



Rapport environnemental annuel relatif
aux installations nucléaires du site de

Creys-Malville

2023

Bilan rédigé au titre de l'article 4.4.4 de l'arrêté du 7 février 2012 et de l'article 37 de l'arrêté du 3 août 2007 autorisant Electricité de France à poursuivre les prélèvements d'eau et les rejets d'effluents liquides et gazeux pour l'exploitation du site nucléaire de Creys-Malville

SOMMAIRE

Partie I - Le site Nucléaire de Creys-Malville en 2023	4
I. Contexte	4
II. Le site de Creys-Malville	4
III. Modifications apportées au voisinage du site de Creys-Malville	5
IV. Évolutions scientifiques susceptibles de modifier l'étude d'impact	5
V. Bilan des incidents de fonctionnement et des événements significatifs pour l'environnement	6
Partie II - Prélèvements d'eau	7
I. Prélèvement d'eau destinée au refroidissement	7
II. Prélèvement d'eau destinée à l'usage industriel	8
III. Prélèvement d'eau destinée à l'usage domestique	8
IV. Milieu de prélèvement : comparaison pluriannuelle, prévisionnel, valeurs limites et maintenance	8
Partie III – Restitution et consommation d'eau	10
I. Restitution d'eau	10
II. Consommation d'eau	10
Partie IV - Rejets d'effluents	11
I. Rejets d'effluents à l'atmosphère	11
II. Rejets d'effluents liquides	18
III. Rejets thermiques	28
Partie V - Prévention du risque microbiologique	28
Partie VI - Surveillance de l'environnement	29
I. Surveillance de la radioactivité dans l'environnement	29
II. Physico-chimie des eaux souterraines	35
III. Chimie et physico-chimie des eaux de surface	36
IV. Hydrobiologie	38
V. Acoustique environnementale	41

Partie VII - Évaluation de l'impact environnemental et sanitaire des rejets de l'installation_ 43

Partie VIII - Gestion des déchets_____ 47

I. Les déchets radioactifs_____ 47

II. Les déchets non radioactifs_____ 51

ABREVIATIONS _____ 53

***ANNEXE 1 : Arrêté du 3 août 2007 autorisant Electricité de France à poursuivre les
prélèvements d'eau et les rejets d'effluents liquides et gazeux pour l'exploitation du site
nucléaire de Creys-Malville (ECEI0756111A)_____ 54***

ANNEXE 2 : Suivi radio écologique annuel du site de Creys-Malville pour l'année 2022 _____ 55

Partie I - Le site Nucléaire de Creys-Malville 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 sites.

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 et de l'article 37 de l'arrêté du 3 août 2007 autorisant Electricité de France à poursuivre les prélèvements d'eau et les rejets d'effluents liquides et gazeux pour l'exploitation du site nucléaire de Creys-Malville (Annexe 1), ce document présente le bilan de l'année 2023 du site nucléaire de Creys-Malville en matière d'environnement.

II. Le site de Creys-Malville

Implantée en bordure du Rhône sur la commune de Creys-Mépieu (Isère), la centrale de Creys-Malville abrite deux installations nucléaires de base : Superphénix (réacteur en cours de démantèlement) et une installation nucléaire d'entreposage de combustible, l'APEC (atelier pour l'entreposage du Combustible).

Superphénix, réacteur à neutrons rapides (RNR) refroidi au sodium, d'une puissance de 1240 mégawatts électriques, était le premier prototype de la filière RNR construit à l'échelle industrielle, après plusieurs unités expérimentales de plus petite taille (Rapsodie, puis Phénix).

L'intérêt de ce réacteur résidait dans sa capacité à fonctionner soit comme « surgénérateur » (produisant plus de combustible qu'il n'en utilisait), soit comme « sous-générateur » (permettant de brûler une partie des déchets ultimes générés par les autres centrales nucléaires). Cette technologie particulière nécessitait que le combustible soit immergé dans un fluide ne ralentissant pas les neutrons émis par la réaction nucléaire : le sodium possédait toutes les qualités requises.

Chauffé par la réaction nucléaire, le sodium dit « primaire », situé dans la cuve du réacteur, cédait sa chaleur, par le moyen d'échangeurs thermiques, à quatre circuits de sodium dits « circuits secondaires ». À son tour, le sodium secondaire cédait sa chaleur à un troisième circuit « eau-vapeur » : la vapeur d'eau créée par ce dernier échange thermique faisait alors tourner la turbine, puis l'alternateur, générant ainsi l'électricité.

L'exploitation de Superphénix a duré 11 ans (1985-1996). La centrale a produit 7,9 TWh (soit l'équivalent de la consommation de l'agglomération grenobloise pendant 5 ans). L'arrêt définitif du réacteur a été décidé par le gouvernement français en juin 1997. La décision d'arrêt a été traduite dans le Décret de mise à l'arrêt définitif (MAD) publié le 30 décembre 1998. Ce décret autorisait uniquement les premières opérations de déconstruction (déchargement du combustible et démontage de matériels non requis pour la sûreté des installations).

Au cours des années qui ont suivi, EDF a conçu une stratégie de démantèlement complet du réacteur.

Le dossier a été soumis à enquête publique en 2004, et instruit par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN). Le Décret d'autorisation de démantèlement (DAD) a ainsi été publié le 20 mars 2006. Il couvre la totalité des opérations prévues par EDF, jusqu'à la fin du démantèlement du réacteur.

La déconstruction d'un réacteur nucléaire et l'exploitation d'une installation d'entreposage nécessitent de nombreuses compétences : préparation et surveillance des chantiers, mise à l'arrêt et démontage des matériels, manutention, génie civil, maintenance des installations restant en service, radioprotection, gestion des déchets, surveillance de l'environnement. Plus de 300 personnes travaillent au quotidien sur le site de Creys-Malville, dont les salariés des 45 entreprises partenaires du site et près de 90 salariés EDF.

III. Modifications apportées au voisinage du site de Creys-Malville

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 site de Creys-Malville ont vu leur statut par rapport à la réglementation ICPE évoluer, du fait d'une modification de leurs activités. Cependant, aucun nouveau risque n'a été induit.

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

Dans le cadre d'une démarche d'amélioration continue, EDF mène des études afin d'améliorer la connaissance de ses rejets. 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 éco toxicologiques, 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 éco

toxicologiques commandités par EDF et réalisés selon les normes OCDE et les Bonnes Pratiques de Laboratoire.

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

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

En 2002, le site de Creys-Malville a été certifié, pour la première fois, ISO 14001. L'obtention de la norme ISO 14001 est une reconnaissance internationale de la prise en compte de l'environnement dans l'ensemble des activités de l'entreprise. Elle est l'assurance d'une démarche d'amélioration continue et de la mise en place d'une organisation spécifique au domaine de l'environnement.

La protection de l'environnement, sur le terrain comme en laboratoire, a toujours été une priorité pour les sites d'EDF. Comme pour tous les sites industriels, les exigences environnementales fixées par le site de Creys-Malville 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 site de Creys-Malville. L'ensemble des salariés, 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 site de Creys-Malville 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

Sur l'année 2023, aucun évènement significatif n'a été déclaré.

