5,61.10 ⁻²	150	-	3,68.10 ¹	(1)	-	(1)	2,35.10³
Métaux totaux	0,006	3,68.10 ⁻⁴	-	24	4,14	(1)	-	140	5,50.10¹
Sulfates	8,9	1,48	3 000	-	1,44.10 ³	(1)	-	(1)	1,19.10⁵
MES	0,25	5,66.10 ⁻³	120	-	3,95	(1)	-	(1)	-
DCO	0,79	2,58.10 ⁻²	450	-	4,82.10 ¹	(1)	-	(1)	1,59.10³

(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 2023, la quantité de lithine rejetée par le CNPE du Bugey est évaluée à 5,71 kg.

Commentaires : RAS.

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 2023.

⁴ Exception faite du paramètre Métaux totaux dont la valeur maximale est exprimée en flux mensuel.

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)	Antitartre organique (kg)	Sodium (kg)	THM (kg)	Chlore libre (kg)	Sulfates (kg)
Janvier	(1)	(1)	(1)	(1)	6,36.10 ⁴	(1)	(1)	5,85.10 ⁴	6,69.10 ³	(2)	(2)	(3)
Février					3,38.10 ⁴			3,11.10 ⁴	3,56.10 ³			
Mars	0	3,98.10 ¹	2,46.10 ¹	3,90.10 ³	4,56.10 ⁴	3,55.10 ³	0	4,20.10 ⁴	7,33.10 ³			
Avril	0	4,66.10 ²	1,07.10 ²	2,92.10 ³	3,43.10 ⁴	2,64.10 ³	0	3,16.10 ⁴	5,50.10 ³			
Mai	0	1,26.10 ²	3,73.10 ¹	4,44.10 ³	3,27.10 ⁴	3,74.10 ³	6,26	3,02.10 ⁴	6,37.10 ³			
Juin	0	1,37.10 ²	1,61.10 ²	1,25.10 ⁴	2,29.10 ⁴	1,08.10 ⁴	4,75.10 ¹	2,11.10 ⁴	1,06.10 ⁴			
Juillet	0	1,692.10 ²	2,443.10 ²	1,466.10 ⁴	3,295.10 ⁴	1,189.10 ⁴	2,35.10 ²	3,035.10 ⁴	1,31.10 ⁴			
Août	7,99.10 ¹	7,81.10 ¹	2,087.10 ²	1,143.10 ⁴	2,602.10 ⁴	8,578.10 ³	0	2,397.10 ⁴	1,04.10 ⁴			
Septembre	0	3,104.10 ¹	1,570.10 ²	1,199.10 ⁴	3,149.10 ⁴	9,649.10 ³	0	2,901.10 ⁴	1,12.10 ⁴			
Octobre	0	3,267.10 ¹	9,016.10 ¹	6,676.10 ³	4,366.10 ⁴	5,251.10 ³	0	4,021.10 ⁴	8,46.10 ³			
Novembre	(1)	(1)	(1)	(1)	7,11.10 ⁴	(1)	(1)	6,548.10 ⁴	7,48.10 ³			
Décembre					5,182.10 ⁴			4,773.10 ⁴	5,45.10 ³			
TOTAL ANNUEL	7,99.10¹	1,08.10³	1,03.10³	6,85.10⁴	4,90.10⁵	5,61.10⁴	2,89.10²	4,51.10⁵	9,69.10⁴			

(1) Pas de traitement biocide sur ces mois

(2) Pas de chloration massive sur l'année

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

Commentaires : La campagne de traitement biocide des circuits de refroidissement a débutée mi-mars et a pris fin en octobre 2023.

ii. Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel

Les limites réglementaires relatives aux rejets des substances chimiques liées au traitement biocide et au traitement antitartre 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 2023 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2023.

Paramètres	Unité	2021	2022	2023	Prévisionnel 2023
Chlorures	kg	3,01.10 ⁴	3,99.10 ⁴	6,85.10⁴	100 000
Sodium		5,31.10 ⁴	5,57.10 ⁴	9,69.10⁴	120 000
AOX		4,04.10 ²	1,26.10 ²	7,99.10¹	1 100
THM					
CRT		9,31.10 ²	9,05.10 ²	1,03.10³	3 000
Ammonium		7,29.10 ²	1,33.10 ³	1,08.10³	3 000
Nitrites		2,20.10 ²	9,92.10 ²	2,89.10²	1 200
Nitrates		2,32.10 ⁴	3,13.10 ⁴	5,61.10⁴	90 000
Chlore libre (si chloration massive)					
Sulfates (si chloration massive)					
DCO		3,11.10 ⁵	2,78.10 ⁵	4,90.10⁵	(1)
Antitartre organique		2,87.10 ⁵	2,56.10 ⁵	4,51.10⁵	450 000

(1) Pas de prévisionnel établi pour cette substance

Commentaires : RAS

iii. Comparaison aux limites et au prévisionnel

Le tableau ci-dessous présente les rejets annuels relatifs au traitement biocide à la monochloramine et au traitement antitartre 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	1,31	9,44.10 ⁻¹	1 490	1,29.10 ³	180 000	6,85.10 ⁴
Sodium	1,7	8,62.10 ⁻¹	6,79.10 ⁻¹	1 480	8,46.10 ²	380 000	9,69.10 ⁴
AOX	0,05	1,15.10 ⁻²	2,88.10 ⁻³	40	1,14.10 ¹	1 500	7,99.10 ¹
THM	0,2	(1)	(1)	10	(1)	(3)	(1)
CRT	0,14	3,14.10 ⁻²	1,86.10 ⁻²	120	3,25.10 ¹	13 000	1,03.10 ³
Ammonium	0,36*	1,85.10 ⁻¹	9,25.10 ⁻²	100	5,12.10 ¹	(3)	1,08.10 ³
Nitrites				100	2,9.10 ¹	(3)	2,89.10 ²
Nitrates				1 370	1,08.10 ³	(3)	5,61.10 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	4,06	3,32	3 900	2,78.10 ³	(3)	4,90.10 ⁵
Antitartre organique	3,5	3,73	3,05	3 000	2,56.10 ³	(3)	4,51.10 ⁵

(1) Pas de chloration massive sur l'année 2023

(2) Pas de chloration massive ni de traitement antitartre à l'acide sur l'année 2023

(3) Pas de limite réglementaire pour ces paramètres

Commentaire : La concentration-en antitartre organique ajoutée au rejet est restée conforme à la prescription [EDF-BUG-159] de la décision n° 2022-DC-0727 du 28 juin 2022 modifiant la décision n° 2014-DC-0443 de l'ASN fixant les limites de rejets dans l'environnement des effluents liquides. En effet celle-ci stipule que la concentration maximale ajoutée dans le canal de rejet 4-5 peut être portée à 5,2 mg/L pendant au plus 107 jours par an.

*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 Wi : 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 Wi.

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	0,3	0,1	< 0,1	< 0,1	0,6	< 0,1	0,2	
		Trimestre 3	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	
		Trimestre 4	< 0,1	0,2	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	
pH	-	Trimestre 1	8,3	7,9	8,1	8,1	8,1	8,2	8,0	(1)
		Trimestre 2	8,1	8,2	8,3	8,1	8,0	8,1	7,9	
		Trimestre 3	8,3	8	8,1	8	7,8	8,1	8,3	
		Trimestre 4	8,2	8,1	8,3	7,9	7,9	8,1	8,0	

(1) Pas de limite pour ce paramètre

Commentaire : RAS.

Certains Wi 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	9,30	< 6,0	(1)	< 6,0	(1)	< 6,0	(1)
		Semestre 2	4,41.10 ¹	< 6,0		16,1		< 6,0	
MES		Semestre 1	< 2,0	< 2,2		28		8,3	
		Semestre 2	2,9	< 5,0		13,3		17,5	
DBO ₅		Semestre 1	< 3,0	< 3,0		< 3,0		< 3,0	
		Semestre 2	4,0	< 3,0		< 3,0		< 3,0	

(1) Pas de mesure réalisée sur ces Wi

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	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	10 mg/L
	Parking sud 1	<0,1	0,5	1,5	0,4	
	Parking sud 2	6	<0,1	0,2	<0,1	
	Parking sud 3	1,6	<0,1	<0,1	0,3	
	Parking sud 4	<0,1	1,1	<0,1	<0,1	
	Parking direction	<0,1	<0,1	3	8,7	
	Station-service 1	0,1	0,2	0,5	<0,1	
	Station-service 2	0,2	<0,1	<0,1	0,2	
	Garage (1)	6,8	<0,1	7,8	0,6	
	Huilerie	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	
	Bâche à fuel	<0,1	<0,1	0,3	7,9	
	LTP/LTS TR2/3	0,1	<0,1	2,7	<0,1	
	LTP/LTS TR4/5	<0,1	1	2,2	0,2	
	LTA TR2/3	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	
	LTA TR4/5	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	
	LGX Bugey 1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	
	FARN 1	0,2	<0,1	0,3	<0,1	
	FARN 2	0,1	<0,1	0,6	<0,1	
	Aire de dépotage	0,5	<0,1	1,9	0,2	
	Magasin relais	<0,1	<0,1	<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	0,1	<0,1	
ICEDA, parking (7 SEO 7042 DH)	0,2	<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 2023
Station de transit des déchets conventionnels	Hydrocarbures	4,7 mg/L
	DCO	56 mg/L
	pH	7,7

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	300	140	20	3,4
DBO ₅	100	20	10	0,55
MES	100	54	15	3,2
Phosphore total	(1)	-	0,5	0,31
Azote global	(1)	-	2	1,9

(1) Pas de limite pour ces paramètres

Commentaire : RAS.

Paramètres	Cumul annuel (kg)	Limite flux annuel (kg)	Prévisionnel 2023 (kg)
Phosphore total	187	(1)	600
Azote global	1238	(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 avec une périodicité 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 2023.

III. Rejets thermiques

Dans un CNPE, le fluide « eau-vapeur » du circuit secondaire suit un cycle thermodynamique au cours duquel il échange de l'énergie thermique avec deux sources de chaleur, l'une chaude, l'autre froide.

Le circuit assurant le refroidissement du condenseur (circuit tertiaire) constitue la source froide dont la température varie entre 0°C et 30°C environ. La source froide, nécessaire au fonctionnement, peut être apportée :

- soit directement par l'eau prélevée en rivière ou en mer dans un circuit dit ouvert ;
- soit indirectement par l'air ambiant au moyen d'un aéroréfrigérant dans un circuit dit fermé.

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

L'échauffement de l'eau (écart de température entre la sortie et l'entrée : $\Delta T^{\circ}\text{C}$) est lié à la puissance thermique (P_{th}) à évacuer au condenseur et 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 2023 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	9,10	4,86	7,10	3,95	12,6	6,76	9,21
Février	8,57	5,51	6,64	6,47	14,5	8,32	10,6
Mars	9,85	6,57	8,28	5,13	12,1	9,28	10,4
Avril	13,1	8,94	10,6	4,64	15,5	11,1	13,0
Mai	19,1	12,4	14,9	3,94	22,4	13,9	17,2
Juin	22,0	18,3	20,4	2,88	23,8	21,1	22,4
Juillet	23,4	16,8	20,8	4,58	25,4	20,7	22,8
Août	25	16,1	20,7	2,56	25,7	17,6	22,2
Septembre 01-15	23,0	19,5	21,8	2,2	25,1	20,5	23,5
Septembre 16-30	22,3	15,9	19	2,1	23,7	17,5	20,4
Octobre	18,9	11,5	16,4	2,84	21,4	12,1	18,1
Novembre	11,3	8,27	9,78	1,19	11,8	9,02	10,3
Décembre	8,96	7,06	7,89	1,26	9,29	7,53	8,5

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 ^{er} mai au 15 septembre : 26°C	25,7
		Du 16 septembre au 30 avril : 24°C	23,7
Echauffement moyen journalier	°C	Du 1 ^{er} mai au 15 septembre : 5°C	4,58
		Du 16 septembre au 30 avril : 7°C	6,47

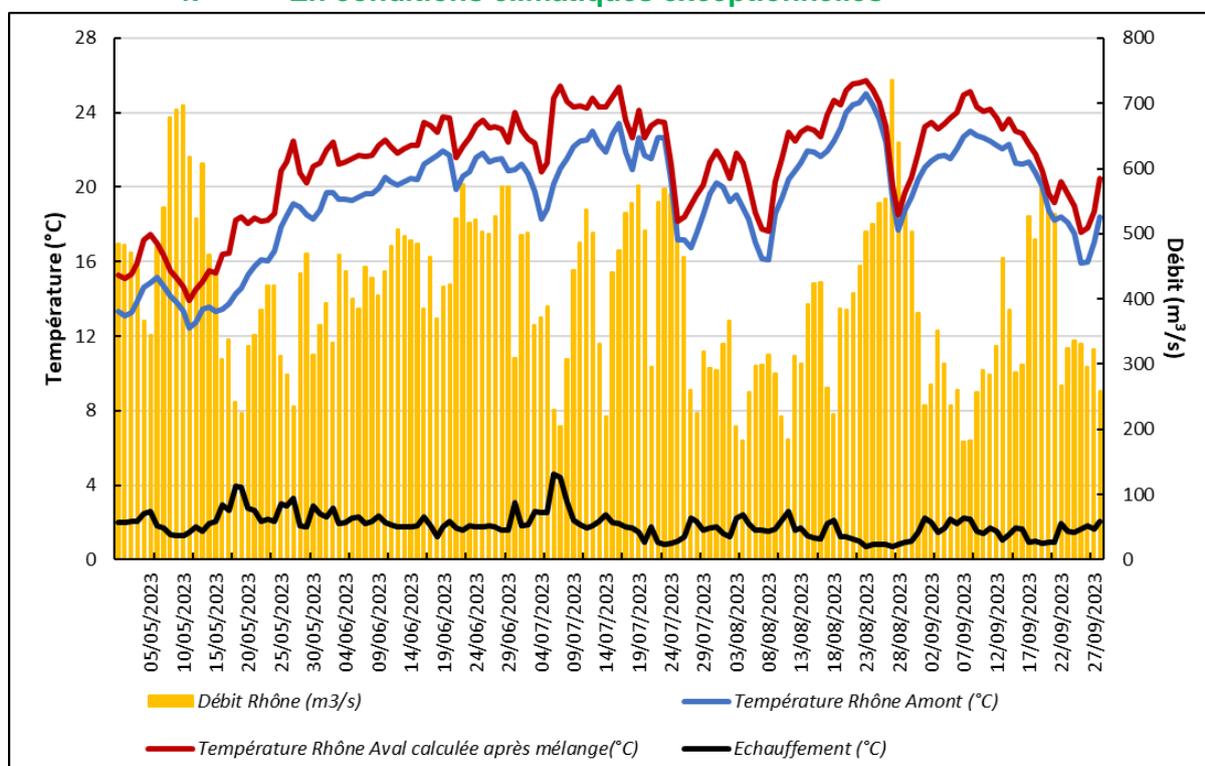
Commentaires : Tout au long de l'année 2023, les températures moyennes journalières calculées dans le Rhône (en amont et en aval du CNPE), n'ont pas dépassé les valeurs associées aux conditions climatiques normales.

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 2023. La courbe rouge 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 n'a pas été atteinte tout au long de l'été 2023.

Figure 2: Températures et débits moyens du Rhône – été 2023 (Source : EDF)

4. En conditions climatiques exceptionnelles



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

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

L'année 2023 n'a pas été concernée par des actions de maintenance (hors maintenance programmée) et aucune intervention ou opération de maintenance anticipée n'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^{er} avril 2017 à une réglementation commune, la décision ASN n° 2016-DC-0578 relative à la prévention des risques résultant de la dispersion de micro-organismes pathogènes, qui fixe des seuils à partir desquels des actions doivent être menées afin de rétablir les concentrations à des niveaux inférieurs.

Afin de limiter ces proliférations, le CNPE 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 corréliser 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 2023 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 2023	Seuil d'action
<i>Legionella pneumophila</i>	3 500 UFC/L mesurée en bassin	10 000 UFC/L
<i>Naegleria fowleri</i>	19 <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 2023 :

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	11/04/2023 – 14/04/2023	16/03/2023 – 23/03/2023	11/04/2023 – 18/04/2023	16/03/2023 – 23/03/2023
Date de démarrage et d'arrêt du traitement préventif	26/05/2023 – 16/10/2023	24/03/2023 – 14/04/2023 puis 13/05/2023 – 13/10/2023	26/06/2023 – 08/10/2023 puis 13/10/2023 – 16/10/2023	26/06/2023 – 13/10/2023
Date d'arrêt de Tranche ⁵ (début et fin)	15/04 - 26/04/23 03/08-13/08/23 18/08-26/08/23		06/05/2023 – 23/06/2023	
Nombre de jour de traitement continu	30	43	25	31
Nombre de jour de traitement séquentiel	92	120	92	83
Date de mise en œuvre du traitement renforcé	Pas de chloration massive ni traitement renforcé en 2023			
Nombre de jours de Chloration massive				
CRT moyen sortie condenseur (mg/L)	0,24	0,24	0,24	0,24
Consommation réelle d'eau de Javel (m ³)	363,9			
Consommation réelle d'ammoniaque (m ³)	68,1			

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

⁵ Dates d'arrêts de tranches fortuits ou programmés.

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 a réalisé en 2023, sous le contrôle de l'ASN, 28750 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'années.

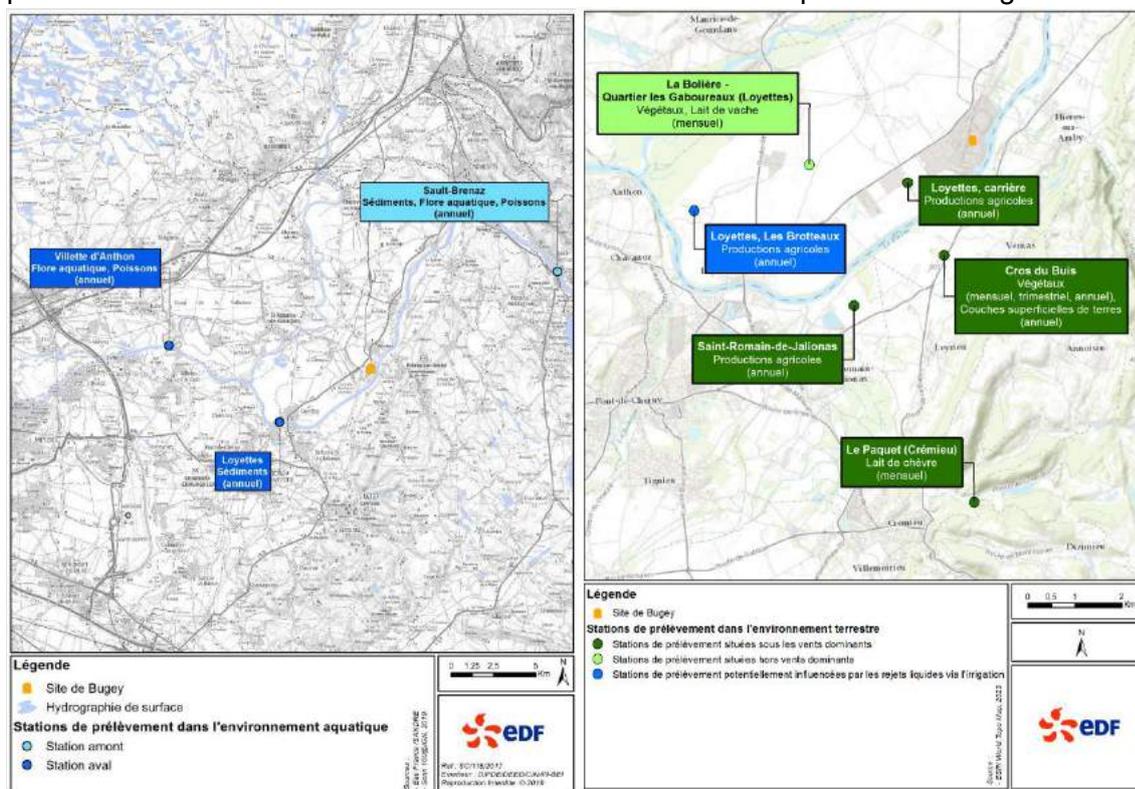


Figure 3 : Surveillance de la radioactivité dans l'environnement autour du CNPE du Bugey pour le compartiment terrestre (à gauche) et aquatique (à droite). Source : EDF.

1. Surveillance de la radioactivité ambiante

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

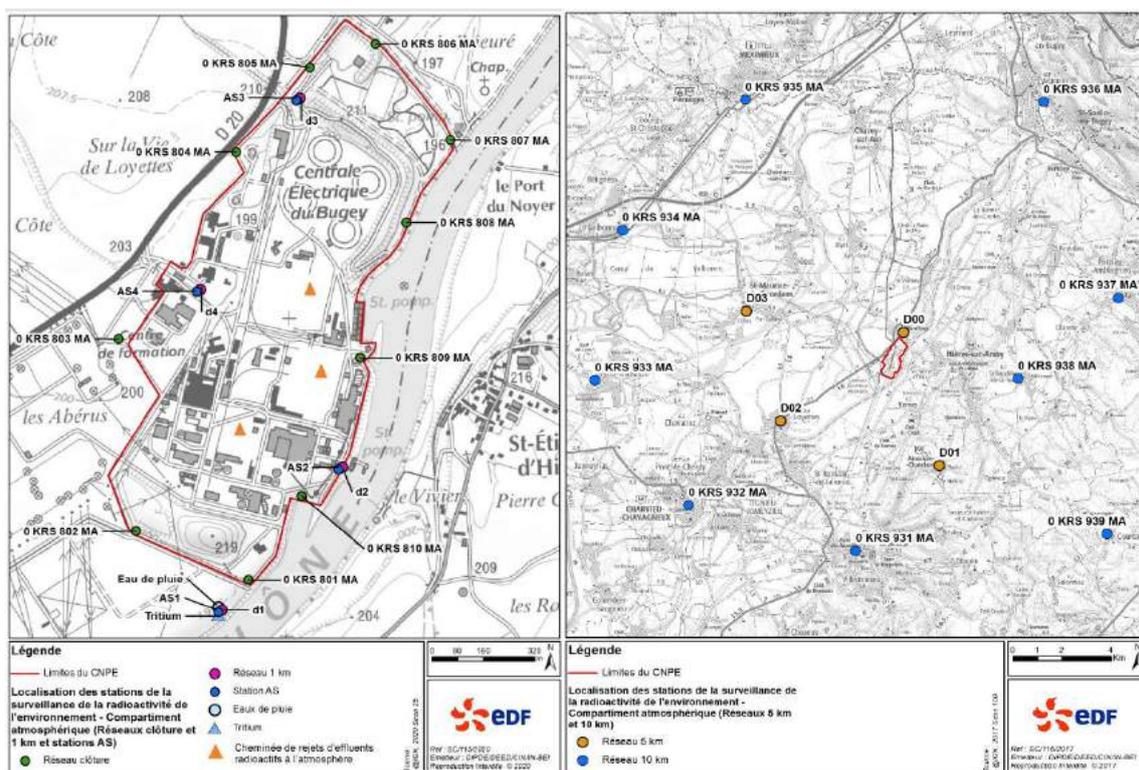


Figure 4 : Localisation des stations de la surveillance de la radioactivité de l'environnement – Compartiment atmosphérique (source : EDF).

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 2023 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 2023 (nSv/h)	Débit de dose max année 2023 (nSv/h)	Débit de dose moyen année 2022 (nSv/h)	Débit de dose moyen année 2021 (nSv/h)
Clôture	$8,27 \cdot 10^1$	$1,80 \cdot 10^2$	$8,21 \cdot 10^1$	$8,38 \cdot 10^1$
1 km	$7,52 \cdot 10^1$	$3,49 \cdot 10^3$	$8,20 \cdot 10^1$	$8,59 \cdot 10^1$
5 km	$8,47 \cdot 10^1$	$1,60 \cdot 10^2$	$8,46 \cdot 10^1$	$8,69 \cdot 10^1$
10 km	$9,31 \cdot 10^1$	$2,00 \cdot 10^2$	$9,25 \cdot 10^1$	$9,21 \cdot 10^1$

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

2. Surveillance du compartiment atmosphérique

Quatre stations d'aspiration en continu des poussières atmosphériques (aérosols) sont implantées dans un rayon de 1 km autour du CNPE. Des analyses journalières de l'activité 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 2023 sont donnés dans le tableau suivant.