2. Bilan des incidents de fonctionnement

Le site de Creys-Malville a eu, durant l'année 2023, des indisponibilités sur des dispositifs de prélèvement, de mesure et de surveillance. Ces indisponibilités n'ont pas eu d'incidence sur la qualité de la surveillance environnementale compte tenu de la redondance de nos matériels.

Partie II - Prélèvements d'eau

L'eau est une ressource nécessaire au fonctionnement des CNPE (en fonctionnement ou en déconstruction) 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.

Sur le site de Creys-Malville, l'eau est nécessaire pour :

- refroidir les installations,
- constituer des réserves pour réaliser des appoints ou disposer de stockage de sécurité,
- alimenter les circuits de lutte contre les incendies.

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

Les besoins en eau d'un CNPE servent majoritairement à assurer son refroidissement. 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.

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	2,36E-01
Février	1,61E-01
Mars	1,77E-01
Avril	1,74E-01
Mai	1,92E-01
Juin	1,88E-01
Juillet	1,91E-01
Août	1,92E-01
Septembre	2,17E-01
Octobre	2,37E-01
Novembre	1,82E-01
Décembre	2,38E-01
TOTAL	2,39E+00

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 millions de m ³)
Janvier	1,10E-04
Février	8,50E-05
Mars	7,90E-05
Avril	1,51E-04
Mai	2,49E-04
Juin	4,61E-04
Juillet	1,34E-04
Août	2,11E-04
Septembre	9,16E-04
Octobre	1,79E-04
Novembre	3,32E-04
Décembre	2,50E-05
TOTAL	2,93E-03

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

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

	Prélèvement d'eau (en millions de m ³)
Janvier	1,94E-03
Février	2,17E-03
Mars	2,21E-03
Avril	2,70E-03
Mai	1,17E-03
Juin	9,15E-04
Juillet	1,13E-03
Août	2,51E-03
Septembre	1,44E-03
Octobre	9,41E-04
Novembre	6,87E-04
Décembre	8,28E-04
TOTAL	1,87E-02

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 souterraine	2,65E+03
2022		2,42E+03
2023		2,39E+03
Prévisionnel 2023		3,00E+03

Commentaires :

Le volume annuel d'eau prélevé est cohérent au prévisionnel qui avait été défini pour l'année 2023.

2. Comparaison aux valeurs limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des débits instantanés et des volumes d'eau prélevés cette année avec les valeurs limites de prélèvement fixées par l'Arrêté du 3 août 2007 autorisant Electricité de France à poursuivre les prélèvements d'eau et les rejets d'effluents liquides et gazeux pour l'exploitation du site nucléaire de Creys-Malville (ECEI0756111A).

Milieu	Limites de prélèvement		Prélèvement		Unité
	Prescriptions	Valeur	Valeur maximale	Valeur moyenne	
Eau douce souterraine	Débit instantané	9,10E+02	5,87E+02	2,73E+02	m ³ / h
	Volume journalier	1,62E+04	1,41E+04	6,54E+03	m ³
	Volume annuel	4,72E+06	2,39E+06	S.O.	m ³

*Correspond au volume annuel prélevé

Commentaires :

Les valeurs maximales observées sont inférieures aux limites autorisées.

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

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

4. Opérations exceptionnelles de prélèvements

Le site de Creys-Malville n'a pas réalisé d'opération exceptionnelle de prélèvement d'eau dans le milieu en 2023.

Partie III – Restitution et consommation d'eau

I. Restitution d'eau

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

		Restitution d'eau			Unités
		Eau de refroidissement	Rejets radioactifs	Rejets industriels	
Restitution mensuelle	Janvier	2,35E-01	3,02E-04	1,10E-04	millions de m ³
	Février	1,56E-01	/	8,50E-05	
	Mars	1,71E-01	/	7,90E-05	
	Avril	1,71E-01	/	1,51E-04	
	Mai	1,89E-01	/	2,49E-04	
	Juin	1,87E-01	/	4,61E-04	
	Juillet	1,89E-01	/	1,34E-04	
	Août	1,91E-01	/	2,11E-04	
	Septembre	2,17E-01	3,05E-04	9,16E-04	
	Octobre	2,38E-01	2,86E-04	1,79E-04	
	Novembre	1,81E-01	/	3,32E-04	
	Décembre	2,40E-01	3,01E-04	2,50E-05	
TOTAL	Restitution au milieu aquatique	2,37E+00			millions de m ³
	Pourcentage de restitution d'eau au milieu aquatique par rapport au prélèvement	9,93E-01			%

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 site de Creys-Malville consomme en moyenne 3 m³ d'eau par mois.

Partie IV - Rejets d'effluents

Comme beaucoup d'autres activités industrielles, l'exploitation d'un site 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 site 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 chimiques atmosphériques : un site 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 site, l'échauffement du milieu aquatique est limité par la réglementation propre à chaque site.

Pour le site de Creys-Malville, les rejets d'effluents se présentent sous différentes formes :

- les rejets radioactifs liquides et atmosphériques, qui peuvent contenir :
 - o Tritium,
 - o Autres produits de fission ou d'activation,
- 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 circuits de l'installation,
 - o les rejets de produits issus des autres circuits non radioactifs (station de déminéralisation, station d'épuration).

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

I. Rejets d'effluents à l'atmosphère

1. Rejets d'effluents à l'atmosphère radioactifs

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 sites 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 sites 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 site (principalement l'iode 131 et l'iode 133) sont des produits de fission, créés dans le combustible par fission des atomes d'uranium ou de plutonium.
- Les autres produits de fission (PF) et produits d'activation (PA) émetteurs β ou γ , correspondent principalement au césium et au cobalt.

Pour le site en déconstruction de Creys-Malville, les effluents sont issus de la ventilation des zones nucléaires et des procédés mis en œuvre dans l'installation. Ce sont uniquement des effluents dits « aérés ». Les effluents sont canalisés, filtrés et surveillés en continu. Le rejet est réalisé par des cheminées dédiées de l'installation.

A Creys-Malville, il n'y a actuellement pas de rejet de gaz rares, d'iode et de carbone 14.

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 sites d'EDF. Toutes les substances figurant dans plus de 90 % des analyses figurent dans cette liste. Des radionucléides comme l'iode, peu présent dans les rejets, figurent également dans cette liste, mais pour des raisons historiques. La deuxième règle fondamentale consiste à déclarer obligatoirement une activité rejetée pour les radionucléides appartenant à ces différents « spectres de référence ». Les radionucléides dont l'activité mesurée est inférieure au seuil de décision¹ donnent lieu à une comptabilisation d'activité rejetée égale au SD. Les cumuls mensuels sont établis par sommation des activités rejetées pour chacun des rejets d'effluents du mois considéré. Les cumuls annuels sont égaux à la somme des cumuls mensuels.

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

Pour les tranches en fonctionnement, le bilan des rejets d'effluents réalisés à l'atmosphère est déterminé pour chacune des cinq familles de radionucléides réparties comme suit :

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

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

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

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

Pour le site en déconstruction de Creys-Malville, le spectre de référence est rappelé ci-dessous.

Paramètres	Radionucléide
Tritium	^3H
Produits de fission et d'activation	^{58}Co
	^{60}Co
	^{134}Cs
	^{137}Cs

c. Cumul mensuel

Pour le site de Creys-Malville, les cumuls mensuels sont donnés dans le tableau suivant.

	^{58}Co (GBq)	^{60}Co (GBq)	^{134}Cs (GBq)	^{137}Cs (GBq)
Janvier	4,440E-05	4,989E-05	3,840E-05	4,480E-05
Février	4,533E-05	4,696E-05	3,915E-05	4,705E-05
Mars	4,390E-05	4,743E-05	3,699E-05	4,271E-05
Avril	4,434E-05	4,507E-05	3,767E-05	4,755E-05
Mai	4,474E-05	4,846E-05	3,685E-05	4,455E-05
Juin	4,153E-05	4,749E-05	3,656E-05	4,325E-05
Juillet	4,025E-05	4,211E-05	3,418E-05	4,093E-05
Août	4,581E-05	4,911E-05	3,847E-05	4,740E-05
Septembre	4,390E-05	4,623E-05	3,356E-05	4,550E-05
Octobre	4,145E-05	4,488E-05	3,621E-05	4,377E-05
Novembre	4,006E-05	4,498E-05	3,495E-05	4,051E-05
Décembre	4,519E-05	4,846E-05	3,842E-05	4,611E-05
TOTAL ANNUEL	5,21E-04	5,61E-04	4,41E-04	5,34E-04

	Volumes rejetés (m³)	Activité Tritium (GBq)	Activités Autres PF et PA (GBq)
Janvier	9,34E+07	1,180E+00	1,775E-04
Février	8,60E+07	1,455E+00	1,785E-04
Mars	9,40E+07	8,591E-01	1,710E-04
Avril	8,95E+07	7,648E-01	1,746E-04
Mai	9,24E+07	1,014E+00	1,746E-04
Juin	8,61E+07	1,340E+00	1,688E-04
Juillet	8,32E+07	1,292E+00	1,575E-04
Août	9,12E+07	1,254E+00	1,808E-04
Septembre	8,89E+07	1,289E+00	1,692E-04
Octobre	9,25E+07	1,236E+00	1,663E-04
Novembre	9,16E+07	1,325E+00	1,605E-04
Décembre	9,55E+07	1,292E+00	1,782E-04
TOTAL ANNUEL	1,08E+09	1,43E+01	2,06E-03

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 ;

Installation	Année	Rejets par catégorie de radionucléides (GBq)	
		Tritium	Autres produits de fission et d'activation
Cheminée du système EBA	2021	2,90E+01	2,01E-03
	2022	1,57E+01	2,00E-03
	2023	1,43E+01	2,06E-03
	Prévisionnel 2023	5,00E+02	3,00E-03

Commentaires :

Les rejets radioactifs à l'atmosphère sont cohérents avec les valeurs du prévisionnel 2023.

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 l'Arrêté du 3 août 2007 autorisant Electricité de France à poursuivre les prélèvements d'eau et les rejets d'effluents liquides et gazeux pour l'exploitation du site nucléaire de Creys-Malville (ECEI0756111A).

		Limites annuelles de rejet		Rejet	
Paramètres	Localisation prélèvement	Prescriptions	Valeur	Valeur maximale	Valeur moyenne
Tritium	Cheminée du système EBA	Activité annuelle rejetée (GBq)	2,00E+03	1,43E+01	S.O.
		Débit instantané (Bq/s)	1,00E+06	9,90E+02	4,54E+02
Autres produits de fission et produits d'activation	Cheminée du système EBA	Activité annuelle rejetée (GBq)	1,00E-01	2,06E-03	S.O.
		Débit instantané (Bq/s)	1,00E+00	7,99E-02	6,65E-02

*Correspond à l'activité annuelle rejetée

Commentaires :

Les rejets radioactifs à l'atmosphère respectent les valeurs limites de rejets.

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

Les rejets radioactifs diffus ont pour origine les événements de réservoirs d'entreposage des effluents radioactifs. 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 des rejets diffus (m³)	Rejets au niveau des événements d'entreposage des effluents liquides	
		Tritium (Bq)	Iodes (Bq)
Janvier	3,02E+02	9,003E+02	0,00E+00
Février	/	/	/
Mars	/	/	/
Avril	/	/	/
Mai	/	/	/
Juin	/	/	/
Juillet	/	/	/
Août	/	/	/
Septembre	3,05E+02	0,00E+00	0,00E+00
Octobre	2,86E+02	4,635E+02	0,00E+00
Novembre	/	/	/
Décembre	3,01E+02	1,067E+03	0,00E+00
TOTAL ANNUEL	1,19E+03	2,43E+03	0,00E+00

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

Les sites 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 (SO₂, NO_x) 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 site 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 frigorigène. Ces émissions sont réglementairement déclarées et comptabilisées et des actions sont prises pour remédier à la situation.

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

Un bilan des émissions de gaz à effet de serre et de fluides frigorigènes est réalisé annuellement par le site de Creys-Malville.

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

Paramètre	Quantité rejetée (kg)
Chloro-fluoro-carbone (CFC)	0
Hydrogéo-chloro-fluor-carbone (HCFC)	0
Hydrogéo-fluoro-carbone (HFC)	19,7
Hexafluorure de soufre (SF6)	0

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

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

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

Le site de Creys-Malville n'a pas réalisé d'opération exceptionnelle 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 site en fonctionnement, des effluents liquides radioactifs sont produits :

- Les effluents provenant du circuit primaire dits « effluents primaires hydrogénés » contiennent des gaz de fission (xétons, 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, chimique, planchers, servitudes), le traitement de ces effluents, approprié à leurs caractéristiques physico-chimiques, peut se faire :

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

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

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

Pour le site en déconstruction de Creys-Malville, des effluents liquides radioactifs peuvent être générés par les procédés mis en œuvre, ainsi que par les circuits ou zones encore contaminés. Ces effluents sont récoltés, stockés, traités et contrôlés avant rejet. Les rejets sont surveillés en continu.

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 sites 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.

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. »

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.

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 (en déconstruction notamment), le tableau ci-dessous est un rappel du spectre de référence.