Compartiment	Paramètres	Moyenne annuelle	Valeur maximale mesurée	Limite réglementaire	
Poussières atmosphériques	Alpha globale (Bq/m ³)	< 4,75.10 ⁻⁵	< 4,00.10 ⁻⁴	(1)	
	Bêta globale (Bq/m ³)	< 7,19.10 ⁻⁴	2,81.10 ⁻³	0,01	
	Spectrométrie gamma (Bq/m ³)	⁵⁸ Co	< 1,08.10 ⁻⁵	< 1,80.10 ⁻⁵	(1)
		⁶⁰ Co	< 8,05.10 ⁻⁶	< 1,10.10 ⁻⁵	
		¹³⁴ Cs	< 8,72.10 ⁻⁶	< 1,20.10 ⁻⁵	
		¹³⁷ Cs	< 6,31.10 ⁻⁶	< 8,80.10 ⁻⁶	
	Spectrométrie alpha (Bq/m ³)	⁴⁰ K	< 1,27.10 ⁻⁴	< 2,10.10 ⁻⁴	
		²⁴¹ Am	< 1,16.10 ⁻⁶	< 2,30.10 ⁻⁶	
		²⁴⁴ Cm	< 9,83.10 ⁻⁷	< 2,30.10 ⁻⁶	
		²³⁸ Pu	< 9,71.10 ⁻⁷	< 1,60.10 ⁻⁶	
	²³⁹ Pu	< 1,03.10 ⁻⁶	< 1,80.10 ⁻⁶		
Tritium atmosphérique (Bq/m ³)		< 1,67.10 ⁻¹	< 2,50.10 ⁻¹	50	
Eau de pluie	Alpha globale (Bq/L)	< 2,03.10 ⁻²	< 3,90.10 ⁻²	(1)	
	Bêta globale (Bq/L)	< 1,37.10 ⁻¹	< 3,60.10 ⁻¹		
	Tritium (Bq/L)	< 5,13	< 6,80		

(1) Pas de limite réglementaire pour ces paramètres

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

Nature du prélèvement	Radionucléide		Périodicité	Moyenne annuelle	Valeur maximale mesurée
Végétaux terrestres (Bq/kg sec)	Spectrométrie gamma	⁵⁸ Co	Mensuelle	< 3,80.10 ⁻¹	< 4,80.10 ⁻¹
		⁶⁰ Co		< 4,25.10 ⁻¹	< 5,90.10 ⁻¹
		¹³⁴ Cs		< 3,75.10 ⁻¹	< 4,50.10 ⁻¹
		¹³⁷ Cs		< 3,37.10 ⁻¹	< 4,20.10 ⁻¹
		⁴⁰ K		7,72.10 ²	1,09.10 ³
Lait (Bq/L)	Spectrométrie gamma	⁵⁸ Co	Mensuelle	< 3,68.10 ⁻¹	< 4,70.10 ⁻¹
		⁶⁰ Co		< 3,86.10 ⁻¹	< 5,80.10 ⁻¹
		¹³⁴ Cs		< 3,86.10 ⁻¹	< 4,60.10 ⁻¹
		¹³⁷ Cs		< 3,25.10 ⁻¹	< 4,80.10 ⁻¹
		⁴⁰ K		5,41.10 ¹	6,80.10 ¹

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.

A partir d'août 2023, en plus du lait de vache au lieu de prélèvement « Les Gaboureaux », la radioactivité est mesurée sur du lait de chèvre produit et prélevé à Crémieu, situé sous les vents dominants.

En juillet 2023 et en septembre 2023, les prélèvements de végétaux n'ont pas pu être réalisés en raison de l'absence de végétaux disponibles.

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	8,14.10 ²
Bêta global	Bq/L	5,3.10 ⁻¹
⁴⁰ K	mg/L	15,40

Commentaires : La valeur maximale observé en Tritium concerne le piézomètre non réglementaire 0SEZ154PZ marqué suite à l'évènement déclaré le 22/12/2023

Suite à cet évènement, (reclassé en ESE le 12/01/2023), une surveillance complémentaire a été mise en place sur le CNPE de Bugey. Cette surveillance complémentaire concerne 10 piézomètres surveillés à fréquence à minima hebdomadaire pour le paramètre Tritium. Dès le 9 mars 2023, l'activité en Tritium de tous les piézomètres implantés sur le CNPE de Bugey est redevenue inférieure à 100 Bq/L.

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	-	8,5
Conductivité	µS/cm	1310*
Hydrocarbures	mg/L	0,20
DCO		23
Azote total		0,76
Métaux totaux, dont :		0,185
<i>Aluminium</i>		1,8.10 ⁻²
<i>Arsenic</i>		4,0.10 ⁻³
<i>Cadmium</i>		1,0.10 ⁻³
<i>Chrome</i>		5,0.10 ⁻³
<i>Cuivre</i>		1,0.10 ⁻²
<i>Mercure</i>		1,0.10 ⁻⁵
<i>Plomb</i>		2,0.10 ⁻³
<i>Zinc</i>		1,0.10 ⁻²
Phosphates		0,23
Nitrates		51
Chlorures		32
Sulfates		27
Sodium	19,2	

Commentaires :

* Cette valeur élevée en conductivité, détectée sur le piézomètre 0 SEZ 150 PZ en novembre 2023, 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 plusieurs piézomètres surveillés à fréquence mensuelle pour les hydrocarbures. Les résultats de cette surveillance complémentaire sont inclus dans le tableau ci-dessus.

III. Chimie et physico-chimie des eaux de surface

1. Physico-chimie en continu

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

Les tableaux suivants présentent les résultats du suivi sur l'année 2023 pour les stations 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)	10.7	11,8	11.1	10.9	9,5	8,2	8,1	8,4	8,0	8,8	10,5	11,1
Conductivité (µS/cm)	381	370	343	338	322	290	286	284	289	308	335	337
pH	8.0	8,0	8.2	8.3	8,2	8,1	7,8	8,0	7,9	8,0	8,1	7,9
Température (°C)	7.1	6.6	8.3	10.6	15,0	20,4	20,8	20,7	20,4	16,4	9,8	7,9
Station aval	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Oxygène dissous (mg/L)	10.9	11,9	11.3	11.1	9,8	8,5	8,4	8,9	8,4	9,1	10,9	11,7
Conductivité (µS/cm)	357	345	329	332	306	283	275	274	285	295	318	320
pH	8.1	8,2	8.2	8.2	8,2	8,1	8,0	8,1	8,0	8,1	8,1	8,1
Température (°C)	13.3	15.1	13.9	17.0	21,0	25,6	25,9	25,1	24,8	21,2	11,7	10,0

Commentaire :

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 2023.

Paramètres Station amont		Unité	Trimestre 1	Trimestre 2	Trimestre 3	Trimestre 4
Bore		mg/L	$< 1,02 \cdot 10^{-2}$	$< 1,0 \cdot 10^{-2}$	$< 1,05 \cdot 10^{-2}$	$8,8 \cdot 10^{-3}$
Métaux totaux	Fraction brute		$1,81 \cdot 10^{-1}$	$1,21 \cdot 10^{-1}$	$2,51 \cdot 10^{-1}$	$4,4 \cdot 10^{-1}$
	Fraction dissoute		$1,50 \cdot 10^{-1}$	$9,57 \cdot 10^{-2}$	$1,83 \cdot 10^{-2}$	$5,3 \cdot 10^{-2}$
Hydrazine			$< 1,0 \cdot 10^{-4}$	$< 1,0 \cdot 10^{-4}$	$< 1,0 \cdot 10^{-4}$	$< 1,0 \cdot 10^{-7}$
Morpholine			$< 2,0 \cdot 10^{-4}$	$< 2,0 \cdot 10^{-4}$	$< 2,0 \cdot 10^{-4}$	$< 2,0 \cdot 10^{-4}$
Ethanolamine			$< 1,00$	$< 1,00$	$< 1,0 \cdot 10^{-1}$	$< 1,0 \cdot 10^{-1}$
Détergents			$< 5,0 \cdot 10^{-2}$	$< 5,0 \cdot 10^{-2}$	$< 5,0 \cdot 10^{-2}$	$< 5,0 \cdot 10^{-2}$
Hydrocarbures			$< 1,0 \cdot 10^{-1}$	$< 1,0 \cdot 10^{-1}$	$< 1,0 \cdot 10^{-1}$	$< 1 \cdot 10^{-1}$
AOX			(1)	(1)	$< 1,0 \cdot 10^{-2}$	$< 1,0 \cdot 10^{-2}$
AOX dont acides chloroacétiques					$< 4,0 \cdot 10^{-3}$	$< 4,5 \cdot 10^{-3}$
Chlore résiduel total		$1,72 \cdot 10^{-2}$			$1,50 \cdot 10^{-2}$	
THM		mg/L	(2)			
THM dont teneur en chloroforme						

Paramètres Station aval		Unité	Trimestre 1	Trimestre 2	Trimestre 3	Trimestre 4
Bore			$< 1,0.10^{-2}$	$< 1,23.10^{-2}$	$< 1,09.10^{-2}$	$< 1,42.10^{-2}$
Métaux totaux	Fraction brute		$3,24.10^{-1}$	$1,37.10^{-1}$	$1,64.10^{-1}$	$1,07.10^{-1}$
	Fraction dissoute		$1,95.10^{-1}$	$2,67.10^{-2}$	$2,06.10^{-2}$	$2,40.10^{-2}$
Hydrazine		mg/L	$< 1,0.10^{-4}$	$< 1,0.10^{-4}$	$< 1,0.10^{-4}$	$< 1,0.10^{-7}$
Morpholine			$< 2,0.10^{-4}$	$< 2,0.10^{-4}$	$< 2,0.10^{-4}$	$< 2,0.10^{-4}$
Ethanolamine			$< 1,0$	$< 1,0.10^{-1}$	$< 1,0$	$< 1,0.10^{-1}$
Détergents			$< 5,0.10^{-2}$	$< 5,0.10^{-2}$	$< 5,0.10^{-2}$	$< 5,0.10^{-2}$
Hydrocarbures			$< 1,0.10^{-1}$	$< 1,0.10^{-1}$	$< 1,0.10^{-1}$	$< 1,0.10^{-1}$
AOX			(1)	(1)	$< 1,0.10^{-2}$	$< 1,0.10^{-2}$
AOX dont acides chloroacétiques			(1)		$< 4,0.10^{-3}$	$< 4,5.10^{-3}$
Chlore résiduel total			(1)		$< 5,0.10^{-2}$	$< 5,0.10^{-2}$
THM				(2)		

(1) Pas de traitement biocide sur le trimestre

(2) Pas de chloration massive sur le trimestre

Commentaire : RAS.

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	$7,60.10^{-2}$	$4,52.10^{-2}$	$9,60.10^{-3}$	$1,06.10^{-2}$
	Chrome		$3,00.10^{-4}$	$3,00.10^{-4}$	$1,00.10^{-4}$	$3,00.10^{-4}$
	Cuivre		$1,10.10^{-3}$	$1,20.10^{-3}$	$8,00.10^{-4}$	$6,30.10^{-4}$
	Fer		$6,72.10^{-2}$	$4,20.10^{-2}$	$6,30.10^{-3}$	$9,20.10^{-3}$
	Manganèse		$2,70.10^{-3}$	$4,60.10^{-3}$	$7,00.10^{-4}$	$<5,00.10^{-4}$
	Nickel		$8,00.10^{-4}$	$9,00.10^{-4}$	$8,00.10^{-4}$	$8,00.10^{-4}$
	Plomb		$< 1,30.10^{-4}$	$8,00.10^{-5}$	$< 5,00.10^{-5}$	$<5,00.10^{-5}$
	Zinc		$1,51.10^{-3}$	$1,44.10^{-3}$	$<1,00.10^{-2}$	$1,29.10^{-3}$
Fraction brute	Aluminium	mg/L	8.10^{-2}	$5,40.10^{-2}$	$9,5.10^{-2}$	$1,81.10^{-1}$
	Chrome		$<5,00.10^{-3}$	$< 5,00.10^{-3}$	$< 5,00.10^{-3}$	$< 5,00.10^{-3}$
	Cuivre		$<1,00.10^{-2}$	$< 1,00.10^{-2}$	$< 1,00.10^{-2}$	$< 1,00.10^{-2}$
	Fer		$8,00.10^{-2}$	$4,60.10^{-2}$	$1,27.10^{-1}$	$3,48.10^{-1}$
	Manganèse		$<1,00.10^{-2}$	$< 1,00.10^{-2}$	$1,30.10^{-2}$	$2,70.10^{-2}$
	Nickel		$<5,00.10^{-3}$	$< 5,00.10^{-3}$	$< 5,00.10^{-3}$	$< 5,00.10^{-3}$
	Plomb		$<2,00.10^{-3}$	$< 2,00.10^{-3}$	$< 2,00.10^{-3}$	$< 2,00.10^{-3}$
	Zinc		$<1,00.10^{-2}$	$< 1,00.10^{-2}$	$< 1,00.10^{-2}$	$< 1,00.10^{-2}$

Station aval	Paramètres	Unité	Trimestre 1	Trimestre 2	Trimestre 3	Trimestre 4
Fraction soluble	Aluminium	mg/L	$9,48.10^{-2}$	$1,02.10^{-2}$	$1,08.10^{-2}$	$1,15.10^{-2}$
	Chrome		$4,00.10^{-4}$	$2,00.10^{-4}$	$1,00.10^{-4}$	$3,00.10^{-4}$
	Cuivre		$1,60.10^{-3}$	$8,90.10^{-4}$	$7,30.10^{-4}$	$1,00.10^{-3}$
	Fer		$9,10.10^{-2}$	$1,19.10^{-2}$	$7,20.10^{-3}$	$9,40.10^{-3}$
	Manganèse		$3,90.10^{-3}$	$1,40.10^{-3}$	$1,10.10^{-3}$	$<5,00.10^{-4}$
	Nickel		$8,00.10^{-4}$	$7,00.10^{-4}$	$7,00.10^{-4}$	$7,00.10^{-4}$
	Plomb		$1,80.10^{-4}$	$< 5,00.10^{-5}$	$< 5,00.10^{-5}$	$5,00.10^{-5}$
	Zinc		$2,09.10^{-3}$	$1,40.10^{-3}$	$<1,00.10^{-3}$	$1,06.10^{-3}$
Fraction brute	Aluminium		$1,60.10^{-1}$	$5,40.10^{-2}$	$7,20.10^{-2}$	$4,20.10^{-2}$
	Chrome		$<5,00.10^{-3}$	$< 5,00.10^{-3}$	$< 5,00.10^{-3}$	$< 5,00.10^{-3}$
	Cuivre		$<1,00.10^{-2}$	$< 1,00.10^{-2}$	$< 1,00.10^{-2}$	$< 1,00.10^{-2}$
	Fer		$1,43.10^{-1}$	$6,20.10^{-2}$	$7,10.10^{-2}$	$4,40.10^{-2}$
	Manganèse		$<1,00.10^{-2}$	$< 1,00.10^{-2}$	$< 1,00.10^{-2}$	$<1,00.10^{-2}$
	Nickel		$<5,00.10^{-3}$	$< 5,00.10^{-3}$	$< 5,00.10^{-3}$	$< 5,00.10^{-3}$
	Plomb		$<2,00.10^{-3}$	$< 2,00.10^{-3}$	$< 2,00.10^{-3}$	$< 2,00.10^{-3}$
	Zinc		$<1,00.10^{-2}$	$< 1,00.10^{-2}$	$< 1,00.10^{-2}$	$< 1,00.10^{-2}$

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 est présentée ci-dessous.

Objectifs de la surveillance du site du Bugey

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 site du Bugey. Bien que cette surveillance concerne les Installations Nucléaires de Base n°45 (UNGG), 78 (tranche 2 et 3), 89 (tranche 4 et 5) et 173 (ICEDA), le terme CNPE (Centre Nucléaire de Production d'Electricité) de Bugey sera utilisé dans la suite de ce rapport pour en faciliter la lecture.

Cette surveillance est basée sur :

- * la description des conditions environnementales générales (e.g. débit et température de l'eau) et de l'habitat des sites d'échantillonnage des communautés aquatiques ;
- * 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) sur 5 stations ;
- * des analyses de la qualité chimique de l'eau (métaux, détergents, tensioactifs...) sur deux stations (Stations Multi-Paramètres) à une fréquence trimestrielle
- * la surveillance des communautés d'invertébrés benthiques et de diatomées benthiques (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 bonne 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 correspondent à des écoulements plus lents.

L'hydrologie du Rhône à Bugey en 2023 se caractérise par une hydraulité positive (coefficient annuel de 1,12). Le débit journalier moyen 2023 a été de $527 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, s'échelonnant de $153 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ à $1\,675 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ en valeur horaire. Les mois de mars, novembre et décembre ont connu des débits importants, avec le niveau de crue biennale régulièrement dépassé. Le niveau de crue quinquennale a été atteint entre le 13 et le 15 décembre.

La température 2023 du Rhône à Bugey en amont du CNPE donnée par les enregistrements en continu des SMP⁶ EDF est la deuxième plus forte, avec l'année 2018, enregistrée depuis le début des mesures en 1980 (13,7°C). Le maximum a été atteint en 2022 avec 14,3°C en moyenne annuelle. La température moyenne de cette année est 1,3°C au-dessus de la valeur inter-annuelle calculée sur la période 1980-2022 (12,4°C) et le coefficient de thermicité est de 1,109. La température moyenne journalière à l'amont s'est échelonnée de 4,9°C à 25°C.

Physico-chimie

Hormis la température, la conclusion 2023 reste similaire par rapport aux années précédentes avec des paramètres montrant peu de discriminations entre les stations. Le

⁶ Station Multi-Paramètres

réchauffement de la lame d'eau par le rejet thermique ne semble pas altérer la qualité des eaux du Rhône qui reste globalement en bonne qualité. Quelques valeurs plus élevées (DCO et matières phosphorées) sont observées pendant la période de forts débits de fin d'année en lien probablement avec les apports du ruissellement mais également des stations d'épuration de la zone. Aucune incidence notable du CNPE n'est observée, sur la base des paramètres suivis pour la surveillance 2023.

Chimie

L'analyse des métaux (sans correction du fond géochimique) indique quelques variabilités spatiales (aluminium total, fer total, manganèse dissous et total), tandis que, pour les autres paramètres, soit ceux-ci ne dépassent pas la limite de quantification (fractions totales du chrome, cuivre, nickel, plomb et zinc), soit ne présentent que très peu de variabilité entre les deux stations (fractions dissoutes du bore, du chrome, du cuivre, du nickel, du plomb et du zinc). D'une manière générale, il n'est pas observé de concentrations élevées en éléments métalliques et celles-ci restent proches de celles habituellement observées sur ce secteur depuis le début du suivi. De la même façon, il n'y a pas d'impact visible du CNPE sur ce compartiment, les concentrations relevées à l'aval étant globalement plus faibles que celles de l'amont.

En ce qui concerne les tensioactifs, l'ensemble de ces paramètres n'a jamais été quantifié au cours de cet année. Il en est de même pour les hydrocarbures et les autres substances chimiques (éthanolamine, hydrazine et morpholine).

Diatomées benthiques

La richesse spécifique en 2023 toutes stations et campagnes confondues est la plus élevée rencontrée depuis le début du suivi (177 taxons). Il n'est pas observé de gradient amont-aval par rapport à ce descripteur, bien que la station rejet présente la plus forte richesse (en moyenne annuelle). La présence d'une couche de limons récurrente sur cette station peut être un des facteurs explicatifs avec moins de diatomées et donc un effort de comptage plus important pour atteindre les 400 valves minimum requis par la norme. Cet effort plus important va donc augmenter mécaniquement la prise en compte des espèces rares.

Les indices biologiques indiquent une note moyenne toutes stations et campagnes confondues de 14,6/20 pour l'IBD (11,8/20 au minimum au rejet en septembre et 15,9/20 en amont RD en juin). La qualité est moyenne avec, en détail, environ la moitié des stations/dates en bonne qualité. Il faut relever également que lors de la campagne de septembre, la forte abondance d'une espèce non prise en compte dans le calcul de l'IBD oblige à émettre des réserves sur la pertinence de la note obtenue. De plus, la campagne automnale a dû être décalée en janvier de l'année suivante pour des raisons hydrologiques et certaines conditions normatives n'ont pas pu être respectées (un mois de délai entre l'échantillonnage et le dernier événement hydrologique important). Toutefois, les résultats de cette campagne ne sont pas aberrants et restent similaires aux autres campagnes et aux autres années. Aucun gradient spatial n'est visible à travers l'IBD (i.e. il n'est pas observé une baisse de la qualité sur les stations aval, quel que soit la campagne de prélèvement).

Les communautés biologiques sont bien diversifiées et bien équilibrées et l'on retrouve les espèces dominantes habituelles. Elles sont indicatrices d'un cours d'eau bien oxygéné, peu altéré par les matières organiques mais riche en nutriments.

Aucune incidence du rejet du CNPE n'est visible sur le compartiment diatomées.

Macroinvertébrés benthiques

95 taxons ont été échantillonnés cette année, avec, comme pour les années précédentes, un plus grand nombre de taxons observés avec la technique de prélèvement des substrats artificiels déployés dans les zones de profondeur intermédiaire (82 taxons vs. 44 pour les dragages en zone profonde et 51 pour les filets utilisés en zone de bord de berge peu profonde).

La richesse globale est similaire à la moyenne 2015-2023 bien que, prises séparément, les stations présentent une richesse inférieure aux années précédentes (la station aval affichant la richesse totale annuelle la plus basse).

Du point de vue du peuplement, celui-ci apparaît comme instable (33% des taxons sont considérés comme étant accidentels sur le critère d'abondance et 44% sur celui d'occurrence), tout comme les années précédentes. 91% de l'abondance totale correspond à quelques espèces tels que *Jaera*, *Dikerogammarus*, Chironomes et Gammarus. De plus 67% des individus correspondent à des taxons exotiques. Deux espèces indigènes sont toutefois toujours observés tels que *Ancylus fluviatilis* et le Trichoptère *Psychomyia pusilla*. Parallèlement à cela, on assiste à une **chute marquée des effectifs des Insectes** appartenant aux métriques EPT (Ephéméroptères, Plécoptères, Trichoptères - plus représentatifs de conditions lotiques et abritant des taxons plutôt sensibles) et OCH (Odonates plutôt représentatifs de conditions lentiques), alors que leur richesse taxonomique reste relativement stable.

Après la forte baisse de la richesse totale des années 2019-2020, la légère remontée notée en 2021 s'est accentuée en 2022, la valeur alors relevée étant la troisième plus élevée de la chronique générale. En 2023, les richesses taxonomiques au niveau des différentes stations évoluent peu (± 2 taxons par rapport à l'an dernier), mais l'on note que la richesse totale s'est de nouveau réduite (-15 taxons par rapport à 2022). Longtemps globalement synonymes d'une qualité biologique moyenne au sens de l'IQBP (Indice de Qualité Biologique Potentielle), voire très ponctuellement bonne à la station amont, les **notes indicelles aux différentes stations** se sont nettement dégradées à partir de 2019 passant en classe de qualité médiocre, voire même mauvaise pour les stations rejet et aval en 2020. De façon identique à 2021 et 2022, la qualité biologique reste majoritairement médiocre en 2023. De manière identique à la richesse, les notes indicelles 2023 sont inférieures à celles des diverses chroniques temporelles.

De manière globale, il faut garder à l'esprit que dans un milieu aménagé et soumis à de nombreux stress anthropiques comme le Rhône (aménagements modifiant les caractéristiques hydromorphologiques, éclusées énergétiques, rejets thermiques, opérations régulières de chasse des sédiments, etc.), (i) **les influences sont multifactorielles et agissent en synergie** et (ii) les **fluctuations interannuelles inhérentes à tout écosystème**

sont 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**. Compte tenu de toutes ces variabilités et de la multiplicité des facteurs explicatifs, il n'est pas possible de conclure sur l'influence du fonctionnement du CNPE ; si influence il y a, elle est de toute façon limitée.

Poissons

Deux campagnes sur quatre se sont déroulées dans de bonnes conditions hydrologiques et thermiques, sans que les résultats globaux ne se démarquent des autres campagnes. Outre la dernière campagne d'échantillonnage réalisée en janvier 2024, la première campagne du mois de mars a été réalisée une dizaine de jours après le passage d'un pic de débit.

La richesse spécifique est de 27 espèces dont 11 systématiquement capturées depuis le début du suivi. Les 16 autres espèces qui complètent le peuplement échantillonné en 2023 sont peu abondantes voire rares (< 20 ind/ha). Ce peuplement est relativement riche compte tenu du potentiel de 33 espèces (nombre d'espèces capturées depuis 2000) et parmi les plus diversifiés des 23 dernières années tout en ayant les effectifs les moins contrastés depuis 2000 entre les secteurs amont et aval.

A l'échelle de l'ensemble du site, le nombre total de poissons capturés en 2023-2024, pour 30' de pêche, est de 8 563 individus (2 371 ind/ha) et la biomasse estimée totale capturée équivaut à 117 kg (26,7 kg/ha). L'abondance se situe dans la moyenne des observations réalisées sur la période 2000-2022.

En 2023, comme en 2022, le chevesne est l'espèce la plus abondante, devant le spirin qui n'est plus systématiquement l'espèce dominante. Il est possible que les températures de plus en plus élevées en lien avec le réchauffement climatique aient fini par devenir moins favorables au spirin (notamment aux juvéniles) ; en effet, cette espèce se caractérise par une moindre résistance aux températures élevées comparativement aux autres espèces majoritaires observées dans le secteur.

Les autres espèces dominantes (>50 individus/ha) sont le spirin, le goujon, le gardon, le barbeau fluviatile, la brème bordelière, le hotu et l'ablette.

Il a été constaté une forte variabilité des effectifs capturés par unité de surface (Ha) entre toutes les stations pour une campagne donnée, ainsi que pour une station donnée d'une campagne à l'autre ; cette forte variabilité a également été mise en évidence pour les groupes de taille (Petits/Grands). Dans les conditions hydrométéorologiques de l'année 2023, la présence du rejet thermiques du CNPE de Bugey ne semble pas structurer de manière particulièrement marquée le peuplement piscicole du Rhône dans le secteur d'étude, malgré une attractivité moindre du secteur aval comparativement aux résultats obtenus les années précédentes, exception faite de l'année 2022 qui montrait une tendance similaire. Les résultats obtenus sur le secteur aval sont cependant comparables à ceux du secteur amont. Ce phénomène sera donc à suivre à l'avenir pour savoir si, potentiellement, avec l'augmentation des températures estivales, aux alentours du CNPE du Bugey, le peuplement piscicole ne modifierait pas son utilisation de l'espace en défaveur du secteur aval.

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. La **qualité physico-chimique** de l'eau n'est pas altérée par les divers rejets chimiques et thermiques du CNPE, quelle que soit la saison considérée.

Il n'est observé aucune incidence du CNPE sur le Rhône pour les **paramètres chimiques** : la majorité des substances ne dépassent pas la limite de quantification. Seuls les métaux peuvent présenter des concentrations supérieures à ces limites de quantification mais, dans ce cas, soit la variabilité spatiale est très faible, soit les valeurs sont légèrement supérieures à l'amont.

Du point de vue biologique, l'analyse des **peuplements diatomiques** révèle la présence d'espèces associées à un milieu bien oxygéné, peu altéré par la matière organique mais riche en nutriments. L'indice IBD indique une qualité globalement moyenne alors que cette qualité était plutôt bonne les années précédentes. Aucun impact significatif du rejet n'est mis en évidence sur le peuplement diatomique.

Le **peuplement de macro-invertébrés benthiques** est représenté par des taxons accidentels et la majorité de l'abondance est le fait de quelques taxons. Il faut également noter la présence de taxons exotiques dont les effectifs représentent une fraction majoritaire du peuplement échantillonné. Les **notes indicielles** restent majoritairement médiocres en 2023, sans évolution majeure par rapport aux années précédentes. Il faut garder à l'esprit que dans un milieu aménagé et soumis à de nombreux stress anthropiques comme le Rhône **les influences sont multifactorielles et agissent en synergie**. Il n'est donc pas possible de conclure sur l'influence du fonctionnement du CNPE ; si influence il y a, elle est de toute façon limitée.

Enfin, du point de vue piscicole, le rejet ne semble pas avoir d'effet sur le peuplement, malgré une attractivité moindre du secteur aval observée cette année comparativement aux années précédentes ; ce secteur affiche cependant des densités élevées cette année encore. Ce constat est à surveiller dans les années à venir.

2. Surveillance en conditions climatiques exceptionnelles

Du point de vue météorologique, les températures moyennes mensuelles ont été supérieures à la période de référence (1991-2020) 11 mois sur douze avec des cumuls de précipitation inférieurs à la normale pendant huit mois sur 12. Quatre épisodes de canicules se sont échelonnés entre juin et septembre. Toutefois, ces événements n'ont pas entraîné de dépassement des limites thermiques prévues en Conditions Climatiques Normales (CCN). De ce fait, aucune demande de dérogation par le CNPE aux autorités (Autorité de Sureté Nucléaire, ASN) n'a été nécessaire et le suivi renforcé prévu en cas de conditions climatiques exceptionnelles (CCE) n'a pas été réalisé.

V. Acoustique environnementale

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

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

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

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

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

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

À partir des activités annuelles rejetées par radionucléide, une dose efficace⁷ 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

⁷ La **dose efficace** est la somme des doses absorbées par tous les tissus, pondérée d'un facteur radiologique W_R (W_R = Radiation Weighting factor, facteur de pondération du rayonnement) pour tenir compte de la qualité du rayonnement (α , β , γ ...) et d'un facteur de pondération tissulaire W_T (W_T = Tissu Weighting factor) correspondant à la radiosensibilité relative du tissu exposé. La dose efficace a pour objectif d'apprécier le risque total et s'exprime en sievert (Sv). Elle est appelée communément « **dose** ».

qui revient à considérer que le milieu aquatique à l'aval du 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 :

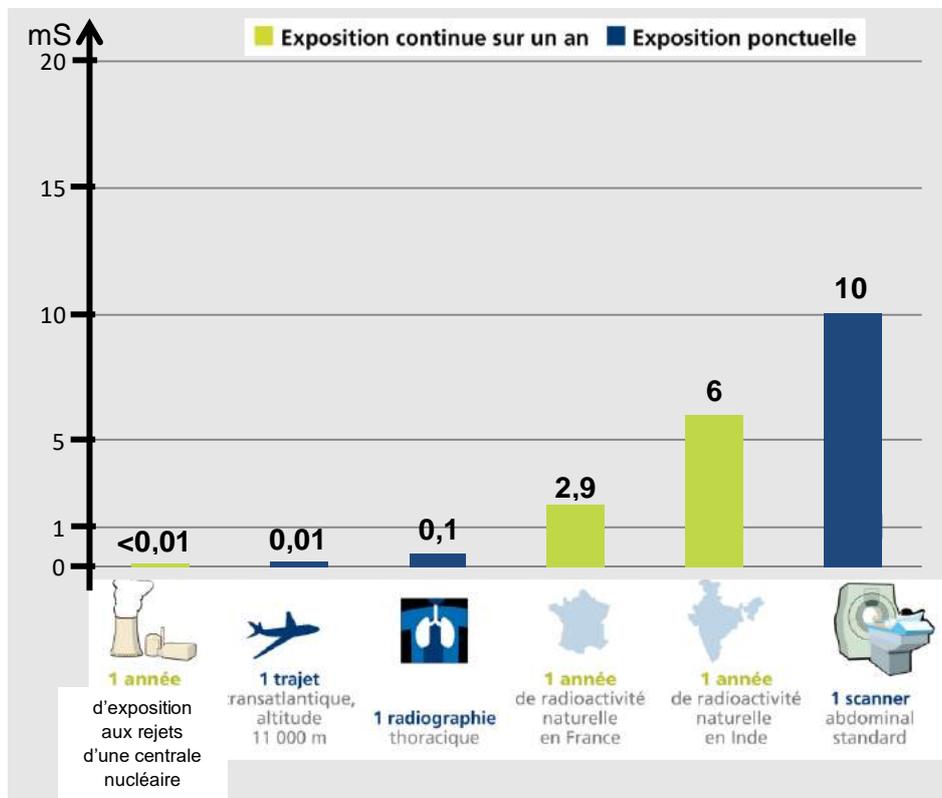


Figure 9 : Echelle des ordres de grandeur de doses résultant de situations courantes et comparaison aux seuils réglementaires (Source : EDF).

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 10 ci-après.

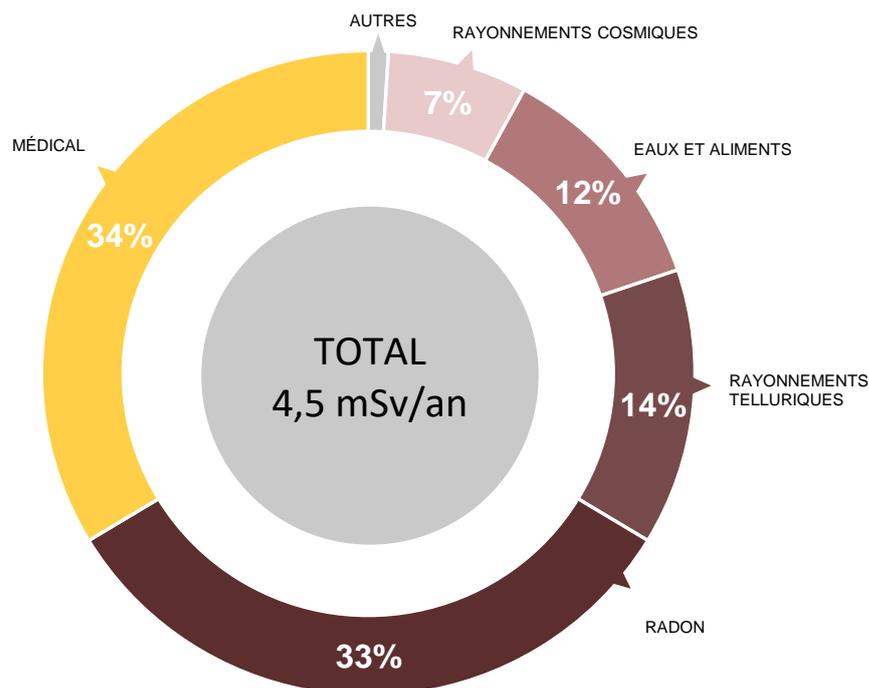


Figure 10 : Part relative des différentes sources d'expositions de la population française aux rayonnements ionisants (Source : Bilan IRSN 2021).

Les tableaux suivants fournissent les valeurs de dose efficace totale calculées à partir des rejets radioactifs réels de l'année 2023 effectués par le 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	$2,5 \cdot 10^{-6}$	$2,8 \cdot 10^{-5}$	$3,1 \cdot 10^{-5}$
Rejets d'effluents liquides	$2,0 \cdot 10^{-6}$	$9,9 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$
Total	$4,6 \cdot 10^{-6}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$

ENFANT DE 10 ANS	Exposition externe (mSv)	Exposition interne (mSv)	Total (mSv)
Rejets d'effluents à l'atmosphère	$2,6 \cdot 10^{-6}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$2,7 \cdot 10^{-5}$
Rejets d'effluents liquides	s.o.	$9,1 \cdot 10^{-5}$	$9,1 \cdot 10^{-5}$
Total	$2,6 \cdot 10^{-6}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$

ENFANT DE 1 AN	Exposition externe (mSv)	Exposition interne (mSv)	Total (mSv)
Rejets d'effluents à l'atmosphère	$2,6.10^{-6}$	$4,7.10^{-5}$	$5,0.10^{-5}$
Rejets d'effluents liquides	s.o.	$1,6.10^{-4}$	$1,6.10^{-4}$
Total	$2,6.10^{-6}$	$2,1.10^{-4}$	$2,1.10^{-4}$

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

Les valeurs de doses calculées pour l'adulte, l'enfant de 10 ans et l'enfant de 1 an, attribuables aux rejets d'effluents radioactifs de l'année 2023 sont plus de 1 000 fois inférieures à la limite d'exposition fixée à 1 mSv par an pour la population, par l'article R1333-11 du Code de la Santé Publique. L'ensemble des populations résidant de manière permanente ou temporaire autour du 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

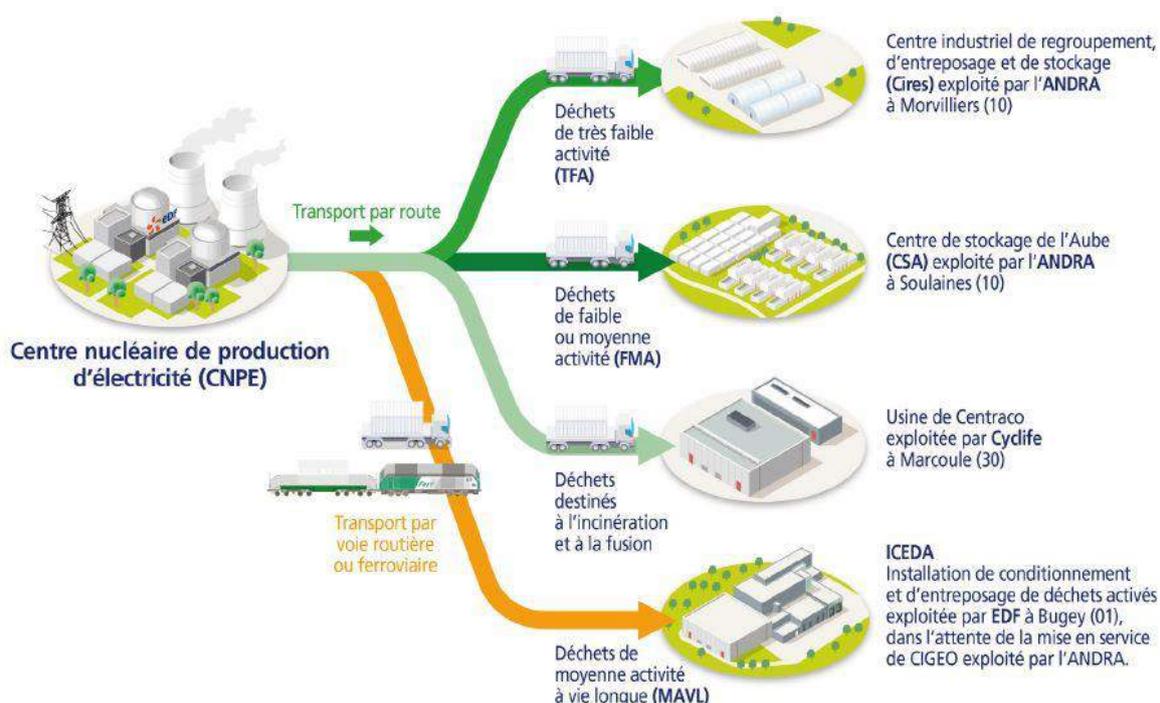


Figure 11 : Transport des déchets radioactifs (Source : EDF).

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

Le tableau suivant présente les quantités de déchets en attente de conditionnement au 31 décembre 2023 pour les 4 réacteurs en fonctionnement du CNPE de Bugey.

Catégorie déchet	Quantité entreposée au 31/12/2023	Commentaires
TFA	351 tonnes	En conteneur sur l'aire TFA
FMAVC (Liquides)	21 tonnes	Effluents du lessivage chimique, huiles, solvants...
FMAVC (Solides)	50 tonnes	Localisation Bâtiment des auxiliaires nucléaire et Bâtiment des auxiliaires nucléaires généraux (BANG), sur l'aire TFA pour les tubes guide de grappes (autorisation spécifique)
MAVL	223 objets	Concerne les grappes et les étuis dans les piscines de désactivation (déchets technologiques, galette inox, bloc béton et chemise graphite)

Le tableau suivant présente les quantités de déchets conditionnés en attente d'expédition au 31 décembre 2023 pour les 4 réacteurs en fonctionnement du CNPE de Bugey.

Catégorie déchet	Quantité entreposée au 31/12/2023	Type d'emballage
TFA	36 colis	Tous types d'emballages confondus
FMAVC (Liquides)	93 colis	Coques béton
FMAVC (Solides)	759 colis	Fûts (métalliques, PEHD)
MAVL	9 colis	Autres (caissons, pièces massives...)

Le tableau suivant présente le nombre de colis évacués et les sites d'entreposage en 2023 pour les 4 réacteurs en fonctionnement du CNPE de Bugey.

Site destinataire	Nombre de colis évacués
Cires à Morvilliers	176
CSA à Soulaines	273
Centraco à Marcoule	2422
ICEDA au Bugey	0

En 2023, 2 871 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 2023 pour l'unité Bugey 1 en déconstruction.

Catégorie déchet	Quantité entreposée au 31/12/2023
TFA	82 tonnes
FMAVC (Liquides)	0 tonne
FMAVC (Solides)	9 tonnes
FAVL	0 tonne
MAVL	0 objet

Le tableau suivant présente les quantités de déchets conditionnés en attente d'expédition au 31 décembre 2023 pour l'unité Bugey 1 en déconstruction.

Catégorie déchet	Quantité entreposée au 31/12/2023	Type d'emballage
TFA	16 colis	Tous types d'emballages confondus
FMAVC	0 colis	Coques béton
FMAVC	24 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 2023 pour l'unité Bugey 1 en déconstruction.

Site destinataire	Nombre de colis évacués
Cires à Morvilliers	36
CSA à Soulaines	3
Centraco à Marcoule	144
ICEDA au Bugey	0

En 2023, 183 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 2023 pour l'ICEDA.

Catégorie déchet	Quantité entreposée au 31/12/2023
TFA	0 tonnes
FMAVC (Liquides)	< 500 L
FMAVC (Solides)	1,909 tonnes
FAVL	0 tonnes
MAVL (Solides)	1,862 tonnes

Le tableau suivant présente les quantités de déchets conditionnés en attente d'expédition au 31 décembre 2023 pour l'ICEDA.

Catégorie déchet	Quantité entreposée au 31/12/2023	Type d'emballage
TFA	0 colis	Tous types d'emballages confondus
FMAVC	1 colis (Colis "administratif" produit lors des essais de prise en main de l'installation)	Coques béton. Ce colis a été produit dans les cellules process avec des déchets factices et en amont que des déchets nucléaires y aient transités
FMAVC	0 colis	Fûts (métalliques, PEHD)
FMAVC	0 colis	Autres (caissons, pièces massives...)
MAVL	34 colis	Coques béton

Le tableau suivant présente le nombre de colis évacués et les sites d'entreposage en 2023 pour l'ICEDA.

Site destinataire	Nombre de colis évacués	Commentaires
Cires à Morvilliers	0	/
CSA à Soulaines	0	/
Centraco à Marcoule	17 fûts PEHD 200L	Déchets conditionnés et envoyés par une base externe (SOGIVAL) à la suite d'une maintenance des emballages de transport R73 réalisés sur cette base externe.
ICEDA au Bugey	0	/

II. Les déchets non radioactifs

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

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

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

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

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

Quantités 2023 en tonnes	Déchets dangereux		Déchets non dangereux non inertes		Déchets inertes		Total	
	Produits	Valorisés	Produits	Valorisés	Produits	Valorisés	Produits	Valorisés
Sites en exploitation	12413	10648	47494	38151	94495	91502	154402	140301
Sites en déconstruction	109	39	2010	1978	938	938	3057	2955

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 totale de déchets conventionnels en 2023 a augmenté de 8,5% par rapport à 2022. La production de déchets inertes reste conséquente en 2023 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.

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 2023, les unités de production n° 2, 3, 4 et 5 de la centrale du Bugey ont produit 6 385 tonnes de déchets conventionnels. 99,7 % de ces déchets ont été valorisés ou recyclés.

Concernant Bugey 1, 690 tonnes de déchets conventionnels ont été produites en 2023. 97% de ces déchets ont été valorisés ou recyclés.

Concernant ICEDA, 26,9 tonnes de déchets conventionnels ont été produites en 2023. 100% de ces déchets ont été valorisés ou recyclés.

ABREVIATIONS

ANDRA - Agence Nationale pour la gestion des Déchets RAdioactifs

ASN - Autorité Sûreté Nucléaire

CNPE - Centre Nucléaire de Production d'Électricité

COT - Carbone Organique Total

DBO5 - Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours

DCO - Demande Chimique en Oxygène

DUS – Diesel d'Ultime Secours

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

ESE - Évènement Significatif Environnement

FMA - Faible Moyenne Activité

ICPE - Installations Classées pour la Protection de l'Environnement

INB - Installation Nucléaire de Base

IRSN - Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire

ISO - International Standard Organization

KRT – Chaîne de mesure de radioactivité

MES - Matières En Suspension

PA – Produit d'Activation

PF – Produit de Fission

REX - Retour d'Expérience

SME - Système de Management de l'Environnement

SMP - Station Multi Paramètres

TAC – Turbine à Combustion

TEU - Traitement des Effluents Usés

TFA - Très Faible Activité

THE – Très Haute Efficacité

UFC - Unité Formant Colonie

ANNEXE 1 : Suivi microbiologique du CNPE du Bugey Année 2023

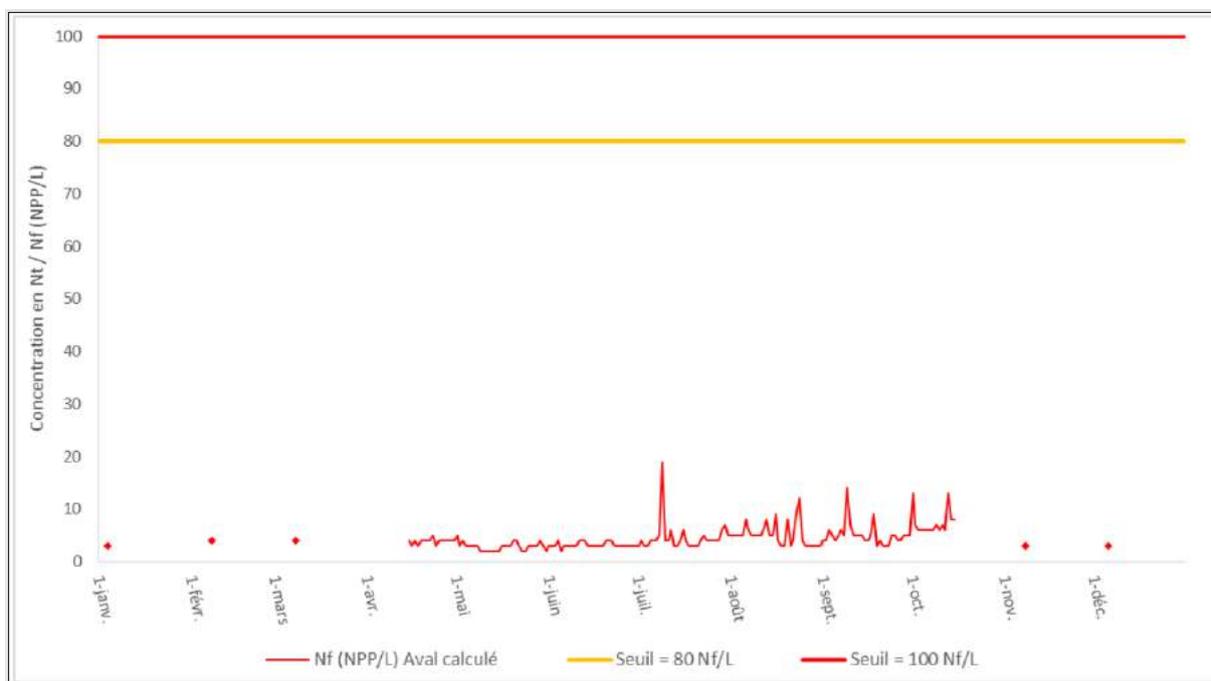


Figure 12 : Amibes calculées à l'aval dans le Rhône en 2023 (source : rapport annuel CAPSIS pour EDF).

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.

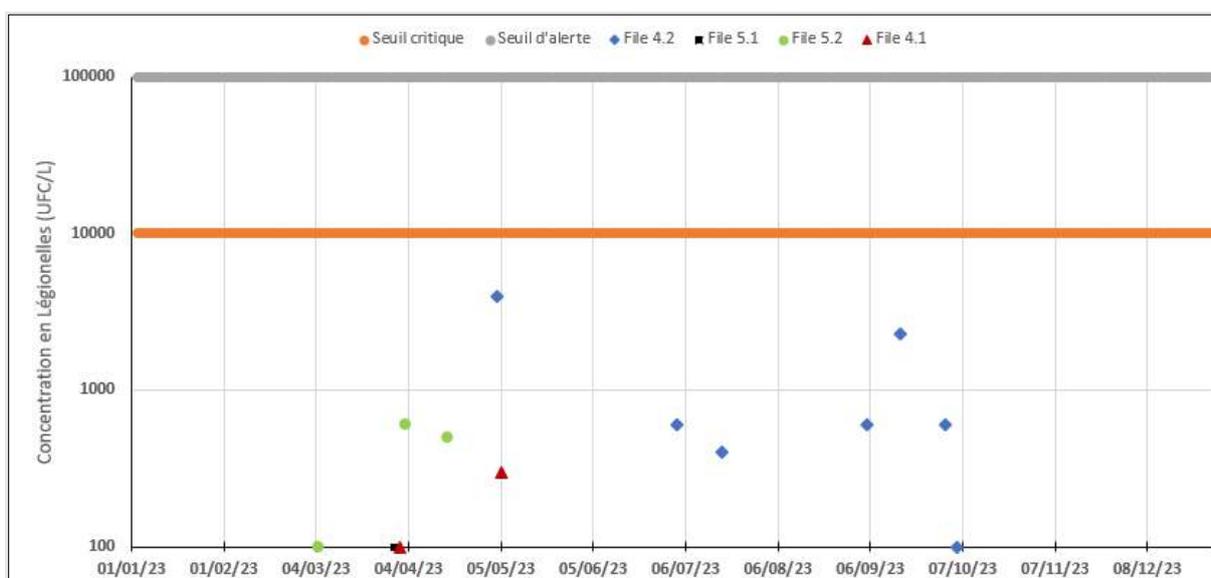


Figure 13 : Légionelles mesurées dans les bassins des 4 circuits de refroidissement semi-fermés (Source : rapport annuel CAPSIS pour EDF).

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

- du 8 mai au 13 juin 2023 pour la file 5.1,
- du 6 mai au 6 juin, puis du 13 au 20 juin pour la file 5.2.

En 2023, 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 RADIOECOLOGIQUE
ANNUEL DES CNPE DU RHÔNE
ET DU SITE EN
DÉMANTÈLEMENT DE CREYS-
MALVILLE**

ANNÉE 2022

Pôle santé et environnement

Rapport IRSN N° 2024-00233

0 OBJECTIFS

Électricité de France (EDF) a sollicité l'Institut de Radioprotection et de Sûreté 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}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}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.

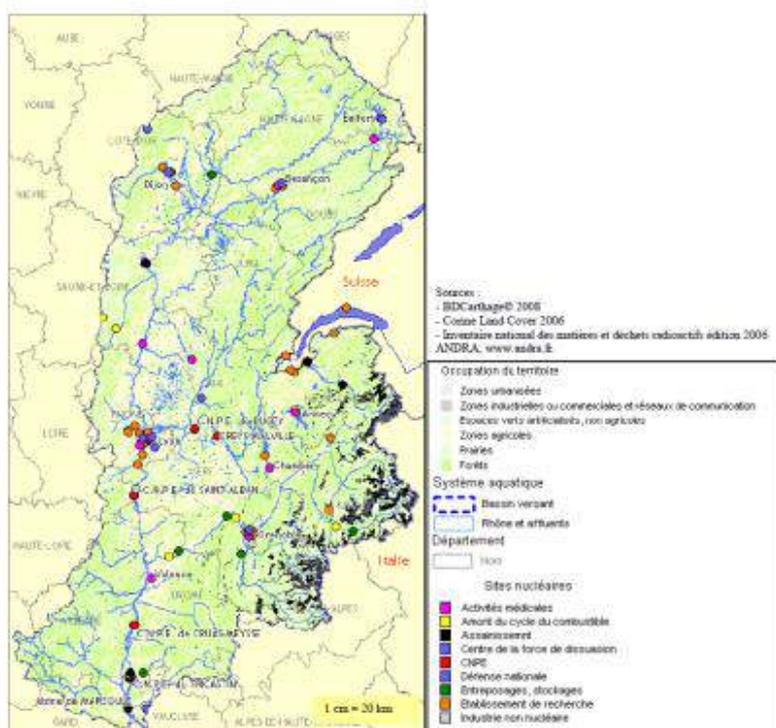


Figure 1 – Localisation des sites détenant des radionucléides dans le bassin versant du Rhône

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}K et les produits des chaînes de désintégration de l' ^{238}U , de l' ^{235}U et du ^{232}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}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 (^3H), le ^{14}C , ^7Be et le ^{22}Na . Leurs niveaux d'activité usuels sont indiqués dans le bilan de l'état radiologique de l'environnement français [1].