Paramètres	Radionucléide
Tritium	H^3
Produits de fission et d'activation	^{24}Na
	^{54}Mn
	^{58}Co
	^{60}Co
	^{59}Fe
	^{134}Cs
	^{137}Cs

c. Cumul mensuel

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

	Activité Tritium (GBq)	²⁴ Na (GBq)	⁵⁴ Mn (GBq)	⁵⁸ Co (GBq)	⁶⁰ Co (GBq)	⁵⁹ Fe (GBq)	¹³⁴ Cs (GBq)	¹³⁷ Cs (GBq)	⁵⁵ Fe (GBq)	⁶³ Ni (GBq)
Janvier	8,374E-02	9,016E-04	2,437E-04	2,427E-04	2,404E-04	5,352E-04	2,109E-04	1,426E-03	4,613E-04	6,664E-04
Février	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Mars	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Avril	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Mai	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Juin	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Juillet	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Août	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Septembre	1,479E-03	2,544E-04	2,091E-04	2,090E-04	2,201E-04	3,975E-04	2,072E-04	2,291E-04	/	1,524E-04
Octobre	4,188E-02	2,041E-03	2,001E-04	2,001E-04	1,887E-04	3,774E-04	2,001E-04	9,035E-04	/	3,688E-03
Novembre	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Décembre	9,924E-02	3,244E-04	2,098E-04	2,104E-04	2,092E-04	3,985E-04	1,911E-04	1,652E-03	/	2,502E-03
TOTAL ANNUEL	2,26E-01	3,52E-03	8,63E-04	8,62E-04	8,58E-04	1,71E-03	8,09E-04	4,21E-03	4,61E-04	7,01E-03

	Volumes rejetés (m³)	Activité Tritium (GBq)	Activités Autres PF et PA (GBq)
Janvier	3,02E+02	8,374E-02	4,928E-03
Février	/	/	/
Mars	/	/	/
Avril	/	/	/
Mai	/	/	/
Juin	/	/	/
Juillet	/	/	/
Août	/	/	/
Septembre	3,05E+02	1,479E-03	1,879E-03
Octobre	2,86E+02	4,188E-02	7,800E-03
Novembre	/	/	/
Décembre	3,01E+02	9,924E-02	5,698E-03
TOTAL ANNUEL	1,19E+03	2,26E-01	2,03E-02

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

Commentaires :

Il n'y pas eu de rejet liquide KER en février, mars, avril, mai, juin, juillet, août et novembre.

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 autres installations.

Installation	Année	Rejets par catégorie de radionucléides	
		Tritium (GBq)	Autres PA et PF (MBq)
Réservoirs T & S	2021	4,01E+01	5,75E+01
	2022	7,15E+00	2,00E+01
	2023	2,26E-01	2,03E+01
	Prévisionnel 2023	4,00E+01	8,00E+01

Commentaires :

Pour 2023, les activités rejetées en tritium et en produit de fission et d'activation (PF+PA) sont inférieures au prévisionnel. Le décalage de certains chantiers a influé directement sur la quantité et l'activité des effluents rejetés.

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 l'Arrêté du 3 août 2007 autorisant Electricité de France à poursuivre les prélèvements d'eau et les rejets d'effluents liquides et gazeux pour l'exploitation du site nucléaire de Creys-Malville (ECEI0756111A).

		Limites annuelles de rejet		Rejet
Installation	Paramètres	Prescriptions	Valeur	Valeur
Réservoirs T & S	Tritium	Activité annuelle rejetée (GBq)	1,00E+03	2,26E-01
	Autres PA et PF	Activité annuelle rejetée (GBq)	3,00E+01	2,03E-02

Commentaires :

Les limites réglementaires de rejets ont été respectées.

f. Surveillance des eaux de surface

Des prélèvements d'eau de fleuve sont réalisés lors de chaque rejet d'effluents liquides radioactifs (à mi-rejet). Des prélèvements journaliers sont également réalisés en dehors des

périodes de rejet. Plusieurs analyses sont réalisées sur ces échantillons d'eau filtrée (mesure de l'activité bêta globale, du tritium et de la teneur en potassium sur l'eau et mesures de l'activité bêta globale sur les matières en suspension). Ces analyses permettent de s'assurer du respect des valeurs d'activité volumique limites fixées par la réglementation.

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

Paramètre analysé	Activité volumique horaire à mi-rejet			Activité volumique : moyenne journalière		
	Valeur moyenne mesurée en 2023	Valeur maximale mesurée en 2023	Limite réglementaire	Valeur moyenne mesurée en 2023	Valeur maximale mesurée en 2023	Limite réglementaire
	Activité bêta globale	< 8,69E-02 Bq/L	< 1,01E-01 Bq/L	2E+00 Bq/L	-	-
Eau filtrée	Tritium	< 4,31E+00 Bq/L	< 4,60E+00 Bq/L	2,80E+02 Bq/L	< 4,83E+00 Bq/L	< 6,29E+00 Bq/L
	Potassium	1,84E+00 mg/L	2,30E+00 mg/L	-	-	-
Matières en suspension	Activité bêta globale	< 1,84E-02 Bq/L	< 2,11E-02 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 site. Les mesures d'activité bêta globale et de l'activité en tritium dans l'eau sont très inférieures aux limites réglementaires.

2. Rejets d'effluents liquides chimiques

Le fonctionnement d'un site 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.

Pour le site en déconstruction de Creys-Malville, les rejets chimiques sont composés des produits issus du démantèlement de l'installation et de son exploitation. Nous distinguons : les effluents issus du conditionnement des circuits de réfrigération qui génèrent des rejets de phosphates ;

- les effluents issus des opérations de traitement des composants extraits du réacteur (lavage ou décontamination) qui sont à l'origine de rejets : de sodium, de carbonates, de sulfates, de nitrates, de détergents ;
- les effluents issus des deux bassins décanteurs-déshuileurs, qui collectent et traitent les eaux pluviales (ruissellement sur les voiries), génèrent des rejets résiduels d'hydrocarbures ;
- les effluents issus du traitement des eaux vannes et usées transitant par les stations d'épuration.

a. 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 1^{er} 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.

b. Rejets chimiques des effluents liquides radioactifs

i. Cumul mensuel

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

	Rejets KER					
	Détergents (kg)	Phosphates (kg)	Sodium (kg)	Nitrates (kg)	Sulfates (kg)	Carbonates (kg)
Janvier	3,015E-01	9,685E-01	1,432E+01	4,215E+00	1,189E+01	4,613E+01
Février	/	/	/	/	/	/
Mars	/	/	/	/	/	/
Avril	/	/	/	/	/	/
Mai	/	/	/	/	/	/
Juin	/	/	/	/	/	/
Juillet	/	/	/	/	/	/
Août	/	/	/	/	/	/
Septembre	1,524E+00	7,620E-03	1,554E+00	8,290E+00	3,017E+00	9,357E+01
Octobre	2,859E-01	2,859E-01	1,690E+01	4,946E+00	1,321E+01	2,855E+01
Novembre	/	/	/	/	/	/
Décembre	6,934E-01	3,015E-01	2,261E+01	7,024E+00	1,661E+01	3,587E+01
TOTAL ANNUEL	2,80E+00	1,56E+00	5,54E+01	2,45E+01	4,47E+01	2,04E+02

Commentaires :

Il n'y a pas eu de rejet liquide KER en février, mars, avril, mai, juin, juillet, août et novembre.

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.