Le ^3H et le ^{14}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 ^3H (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 ^3H atmosphérique étaient de l'ordre de 0,1 à 0,6 Bq.L⁻¹.

S'agissant du ^{14}C (période radioactive : 5 700 ans [2]), en milieu terrestre, les observations permettent de montrer que l'activité spécifique, exprimée en becquerels de ^{14}C par kilogramme de carbone total (Bq.kg⁻¹ C), est en équilibre dans les composantes de l'environnement, notamment avec celle du CO₂ atmosphérique. Contrairement au milieu terrestre, le ^{14}C des écosystèmes d'eau douce n'est pas en équilibre avec le CO₂ atmosphérique du fait de sa dilution notamment par les carbonates des roches sédimentaires anciennes dépourvues de ^{14}C . L'activité spécifique hors influence industrielle locale peut donc être plus faible et variable en fonction de la teneur en carbonates anciens, entre 200 et 220 Bq.kg⁻¹ 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 de ^{131}I , de ^{95}Zr , de $^{144}\text{Ce/Pr}$ et de $^{106}\text{Ru/Rh}$ (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 (^{90}Sr et ^{137}Cs , de 28,80 et 30,05 ans de périodes radioactives respectives [2]). Les dépôts de radionucléides à vie longue (^{241}Am ¹, ^{14}C , ^{240}Pu et ^{239}Pu , de 432,6, 5 700, 6 561 et 24 100 ans de périodes respectives [2]) ont été comparativement très faibles [5]. Le ^{137}Cs , le ^{90}Sr , le ^{238}Pu , le $^{239, 240}\text{Pu}$ et ^{241}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 ^{238}Pu , d' ^{235}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 ^{137}Cs des retombées des essais aériens étaient comprises entre 1 400 et 2 000 Bq.m⁻², compte tenu de la seule décroissance radioactive du ^{137}Cs . Elles ont été augmentées par les retombées de l'accident de Tchernobyl (voir

¹ L' ^{241}Am n'a pas été produit directement lors des essais mais par la décroissance du ^{241}Pu (T=14,4 ans).

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

Le ^3H a été massivement émis lors des essais nucléaires aériens. De plus de 500 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 10 Bq.L^{-1} dès la fin des années 1970. Depuis la fin des années 1990, elle est inférieure à 2 Bq.L^{-1} [6, 7, 8, 9] (Figure 2 page 22).

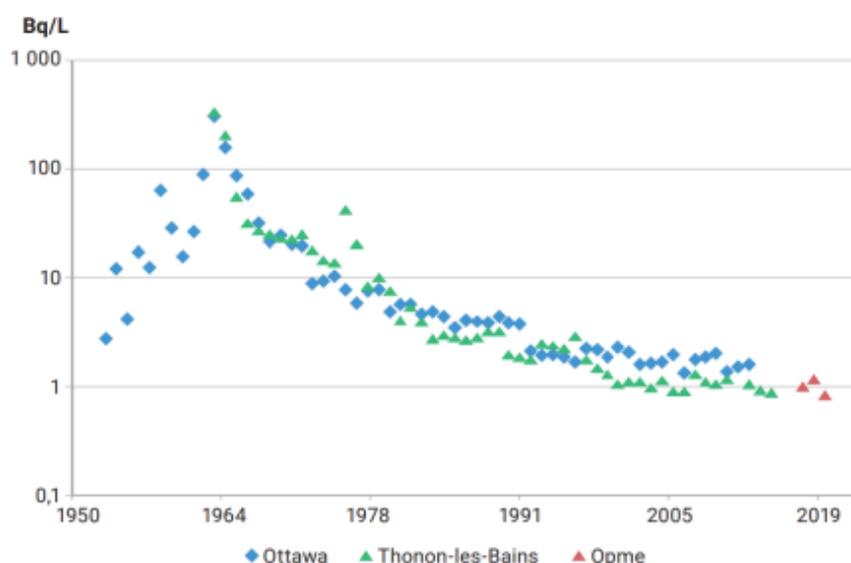


Figure 2 - Activités de ^3H dans l'eau de pluie d'après [1].

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 Bq.L^{-1} et en Bq.L^{-1} d'eau de dessiccation, abrégé en Bq.L^{-1} ED) et liée à la matière organique (TOL, exprimé en Bq.L^{-1} d'eau de combustion, abrégé en 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 $0,34$ à $1,7 \text{ Bq.L}^{-1}$ pour le TOL, et de $0,5$ à 2 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}C présent dans l'atmosphère. L'activité spécifique atmosphérique en ^{14}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 CO_2 dans l'atmosphère liée à l'utilisation grandissante de combustibles fossiles, dépourvus de ^{14}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 2022, elle est proche de $222 \pm 7 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$, 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).

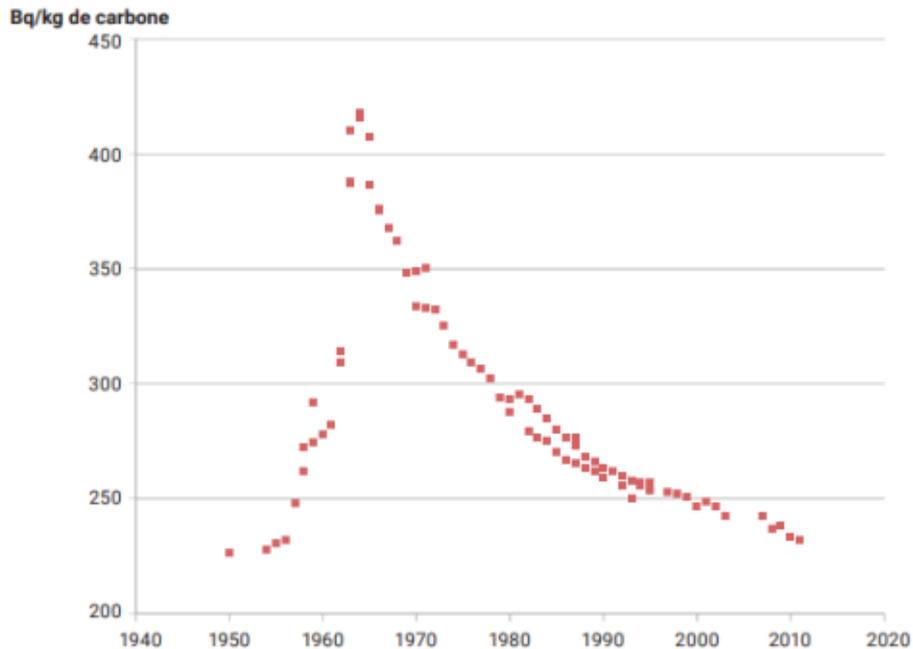


Figure 3 – Évolution de l'activité spécifique du ^{14}C dans l'hémisphère nord depuis 1950 (tirée de [1]).

Le ^{14}C des écosystèmes d'eau douce n'est pas en équilibre avec le CO_2 atmosphérique du fait de sa dilution notamment par les carbonates des roches sédimentaires anciennes dépourvues de ^{14}C . L'activité spécifique hors influence industrielle locale peut donc être plus faible et variable en fonction de la teneur en carbonates anciens, entre 200 et 220 $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}\text{C}$ [1].

De nos jours, les apports industriels en ^3H et ^{14}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 10^7 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 10^7 Bq/m^3 , n'était plus que de quelques dizaines de Bq/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 (^{103}Ru , $^{106}\text{Ru}/\text{Rh}$, $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{131}I , ^{132}Te , ^{134}Cs et ^{137}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}Cs dans la vallée du Rhône issues de la rémanence de ces retombées. De nos jours, seul le ^{137}Cs est encore mesurable [13].

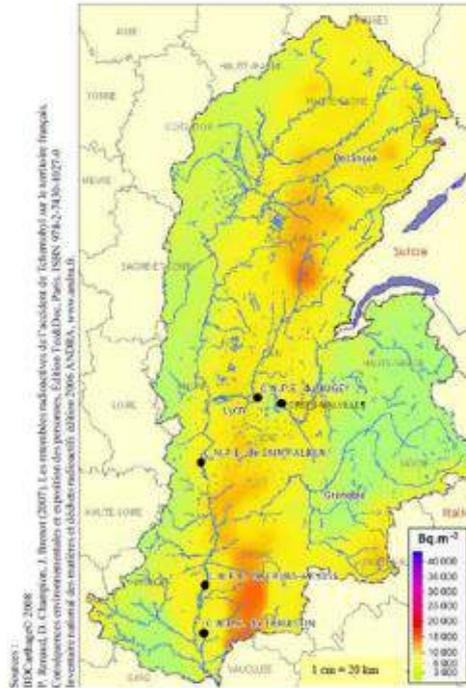


Figure 4 – Activités surfaciques de ^{137}Cs , calculées pour l'année 2010, issues des retombées atmosphériques des essais aériens et de l'accident de Tchernobyl à partir de [14], sur le bassin versant de la zone d'étude.

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}I , de ^{137}Cs et de ^{134}Cs [15]. Du fait de sa courte période radioactive (8,0233 jours [2]), ^{131}I a rapidement disparu de l'environnement. Le ^{134}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}Cs sont difficilement imputables à ce seul événement compte-tenu de la rémanence de ce radionucléide dans le bassin versant rhodanien.

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}Cs dans la vallée du Rhône issues de la rémanence de ces retombées. De nos jours, seul le ^{137}Cs est encore mesurable [13].

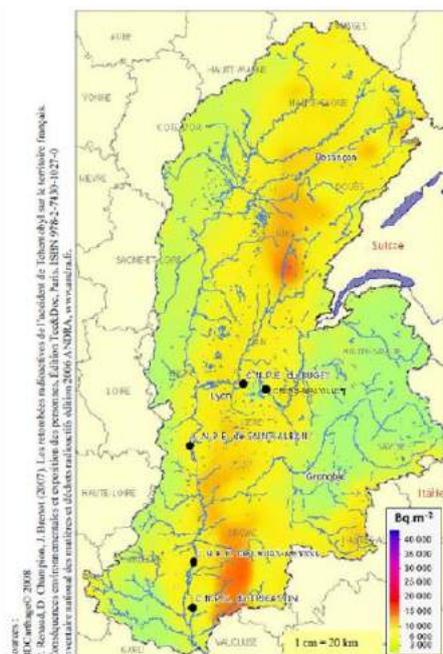


Figure 4 – Activités surfaciques de ^{137}Cs , calculées pour l'année 2010, issues des retombées atmosphériques des essais aériens et de l'accident de Tchernobyl à partir de [14], sur le bassin versant de la zone d'étude.

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}I , de ^{137}Cs et de ^{134}Cs [15]. Du fait de sa courte période radioactive (8,0233 jours [2]), ^{131}I a rapidement disparu de l'environnement. Le ^{134}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}Cs sont difficilement imputables à ce seul évènement compte-tenu de la rémanence de ce radionucléide dans le bassin versant rhodanien.

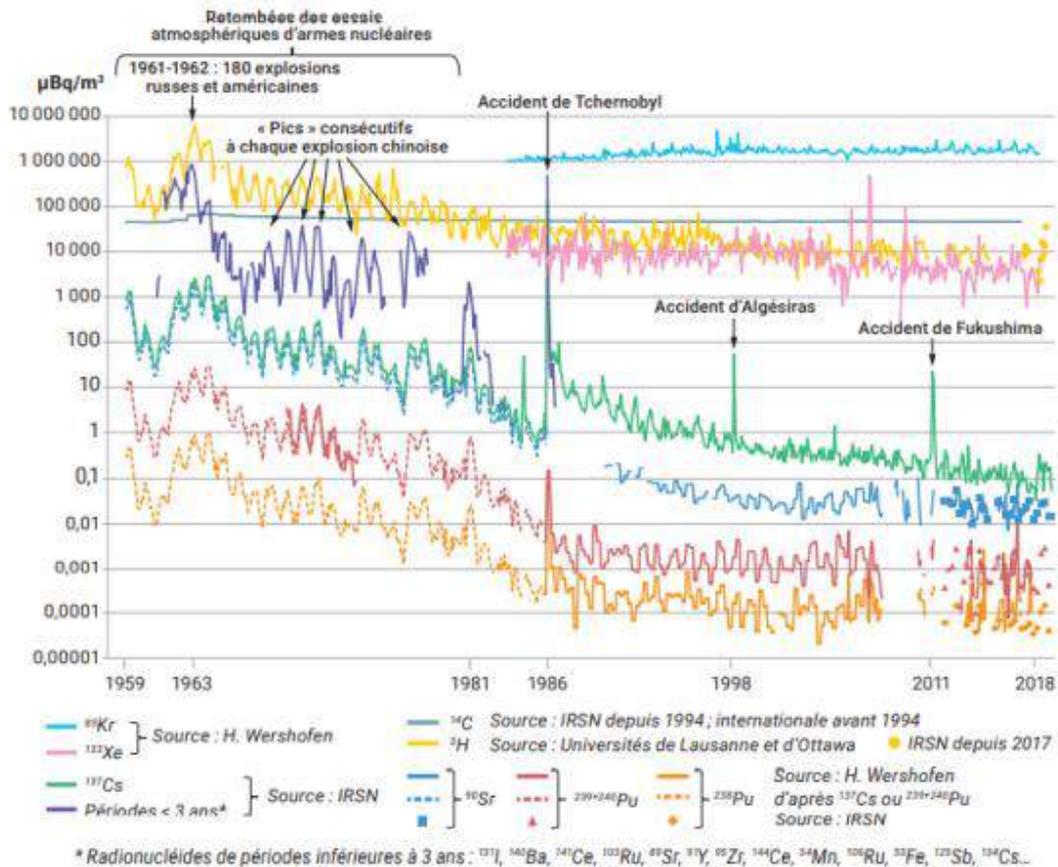


Figure 5 – Évolution des activités des principaux radionucléides artificiels mesurés dans l'air en France et en Allemagne au cours des 60 dernières années [1].

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 composés 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 ¹⁴C, l'⁴¹Ar, les xénon métastables 131, 133 et 135, le ⁸⁵Kr, les ¹³¹I et ¹³³I, les ⁵⁸Co et ⁶⁰Co et les ¹³⁴Cs et ¹³⁷Cs. Au sein des rejets d'effluents radioactifs liquides, le tritium, le ¹⁴C, les ⁵⁸Co et ⁶⁰Co, le ⁶³Ni, les ¹²⁴Sb et ¹²⁵Sb, les ¹³⁴Cs et ¹³⁷Cs, le ⁵⁴Mn, l'^{110m}Ag, le ^{123m}Te, et l'¹³¹I sont prépondérants. Le ⁵⁵Fe et l'^{108m}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 2022.

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}Tc (en diagnostic fonctionnel, période radioactive de 6,01 heures) et ^{131}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]. ^{131}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, ^{131}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 représentent 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-Meysses.

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-Meysse, 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 km²) et par son débit moyen annuel (environ 1 800 m³.s⁻¹ 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 m³.s⁻¹. 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 m³.s⁻¹ à Ternay. Plus au sud, entre Saint-Alban-Saint-Maurice-L'Exil et Cruas-Meysse, 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 m³.s⁻¹. Entre Cruas-Meysse 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 m³.s⁻¹ en étiage à plus de 10 000 m³.s⁻¹ 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 75). 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'¹³¹I, 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 68.

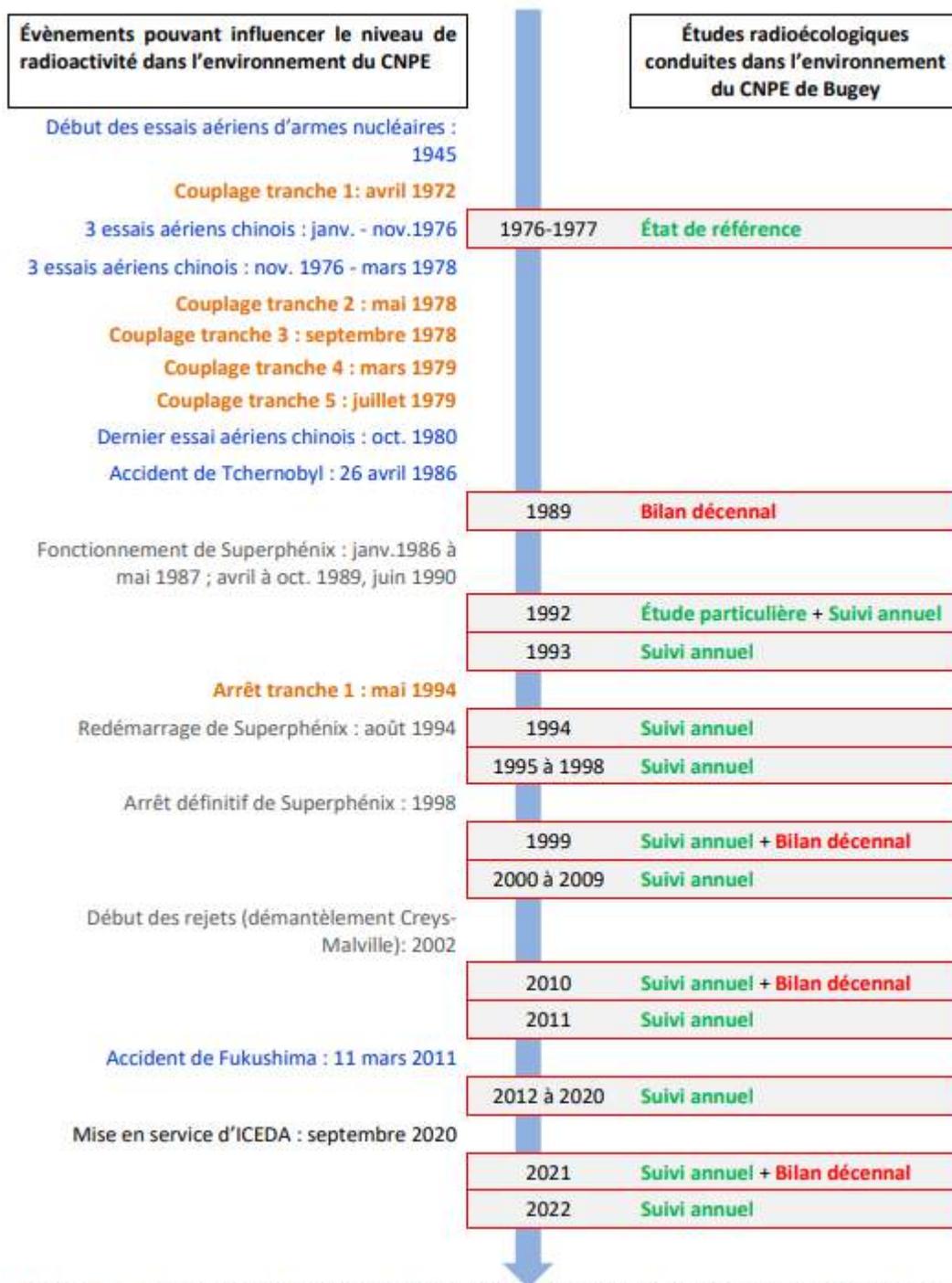


Figure 10 – Chronologie des études radioécologiques conduites dans l'environnement du CNPE du Bugey

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 75.

Les caractéristiques (dates, stations, natures, etc.) identifiant chaque échantillon analysé sont présentées dans le Tableau 28 page 71 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 (ZI). 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.

La dispersion des rejets des effluents dans l'environnement est contrainte par les conditions météorologiques (des vents nord/nord-ouest dominants et sud/sud-est secondaires, cf. page 75). Des échantillons de production agricole (maïs et salades), d'herbe, de sol de prairie, de mousses terrestres et du lait de vache sont prélevés sous les vents dominants, au sud de l'installation (Vernas, Saint-Romain-de-Jalionas, Loyettes² et « Loyettes Carrière² ») ainsi qu'à l'ouest du site (Loyettes). Les maïs 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 prélevés à « Loyettes, Carrière ». Hors vents, un sol de prairie et du lait de vache sont prélevés à Bressolles et à Le Montellier. Les maïs prélevés à Sainte-Julie, sous les vents mais 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 excepté le sol non cultivé prélevé à Bressolles hors vents dominants. L'¹³¹I est recherché dans les mousses terrestres sous les vents dominants. Le tritium libre et le tritium organiquement lié ont été recherchés dans les trois prélèvements de maïs ainsi que dans l'herbe, les salades et le lait de vache prélevé sous et hors vents dominants. Ces matrices ont fait l'objet d'une mesure en ¹⁴C, 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 2022 ainsi que dans le rapport du suivi radioécologique annuel de l'année 2023. 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 ⁵⁵Fe n'a

² Cette année, le lait de vache a été collecté sous les vents dominants à la ferme de Boillièrre sur la commune de Loyettes car le producteur de lait de Leyrieu ne souhaite plus participer à la surveillance radioécologique.

pas pu être réalisée dans les sols de prairie prélevés à Vernas car la concentration en fer stable était trop élevée (27,89 mg.g⁻¹ de cendre). Enfin, du ⁹⁰Sr est recherché dans le sol de prairie de Vernas ainsi que dans les deux prélèvements de lait de vache.

Tableau 28 – Identification des échantillons analysés dans l’environnement terrestre du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique de 2022

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
21,02 km OND	Le Bugey - Zone hors vents dominants (>5 km)	Le Montellier	05,07459	45,93039	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	04/05/2022	Gamma (Cendre)	7,82	15,00
21,02 km OND	Le Bugey - Zone hors vents dominants (>5 km)	Le Montellier	05,07459	45,93039	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	04/05/2022	C-14 par SL (Benzène) (Sec)	7,61	-
21,02 km OND	Le Bugey - Zone hors vents dominants (>5 km)	Le Montellier	05,07459	45,93039	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	04/05/2022	C élémentaire (Sec)	7,61	-
21,02 km OND	Le Bugey - Zone hors vents dominants (>5 km)	Le Montellier	05,07459	45,93039	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	04/05/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	7,61	-
21,02 km OND	Le Bugey - Zone hors vents dominants (>5 km)	Le Montellier	05,07459	45,93039	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	04/05/2022	H-3 lié (Sec)	7,61	-
21,02 km OND	Le Bugey - Zone hors vents dominants (>5 km)	Le Montellier	05,07459	45,93039	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	04/05/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	7,61	-
21,02 km OND	Le Bugey - Zone hors vents dominants (>5 km)	Le Montellier	05,07459	45,93039	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	04/05/2022	H-3 libre (Liquide)	7,61	-
21,02 km OND	Le Bugey - Zone hors vents dominants (>5 km)	Le Montellier	05,07459	45,93039	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	04/05/2022	Sr-90 par compt. Prop. (Cendre)	7,82	15,00
21,02 km OND	Le Bugey - Zone hors vents dominants (>5 km)	Le Montellier	05,07459	45,93039	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	04/05/2022	mesure de Ca (Cendre)	7,82	15,00
16,4 km OND	Le Bugey - Zone hors vents dominants (>5 km)	Bressolles	05,09360	45,88044	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Entier	30/03/2022	Pu, Am par Sp. Alpha (Pu-238, 239+240, Am-241) (Cendre)	1,37	1,09
5,79 km O	Zone hors vents (>5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du CNPE	Loyettes, les Brotteaux	05,19770	45,78899	Céréales	Mais Zea mays	Graine	21/09/2022	Gamma (Cendre)	1,22	34,35
5,79 km O	Zone hors vents (>5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du CNPE	Loyettes, les Brotteaux	05,19770	45,78899	Céréales	Mais Zea mays	Graine	21/09/2022	C-14 par SL (Benzène) (Sec)	1,22	-
5,79 km O	Zone hors vents (>5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du CNPE	Loyettes, les Brotteaux	05,19770	45,78899	Céréales	Mais Zea mays	Graine	21/09/2022	C élémentaire (Sec)	1,22	-
5,79 km O	Zone hors vents (>5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du CNPE	Loyettes, les Brotteaux	05,19770	45,78899	Céréales	Mais Zea mays	Graine	21/09/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	1,22	-
5,79 km O	Zone hors vents (>5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du CNPE	Loyettes, les Brotteaux	05,19770	45,78899	Céréales	Mais Zea mays	Graine	21/09/2022	H-3 lié (Sec)	1,22	-
5,79 km O	Zone hors vents (>5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du CNPE	Loyettes, les Brotteaux	05,19770	45,78899	Céréales	Mais Zea mays	Graine	21/09/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (en cours) (Sec)	1,22	-
5,79 km O	Zone hors vents (>5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du CNPE	Loyettes, les Brotteaux	05,19770	45,78899	Céréales	Mais Zea mays	Graine	21/09/2022	H-3 libre (Liquide)	1,22	-