Installation	Substances	Unité	2021	2022	2023	Prévisionnel 2023
Canal de rejet principal	Détergents	kg	1,90E+00	1,97E+00	2,80E+00	5,00E+00
	Phosphates	kg	2,37E+01	5,71E+00	1,56E+00	5,00E+01
	Sodium	kg	2,94E+02	1,79E+02	5,54E+01	1,50E+03
	Nitrates	kg	2,27E+01	1,64E+01	2,45E+01	3,00E+01
	Sulfates	kg	8,14E+01	6,55E+01	4,47E+01	1,00E+03
	Carbonates	kg	8,94E+02	2,47E+02	2,04E+02	2,00E+03

Commentaires :

Pour 2023, les quantités rejetées sont inférieures au prévisionnel. Le décalage de certains chantiers, ainsi que le volume plus faible de rejet, ont influé directement sur les quantités rejetées.

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 fixées par l'Arrêté du 3 août 2007 autorisant Electricité de France à poursuivre les prélèvements d'eau et les rejets d'effluents liquides et gazeux pour l'exploitation du site nucléaire de Creys-Malville (ECEI0756111A).

	Limite	Rejet		Limite	Rejet	Limite	Rejet	Limite	Rejet
Substances	Concentration maximale ajoutée	Valeur maximale calculée	Valeur moyenne calculée	Flux 24h (kg)	Valeur maximal calculée	Flux 2h (kg)	Valeur maximal calculée	Flux annuel ajouté (kg)	Flux annuel calculé
	mg / L			Kg		Kg		Kg	
Détergents	5,00E-01	3,64E-02	8,43E-03	1,00E+02	4,74E-01	1,00E+01	3,95E-02	1,00E+03	2,80E+00
Phosphates	2,00E-01	1,08E-02	4,68E-03	1,50E+01	1,55E-01	2,00E+00	1,29E-02	2,00E+02	1,56E+00
Sodium	1,00E+01	2,56E-01	1,67E-01	4,00E+02	3,57E+00	4,00E+01	2,98E-01	1,00E+04	5,54E+01
Nitrates	2,50E-01	1,98E-01	7,36E-02	3,00E+00	2,58E+00	1,00E+00	2,15E-01	5,00E+01	2,45E+01
Sulfates	2,00E+01	1,88E-01	1,34E-01	8,00E+02	2,62E+00	8,00E+01	2,19E-01	2,00E+04	4,47E+01
Carbonates	5,00E+00	2,23E+00	6,13E-01	1,50E+02	2,91E+01	2,00E+01	2,43E+00	4,00E+03	2,04E+02

Commentaires :

Les rejets liquides chimiques respectent les valeurs limites annuelles de rejet de l'Arrêté du 3 août 2007 autorisant Electricité de France à poursuivre les prélèvements d'eau et les rejets d'effluents liquides et gazeux pour l'exploitation du site nucléaire de Creys-Malville (ECEI0756111A).

c. Rejets chimiques des effluents liquides non radioactifs

Ce paragraphe présente les rejets de substances chimiques liées aux circuits annexes de réfrigération de l'installation et qui sont conditionnés avec du phosphate. Les autres substances sont issues des stations d'épuration du site et sont dépendantes du nombre de personnes présentes au cours de l'année.

i. Cumul

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

	Suivi Mensuel	Suivi Trimestriel				
	Phosphates (kg)	azote Kjeldahl (kg)	DBO5 (kg)	DCO (kg)	MES (kg)	Hydrocarbures (kg)
Janvier	-	1,22E+01	1,93E+00	2,66E+01	1,89E+01	3,11E-01
Février	4,90E+00					
Mars	1,95E+00					
Avril	3,97E+00	2,04E+00	9,62E+00	1,11E+02	5,12E+01	4,92E-01
Mai	7,64E+00					
Juin	-					
Juillet	-	3,62E+00	6,73E+00	5,82E+01	3,24E+01	3,73E-01
Août	-					
Septembre	4,07E+00					
Octobre	-	2,25E+00	4,93E+00	4,93E+01	4,16E+01	3,18E+00
Novembre	-					
Décembre	4,20E+00					
TOTAL ANNUEL	2,67E+01	2,01E+01	2,32E+01	2,45E+02	1,44E+02	4,35E+00

DBO5 : Demande Biochimique en Oxygène à cinq jours / DCO : Demande Chimique en oxygène

MES : Matières en suspensions

ii. Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel

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 (sauf pour les hydrocarbures des bassins décanteurs déshuileurs qui ne donnent pas lieu à un prévisionnel).

Paramètres	Unité	2021	2022	2023	Prévisionnel 2023
Phosphates	Kg	2,67E+01	2,57E+01	2,67E+01	5,00E+01
Azote Kjeldahl	Kg	1,81E+01	9,02E+01	2,01E+01	1,50E+02
DBO5	Kg	4,90E+00	3,07E+01	2,32E+01	5,00E+01
DCO	Kg	7,43E+01	2,87E+02	2,45E+02	4,00E+02
MES	Kg	3,59E+01	9,70E+01	1,44E+02	1,50E+02

DBO5 : Demande Biochimique en Oxygène à cinq jours

DCO : Demande Chimique en oxygène

MES : Matières en suspensions

Commentaires :

La quantité plus faible de phosphate rejetée, issue des circuits annexes de réfrigération de l'installation, est due à un volume plus faible de purge sur l'année 2023. Les autres substances sont issues des stations d'épuration du site et sont dépendantes du nombre de personnes présentes au cours de l'année.

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 fixées par l'Arrêté du 3 août 2007 autorisant Electricité de France à poursuivre les prélèvements d'eau et les rejets d'effluents liquides et gazeux pour l'exploitation du site nucléaire de Creys-Malville (ECEI0756111A).

Paramètres	Limite	Rejet		Limite	Rejet	Limite	Rejet	Limite	Rejet
	Concentration maximale ajoutée au rejet	Valeur maximale	Valeur moyenne	Flux 24h ajouté	Valeur maximale	Flux 2h	Valeur maximale	Flux annuel ajouté	Flux annuel
	mg / L			Kg		Kg		Kg	
Phosphates	/	/	/	1,00E+02	4,90E+00	8,00E+01	2,45E+00	3,50E+02	2,67E+01
Azote Kjeldahl	4,00E+01	4,00E+01	5,73E+00	6,00E-01	1,21E-01	/	1,01E-02	/	2,01E+01
DBO5	2,50E+01	2,60E+01	6,06E+00	4,00E-01	9,36E-02	/	7,80E-03	/	2,32E+01
DCO	1,25E+02	1,54E+02	3,84E+01	1,90E+00	1,01E+00	/	8,45E-02	/	2,45E+02
MES	3,50E+01	1,20E+02	2,48E+01	6,00E-01	4,52E-01	/	3,77E-02	/	1,44E+02
Hydrocarbures	1,00E+01	1,35E-01	< 8,25E-02	1,50E+01	3,22E-02	8,00E+00	2,69E-03	3,00E+02	4,35E+00

Commentaires :

Les valeurs maximales présentées correspondent aux valeurs maximales mesurées quelle que soit la capacité de la station d'épuration. Ainsi, les valeurs maximales ont pu être ponctuellement en dépassement, notamment à la STEP de la STE, cette station ne recevant que très peu d'effluents et n'occasionnant aucun rejet, ces dépassements sont sans impact sur l'environnement. Elle a depuis été mise à l'arrêt définitivement.