Rapport IRSN N° 2024-00233

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
2,16 km SSO	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Vernas	05,26418	45,78083	Herbes	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	03/05/2022	Gamma (Cendre)	3,09	15,70
2,16 km SSO	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Vernas	05,26418	45,78083	Herbes	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	03/05/2022	H-3 lié (Sec)	3,27	-
2,16 km SSO	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Vernas	05,26418	45,78083	Herbes	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	03/05/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	3,27	-
2,16 km SSO	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Vernas	05,26418	45,78083	Herbes	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	03/05/2022	H-3 libre (Liquide)	3,27	-
2,16 km SSO	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Vernas	05,26418	45,78083	Herbes	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	03/05/2022	Pu, Am par Sp. Alpha (Pu-238, 239+240, Am-241) (Cendre)	3,09	15,70
2,23 km SSO	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Vernas	05,26394	45,78022	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Entier	30/03/2022	Gamma (Sec)	1,12	-
2,23 km SSO	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Vernas	05,26394	45,78022	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Entier	30/03/2022	Sr-90 par compt. Prop. (Cendre)	1,12	1,12
2,23 km SSO	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Vernas	05,26394	45,78022	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Entier Tamisé < 2000 µm	30/03/2022	mesure de Ca (Cendre)	1,12	1,12
2,23 km SSO	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Vernas	05,26394	45,78022	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Entier	30/03/2022	Pu, Am par Sp. Alpha (Pu-238, 239+240, Am-241) (Cendre)	1,12	1,12
2,23 km SSO	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Vernas	05,26394	45,78022	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Entier	30/03/2022	Granulométrie INRA (Sec)	1,12	-
2,23 km SSO	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Vernas	05,26394	45,78022	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Entier	30/03/2022	MO après combustion (Sec)	1,12	-
3,77 km O	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Loyettes	05,22268	45,79468	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	03/05/2022	Gamma (Cendre)	8,11	15,87
3,77 km O	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Loyettes	05,22268	45,79468	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	03/05/2022	C-14 par SL (Benzène) (Sec)	7,99	-
3,77 km O	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Loyettes	05,22268	45,79468	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	03/05/2022	C élémentaire (Sec)	7,99	-
3,77 km O	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Loyettes	05,22268	45,79468	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	03/05/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	7,99	-
3,77 km O	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Loyettes	05,22268	45,79468	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	03/05/2022	H-3 lié (Sec)	7,99	-
3,77 km O	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Loyettes	05,22268	45,79468	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	03/05/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	7,99	-
3,77 km O	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Loyettes	05,22268	45,79468	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	03/05/2022	H-3 libre (Liquide)	7,99	-
3,77 km O	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Loyettes	05,22268	45,79468	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	03/05/2022	Sr-90 par compt. Prop. (Cendre)	8,11	15,87
3,77 km O	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Loyettes	05,22268	45,79468	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	03/05/2022	mesure de Ca (Cendre)	8,11	15,87

Rapport IRSN N° 2024-00233

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
4,5 km SO	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Saint-Romain-de-Jalionas	05,23561	45,76753	Légumes	Laitue, batavia, romaines <i>Lactuca sativa</i> L.	Parties aériennes	29/06/2022	Gamma (Cendre)	18,33	4,08
4,5 km SO	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Saint-Romain-de-Jalionas	05,23561	45,76753	Légumes	Laitue, batavia, romaines <i>Lactuca sativa</i> L.	Parties aériennes	29/06/2022	C-14 par SL (Benzène) (Sec)	14,85	-
4,5 km SO	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Saint-Romain-de-Jalionas	05,23561	45,76753	Légumes	Laitue, batavia, romaines <i>Lactuca sativa</i> L.	Parties aériennes	29/06/2022	C élémentaire (Sec)	14,85	-
4,5 km SO	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Saint-Romain-de-Jalionas	05,23561	45,76753	Légumes	Laitue, batavia, romaines <i>Lactuca sativa</i> L.	Parties aériennes	29/06/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	14,85	-
4,5 km SO	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Saint-Romain-de-Jalionas	05,23561	45,76753	Légumes	Laitue, batavia, romaines <i>Lactuca sativa</i> L.	Parties aériennes	29/06/2022	H-3 lié (Sec)	14,85	-
4,5 km SO	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Saint-Romain-de-Jalionas	05,23561	45,76753	Légumes	Laitue, batavia, romaines <i>Lactuca sativa</i> L.	Parties aériennes	29/06/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	14,85	-
4,5 km SO	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Saint-Romain-de-Jalionas	05,23561	45,76753	Légumes	Laitue, batavia, romaines <i>Lactuca sativa</i> L.	Parties aériennes	29/06/2022	H-3 libre (Liquide)	14,85	-
4,67 km S	Le Bugey - Zone sous les vents (< 5 km)	Leyrieu	05,26874	45,75776	Mousses terricoles	<i>Rhizidiadelphus triquetrus</i> <i>Rhizidiadelphus triquetrus</i>	Entier	30/03/2022	Gamma (Frais)	-	-
2,57 km OSO	Zone sous les vents (< 5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du CHPE	Loyettes, Carrière	05,24451	45,78558	Céréales	Mais <i>Zea mays</i>	Graine	20/09/2022	Gamma (Cendre)	1,14	72,02
2,57 km OSO	Zone sous les vents (< 5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du CHPE	Loyettes, Carrière	05,24451	45,78558	Céréales	Mais <i>Zea mays</i>	Graine	20/09/2022	C-14 par SL (Benzène) (Sec)	1,10	-
2,57 km OSO	Zone sous les vents (< 5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du CHPE	Loyettes, Carrière	05,24451	45,78558	Céréales	Mais <i>Zea mays</i>	Graine	20/09/2022	C élémentaire (Sec)	1,10	-
2,57 km OSO	Zone sous les vents (< 5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du CHPE	Loyettes, Carrière	05,24451	45,78558	Céréales	Mais <i>Zea mays</i>	Graine	20/09/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	1,10	-
2,57 km OSO	Zone sous les vents (< 5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du CHPE	Loyettes, Carrière	05,24451	45,78558	Céréales	Mais <i>Zea mays</i>	Graine	20/09/2022	H-3 lié (Sec)	1,10	-
2,57 km OSO	Zone sous les vents (< 5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du CHPE	Loyettes, Carrière	05,24451	45,78558	Céréales	Mais <i>Zea mays</i>	Graine	20/09/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	1,10	-
2,57 km OSO	Zone sous les vents (< 5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du CHPE	Loyettes, Carrière	05,24451	45,78558	Céréales	Mais <i>Zea mays</i>	Graine	20/09/2022	H-3 libre (Liquide)	1,10	-
9,4 km N	Le Bugey - Zone sous les vents (>5 km)	Sainte-Julie	05,27993	45,88402	Céréales	Mais <i>Zea mays</i>	Graine	20/09/2022	Gamma (Cendre)	1,20	69,56
9,4 km N	Le Bugey - Zone sous les vents (>5 km)	Sainte-Julie	05,27993	45,88402	Céréales	Mais <i>Zea mays</i>	Graine	20/09/2022	C-14 par MS (spectrométrie de masse) (Sec)	1,15	-
9,4 km N	Le Bugey - Zone sous les vents (>5 km)	Sainte-Julie	05,27993	45,88402	Céréales	Mais <i>Zea mays</i>	Graine	20/09/2022	C élémentaire (Sec)	1,15	-
9,4 km N	Le Bugey - Zone sous les vents (>5 km)	Sainte-Julie	05,27993	45,88402	Céréales	Mais <i>Zea mays</i>	Graine	20/09/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	1,15	-

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
9,4 km N	Le Bugey - Zone sous les vents (>5 km)	Sainte-Julie	05,27993	45,88402	Céréales	Mais Zea mays	Graine	20/09/2022	H-3 lié (Sec)	1,15	-
9,4 km N	Le Bugey - Zone sous les vents (>5 km)	Sainte-Julie	05,27993	45,88402	Céréales	Mais Zea mays	Graine	20/09/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	1,15	-
9,4 km N	Le Bugey - Zone sous les vents (>5 km)	Sainte-Julie	05,27993	45,88402	Céréales	Mais Zea mays	Graine	20/09/2022	H-3 libre (Liquide)	1,15	-

- : absence de traitement. Eau lyo : eau extraite par lyophilisation. Res lyo : résidu sec après lyophilisation. Distance au site calculée en ligne droite entre les coordonnées d'un point de référence du site et celles du point de prélèvement

Dans les tableaux terrestres suivants :

Prélèvements hors vents dominants de l'installation

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

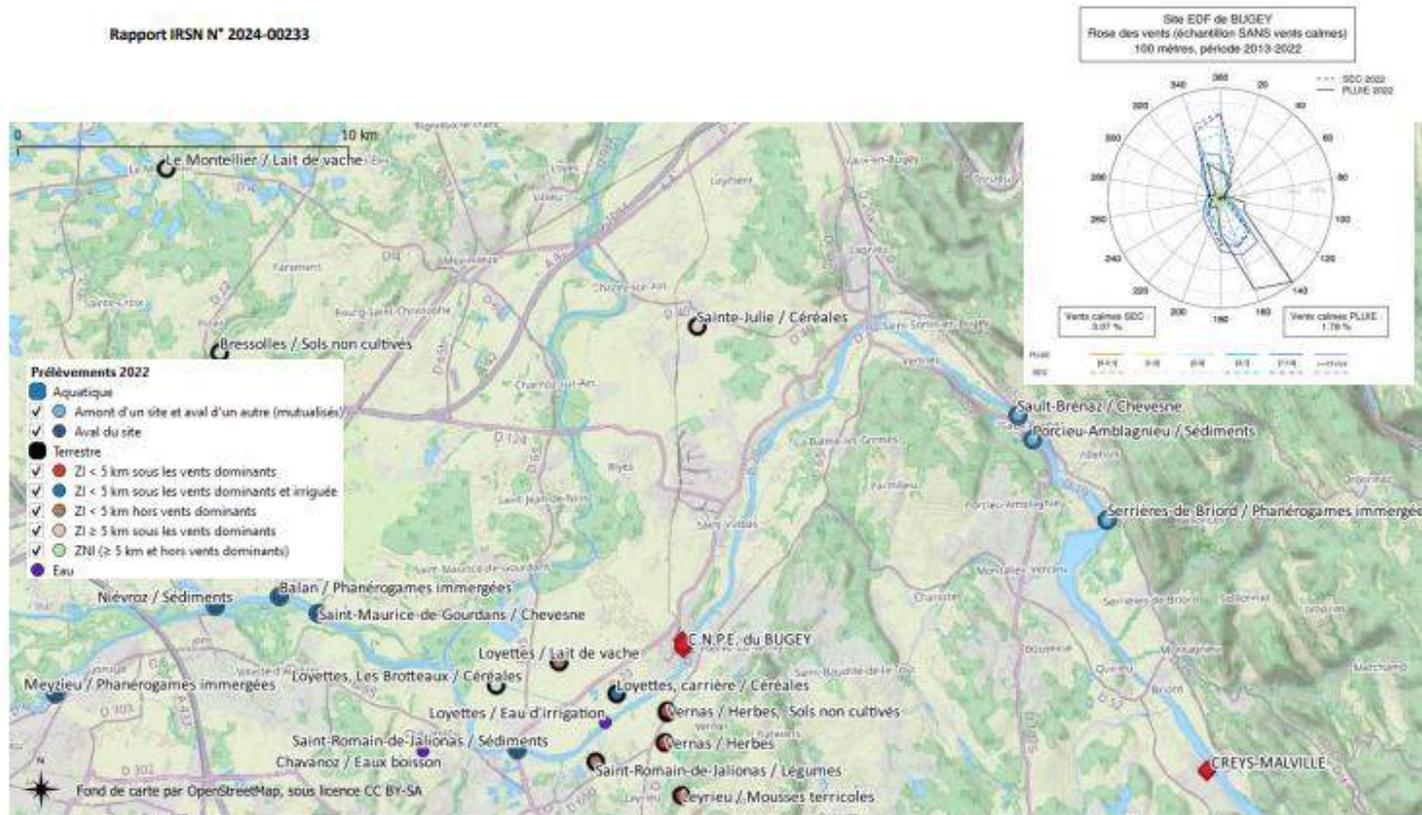


Figure 11 – Localisation générale des stations de prélèvement dans le milieu terrestre et dans le milieu aquatique pour le suivi radioécologique annuel du CNPE du Bugey

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 γ des activités en radionucléides d'origine naturelle dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey sont présentés dans le Tableau 42 page 101 et suivantes.

En 2022, 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}K et, dans une moindre mesure, par les radionucléides des familles du ^{232}Th et de ^{238}U . Dans les sols, les activités massiques en ^{40}K et en descendants du ^{232}Th et du ^{238}U sont en accord avec les valeurs observées en France métropolitaine [1, 17, 18]. La seconde composante, d'origine cosmogénique, est due au ^7Be présent principalement dans les végétaux dont la surface foliaire est propice à la captation des retombées atmosphériques. Dans le lait de vache, le ^{40}K est toujours proche de 50 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 γ des activités en radionucléides d'origine artificielle dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey sont présentés dans le Tableau 43 page 102 et suivantes.

Le ^{137}Cs est le seul radionucléide d'origine artificielle quantifié dans toutes les matrices prélevées excepté les maïs prélevés à Loyettes les Brotteaux et Sainte-Julie. Les activités en ^{137}Cs détectées dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey sont dans la gamme des niveaux observés au cours des dix dernières années (Tableau 30 page 89 au Tableau 35 page 94).

L' ^{131}I mesuré dans les mousses terrestres collectées 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 44 page 103 et le Tableau 45 page 104.

Les activités en tritium libre sont proches du bruit de fond attendu en milieu terrestre hors influence d'un apport industriel local (de l'ordre de 1 Bq.L^{-1} dans une gamme allant de $0,5$ à 2 Bq.L^{-1} d'après [1]) à l'exception des échantillons de maïs prélevés sur la commune de Loyettes aux lieu-dit Les Brotteaux et Carrière pour lesquels les activités en tritium libre (respectivement $6 \pm 1,2 \text{ Bq.L}^{-1}$ ED et $3,6 \pm 1 \text{ Bq.L}^{-1}$ ED) sont plus élevées que le bruit de fond. Les activités en tritium organiquement lié mesurées dans les maïs prélevés sur la commune de Loyettes aux lieu-dit Les Brotteaux et Carrière (respectivement $9,1 \pm 1,3 \text{ Bq.L}^{-1}$ EC et $10,9 \pm 1,5 \text{ Bq.L}^{-1}$ EC) sont également plus élevées que la gamme des valeurs attendues en dehors d'une influence industrielle locale (de $0,34$ à $1,7 \text{ Bq.L}^{-1}$ pour le tritium organiquement lié d'après [1]). Ces activités démontrent la contribution des rejets liquides du CNPE au marquage de ces échantillons. En effet, les maïs prélevés à Loyettes les Brotteaux et Loyettes Carrière sont irrigués par les eaux du Rhône collectées en aval des rejets d'effluents liquides du CNPE. Le maïs collecté à

Sainte-Julie, lui aussi irrigué, mais par de l'eau collectée en amont du site (Proulieu), montre une activité volumique en tritium de l'eau de déshydratation (TED) et en tritium organiquement lié dans la gamme des valeurs attendues en dehors d'une influence industrielle locale (de 0,34 à 1,7 Bq.L⁻¹ pour le tritium organiquement lié d'après [1]). L'activité en tritium organiquement lié mesurée sous les vents à moins de 5 km dans le lait de vache prélevé à Loyettes (3,0±0,7 Bq.L⁻¹) et les salades collectées à Saint-Romain-de-Jalionas (3,2±1,0) est plus élevée que la gamme des valeurs attendues en dehors d'une influence industrielle locale. En revanche, L'activité en tritium organiquement lié mesurée dans l'herbe prélevée sous les vents dominants ainsi que dans le lait de vache collecté hors vents s'inscrivent 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 12 page 77 et figure 13 page 77).

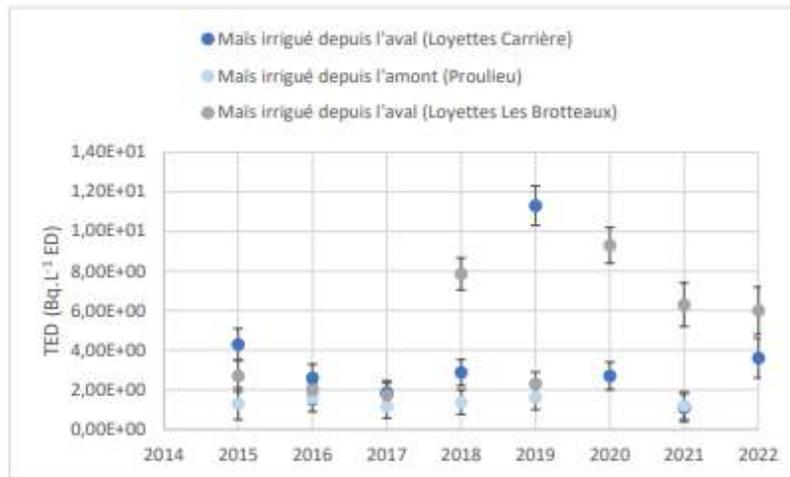


Figure 12 – Variation temporelle des activités en tritium de l'eau de déshydratation mesurées dans les maïs irrigués de la plaine de l'Ain de 2015 à 2022.

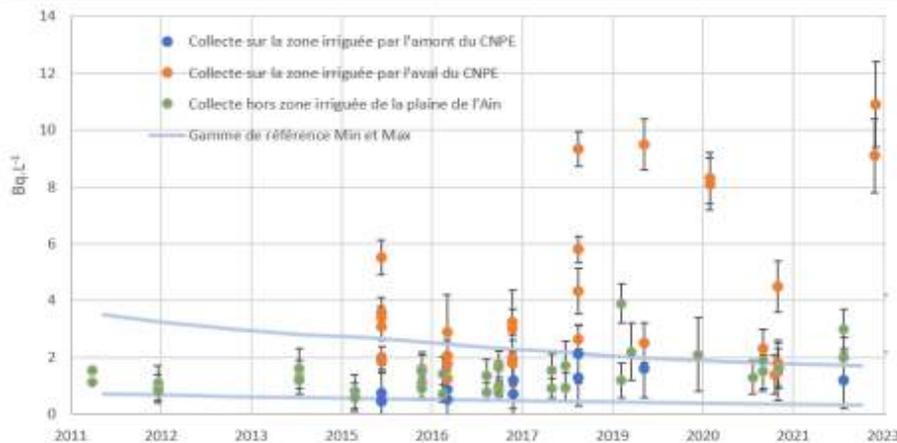


Figure 13 – Activités en tritium organiquement lié dans les matrices terrestres irriguées de la plaine de l'Ain et dans celles hors de la plaine de l'Ain

5.2.2.2 Carbone 14

Les résultats d'analyse des activités en ^{14}C dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey sont présentés dans le tableau 46 page 105.

Les activités en ^{14}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 ($222\pm 7 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$ d'après [1]).

Les activités en ^{14}C mesurées dans les prélèvements d'herbe collectés en 2021 et 2022 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 ($222\pm 7 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$ d'après [1]).

5.2.2.3 Strontium 90

Le résultat d'analyse de l'activité en ^{90}Sr dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey est présenté dans le Tableau 47 page 106.

Les activités en ^{90}Sr mesurées dans le lait de vache prélevé sous et hors vents dominants sont dans la gamme des valeurs observées en France pour la période 2008-2019 (comprises entre 0,007 et 0,3 Bq.L^{-1} avec une valeur moyenne de 0,045 Bq.L^{-1} d'après [19]). Le ^{90}Sr mesuré dans les sols non cultivés collectés sous les vents dominants est à un niveau d'activité inférieure au seuil de décision.

5.2.3 Radionucléides émetteurs alpha

Les résultats d'analyse des activités en ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ et ^{241}Am dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey sont présentés dans le Tableau 48 page 107.

Les activités en $^{239+240}\text{Pu}$ 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 $\text{Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ dans une gamme allant de 0,0001 à 0,01 $\text{Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ pour l'herbe et essentiellement comprise entre 0,03 et 0,93 $\text{Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ pour les sols d'après [1, 19]). Le rapport d'activité $^{241}\text{Am}/^{239+240}\text{Pu}$ de l'échantillon d'herbe, entaché d'une forte incertitude, reste caractéristique de la signature des retombées des essais nucléaires aériens, voisine de $0,436\pm 0,036$ d'après [20, 21]. Les rapports d'activité $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ et $^{241}\text{Am}/^{239+240}\text{Pu}$ des échantillons de sols non cultivés sont caractéristiques de la signature des retombées des essais nucléaires aériens, voisine de $0,028\pm 0,002$ pour $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ et de $0,436\pm 0,036$ pour $^{241}\text{Am}/^{239+240}\text{Pu}$ d'après [20, 21].

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 75.

Les caractéristiques (dates, stations, natures, etc.) identifiant chaque échantillon sont répertoriées dans le Tableau 29 page 80 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-Malville. La zone de mélange complet est éloignée du site, au niveau de la confluence avec la rivière d'Ain. La station de Saint-Romain-de-Jalionas, située à moins de 6 km en aval du site du Bugey, se trouve ainsi avant la zone de mélange complet. Les sédiments y sont prélevés cette année. Les stations plus en aval (Saint-Maurice-de-Gourdans, Balan, Niévroz et

Meyzieu), où des poissons, des phanérogames immergées et des sédiments sont collectés, se situent dans la zone de mélange complet mais aussi dans la zone de dilution du Rhône par l'Ain.

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 chevesnes 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 et d'irrigation. De l' ^{131}I est recherché dans les prélèvements de phanérogames réalisés en amont et en aval proche du site. Le tritium libre, le tritium organiquement lié et le ^{14}C ont été mesurés dans les poissons et les phanérogames immergées. Du tritium libre est recherché dans les eaux de boisson et d'irrigation. Le ^{63}Ni et le ^{55}Fe sont recherchés dans les phanérogames prélevées en amont et en aval.

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}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}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 mg.g^{-1} de cendre, 208 mg.g^{-1} de cendre, 99 mg.g^{-1} de cendre et 124 mg.g^{-1} de cendre). Enfin, du ^{90}Sr est recherché dans le sol de prairie de Vernas.

Tableau 29 – Identification des échantillons analysés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique de 2022

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
3,39 km SO	Rhône en aval du Bugey	Loyettes	05,23979	45,77818	Station de pompage ASIA de Loyette.	Eaux douces	Eau d'irrigation	Entier Filtrat < 0.2 µm	25/07/2022	H-3 libre (Liquide)	-	-
8,5 km OSO	Rhône en aval du Bugey	Chavanoz	05,16881	45,77177		Eaux boisson	Eau d'adduction publique	Entier Filtrat < 0.2 µm	29/06/2022	H-3 libre (Liquide)	-	-
13,32 km amont	Rhône en amont du Bugey	Serrières-de-Briord	05,43759	45,82858	Rive droite	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	26/07/2022	Gamma (Frais)	-	-
13,32 km amont	Rhône en amont du Bugey	Serrières-de-Briord	05,43759	45,82858	Rive droite	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	26/07/2022	C-14 par MS (spectrométrie de masse) (Sec)	9,21	-
13,32 km amont	Rhône en amont du Bugey	Serrières-de-Briord	05,43759	45,82858	Rive droite	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	26/07/2022	C élémentaire (Sec)	9,21	-
13,32 km amont	Rhône en amont du Bugey	Serrières-de-Briord	05,43759	45,82858	Rive droite	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	26/07/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	9,21	-
13,32 km amont	Rhône en amont du Bugey	Serrières-de-Briord	05,43759	45,82858	Rive droite	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	26/07/2022	H-3 lié (Sec)	9,21	-
13,32 km amont	Rhône en amont du Bugey	Serrières-de-Briord	05,43759	45,82858	Rive droite	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	26/07/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	9,21	-
13,32 km amont	Rhône en amont du Bugey	Serrières-de-Briord	05,43759	45,82858	Rive droite	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	26/07/2022	H-3 libre (Liquide)	9,21	-
13,32 km amont	Rhône en amont du Bugey	Serrières-de-Briord	05,43759	45,82858	Rive droite	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Parties aériennes	26/07/2022	Ni-63 par Sc. Liq. (Cendre)	10,19	4,28
13,32 km amont	Rhône en amont du Bugey	Serrières-de-Briord	05,43759	45,82858	Rive droite	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Parties aériennes	26/07/2022	Gamma (Cendre)	10,19	4,28
13,32 km amont	Rhône en amont du Bugey	Serrières-de-Briord	05,43759	45,82858	Rive droite	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Parties aériennes	26/07/2022	Fe-55 par SL (Cendre)	10,19	4,28
12,15 km amont	Rhône en amont du Bugey	Porcieu-Ambagnieu	05,40949	45,85067	Rive droite canal	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Ø < 2 mm	30/03/2022	Gamma (Sec)	1,86	-
12,15 km amont	Rhône en amont du Bugey	Porcieu-Ambagnieu	05,40949	45,85067	Rive droite canal	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	30/03/2022	Granulométrie INRA (Sec)	1,86	-
12,15 km amont	Rhône en amont du Bugey	Porcieu-Ambagnieu	05,40949	45,85067	Rive droite canal	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	30/03/2022	MO après combustion SCP (Sec)	1,86	-
12,15 km amont	Rhône en amont du Bugey	Sault-Brénaz	05,40377	45,85753		Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Entier	02/05/2022	Gamma (Cendre)	4,29	20,33