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

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.

4. Opérations exceptionnelles de rejets d'effluents liquides

Le site de Creys-Malville n'a pas réalisé d'opération exceptionnelle de rejet d'effluents liquides chimiques en 2023.

III. Rejets thermiques

Dans un site, 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 site 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 sites 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.

Pour le site en démantèlement de Creys-Malville, les très faibles rejets thermiques proviennent des circuits de refroidissement de la piscine et des diesels de secours mais ne sont pas quantifiables.

Partie V - Prévention du risque microbiologique

Le site de Creys-Malville peut être confronté au risque de prolifération de micro-organismes pathogènes pour l'homme, comme les légionnelles, 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 les aéroréfrigérants du site.

Afin de limiter ces proliférations, le site de Creys-Malville applique des mesures d'exploitation visant à empêcher la prolifération des légionnelles.

Le site transmet chaque année le bilan des résultats microbiologiques à l'ASN en application de l'article 12 de l'arrêté du 13/12/2004.

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 site un programme de surveillance de la radioactivité dans l'environnement du site. Cette surveillance consiste à prélever des échantillons, à des fins d'analyse, dans les écosystèmes proches du site, 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 site 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 site 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 site réalise annuellement, sous le contrôle de l'ASN, environ 3500 analyses dont les résultats sont transmis à l'administration et publiés par EDF sur le site internet du site <http://www.edf.fr/creys-malville>. 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 radio écologique 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 radio écologique décennal plus poussé est également réalisé. L'ensemble de ces prélèvements et analyses permettent de suivre à travers une grande variété d'analyses des paramètres environnementaux pertinents (i.e. : bio indicateurs) afin d'évaluer finement et dans la durée l'impact du fonctionnement du site 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 radio écologiques 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.

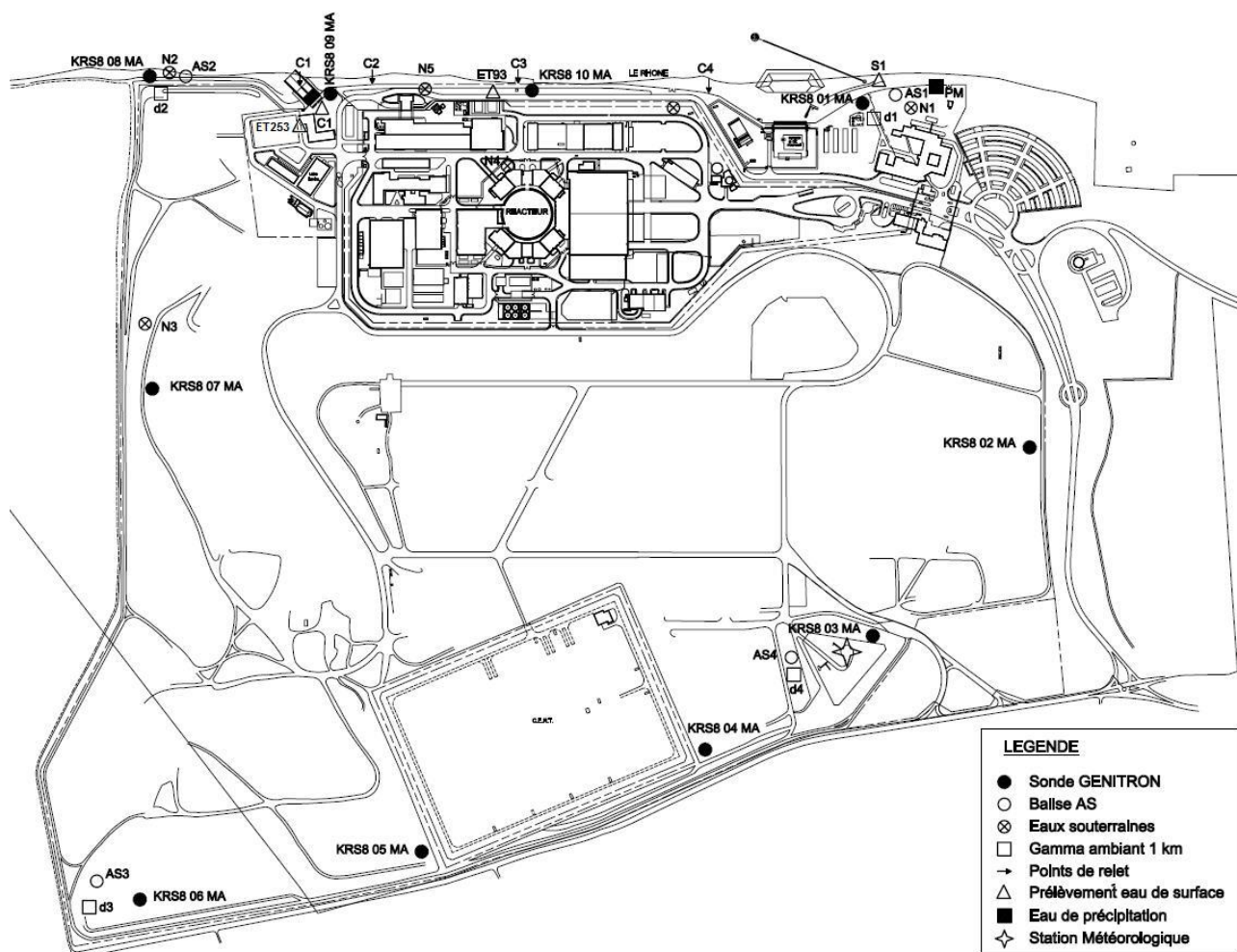
En règle générale, le plan d'échantillonnage contient des échantillons biologiques, qui constituent des voies de transfert possibles, directes ou indirectes, de la radioactivité vers l'homme (prélèvements de légumes, fruits, poissons, lait, eaux, herbes...) et des échantillons, appelés bioindicateurs, 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.