Rapport IRSN N° 2024-00233

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
12,15 km amont	Rhône en amont du Bugey	Sault-Brénaz	05,40377	45,85753		Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Entier	02/05/2022	C-14 par SL (Benzène) (Sec)	4,36	-
12,15 km amont	Rhône en amont du Bugey	Sault-Brénaz	05,40377	45,85753		Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Entier	02/05/2022	C élémentaire (Sec)	4,36	-
12,15 km amont	Rhône en amont du Bugey	Sault-Brénaz	05,40377	45,85753		Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Entier	02/05/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	4,36	-
12,15 km amont	Rhône en amont du Bugey	Sault-Brénaz	05,40377	45,85753		Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Entier	02/05/2022	H-3 lié (Sec)	4,36	-
12,15 km amont	Rhône en amont du Bugey	Sault-Brénaz	05,40377	45,85753		Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Entier	02/05/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	4,36	-
12,15 km amont	Rhône en amont du Bugey	Sault-Brénaz	05,40377	45,85753		Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Entier	02/05/2022	H-3 libre (Liquide)	4,36	-
5,98 km aval	Rhône en aval du Bugey	Saint-Romain-de-Jalionas	05,20527	45,77138	Rive gauche	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Ø < 2 mm	30/03/2022	Gamma (Sec)	1,32	-
5,98 km aval	Rhône en aval du Bugey	Saint-Romain-de-Jalionas	05,20527	45,77138	Rive gauche	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	30/03/2022	Granulométrie INRA (Sec)	1,32	-
5,98 km aval	Rhône en aval du Bugey	Saint-Romain-de-Jalionas	05,20527	45,77138	Rive gauche	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	30/03/2022	MO après combustion SCP (Sec)	1,32	-
11,01 km aval	Rhône en aval du Bugey	Saint-Maurice-de-Gourdans	05,12950	45,80954		Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Entier	03/05/2022	Gamma (Cendre)	4,86	16,94
11,01 km aval	Rhône en aval du Bugey	Saint-Maurice-de-Gourdans	05,12950	45,80954		Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Entier	03/05/2022	C-14 par SL (Benzène) (Sec)	4,75	-
11,01 km aval	Rhône en aval du Bugey	Saint-Maurice-de-Gourdans	05,12950	45,80954		Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Entier	03/05/2022	C élémentaire (Sec)	4,75	-
11,01 km aval	Rhône en aval du Bugey	Saint-Maurice-de-Gourdans	05,12950	45,80954		Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Entier	03/05/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	4,75	-
11,01 km aval	Rhône en aval du Bugey	Saint-Maurice-de-Gourdans	05,12950	45,80954		Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Entier	03/05/2022	H-3 lié (Sec)	4,75	-
11,01 km aval	Rhône en aval du Bugey	Saint-Maurice-de-Gourdans	05,12950	45,80954		Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Entier	03/05/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	4,75	-
11,01 km aval	Rhône en aval du Bugey	Saint-Maurice-de-Gourdans	05,12950	45,80954		Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Entier	03/05/2022	H-3 libre (Liquide)	4,75	-
12,24 km aval	Rhône en aval du Bugey	Balan	05,11434	45,81438	Rive droite	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	25/07/2022	Gamma (Frais)	-	-
12,24 km aval	Rhône en aval du Bugey	Balan	05,11434	45,81438	Rive droite	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum L.</i>	Entier	25/07/2022	Gamma (Sec)	15,90	-

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
12,24 km aval	Rhône en aval du Bugey	Balan	05,11434	45,81438	Rive droite	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum</i> L.	Entier	25/07/2022	C-14 par MS (spectrométrie de masse) (Sec)	11,21	-
12,24 km aval	Rhône en aval du Bugey	Balan	05,11434	45,81438	Rive droite	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum</i> L.	Entier	25/07/2022	C élémentaire (Sec)	11,21	-
12,24 km aval	Rhône en aval du Bugey	Balan	05,11434	45,81438	Rive droite	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum</i> L.	Entier	25/07/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	11,21	-
12,24 km aval	Rhône en aval du Bugey	Balan	05,11434	45,81438	Rive droite	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum</i> L.	Entier	25/07/2022	H-3 lié (Sec)	11,21	-
12,24 km aval	Rhône en aval du Bugey	Balan	05,11434	45,81438	Rive droite	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum</i> L.	Entier	25/07/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	11,21	-
12,24 km aval	Rhône en aval du Bugey	Balan	05,11434	45,81438	Rive droite	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum</i> L.	Entier	25/07/2022	H-3 libre (Liquide)	11,21	-
14,12 km aval	Rhône en aval du Bugey	Niévroz	05,08953	45,81230	Rive droite	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Ø < 2 mm	30/03/2022	Gamma (Sec)	1,60	-
14,12 km aval	Rhône en aval du Bugey	Niévroz	05,08953	45,81230	Rive droite	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	30/03/2022	Granulométrie INRA (Sec)	1,60	-
14,12 km aval	Rhône en aval du Bugey	Niévroz	05,08953	45,81230	Rive droite	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	30/03/2022	MO après combustion (Sec)	1,60	-
18,99 km aval	Rhône en aval du Bugey	Meyzieu	05,02629	45,78993	Rive gauche	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum</i> L.	Parties aériennes	25/07/2022	Ni-63 par Sc. Liq. (Cendre)	11,86	3,55
18,99 km aval	Rhône en aval du Bugey	Meyzieu	05,02629	45,78993	Rive gauche	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum</i> L.	Parties aériennes	25/07/2022	Gamma Cendre)	11,86	3,55
18,99 km aval	Rhône en aval du Bugey	Meyzieu	05,02629	45,78993	Rive gauche	Phanérogames immergées	Myriophylle <i>Myriophyllum spicatum</i> L.	Parties aériennes	25/07/2022	Fe-55 par SL (Cendre)	11,86	3,55

- : absence de traitement. Distance au site calculée en ligne droite entre les coordonnées d'un point de référence du site et celles du point de prélèvement

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 γ des activités en radionucléides d'origine naturelle dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey sont présentés dans le Tableau 50 page 109.

En 2022, 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 de ^{40}K dans l'ensemble des matrices échantillonnées. Les activités en ^{40}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 Bq.kg^{-1} frais). Les éléments des familles de ^{238}U et de ^{232}Th ainsi que le ^7Be 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 γ des activités en radionucléides d'origine artificielle dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey sont présentés dans le Tableau 51 page 110.

Le ^{137}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 37 page 96 au Tableau 40 page 99). On notera que, dans toutes les matrices prélevées, compte tenu des incertitudes de mesure, l'activité de ^{137}Cs est similaire entre l'amont et l'aval, à l'exception des sédiments prélevés en amont, lesquels présentent un niveau d'activité ($6,5 \pm 0,5 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$) supérieur à celui mesuré en aval proche ($0,82 \pm 0,11 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$).

De $^{110\text{m}}\text{Ag}$ et de ^{60}Co sont observés exclusivement dans les phanérogames immergées (respectivement $0,59 \pm 0,12 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ et $0,248 \pm 0,084 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$) prélevées en aval du site, à Meyzieu. Ces éléments témoignent de l'influence des rejets liquides autorisés du CNPE de Bugey comme observé ces dernières années (Figures ci-dessous).

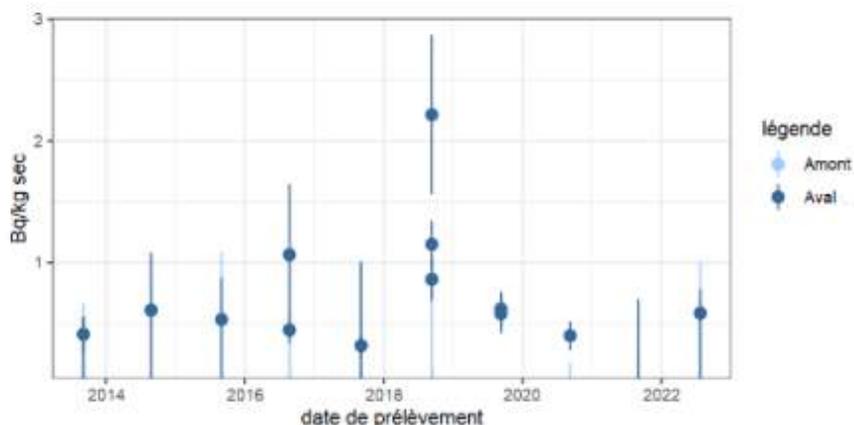


Figure 14 – Variation temporelle des activités en ^{110m}Ag détecté par spectrométrie gamma dans les phanérogames collectées dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey de 2013 à 2022

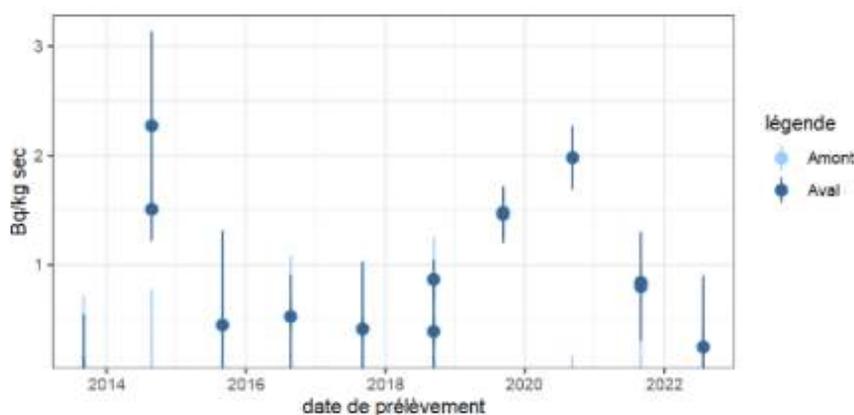


Figure 15 – Variation temporelle des activités en ⁶⁰Co détecté par spectrométrie gamma dans les phanérogames collectées dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey de 2013 à 2022

Les activités en ¹³¹I mesurées dans les phanérogames immergées sont plus élevées en amont ($9,9 \pm 1,4$ Bq.kg⁻¹ sec) qu'en aval du site ($3,14 \pm 0,90$ Bq.kg⁻¹ sec). Ces activités sont essentiellement liées aux rejets hospitaliers.

5.3.2.2 Radionucléides émetteurs bêta

5.3.2.2.1 Tritium

Les résultats d'analyse des activités en tritium libre et organiquement lié dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey sont présentés respectivement dans le Tableau 52 page 111 et le Tableau 53 page 112.

Les activités en tritium libre mesurées dans les poissons pêchés en amont et les phanérogame collectés en aval du site sont inférieures aux seuils de décision. L'activité en tritium libre mesurée dans les phanérogame prélevées en amont est proche du seuil de décision de l'aval ($\leq 0,70 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ ED}$) compte tenu des incertitudes de mesure. Les activités en tritium libre mesurées dans les poissons prélevés en aval du site ainsi que dans l'eau de boisson sont significatives mais restent conformes aux valeurs attendues dans un environnement non soumis à des rejets industriels (de l'ordre de 1 Bq.L^{-1} dans une gamme allant de 0,5 à 2 Bq.L^{-1} d'après [1]). En revanche, l'eau d'irrigation collectée à Loyettes en aval du site a une activité en tritium libre ($64 \pm 7 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ ED}$) bien supérieure aux valeurs caractéristiques d'un environnement non soumis à des rejets industriels. L'eau d'irrigation a probablement été prélevée au moment d'un rejet d'effluents liquides tritiés du CNPE de Bugey.

L'activité en tritium organiquement lié mesurée dans les phanérogame immergées collectées en amont du site est du même ordre de grandeur que les valeurs attendues dans un environnement non soumis à des rejets industriels (de l'ordre de 1 Bq.L^{-1} dans une gamme allant de 0,5 à 2 Bq.L^{-1} d'après [1]). Les phanérogame collectées en aval ainsi que les poissons pêchés en amont et en aval du site ont une activité en TOL (respectivement $3,6 \pm 0,8 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ EC}$, $2,9 \pm 0,8 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ EC}$ et $3,5 \pm 1,3 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ EC}$) supérieure aux valeurs caractéristiques d'un environnement non soumis à des rejets industriels. Ce marquage est consécutif aux rejets d'effluents liquides tritiés du CNPE de Bugey qui s'ajoutent aux rejets réalisés par le site en démantèlement de Creys-Malville ainsi que possiblement aux apports par l'industrie horlogère localisée plus en amont sur le Rhône (Figure 16 page 85).

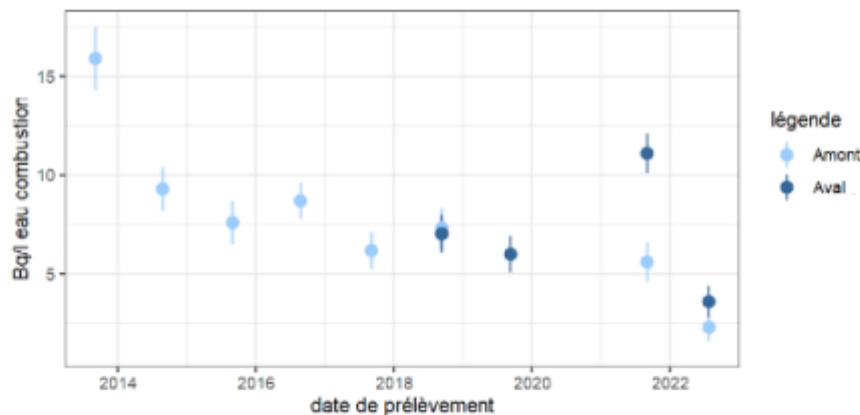


Figure 16 – Variation temporelle des activités du TOL détecté dans les phanérogame immergées collectées dans l'environnement aquatique du CNPE de Bugey de 2013 à 2022

5.3.2.2.2 Carbone 14

Les résultats d'analyse des activités en ^{14}C dans l'environnement aquatique du CNPE de Bugey sont présentés dans le Tableau 54 page 113.

L'activité en ^{14}C mesurée dans les poissons pêchés en amont et dans les deux prélèvements de phanérogame est proche de la valeur caractéristique d'un milieu fluvial non soumis à des rejets d'effluents radioactifs (inférieure à $220 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$ d'après [1]). En 2022, la valeur mesurée dans les poissons en aval ne s'écarte pas

significativement de celle mesurée dans les poissons collectés en amont et est, contrairement aux années passées, inférieure aux valeurs caractéristiques d'un environnement non soumis à des rejets industriels (

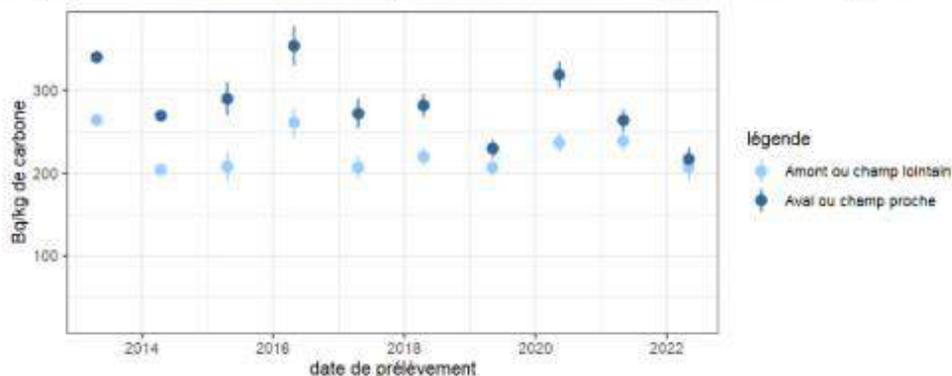


Figure 17 page 86).

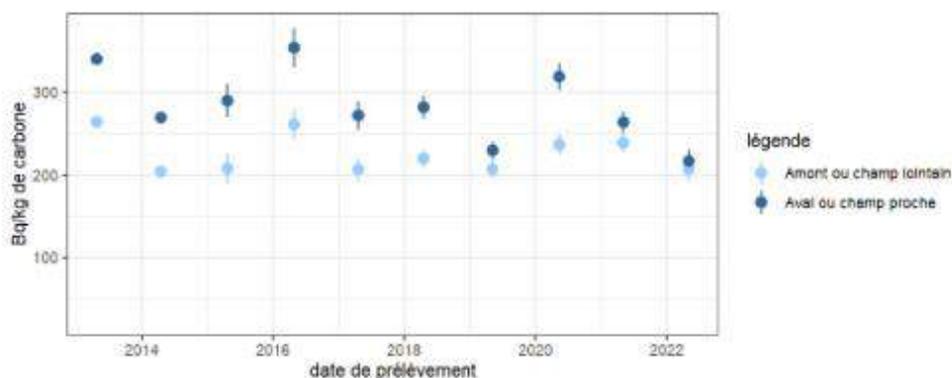


Figure 17 – Variation temporelle des activités du ¹⁴C détecté dans les poissons pêchés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey de 2013 à 2022

5.3.2.2.3 Nickel 63 et Fer 55

Les résultats d'analyse des activités en ⁶³Ni et ⁵⁵Fe dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey sont présentés respectivement dans le Tableau 55 page 114 et le Tableau 56 page 114.

Les activités en ⁶³Ni mesurées dans les phanérogame immergées collectées en amont et en aval du site sont inférieures au seuil de décision. Les activités en ⁵⁵Fe mesurées dans les phanérogame sont également inférieures au seuil de décision, aussi bien en amont qu'en aval du CNPE. La technique de mesure du ⁵⁵Fe 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 2022, la radioactivité d'origine naturelle reste équivalente à celle observée avant la mise en service industrielle du CNPE. Le ^{40}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}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 mesurées dans l'herbe, les salades, les grains de maïs prélevés à Sainte-Julie et le lait de vache collecté sous et hors vents dominants ne mettent pas en évidence de marquage lié aux rejets d'effluent à l'atmosphère. Il en est de même pour les mesures de tritium organiquement lié dans les grains de maïs prélevés à Sainte-Julie ainsi que dans l'herbe et le lait de vache prélevés hors vents dominants. En revanche, pour les grains prélevés à Loyettes les Brotteaux et Loyettes Carrière, 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. Les activités en tritium organiquement lié mesurées dans le lait de vache et les salades prélevés sous les vents dominants sont également supérieures au bruit de fond.

L'activité en ^{14}C mesurée dans les maïs, les salades et le lait de vache est proche du bruit de fond radiologique sur le territoire français hors influence industrielle.

Dans le domaine aquatique, l'activité en ^{131}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 2022 par la détection des ^{60}Co et $^{110\text{m}}\text{Ag}$ dans les phanérogames immergées prélevées en aval du site. L'activité en tritium libre mesurée dans les eaux d'irrigation prélevées en aval du site du Bugey ainsi que l'activité en tritium organiquement lié mesurée dans les phanérogames immergées et les poissons collectés en aval du site témoignent d'un marquage des eaux du Rhône par les rejets d'effluents liquides tritiés du CNPE de Bugey. L'activité en tritium organiquement lié mesurée dans les poissons pêchés en amont du site, supérieure au bruit de fond, témoigne également d'un marquage des eaux du Rhône par les rejets d'effluents liquides tritiés du site en démantèlement de Creys-Malville. L'activité en ^{14}C mesurée dans l'ensemble des matrices prélevées est proche du bruit de fond et ne met pas en évidence de marquage du milieu aquatique par les rejets d'effluents liquides du site du Bugey.

5.5 Tableaux de résultats

Tableau 30 – Activités en radionucléides des échantillons de sols collectés dans l'environnement terrestre du site du Bugey lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022					
Fraction	Ø < 2 mm	Ø < 2 mm	Ø < 2 mm	Ø < 2 mm	Ø < 2 mm										
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 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)	
Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.kg⁻¹ sec)															
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	n.a.	-	n.a.	-	-	-	-	-	n.a.	-
¹³⁷ Cs	18,3 (1/1)	18,4 (1/1)	15,4 (1/1)	15,1 (1/1)	7,39-15,3 (2/2)	n.a.	14,6 (1/1)	n.a.	10,8 (1/1)	9,9 (1/1)	5,56-13,10 (4/4)	8,10 (1/1)	9,8-14,5 (3/3)	n.a.	8,6 (1/1)
⁵⁸ Co	-	-	-	-	-	n.a.	-	n.a.	-	-	-	-	-	n.a.	-
⁶⁰ Co	-	-	-	-	-	n.a.	-	n.a.	-	-	-	-	-	n.a.	-
^{110m} Ag	-	-	-	-	-	n.a.	-	n.a.	-	-	-	-	-	n.a.	-
⁵⁴ Mn	-	-	-	-	-	n.a.	-	n.a.	-	-	-	-	-	n.a.	-
¹²⁴ Sb	-	-	-	-	-	n.a.	-	n.a.	-	-	-	-	-	n.a.	-
¹²⁵ Sb	-	-	-	-	-	n.a.	-	n.a.	-	-	-	-	-	n.a.	-
¹³¹ I	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.								
Emetteurs beta (³H libre : Bq.L⁻¹ d'eau de dessiccation, ³H lié : Bq.L⁻¹ d'eau de combustion, ¹⁴C : Bq.kg⁻¹ C, autres : Bq.kg⁻¹ sec)															
⁹⁰ Sr	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,83 (1/1)	n.a.	1,22 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	0,58 (1/1)	n.a.	-
Emetteurs alpha (Bq.kg⁻¹ sec)															
²³⁹⁻²⁴⁰ Pu	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,221 (1/1)	0,326 (1/1)	0,213 (1/1)	0,23 (1/1)	n.a.	0,21 (1/1)	n.a.	0,25 (1/1)	0,221 (1/1)	0,23 (1/1)
²³⁸ Pu	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,00517 (1/1)	0,0094 (1/1)	0,0053 (1/1)	0,0077 (1/1)	n.a.	0,0059 (1/1)	n.a.	0,0062 (1/1)	0,0069 (1/1)	0,00547 (1/1)
²⁴¹ Am	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,0936 (1/1)	0,1386 (1/1)	0,0863 (1/1)	0,0984 (1/1)	n.a.	0,086 (1/1)	n.a.	0,105 (1/1)	0,0896 (1/1)	0,0905 (1/1)

n.a. : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision. 3 horizons de sols collectés en analysés en Gamma en 2021

Tableau 31 – Activités en radionucléides émetteurs γ des échantillons de mousses collectés dans l'environnement terrestre du site du Bugey lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022

Année	2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2021		2022	
Fraction	Entier		Parties aériennes		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)
Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.kg ⁻¹ .sec)																		
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	2,54 (1/1)	7,23 (1/1)	3,31 (1/1)	4,84 (1/1)	1,53 (1/1)	5,45 (1/1)	1,16 (1/1)	3,79 (1/1)	1,87 (1/1)	2,54 (1/1)	4,90 (1/1)	1,5 (1/1)	2,69 (1/1)	2,14 (1/1)	2,18 (1/1)	-	-	
⁵⁸ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁶⁰ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
^{110m} Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁵⁴ Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹²⁴ Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹²⁵ Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³¹ I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- : inférieur au seuil de décision.

Tableau 32 – Activités en radionucléides des échantillons d'herbe collectés dans l'environnement terrestre du site du Bugey lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021		2022
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 hors vents dominants (>5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)
Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.kg⁻¹ sec)											
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	-
¹³⁷ Cs	0,123 (1/1)	0,363 (1/1)	0,312 (1/1)	0,164 (1/1)	0,137 (1/1)	0,074 (1/1)	-	n.a.	-	0,073 (1/1)	0,033 (1/1)
⁵⁸ Co	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	-
⁶⁰ Co	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	-
^{110m} Ag	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	-
⁵⁴ Mn	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	-
¹²⁴ Sb	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	-
¹²⁵ Sb	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	-
¹³¹ I	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-	n.a.
Emetteurs beta (³H libre : Bq.L⁻¹ d'eau de dessiccation, ³H lié : Bq.L⁻¹ d'eau de combustion, ¹⁴C : Bq.kg⁻¹ C)											
³ H libre	n.a.	n.a.	1,60 (1/1)	1,50 (1/1)	1,48-2,45 (2/2)	1,08 (1/1)	1,60 (1/1)	-	n.a.	2,30 (1/1)	1,5 (1/1)
³ H lié	n.a.	n.a.	n.a.	1,50 (1/1)	1,35-1,76 (2/2)	1,56 (1/1)	1,20 (1/1)	-	n.a.	1,30 (1/1)	1,4 (1/1)
¹⁴ C	230,2 (1/1)	226,9 (1/1)	222-231,5 (4/4)	219-233 (5/5)	226-234 (6/6)	227,4-241 (3/3)	238-255 (3/3)	224-229 (3/3)	n.a.	224-226 (4/4)	220-225 (3/3)
Emetteurs alpha (Bq.kg⁻¹ sec)											
²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	n.a.	0,000151 (1/1)	0,000230 (1/1)	0,00058 (1/1)	0,000198 (1/1)						
²³⁸ Pu	n.a.	-	-	-	-						
²⁴¹ Am	n.a.	0,000119 (1/1)	0,000170 (1/1)	0,000240 (1/1)	0,000116 (1/1)						

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

Tableau 33 – Activités en radionucléides émetteurs γ et β des échantillons de salade collectés dans l'environnement terrestre du site du Bugey lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Fraction	Feuilles	Feuilles	Feuilles	Feuilles	Feuilles	Feuilles	Feuilles annuelles	Parties aériennes	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 hors vents dominants (>5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)
Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.kg⁻¹ sec)										
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	-	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)	0,17 (1/1)
⁵⁸ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁶⁰ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
^{110m} Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁵⁴ Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹²⁴ Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹²⁵ Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³¹ I	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Emetteurs beta (³H libre : Bq.L⁻¹ d'eau de dessiccation, ³H lié : Bq.L⁻¹ d'eau de combustion, ¹⁴C : Bq.kg⁻¹ C)										
³ H libre	n.a.	n.a.	n.a.	1,90 (1/1)	1,15 (1/1)	1,63 (1/1)	1,10 (1/1)	1,20 (1/1)	1 (1/2)	1,3 (1/1)
³ H lié	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)	3,2 (1/1)
¹⁴ C	n.a.	n.a.	n.a.	239 (1/1)	231 (1/1)	227 (1/1)	233 (1/1)	233 (1/1)	221,7-230 (2/2)	211 (1/1)

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

Tableau 34 – Activités en radionucléides émetteurs γ et β des échantillons de maïs collectés dans l'environnement terrestre du site du Bugey lors des études radioécologiques entre 2015 et 2022

Année	2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022								
Fraction	Graine		Graine		Graine		Graine		Graine		Graine		Graine		Graine								
Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.kg⁻¹ sec)																							
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
¹³⁷ Cs	0,0402 (1/1)	0,0057 (1/1)	0,0763 (1/1)	0,0268 (1/1)	-	0,0201 (1/1)	0,0053 (1/1)	0,0101 (1/1)	0,0275 (1/1)	-	0,0337 (1/1)	0,0236 (1/1)	0,0102 (1/1)	0,0090 (1/1)	0,0379 (1/1)	-	0,0450 (1/1)	-	-	0,0610 (1/1)	-	-	0,032 (1/1)
⁵⁸ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
⁶⁰ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
^{110m} Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
⁵⁴ Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
¹²⁴ Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
¹²⁵ Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
¹³¹ I	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.							
Emetteurs beta (³H libre : Bq.L⁻¹ d'eau de dessiccation, ³H lié : Bq.L⁻¹ d'eau de combustion, ¹⁴C : Bq.kg⁻¹ C)																							
³ H libre	2,70 (1/1)	1,30 (1/1)	4,30 (1/1)	2,00 (1/1)	1,60 (1/1)	2,60 (1/1)	1,85 (1/1)	1,17 (1/1)	1,72 (1/1)	7,85 (1/1)	1,38 (1/1)	2,87 (1/1)	1,60 (1/1)	2,30 (1/1)	11,3 (1/1)	9,30 (1/1)	2,70 (1/1)	1,20 (1/1)	6,3 (1/1)	1,10 (1/1)	-	6 (1/1)	3,6 (1/1)
³ H lié	3,07 (1/1)	0,73 (1/1)	5,52 (1/1)	2,07 (1/1)	0,87 (1/1)	2,9 (1/1)	3,24 (1/1)	1,20 (1/1)	3,0 (1/1)	9,34 (1/1)	2,11 (1/1)	4,33 (1/1)	1,60 (1/1)	2,50 (1/1)	9,50 (1/1)	8,30 (1/1)	8,10 (1/1)	1,50 (1/1)	4,50 (1/1)	1,80 (1/1)	1,2 (1/1)	9,1 (1/1)	10,9 (1/1)
¹⁴ C	232 (1/1)	231 (1/1)	227 (1/1)	239 (1/1)	235 (1/1)	236 (1/1)	237 (1/1)	231 (1/1)	235 (1/1)	241 (1/1)	239 (1/1)	243 (1/1)	225,8 (1/1)	235 (1/1)	233 (1/1)	253 (1/1)	254 (1/1)	228,8 (1/1)	231 (1/1)	233 (1/1)	229,8 (1/1)	229 (1/1)	232 (1/1)

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

Chroniques :

Le Bugey - zone hors vents dominants (>5 km) : blanc ;

Le Bugey - zone sous les vents (>5 km) : gris clair ;

Irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du CNPE : bleu.

Tableau 35 – Activités en radionucléides émetteurs γ et β des échantillons de lait collectés dans l'environnement terrestre du site du Bugey lors des études radioécologiques de 2013 à 2022

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021		2022		
Fraction	Entier		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)	Le Bugey - zone hors vents dominants (>5 km)	Le Bugey - zone sous les vents (< 5 km)
Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.L⁻¹)													
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	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)	0,0116 (1/1)	0,0073 (1/1)	0,0073 (1/1)
⁵⁸ Co	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	-	-	-
⁶⁰ Co	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	-	-	-
^{110m} Ag	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	-	-	-
⁵⁴ Mn	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	-	-	-
¹²⁴ Sb	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	-	-	-
¹²⁵ Sb	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	-	-	-
¹³¹ I	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Emetteurs beta (³H libre : Bq.L⁻¹ d'eau de dessiccation, ³H lié : Bq.L⁻¹ d'eau de combustion, ¹⁴C : Bq.kg⁻¹ C, autres : Bq.L⁻¹)													
³ H libre	0,90 (1/1)	1,00 (1/1)	-	0,60 (1/1)	1,22 (1/1)	-	0,80 (1/1)	-	n.a.	1,10 (1/1)	0,7 (1/1)	1,2 (1/1)	1,2 (1/1)
³ H lié	-	1,62 (1/1)	0,80 (1/1)	1,60 (1/1)	-	-	3,90 (1/1)	n.a.	n.a.	2,30 (1/1)	2 (1/1)	3 (1/1)	3 (1/1)
¹⁴ C	n.a.	n.a.	228-230 (4/4)	229-238 (4/4)	226-233 (4/4)	237 (1/1)	229 (1/1)	224 (1/1)	n.a.	228 (1/1)	226 (1/1)	216 (1/1)	216 (1/1)
⁹⁰ Sr	n.a.	n.a.	0,0404 (1/1)	0,0279 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,0230 (1/1)	0,0089 (1/1)	0,0089 (1/1)

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

Tableau 36 – Activités en radionucléides des échantillons d'eau (boisson, irrigation et cours d'eau) collectés dans l'environnement du site du Bugey lors des études radioécologiques de 2013 à 2022

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2021	2022
Fraction	Filtrat à 0.2 µm	Produit de filtration	Produit de filtration	Produit de filtration					
Chronique	Rhône en aval du Bugey								
[Redacted content]									
Emetteurs beta (³ H libre : Bq.L ⁻¹ d'eau de dessiccation, ³ H lié : Bq.L ⁻¹ d'eau de combustion, ¹⁴ C : Bq.kg ⁻¹ C)									
³ H libre	2,00 (1/1)	3,30 (1/1)	3,70 (1/1)	1,10 (1/1)	8,16 (1/1)	2,69 (1/2)	1,80-3,90 (2/2)	1,60-2,70 (2/2)	2,5-64 (2/2)

n. a : non analysé.

Tableau 37 – Activités en radionucléides émetteurs γ des échantillons de sédiments collectés dans l’environnement aquatique du site du Bugey lors des études radioécologiques de 2013 à 2022

Année	2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022	
Fraction	Ø < 2 mm																			
Chronique	Rhône en amont du Bugey	Rhône en aval du Bugey	Rhône en amont du Bugey	Rhône en aval du Bugey	Rhône en amont du Bugey	Rhône en aval du Bugey	Rhône en amont du Bugey	Rhône en aval du Bugey	Rhône en amont du Bugey	Rhône en aval du Bugey	Rhône en amont du Bugey	Rhône en aval du Bugey	Rhône en amont du Bugey	Rhône en aval du Bugey	Rhône en amont du Bugey	Rhône en aval du Bugey	Rhône en amont du Bugey	Rhône en aval du Bugey	Rhône en amont du Bugey	Rhône en aval du Bugey
Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.kg⁻¹ sec)																				
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	10,10 (1/1)	2,73-4,60 (2/2)	8,00 (1/1)	3,14-6,50 (2/2)	7,80 (1/1)	4,60-7,40 (2/2)	8,65 (1/1)	2,79-5,67 (2/2)	7,37 (1/1)	3,86-5,23 (2/2)	6,57 (1/1)	2,71-3,00 (2/2)	5,11 (1/1)	2,94-4,71 (2/2)	5,80 (1/1)	2,60 (1/1)	6,40 (1/1)	1,37-2,09 (2/2)	6,5 (1/1)	0,82-2,98 (2/2)
⁵⁸ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁶⁰ Co	-	-	-	-	-	0,18 (1/2)	-	0,157 (1/2)	-	-	-	-	-	0,220 (1/2)	-	-	-	-	-	-
^{110m} Ag	-	0,22-0,26 (2/2)	-	0,24 (1/2)	-	0,31-0,53 (2/2)	-	0,233-0,34 (2/2)	-	0,30-0,39 (2/2)	-	-	-	0,34-0,47 (2/2)	-	0,24 (1/1)	-	0,160 (1/2)	-	-
⁵⁴ Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹²⁴ Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹²⁵ Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³¹ I	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-	n.a.	n.a.								
Emetteurs beta (³H libre : Bq.L⁻¹ d'eau de dessiccation, ³H lié : Bq.L⁻¹ d'eau de combustion, ¹⁴C : Bq.kg⁻¹ C, autres : Bq.kg⁻¹ sec)																				
³ H libre	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	22,6 (1/1)	1,10 (1/1)	5,30 (1/1)	0,80 (1/1)	11,54 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,80 (1/1)	1,10 (1/1)	-	3,40 (1/1)	n.a.	n.a.
³ H lié	1 190 (1/1)	n.a.	762 (1/1)	n.a.	566 (1/1)	n.a.	423 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	177 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	98,0 (1/1)	60,0 (1/1)	630 (1/1)	n.a.
¹⁴ C	176,5 (1/1)	n.a.	121,2 (1/1)	n.a.	201,8 (1/1)	n.a.	193,7 (1/1)	n.a.	189,3 (1/1)	n.a.	208,4 (1/1)	n.a.	166,7 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	196,5 (1/1)	200,9 (1/1)	188 (1/1)	n.a.
⁹⁰ Sr	n.a.	n.a.																		
⁶³ Ni	-	n.a.	n.a.	n.a.	-	-	-	n.a.												

n.a. : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision. TOL et ¹⁴C amont proviennent de l'étude de Creys (aval du site).

Tableau 38 – Activités en radionucléides émetteurs γ et β des échantillons de mousses collectés dans l'environnement aquatique du site du Bugey lors des études radioécologiques de 2013 à 2022

Année	2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2021		2022	
Fraction	Entier		Entier		Entier		Parties aériennes		Parties aériennes		Parties aériennes		Parties aériennes		Parties aériennes		Parties aériennes	
Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.kg⁻¹ sec)																		
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	n.a.	-	-	n.a.	n.a.
¹³⁷ Cs	1,46 (1/1)	2,26-3,23 (2/2)	2,16 (1/1)	1,49-2,81 (2/2)	1,74 (1/1)	2,07-3,64 (2/2)	1,62 (1/1)	1,51-2,77 (2/2)	2,31 (1/1)	1,78-2,99 (2/2)	1,28 (1/1)	n.a.	1,14 (1/1)	n.a.	1,20-1,95 (2/2)	0,47-1,84 (4/4)	n.a.	n.a.
⁵⁸ Co	-	2,82 (1/2)	-	0,39-2,63 (2/2)	-	0,38 (1/2)	-	3,89 (1/2)	-	0,47 (1/2)	-	n.a.	-	n.a.	-	1,44-9,00 (4/4)	n.a.	n.a.
⁶⁰ Co	-	0,71 (1/2)	-	0,50-3,75 (2/2)	-	1,33 (1/2)	-	2,05 (1/2)	-	0,22-3,38 (2/2)	-	n.a.	-	n.a.	-	0,43-2,60 (4/4)	n.a.	n.a.
^{110m} Ag	-	0,54 (1/2)	-	0,47 (1/2)	-	0,35-1,05 (2/2)	-	0,23-0,47 (2/2)	-	0,77 (1/2)	-	n.a.	-	n.a.	-	0,390 (1/4)	n.a.	n.a.
⁵⁴ Mn	-	-	-	-	0,42 (1/1)	-	-	1,18 (1/2)	-	-	-	n.a.	-	n.a.	-	-	n.a.	n.a.
¹²⁴ Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	n.a.	-	-	n.a.	n.a.
¹²⁵ Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	n.a.	-	-	n.a.	n.a.
¹³¹ I ⁽¹⁾	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	8,5 (1/1)	5,20-9,4 (2/2)	n.a.	n.a.
Emetteurs beta (³H libre : Bq.L⁻¹ d'eau de dessiccation, ³H lié : Bq.L⁻¹ d'eau de combustion, ¹⁴C : Bq.kg⁻¹ C, autres : Bq.kg⁻¹ sec)																		
⁵⁵ Fe	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
⁶³ Ni	-	n.a.	-	n.a.	-	n.a.	-	n.a.	-	n.a.	-	-	-	-	0,226 (1/1)	0,39 (1/1)	n.a.	n.a.

n.a. : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision. ⁽¹⁾ Du fait de sa courte période physique, l'¹³¹I n'est mesuré que dans certains échantillons. Avec analyses en aval de Creys en 2018 et 2019

Rhône en amont du Bugey : blanc

Rhône en aval du Bugey : gris foncé

Tableau 39 – Activités en radionucléides émetteurs γ et β des échantillons de phanérogames immergées collectés dans l'environnement aquatique du site du Bugey lors des études radioécologiques de 2013 à 2022

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022										
Fraction	Entier	Entier	Entier	Parties aériennes																
Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.kg⁻¹ sec)																				
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-										
¹³⁷ Cs	1,17- 2,26 (2/2)	1,18- 1,41 (1/1)	1,62 2,71 (2/2)	1,88- 3,98 (2/2)	1,68- 2,63 (2/2)	1,22- 1,26 (2/2)	0,67- 2,62 (2/2)	1,79- 3,82 (2/2)	1,54- 1,73 (2/2)	0,353- 1,84 (2/2)	0,458- 1,14 (3/3)	0,35 (1/1)	0,73- 1,95 (2/3)	1,41 (1/1)	1,07 (1/1)	0,66- 1,03 (2/2)	0,89- 1,07 (2/2)	0,87 (1/2)	0,80- 1,10 (2/3)	
⁵⁸ Co	-	1,03 (1/2)	-	1,62- 2,49 (2/2)	-	-	1,19 (1/2)	-	-	-	0,63- 1,47 (3/3)	-	0,36 (1/2)	-	1,19 (1/1)	-	8,40- 9,0 (2/2)	-	-	
⁶⁰ Co	-	-	-	1,51- 2,27 (2/2)	-	0,45 (1/2)	-	0,53 (1/2)	-	0,413 (1/2)	-	0,39- 0,87 (2/3)	-	1,46- 1,48 (2/2)	-	1,98 (1/1)	-	0,80- 0,84 (2/2)	-	0,248 (1/3)
^{110m} Ag	-	0,41 (1/2)	-	0,61 (1/2)	-	0,53 (1/2)	-	0,45- 1,07 (2/2)	-	0,319 (1/2)	-	0,86- 2,22 (3/3)	-	0,58- 0,62 (2/3)	-	0,40 (1/1)	-	-	-	0,59 (1/3)
⁵⁴ Mn	-	-	-	-	-	-	0,39 (1/2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
¹²⁴ Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
¹²⁵ Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
¹³¹ I ⁽¹⁾	6,5 (1/1)	3,07 (1/1)	4,7 (1/1)	6,6 (1/1)	40,7 (1/1)	13,6 (1/1)	2,10 (1/1)	-	19,0 (1/1)	5,87 (1/1)	1,95 (1/1)	1,65 (1/1)	3,06 (1/1)	2,3 (1/1)	n.a.	n.a.	13,8 (1/1)	9,3 (1/1)	9,9 (1/1)	3,14 (1/1)
Emetteurs beta (³H libre : Bq.L⁻¹ d'eau de dessiccation, ³H lié : Bq.L⁻¹ d'eau de combustion, ¹⁴C : Bq.kg⁻¹)																				
³ H libre	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	0,60 (1/1)	1,30 (1/1)	1,10 (1/1)	-	13,15 (1/1)	1,20 (1/1)	0,99 (1/1)	0,9 (1/1)	6,30 (1/1)	-	0,80 (1/1)	-	2,00 (1/1)	0,9 (1/1)	-
³ H lié	15,9 (1/1)	n.a.	9,3 (1/1)	n.a.	7,6 (1/1)	n.a.	8,70 (1/1)	n.a.	6,19 (1/1)	n.a.	7,32 (1/1)	7,04 (1/1)	5 (1/1)	6,00 (1/1)	n.a.	n.a.	5,6 (1/1)	11,1 (1/1)	2,3 (1/1)	3,6 (1/1)
¹⁴ C	196,7 (1/1)	n.a.	203,3 (1/1)	n.a.	194,3 (1/1)	n.a.	189,8 (1/1)	n.a.	190,8 (1/1)	n.a.	189,4 (1/1)	256,6 (1/1)	189,9 (1/1)	226,1 (1/1)	n.a.	n.a.	190,9 (1/1)	211,5 (1/1)	192,2 (1/1)	202,3 (1/1)

n.a. : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision. ⁽¹⁾ Du fait de sa courte période physique, I¹³¹ n'est mesuré que dans certains échantillons.

Tableau 40 – Activités en radionucléides émetteurs γ et β des échantillons de poissons (muscles) collectés dans l'environnement aquatique du site du Bugey lors des études radioécologiques de 2013 à 2022

Année	2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022	
Fraction	Muscle																			
Chronique	Rhône en amont du Bugey	Rhône en aval du Bugey	Rhône en amont du Bugey	Rhône en aval du Bugey	Rhône en amont du Bugey	Rhône en aval du Bugey	Rhône en amont du Bugey	Rhône en aval du Bugey	Rhône en amont du Bugey	Rhône en aval du Bugey	Rhône en amont du Bugey	Rhône en aval du Bugey	Rhône en amont du Bugey	Rhône en aval du Bugey	Rhône en amont du Bugey	Rhône en aval du Bugey	Rhône en amont du Bugey	Rhône en aval du Bugey	Rhône en amont du Bugey	Rhône en aval du Bugey
Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.kg ⁻¹ frais)																				
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	0,068 (1/1)	0,047 (1/1)	0,065 (1/1)	0,0302 (1/1)	0,071 (1/1)	0,034 (1/1)	0,0556 (1/1)	0,0443 (1/1)	0,0964 (1/1)	0,0488 (1/1)	0,0820 (1/1)	0,0481 (1/1)	0,0536 (1/1)	0,0418 (1/1)	0,0800 (1/1)	0,0380 (1/1)	0,0570 (1/1)	0,0420 (1/1)	0,056 (1/1)	0,045 (1/1)
⁵⁸ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁶⁰ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
^{110m} Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁵⁴ Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹²⁴ Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹²⁵ Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³¹ I	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.										
Emetteurs beta (³ H libre : Bq.L ⁻¹ d'eau de dessiccation, ³ H lié : Bq.L ⁻¹ d'eau de combustion, ¹⁴ C : Bq.kg ⁻¹ , autres : Bq.kg ⁻¹ frais)																				
³ H libre	-	1,00 (1/1)	-	0,70 (1/1)	0,90 (1/1)	6,70 (1/1)	0,90 (1/1)	2,10 (1/1)	0,94 (1/1)	-	0,75 (1/1)	0,70 (1/1)	-	1,80 (1/1)	-	-	-	1,40 (1/1)	-	2,2 (1/1)
³ H lié	3,5 (1/1)	7,6 (1/1)	3,80 (1/1)	7,40 (1/1)	3,00 (1/1)	6,56 (1/1)	4,70 (1/1)	12,1 (1/1)	1,89 (1/1)	4,23 (1/1)	2,56 (1/1)	4,83 (1/1)	1,80 (1/1)	2,60 (1/1)	3,30 (1/1)	5,60 (1/1)	2,60 (1/1)	4,00 (1/1)	2,9 (1/1)	3,5 (1/1)
¹⁴ C	264,3 (1/1)	340,2 (1/1)	204,3 (1/1)	269,6 (1/1)	208 (1/1)	290 (1/1)	261 (1/1)	354 (1/1)	207 (1/1)	272 (1/1)	220 (1/1)	282 (1/1)	207 (1/1)	230 (1/1)	237 (1/1)	319 (1/1)	239 (1/1)	264 (1/1)	207 (1/1)	217 (1/1)

n.a. : non analyse, - : inférieur au seuil de décision.

Tableau 41 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques des échantillons de sols récoltés dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique en 2022.

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Fractions	%
Vernas	30/03/2022	Sols	<i>Sol de pâturage ou de prairie</i>	Tamisé < 2000 µm	sec	Matière organique	6,07
						Argiles (<2µm)	23,4
						Limons Fins	14,7
						Limons Grossiers	11,1
						Sables Fins	19,0
						Sables Grossiers	31,8

Tableau 42 – Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine naturelle mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site du Bugey lors du suivi radioécologique 2022

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/Sec	Date de mesure	⁴⁰ K	Famille du ²³² Th	Famille de ²³⁸ U				⁷ Be	Unité
										²²⁸ Ac	²³² Th	^{234m} Pa	²¹⁰ Pb			
Le buges - zone sous les vents (< 5 km)	Vernas	30/03/2022	Sols	Sol de pâturage ou de prairie	Tamisé < 2000 μ m	Sec	1,12	25/04/2022	328±28	36±4	26±5	24±9	80±24	2,6±0,9	Bq.kg ⁻¹ sec	
Le buges - zone sous les vents (>5 km)	Sainte-Julie	20/09/2022	Céréales	Mais <i>Zea mays</i>	Graine	Cendre	1,20	21/11/2022	125±10	≤ 0,038	≤ 0,100	≤ 1,3	≤ 0,11	0,18±0,06	Bq.kg ⁻¹ sec	
Le buges - zone sous les vents (< 5 km) irriguée par de l'eau du rhône collectée en aval du cnpe	Loyettes, Carrière	20/09/2022	Céréales	Mais <i>Zea mays</i>	Graine	Cendre	1,14	26/10/2022	118±9	≤ 0,049	≤ 0,11	≤ 1,6	≤ 0,12	≤ 0,11	Bq.kg ⁻¹ sec	
Le buges - zone hors vents dominants (>5 km) irriguée par de l'eau du rhône collectée en aval du cnpe	Loyettes, les Brotteaux	21/09/2022	Céréales	Mais <i>Zea mays</i>	Graine	Cendre	1,23	21/11/2022	120±9	≤ 0,080	≤ 0,17	≤ 2,5	≤ 0,21	0,31±0,13	Bq.kg ⁻¹ sec	
Le buges - zone sous les vents (< 5 km)	Saint-Romain-de-Jalionas	29/06/2022	Légumes	Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Parties aériennes	Cendre	18,33	16/09/2022	2 370±180	1,08±0,31	≤ 1,1	≤ 16	15,6±2,1	220±17	Bq.kg ⁻¹ sec	
Le buges - zone sous les vents (< 5 km)	Vernas	03/05/2022	Herbes	Herbe de prairie permanente non id.	Parties aériennes	Cendre	3,09	19/08/2022	591±45	0,36±0,08	≤ 0,26	≤ 3,5	6,3±0,7	36,2±2,9	Bq.kg ⁻¹ sec	
Le buges - zone sous les vents (< 5 km)	Leyrieu	30/03/2022	Mousses terrestres	<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i> <i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>		Frais	2,17	06/04/2022	165±17	≤ 1,6	≤ 3,8	≤ 46	392±37	411±27	Bq.kg ⁻¹ sec	
Le buges - zone sous les vents (< 5 km)	Loyettes	03/05/2022	Produits laitiers	Lait de vache		Cendre	-	29/08/2022	48,7±3,7	≤ 0,020	≤ 0,038	≤ 0,60	≤ 0,042	≤ 0,11	Bq.L ⁻¹	
Le buges - zone hors vents dominants (>5 km)	Le Montellier	04/05/2022	Produits laitiers	Lait de vache		Cendre	-	29/08/2022	48,5±3,7	≤ 0,020	≤ 0,047	≤ 0,60	≤ 0,060	≤ 0,11	Bq.L ⁻¹	

n.a : non analysé.

Tableau 42 – Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine naturelle mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site du Bugey lors du suivi radioécologique 2022

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/Sec	Date de mesure	⁴⁰ K	Famille du ²³² Th	Famille de ²³⁸ U				⁷ Be	Unité
										²²⁸ Ac	²³² Th	^{234m} Pa	²¹⁰ Pb			
Le buges - zone sous les vents (< 5 km)	Vernas	30/03/2022	Sols	Sol de pâturage ou de prairie	Tamisé < 2000 μ m	Sec	1,12	25/04/2022	328±28	36±4	26±5	24±9	80±24	2,6±0,9	Bq.kg ⁻¹ sec	
Le buges - zone sous les vents (>5 km)	Sainte-Julie	20/09/2022	Céréales	Mais <i>Zea mays</i>	Graine	Cendre	1,20	21/11/2022	125±10	≤ 0,038	≤ 0,100	≤ 1,3	≤ 0,11	0,18±0,06	Bq.kg ⁻¹ sec	
Le buges - zone sous les vents (< 5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du cnpe	Loyettes, Carrière	20/09/2022	Céréales	Mais <i>Zea mays</i>	Graine	Cendre	1,14	26/10/2022	118±9	≤ 0,049	≤ 0,11	≤ 1,6	≤ 0,12	≤ 0,11	Bq.kg ⁻¹ sec	
Le buges - zone hors vents dominants (>5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du cnpe	Loyettes, les Brotteaux	21/09/2022	Céréales	Mais <i>Zea mays</i>	Graine	Cendre	1,23	21/11/2022	120±9	≤ 0,080	≤ 0,17	≤ 2,5	≤ 0,21	0,31±0,13	Bq.kg ⁻¹ sec	
Le buges - zone sous les vents (< 5 km)	Saint-Romain-de-Jalionas	29/06/2022	Légumes	Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Parties aériennes	Cendre	18,33	16/09/2022	2 370±180	1,08±0,31	≤ 1,1	≤ 16	15,6±2,1	220±17	Bq.kg ⁻¹ sec	
Le buges - zone sous les vents (< 5 km)	Vernas	03/05/2022	Herbes	Herbe de prairie permanente non id.	Parties aériennes	Cendre	3,09	19/08/2022	591±45	0,36±0,08	≤ 0,26	≤ 3,5	6,3±0,7	36,2±2,9	Bq.kg ⁻¹ sec	
Le buges - zone sous les vents (< 5 km)	Leyrieu	30/03/2022	Mousses terrestres	<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i> <i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>		Frais	2,17	06/04/2022	165±17	≤ 1,6	≤ 3,8	≤ 46	392±37	411±27	Bq.kg ⁻¹ sec	
Le buges - zone sous les vents (< 5 km)	Loyettes	03/05/2022	Produits laitiers	Lait de vache		Cendre	-	29/08/2022	48,7±3,7	≤ 0,020	≤ 0,038	≤ 0,60	≤ 0,042	≤ 0,11	Bq.L ⁻¹	
Le buges - zone hors vents dominants (>5 km)	Le Montellier	04/05/2022	Produits laitiers	Lait de vache		Cendre	-	29/08/2022	48,5±3,7	≤ 0,020	≤ 0,047	≤ 0,60	≤ 0,060	≤ 0,11	Bq.L ⁻¹	

n.a : non analysé.