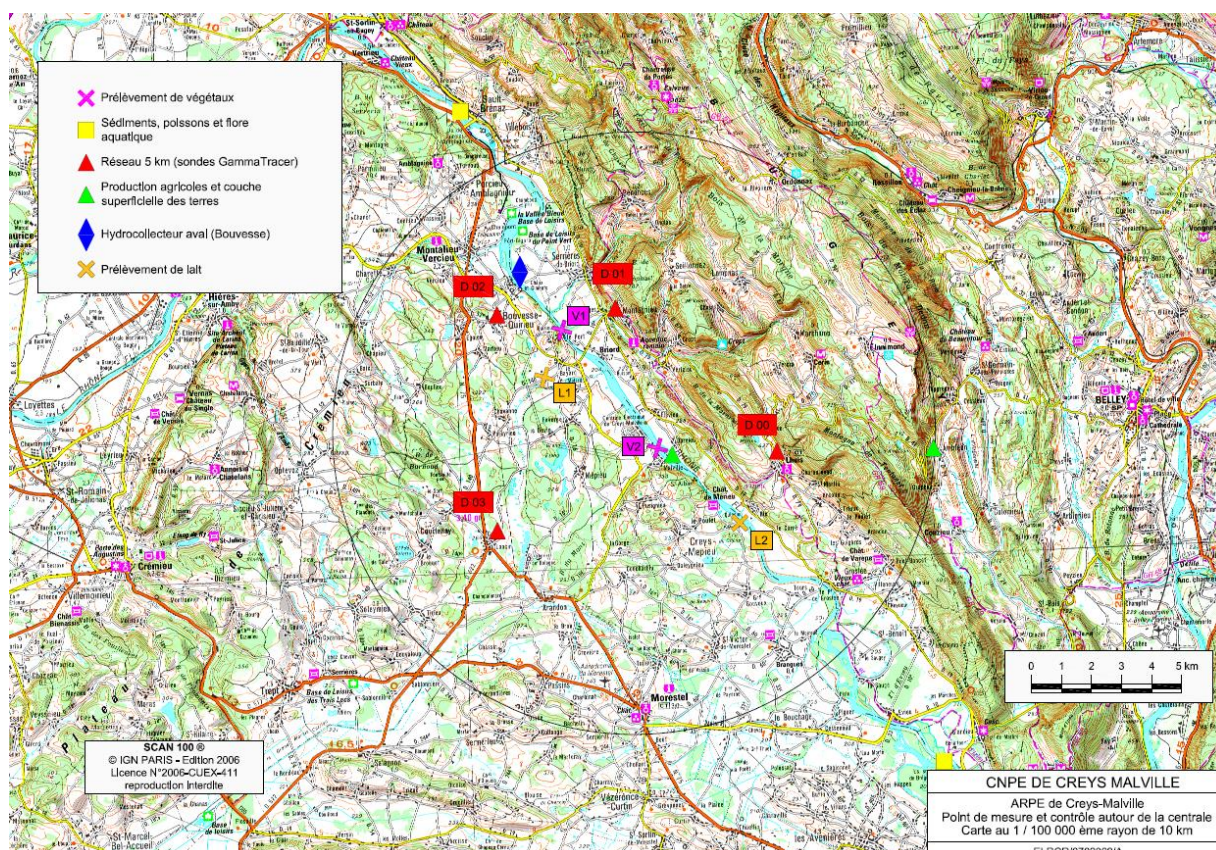
Les stations de prélèvements sont choisies en fonction de la rose des vents locale, des conditions hydrologiques, de la répartition de la population et de la disponibilité des échantillons dans l'environnement du site. Les prélèvements collectés dans l'environnement terrestre sont répartis en distinguant les zones potentiellement influencées des zones non influencées par les rejets atmosphériques du site. 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 radio écologiques ont permis de caractériser finement les niveaux de radioactivité d'origine naturelle et artificielle dans les différents compartiments de l'environnement autour du site, 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 site a considérablement diminué depuis une vingtaine d'année.

Carte de surveillance de l'environnement sur le site et carte de surveillance de l'environnement autour du site de Creys-Malville :





1. Surveillance de la radioactivité ambiante

Le système de surveillance de la radioactivité ambiante s'articule autour de 3 réseaux de balises radiamétriques (clôture, à 1 km et à 5 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.

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	8,24E+01	3,71E+02	8,44E+01	8,45E+01
1 km	8,36E+01	2,56E+02	8,37E+01	8,42E+01
5 km	8,12E+01	1,63E+02	8,27E+01	8,12E+01

Commentaires :

Pour les trois réseaux, les débits de dose moyens enregistrés pour l'année 2023 sont de l'ordre de grandeur du bruit de fond et cohérentes 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 site. Des analyses journalières de l'activité bêta globale à J+6 sont réalisées quotidiennement sur les filtres, ainsi qu'une analyse isotopique mensuelle par spectrométrie gamma sur regroupement des filtres quotidiens par station.

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

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

Les résultats des mesures réalisées sur le compartiment atmosphérique pour l'année 2023 sont donnés dans le tableau suivant.

Compartiment	Paramètres		Moyenne annuelle	Valeur maximale mesurée	Limite réglementaire (pour chaque analyse)
Poussières atmosphériques	Bêta globale (Bq/m³)		< 7,67E-04	2,85E-03	0,01
	Spectrométrie gamma mensuelle	⁵⁸ Co	< 5,95E-06	< 8,90E-06	
		⁶⁰ Co	< 5,08E-06	< 7,20E-06	
		¹³⁴ Cs	< 4,64E-06	< 7,20E-06	
		¹³⁷ Cs	< 3,87E-06	< 4,70E-06	
		⁴⁰ K	< 1,10E-04	< 1,40E-04	
	Spectrométrie gamma journalière	⁵⁸ Co	< 3,38E-05	< 5,70E-05	
		⁶⁰ Co	< 3,47E-05	< 4,90E-05	
		¹³⁴ Cs	< 2,98E-05	< 4,20E-05	
		¹³⁷ Cs	< 2,57E-05	< 3,50E-05	
		⁴⁰ K	7,08E-04	2,10E-03	
		⁷ Be	7,00E-03	9,20E-03	
		²¹⁰ Pb	2,34E-03	3,10E-03	
		²¹⁴ Pb	2,01E-02	1,40E-01	
Tritium atmosphérique (Bq/m³)			< 2,89E-01	< 4,08E-01	50
Eau de pluie	Bêta globale (Bq/L)		< 9,38E-02	1,46E-01	-
	Tritium (Bq/L)		< 4,87E+00	< 6,20E+00	-

Commentaires :

Les mesures de surveillance du compartiment atmosphérique pour l'année 2023 sont cohérentes en moyenne avec les valeurs du bruit de fond. Les mesures de l'activité bêta globale et de l'activité en tritium atmosphérique sont très inférieures aux limites réglementaires.

Le prélèvement des précipitations atmosphériques de la première période du mois de février 2023 n'a pu être réalisé en l'absence de précipitations.

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 en lien avec le spectre de référence des effluents et au potassium 40 ainsi que les autres radionucléides d'origine artificielle supérieures aux seuils de décision sont présentés.