Tableau 43 – Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine artificielle mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site du Bugey lors du suivi radioécologique 2022

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité Frais/Sec	Date de mesure	^{134}Cs	^{137}Cs	^{58}Co	^{60}Co	^{110m}Ag	^{54}Mn	^{124}Sb	^{125}Sb	$^{131}\text{I}^*$	Unité	
Le buges - zone sous les vents (5 km)	Saint-Romain-de-Jalionas	29/06/2022	Légumes	Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Parties aériennes	Cendre	18,33	16/09/2022	$\leq 0,100$	$0,17 \pm 0,06$	$\leq 0,24$	$\leq 0,16$	$\leq 0,16$	$\leq 0,13$	$\leq 0,22$	$\leq 0,24$	n.a.	Bq.kg ⁻¹ sec
Le buges - zone sous les vents (5 km)	Vernas	03/05/2022	Herbes	Herbe de prairie permanente non id.	Parties aériennes	Cendre	3,09	19/08/2022	$\leq 0,023$	$0,033 \pm 0,012$	$\leq 0,070$	$\leq 0,037$	$\leq 0,038$	$\leq 0,031$	$\leq 0,070$	$\leq 0,050$	n.a.	Bq.kg ⁻¹ sec
Le buges - zone sous les vents (5 km)	Leyrieu	30/03/2022	Mousses terrestres	<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i> <i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>	Entier	Frais	2,17	06/04/2022	$\leq 0,39$	$2,18 \pm 0,44$	$\leq 0,44$	$\leq 0,48$	$\leq 0,41$	$\leq 0,35$	$\leq 0,37$	$\leq 1,0$	$\leq 0,50$	Bq.kg ⁻¹ sec
Le buges - zone sous les vents (5 km)	Vernas	30/03/2022	Sols	Sol de pâturage ou de prairie	Produits de tamisage Tamisé < 2000 μm	Sec	1,12	25/04/2022	$\leq 0,13$	$8,6 \pm 0,7$	$\leq 0,15$	$\leq 0,14$	$\leq 0,16$	$\leq 0,17$	$\leq 0,16$	$\leq 0,39$	n.a.	Bq.kg ⁻¹ sec
Zone sous les vents (< 5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du cnpe	Loyettes, Carrière	20/09/2022	Céréales	Mais <i>Zea mays</i>	Graine	Cendre	1,14	26/10/2022	$\leq 0,0100$	$0,032 \pm 0,007$	$\leq 0,015$	$\leq 0,016$	$\leq 0,014$	$\leq 0,011$	$\leq 0,012$	$\leq 0,023$	n.a.	Bq.kg ⁻¹ sec
Le buges - zone sous les vents (>5 km)	Sainte-Julie	20/09/2022	Céréales	Mais <i>Zea mays</i>	Graine	Cendre	1,20	21/11/2022	$\leq 0,0080$	$\leq 0,0080$	$\leq 0,016$	$\leq 0,013$	$\leq 0,012$	$\leq 0,0100$	$\leq 0,014$	$\leq 0,018$	n.a.	Bq.kg ⁻¹ sec
zone hors vents (>5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du cnpe	Loyettes, Le Brotteaux	21/09/2022	Céréales	Mais <i>Zea mays</i>	Graine	Cendre	1,23	21/11/2022	$\leq 0,017$	$\leq 0,016$	$\leq 0,031$	$\leq 0,026$	$\leq 0,024$	$\leq 0,019$	$\leq 0,030$	$\leq 0,039$	n.a.	Bq.kg ⁻¹ sec
Le buges - zone sous les vents (5 km)	Loyettes	03/05/2022	Produits laitiers	Lait de vache	Entier	Cendre	-	29/08/2022	$\leq 0,0040$	$0,0073 \pm 0,0023$	$\leq 0,014$	$\leq 0,0070$	$\leq 0,0070$	$\leq 0,0060$	$\leq 0,014$	$\leq 0,0100$	n.a.	Bq.L ⁻¹
Le buges - zone hors vents dominants (>5 km)	Le Montellie	04/05/2022	Produits laitiers	Lait de vache	Entier	Cendre	-	29/08/2022	$\leq 0,0042$	$0,0116 \pm 0,0025$	$\leq 0,013$	$\leq 0,0060$	$\leq 0,0070$	$\leq 0,0050$	$\leq 0,014$	$\leq 0,0100$	n.a.	Bq.L ⁻¹

n.a. : non analysé.

* Du fait de sa courte période radioactive, l' ^{131}I a été analysé sur des échantillons frais.

Tableau 44 – Activités en tritium libre mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2022

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure	³ H libre (Bq.L ⁻¹ d'eau de dessiccation)	³ H libre (Bq.kg ⁻¹ sec ou frais ou Bq.L ⁻¹)	Unité
Le bugéy - zone sous les vents (< 5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du cnpe	Loyettes, Carrière	20/09/2022	Céréales	Maïs <i>Zea mays</i>	Eau extraite par lyophilisation	1,10	23/11/2022	3,6±1	0,333±0,092	Bq.kg ⁻¹ frais
Le bugéy - zone sous les vents (>5 km)	Sainte-Julie	20/09/2022	Céréales	Maïs <i>Zea mays</i>	Eau extraite par lyophilisation	1,15	23/11/2022	≤ 0,80	≤ 0,10	Bq.kg ⁻¹ frais
Le bugéy - zone hors vents dominants (>5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du cnpe	Loyettes, les Brotteaux	21/09/2022	Céréales	Maïs <i>Zea mays</i>	Eau extraite par lyophilisation	1,22	23/11/2022	6±1,2	1,07±0,21	Bq.kg ⁻¹ frais
Le bugéy - zone sous les vents (< 5 km)	Saint-Romain-de-Jalionas	29/06/2022	Légumes	Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Eau extraite par lyophilisation	14,85	28/09/2022	1,3±0,7	1,21±0,65	Bq.kg ⁻¹ frais
Le bugéy - zone sous les vents (< 5 km)	Vernas	03/05/2022	Herbes	Herbe de prairie permanente non id.	Eau extraite par lyophilisation	3,27	30/05/2022	1,5±0,7	1,04±0,49	Bq.kg ⁻¹ frais
Le bugéy - zone sous les vents (< 5 km)	Loyettes	03/05/2022	Produits laitiers	Lait de vache	Eau extraite par lyophilisation	7,99	14/07/2022	1,2±0,7	1,05±0,61	Bq.L ⁻¹ d'ECH.
Le bugéy - zone hors vents dominants (>5 km)	Le Montellier	04/05/2022	Produits laitiers	Lait de vache	Eau extraite par lyophilisation	7,61	14/07/2022	0,7±0,6	0,61±0,52	Bq.L ⁻¹ d'ECH.

Tableau 45 – Activités en tritium organiquement lié (TOL) mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2022

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure	TOL (Bq.L ⁻¹ d'eau de combustion)	TOL (Bq.kg ⁻¹ sec ou frais ou Bq.L ⁻¹)	Unité
Le bugéy - zone sous les vents (< 5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du CNPE	Loyettes, Carrière	20/09/2022	Céréales	Maïs <i>Zea mays</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	1,10	16/03/2023	10,9±1,5	6,12±0,88	Bq.kg ⁻¹ frais
Le bugéy - zone sous les vents (>5 km)	Sainte-Julie	20/09/2022	Céréales	Maïs <i>Zea mays</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	1,15	02/12/2022	1,2±0,7	0,64±0,37	Bq.kg ⁻¹ frais
Le bugéy - zone hors vents dominants (>5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du CNPE	Loyettes, les Brotteaux	21/09/2022	Céréales	Maïs <i>Zea mays</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	1,22	16/03/2023	9,1±1,3	4,55±0,68	Bq.kg ⁻¹ frais
Le bugéy - zone sous les vents (< 5 km)	Saint-Romain-de-Jalionas	29/06/2022	Légumes	Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	14,85	28/05/2023	3,2±1,0	0,107±0,034	Bq.kg ⁻¹ frais
Le bugéy - zone sous les vents (< 5 km)	Vernas	03/05/2022	Herbes	Herbe de prairie permanente non id.	Résidu sec obtenu après lyophilisation	3,27	15/09/2022	1,4±1,0	0,26±0,18	Bq.kg ⁻¹ frais
Le bugéy - zone sous les vents (< 5 km)	Loyettes	03/05/2022	Produits laitiers	Lait de vache	Résidu sec obtenu après lyophilisation	7,99	21/09/2022	3,0±0,7	0,257±0,061	Bq.L ⁻¹ d'ECH.
Le bugéy - zone hors vents dominants (>5 km)	Le Montellier	04/05/2022	Produits laitiers	Lait de vache	Résidu sec obtenu après lyophilisation	7,61	21/09/2022	2,0±0,7	0,190±0,067	Bq.L ⁻¹ d'ECH.

Tableau 46 – Activités en ^{14}C mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2022

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure ^{14}C	^{14}C (Bq.kg ⁻¹ de C)	$\delta^{12/13}\text{C}$ (‰)	pMC (%)	^{14}C (Bq.kg ⁻¹ sec ou frais ou Bq.L ⁻¹)	C TOT. (kg.kg ⁻¹ sec ou frais ou kg.L ⁻¹)	Unité
Le bugéy - zone sous les vents (< 5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du cnpe	Loyettes, Carrière	20/09/2022	Céréales	Maïs <i>Zea mays</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	1,10	17/07/2023	232±11	-12,69	100,1±4,7	88,2±4,2	380	Frais
Le bugéy - zone sous les vents (>5 km)	Sainte-Julie	20/09/2022	Céréales	Maïs <i>Zea mays</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	1,15	10/03/2023	229,8±2,6	-12,55	99,1±1,1	94,3±1,1	0,41	Sec
Le bugéy - zone hors vents dominants (>5 km) irriguée par de l'eau du Rhône collectée en aval du cnpe	Loyettes, les Brotteaux	21/09/2022	Céréales	Maïs <i>Zea mays</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	1,22	17/07/2023	229±11	-12,51	98,8±4,7	77,2±3,7	340	Frais
Le bugéy - zone sous les vents (< 5 km)	Saint-Romain-de-Jalionas	29/06/2022	Légumes	Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	14,85	17/07/2023	211±10	-29,34	94,2±4,5	5,50±0,26	26	Frais
Le bugéy - zone sous les vents (< 5 km)	Loyettes	03/05/2022	Produits laitiers	Lait de vache	Résidu sec obtenu après lyophilisation	7,99	18/06/2023	216±11	-20,93	94,8±4,8	12,95±0,66	60	Liquide
Le bugéy - zone hors vents dominants (>5 km)	Le Montellier	04/05/2022	Produits laitiers	Lait de vache	Résidu sec obtenu après lyophilisation	7,61	18/06/2023	226±11	-21,13	99,2±4,8	14,59±0,71	65	Liquide

Tableau 47 – Activités en ⁹⁰Sr mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2022

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure	⁹⁰ Sr	Unité
Le bugéy - zone sous les vents (< 5 km)	Vernas	30/03/2022	Sols	Sol de pâturage ou de prairie	Produits de tamisage Tamisé < 2000 µm	1,12	05/12/2022	≤ 0,50	Bq.kg ⁻¹ sec
Le bugéy - zone sous les vents (< 5 km)	Loyettes	03/05/2022	Produits laitiers	Lait de vache	Entier	8,11	06/12/2022	0,0089±0,0023	Bq.L ⁻¹
Le bugéy - zone hors vents dominants (>5 km)	Le Montellier	04/05/2022	Produits laitiers	Lait de vache	Entier	7,82	06/12/2022	0,0230±0,0042	Bq.L ⁻¹

- : inférieur au seuil de décision.

Tableau 48 – Activités en radionucléides émetteurs α mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2022

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure	^{238}Pu	$^{239+240}\text{Pu}$	^{241}Am	Unité	$^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$	$^{241}\text{Am}/^{239+240}\text{Pu}$	Unité
Le bugéy - zone sous les vents (< 5 km)	Vernas	30/03/2022	Sols	Sol de pâturage ou de prairie	Produits de tamisage Tamisé < 2000 μm	1,12	19/10/2022	5,47 \pm 0,8	230 \pm 11	90,5 \pm 7	mBq.kg ⁻¹ .sec	0,0238 \pm 0,0037	0,394 \pm 0,036	Sans unité
Le bugéy - zone hors vents dominants (>5 km)	Bressolles	30/03/2022	Sols	Sol de pâturage ou de prairie	Produits de tamisage Tamisé < 2000 μm	1,37	19/10/2022	6,9 \pm 1	221 \pm 11	89,6 \pm 7	mBq.kg ⁻¹ .sec	0,0310 \pm 0,0048	0,404 \pm 0,037	Sans unité
Le bugéy - zone sous les vents (< 5 km)	Vernas	03/05/2022	Herbes	Herbe de prairie permanente	Parties aériennes	3,09	19/10/2022	\leq 0,023	0,198 \pm 0,08	0,116 \pm 0,05	mBq.kg ⁻¹ .sec	-	0,59 \pm 0,35	Sans unité

- : inférieur au seuil de décision.

Tableau 49 - 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 2022.

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Fractions	%
Porcieu-Amblagnieu	30/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	≤ 2 mm	sec	Matière organique	2,97
						Argiles (<2µm)	17,8
						Limons Fins	39,0
						Limons Grossiers	24,4
						Sables Fins	17,0
Sables Grossiers	1,8						
Saint-Romain-de-Jalionas	30/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	≤ 2 mm	sec	Matière organique	0,35
						Argiles (<2µm)	2,70
						Limons Fins	0,90
						Limons Grossiers	2,7
						Sables Fins	37,2
Sables Grossiers	56,5						
Niévroz	30/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	≤ 2 mm	sec	Matière organique	2,54
						Argiles (<2µm)	9,9
						Limons Fins	21,7
						Limons Grossiers	22,9
						Sables Fins	30,3
Sables Grossiers	15,2						

Tableau 50 – Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine naturelle mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2022

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/Sec	Date de mesure	^{40}K	Familles de radionucléides				^7Be	Unité
										Famille du ^{232}Th	^{228}Ac	Famille de ^{238}U	^{234}Th $^{234\text{m}}\text{Pa}$ ^{210}Pb		
Rhône en amont du bugéy	Porcieu-Amblagnieu	30/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage Tamisé < 2000 μm	Sec	1,86	25/04/2022	515 \pm 39	44,7 \pm 4,8	51 \pm 6	60 \pm 13	91 \pm 16	9,8 \pm 1,4	Bq.kg ⁻¹ sec
Rhône en aval du bugéy	Saint-Romain-de-Jalionas	30/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage Tamisé < 2000 μm	Sec	1,32	25/04/2022	429 \pm 35	19,3 \pm 1,2	21,2 \pm 3,7	22 \pm 10	26 \pm 6	2,9 \pm 0,8	Bq.kg ⁻¹ sec
Rhône en aval du bugéy	Niévroz	30/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage Tamisé < 2000 μm	Sec	1,60	22/04/2022	388 \pm 31	34,4 \pm 2,2	41 \pm 6	40 \pm 13	66 \pm 13	2,9 \pm 0,9	Bq.kg ⁻¹ sec
Rhône en amont du bugéy	Serrières-de-Briord	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum sp.</i>	Parties aériennes	Frais	9,21	01/08/2022	580 \pm 46	23,0 \pm 4,6	35,0 \pm 6,4	\leq 100	26,7 \pm 6,4	76,5 \pm 8,3	Bq.kg ⁻¹ sec
Rhône en amont du bugéy	Serrières-de-Briord	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp.</i>	Parties aériennes	Cendre	10,19	28/10/2022	513 \pm 39	22,1 \pm 2,4	28,7 \pm 2,6	29 \pm 7	22,5 \pm 2,9	41,3 \pm 3,6	Bq.kg ⁻¹ sec
Rhône en aval du bugéy	Balan	25/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum sp.</i>	Parties aériennes	Frais	11,21	01/08/2022	695 \pm 56	17,9 \pm 4,1	13,9 \pm 5,2	\leq 100	15,0 \pm 5,5	37,0 \pm 6,7	Bq.kg ⁻¹ sec
Rhône en aval du bugéy	Balan	25/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum sp.</i>	Parties aériennes	Sec	15,90	15/11/2022	680 \pm 50	12,6 \pm 2,1	32,1 \pm 3,7	\leq 41	10,6 \pm 2,3	50 \pm 8	Bq.kg ⁻¹ sec
Rhône en aval du bugéy	Meyzieu	25/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum sp.</i>	Parties aériennes	Cendre	11,86	21/11/2022	630 \pm 48	21,9 \pm 2,5	34,6 \pm 3,4	33 \pm 11	31,5 \pm 4,2	76,8 \pm 6,8	Bq.kg ⁻¹ sec
Rhône en amont du bugéy	Sault-Brenaz	02/05/2022	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Muscle	Cendre	4,29	12/08/2022	105 \pm 8	\leq 0,035	\leq 0,080	\leq 1,1	\leq 0,090	\leq 0,15	Bq.kg ⁻¹ frais
Rhône en aval du bugéy	Saint-Maurice-de-Gourdans	03/05/2022	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Muscle	Cendre	4,86	12/08/2022	112 \pm 9	\leq 0,047	\leq 0,12	\leq 1,6	\leq 0,13	\leq 0,20	Bq.kg ⁻¹ frais

Tableau 51 – Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine artificielle mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2022

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/Sec	Date de mesure	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁵⁸ Co	⁶⁰ Co	^{110m} Ag	⁵⁴ Mn	¹²⁴ Sb	¹²⁵ Sb	¹³¹ I	Unité
Rhône en amont du Bugey	Porcieu-Amblagnieu	30/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage Tamisé < 2000 μ m	Sec	1,86	25/04/2022	$\leq 0,16$	6,5\pm0,5	$\leq 0,19$	$\leq 0,19$	$\leq 0,20$	$\leq 0,21$	$\leq 0,19$	$\leq 0,47$	n.a.	Bq.kg ⁻¹ .sec
Rhône en aval du Bugey	Saint-Romain-de-Jalionas	30/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage Tamisé < 2000 μ m	Sec	1,32	25/04/2022	$\leq 0,12$	0,82\pm0,11	$\leq 0,14$	$\leq 0,15$	$\leq 0,15$	$\leq 0,13$	$\leq 0,15$	$\leq 0,33$	n.a.	Bq.kg ⁻¹ .sec
Rhône en aval du Bugey	Niévroz	30/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage Tamisé < 2000 μ m	Sec	1,60	22/04/2022	$\leq 0,15$	2,98\pm0,25	$\leq 0,18$	$\leq 0,17$	$\leq 0,19$	$\leq 0,18$	$\leq 0,18$	$\leq 0,44$	n.a.	Bq.kg ⁻¹ .sec
Rhône en amont du Bugey	Serrières-de-Briord	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum</i> sp.	Parties aériennes	Frais	9,21	01/08/2022	$\leq 0,92$	$\leq 1,1$	$\leq 0,74$	$\leq 0,92$	$\leq 1,0$	$\leq 0,83$	$\leq 0,92$	$\leq 2,3$	9,9\pm1,4	Bq.kg ⁻¹ .sec
Rhône en amont du Bugey	Serrières-de-Briord	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamo pectiné <i>Potamogeton</i> sp.	Parties aériennes	Cendre	10,19	28/10/2022	$\leq 0,080$	0,87\pm0,08	$\leq 0,18$	$\leq 0,090$	$\leq 0,12$	$\leq 0,100$	$\leq 0,19$	$\leq 0,20$	n.a.	Bq.kg ⁻¹ .sec
Rhône en aval du Bugey	Balan	25/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum</i> sp.	Parties aériennes	Frais	11,21	01/08/2022	$\leq 0,50$	0,80\pm0,49	$\leq 0,56$	$\leq 0,90$	$\leq 0,78$	$\leq 0,67$	$\leq 0,55$	$\leq 1,5$	3,14\pm0,90	Bq.kg ⁻¹ .sec
Rhône en aval du Bugey	Balan	25/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum</i> sp.	Parties aériennes	Sec	15,90	15/11/2022	$\leq 0,28$	$\leq 0,29$	$\leq 0,80$	$\leq 0,41$	$\leq 0,50$	$\leq 0,35$	$\leq 0,90$	$\leq 0,70$	n.a.	Bq.kg ⁻¹ .sec
Rhône en aval du Bugey	Meyzieu	25/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum</i> sp.	Parties aériennes	Cendre	11,86	21/11/2022	$\leq 0,14$	1,10\pm0,13	$\leq 0,42$	0,248\pm0,08	0,59\pm0,11	$\leq 0,20$	$\leq 0,45$	$\leq 0,37$	n.a.	Bq.kg ⁻¹ .sec
Rhône en amont du Bugey	Sault-Brénaz	02/05/2022	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Muscle	Cendre	4,29	12/08/2022	$\leq 0,0070$	0,056\pm0,006	$\leq 0,021$	$\leq 0,011$	$\leq 0,012$	$\leq 0,0090$	$\leq 0,015$	$\leq 0,016$	n.a.	Bq.kg ⁻¹ .frais
Rhône en aval du Bugey	Saint-Maurice-de-Gourdans	03/05/2022	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Muscle	Cendre	4,86	12/08/2022	$\leq 0,0100$	0,045\pm0,001	$\leq 0,021$	$\leq 0,015$	$\leq 0,016$	$\leq 0,012$	$\leq 0,026$	$\leq 0,021$	n.a.	Bq.kg ⁻¹ .frais

n.a. : non analysé.

Tableau 52 – Activités en tritium libre mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2022

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure	³ H libre (Bq.L ⁻¹ d'eau de dessiccation)	³ H libre (Bq.kg ⁻¹ sec ou frais ou Bq.L ⁻¹)	Unité
Rhône en aval du bugéy	Chavanoz	29/06/2022	Eaux de boisson	Eau d'adduction publique	Produit de filtration Filtrat < 0.2 µm	-	20/09/2022	2,5±0,8	2,5±0,8	Bq.L ⁻¹ dECH.
Rhône en aval du bugéy	Loyettes	25/07/2022	Eaux douces	Eau d'irrigation	Produit de filtration Filtrat < 0.2 µm	-	28/09/2022	64±7	64±7	Bq.L ⁻¹ dECH.
Rhône en amont du bugéy	Serrières-de-Briord	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle non identifié <i>Myriophyllum sp.</i>	Eau extraite par lyophilisation	9,21	16/11/2022	0,9±0,7	0,80±0,62	Bq.kg ⁻¹ frais
Rhône en aval du bugéy	Balan	25/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle non identifié <i>Myriophyllum sp.</i>	Eau extraite par lyophilisation	11,21	27/09/2022	≤ 0,70	≤ 0,64	Bq.kg ⁻¹ frais
Rhône en amont du bugéy	Sault-Brénaz	02/05/2022	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Eau extraite par lyophilisation	4,36	14/07/2022	≤ 0,70	≤ 0,54	Bq.kg ⁻¹ frais
Rhône en aval du bugéy	Saint-Maurice-de-Gourdans	03/05/2022	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Eau extraite par lyophilisation	4,75	14/07/2022	2,2±0,8	1,74±0,63	Bq.kg ⁻¹ frais

Tableau 53 – Activités en tritium organiquement lié (TOL) mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2022

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure	TOL (Bq.L ⁻¹ d'eau de combustion)	TOL (Bq.kg ⁻¹ sec ou frais ou Bq.L ⁻¹)	Unité
Rhône en amont du bugéy	Serrières-de-Briord	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum sp.</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	9,21	12/11/2022	2,3±0,7	0,115±0,036	Bq.kg ⁻¹ frais
Rhône en aval du bugéy	Balan	25/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum sp.</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	11,21	12/11/2022	3,6±0,8	0,132±0,030	Bq.kg ⁻¹ frais
Rhône en amont du bugéy	Sault-Brénaz	02/05/2022	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	4,36	18/05/2023	2,9±0,8	0,44±0,12	Bq.kg ⁻¹ frais
Rhône en aval du bugéy	Saint-Maurice-de-Gourdans	03/05/2022	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	4,75	18/05/2023	3,5±1,3	0,48±0,18	Bq.kg ⁻¹ frais

Tableau 54 – Activités en ^{14}C mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2022

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure ^{14}C	^{14}C (Bq.kg ⁻¹ de C)	$\delta^{12/13}\text{C}$ (‰)	pMC (%)	^{14}C (Bq.kg ⁻¹ sec ou frais ou Bq.L ⁻¹)	C TOT. (g.kg ⁻¹ sec ou frais ou g.L ⁻¹)	Unité
Rhône en amont du bugéy	Serrières-de-Briord	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum</i> sp.	Résidu sec obtenu après lyophilisation	9,21	17/02/2023	192,2±2,2	-14,86	83,32±0,95	7,477±0,086	39	Frais
Rhône en aval du bugéy	Balan	25/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum</i> sp.	Résidu sec obtenu après lyophilisation	11,21	17/02/2023	202,3±2,3	-16,59	88,0±1,0	6,098±0,069	30	Frais
Rhône en amont du bugéy	Sault-Brénaz	02/05/2022	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	4,36	15/12/2022	207±14	-24,34	91,5±6,2	22,7±1,5	110	Frais
Rhône en aval du bugéy	Saint-Maurice-de-Gourdans	03/05/2022	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	4,75	15/12/2022	217±14	-29,54	96,9±6,3	21,7±1,4	100	Frais

Tableau 55 – Activités en ^{63}Ni mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2022

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Qualité	Date de mesure ^{63}Ni	^{63}Ni (Bq.kg ⁻¹ sec ou frais ou Bq.L ⁻¹)	Ni (g.kg ⁻¹ sec ou frais ou g.L ⁻¹)	Unité
Rhône en amont du bugéy	Serrières-de-Briord	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum</i> sp.	Parties aériennes	10,19	Cendre	30/12/2022	≤ 0,070	0,54	Sec
Rhône en aval du bugéy	Meyzieu	25/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum</i> sp.	Parties aériennes	11,86	Cendre	30/12/2022	≤ 0,080	0,397	Sec

Tableau 56 – Activités en ^{55}Fe mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2022

Chronique	Commune	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/Sec	Date de mesure	^{55}Fe	Unité
Rhône en amont du bugéy	Serrières-de-Briord	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum</i> sp.	Parties aériennes	Cendre	10,19	11/02/2023	≤ 4,6	Bq.kg ⁻¹ sec
Rhône en aval du bugéy	Meyzieu	25/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum</i> sp.	Parties aériennes	Cendre	11,86	11/02/2023	≤ 4,5	Bq.kg ⁻¹ sec

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

EDF SA
22-30, avenue de Wagram



75382 Paris cedex 08
Capital de 1 525 484 813 euros
552 081 317 R.C.S. Paris
www.edf.fr

CNPE 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