Nature du prélèvement	Radionucléide		Périodicité	Moyenne annuelle	Valeur maximale mesurée
V1 - Végétaux Malville sous vents dominants (Bq/kg sec)	Spectrométrie gamma	⁵⁸ Co	Mensuelle	< 4,00E-01	< 6,00E-01
		⁶⁰ Co		< 4,27E-01	< 8,00E-01
		¹³⁴ Cs		< 3,36E-01	< 4,00E-01
		¹³⁷ Cs		< 3,82E-01	< 5,00E-01
		⁴⁰ K		6,67E+02	1,09E+03
V2 - Végétaux Chancillon hors vents dominants (Bq/kg sec)	Spectrométrie gamma	⁵⁸ Co	Mensuelle	< 4,09E-01	< 6,00E-01
		⁶⁰ Co		< 4,45E-01	< 8,00E-01
		¹³⁴ Cs		< 3,45E-01	< 4,00E-01
		¹³⁷ Cs		4,88E-01	8,80E-01
		⁴⁰ K		6,81E+02	1,06E+03
L1 - Lait St Victor de Morestel sous vents dominants (Bq/L)	Spectrométrie gamma	⁵⁸ Co	Mensuelle	< 4,67E-01	< 6,00E-01
		⁶⁰ Co		< 4,00E-01	< 5,00E-01
		¹³⁴ Cs		< 3,67E-01	< 5,00E-01
		¹³⁷ Cs		< 3,92E-01	< 5,00E-01
		⁴⁰ K		5,01E+01	5,70E+01
		⁵⁸ Co	Mensuelle	< 4,33E-01	< 6,00E-01

L2 - Lait Le Bayard hors vents dominants (Bq/L)	Spectrométrie gamma	⁶⁰ Co	< 3,42E-01	< 4,00E-01
		¹³⁴ Cs	< 3,92E-01	< 5,00E-01
		¹³⁷ Cs	< 4,08E-01	< 5,00E-01
		⁴⁰ K	5,15E+01	7,50E+01

Commentaires :

Les résultats des mesures annuelles réalisées sur le compartiment terrestre ainsi que leur interprétation pour l'année 2022 sont présentés dans le rapport du suivi radio écologique annuel, présenté en **annexe 2**.

Les prélèvements des végétaux terrestres du mois de septembre 2023 n'ont pu être réalisés en raison des conditions météorologiques.

4. Surveillance du milieu aquatique

Les résultats des mesures annuelles réalisées sur le compartiment aquatique ainsi que leur interprétation pour l'année 2022 sont présentés dans le rapport du suivi radio écologique annuel, présenté en **annexe 2**.

5. Surveillance des eaux souterraines

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

Paramètres	Unité	Valeur maximale mesurée
Tritium	Bq/L	< 5,70E+00
Bêta global	Bq/L	< 1,12E-01
Beta Global MES	Bq/L	< 2,20E-02

Commentaires :

Les résultats sont conformes aux valeurs habituelles.

II. Physico-chimie des eaux souterraines

Une surveillance physico-chimique des eaux souterraines est effectuée sur les paramètres physicochimiques par le biais de prélèvements sur 6 piézomètres du site.

Paramètres	Unité	Valeur maximale mesurée
Chlorures	mg/L	<1,00E+02
Sulfates	mg/L	<1,25E+02
Ortho-phosphates	mg/L	<3,00E-01
Sodium	mg/L	<1,00E+02
Mercure	µg/L	<5,00E-01
Plomb	µg/L	<5,00E+00
Indice Hydrocarbure C10 C40	µg/L	<1,00E+02
Indice Hydrocarbure volatile C5-C11	µg/L	<1,00E+02
Hydrocarbure Polyaromatiques	µg/L	<1,00E+02
PCB	µg/L	<2,00E-01
PCT	µg/L	< 1,50E+00
Potassium	mg/L	1,30E+00

Commentaires :

Les résultats sont conformes aux valeurs habituelles.

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 site, mesurent en continu le pH, la conductivité, la température de l'eau et l'oxygène dissous dans le milieu récepteur. Les tableaux suivants présentent les résultats du suivi sur l'année 2023 pour les stations amont, rejet et aval.

Station amont	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Oxygène dissous (mg/L)	1,09E+01	1,20E+01	1,15E+01	1,11E+01	9,87E+00	9,09E+00	8,48E+00	8,35E+00	8,19E+00	9,20E+00	1,15E+01	1,20E+01
Conductivité (µS/cm)	3,74E+02	3,67E+02	3,55E+02	3,58E+02	3,30E+02	2,98E+02	2,88E+02	2,81E+02	2,97E+02	3,20E+02	3,45E+02	3,36E+02
pH	8,18E+00	8,33E+00	8,24E+00	8,22E+00	8,13E+00	8,05E+00	7,89E+00	7,88E+00	7,85E+00	7,87E+00	8,09E+00	7,98E+00
Température	7,09E+00	6,61E+00	8,10E+00	1,03E+01	1,47E+01	2,00E+01	2,00E+01	1,91E+01	1,98E+01	1,61E+01	9,69E+00	7,95E+00

Station rejet	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Oxygène dissous (mg/L)	9,65E+00	1,00E+01	1,01E+01	1,01E+01	1,01E+01	1,01E+01	9,99E+00	9,91E+00	9,58E+00	9,30E+00	9,87E+00	9,67E+00
Conductivité (µS/cm)	5,13E+02	5,23E+02	5,21E+02	5,34E+02	5,12E+02	5,04E+02	5,03E+02	5,18E+02	4,85E+02	4,78E+02	4,89E+02	4,86E+02
pH	7,77E+00	7,83E+00	7,82E+00	7,83E+00	7,87E+00	7,95E+00	7,90E+00	7,65E+00	7,52E+00	7,42E+00	7,43E+00	7,49E+00
Température	1,40E+01	1,37E+01	1,35E+01	1,34E+01	1,35E+01	1,36E+01	1,38E+01	1,42E+01	1,44E+01	1,47E+01	1,45E+01	1,41E+01

Station aval	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Oxygène dissous (mg/L)	1,12E+01	1,23E+01	1,16E+01	1,11E+01	9,92E+00	8,70E+00	8,62E+00	8,82E+00	8,55E+00	9,30E+00	1,11E+01	1,17E+01
Conductivité (µS/cm)	3,73E+02	3,66E+02	3,51E+02	3,53E+02	3,21E+02	2,95E+02	2,91E+02	2,87E+02	2,92E+02	3,16E+02	3,39E+02	3,36E+02
pH	8,23E+00	8,35E+00	8,21E+00	8,07E+00	7,87E+00	7,66E+00	7,61E+00	7,88E+00	7,88E+00	7,99E+00	7,84E+00	8,20E+00
Température	7,16E+00	6,66E+00	8,21E+00	1,04E+01	1,48E+01	2,02E+01	2,05E+01	2,05E+01	2,02E+01	1,63E+01	9,84E+00	7,97E+00

Commentaires :

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

2. Physico-chimie des eaux de rejet

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

Station amont	Trimestre 1	Trimestre 2	Trimestre 3	Trimestre 4
Température (°C)	8,80E+00	1,02E+01	1,90E+01	1,73E+01
pH	8,10E+00	8,40E+00	8,20E+00	8,00E+00
O2 (mg/L)	8,50E+00	9,60E+00	8,90E+00	9,50E+00
Conductivité (µS/cm)	3,82E+02	3,63E+02	3,23E+02	3,95E+02
DCO (mg/L)	< 1,00E+01	< 1,00E+01	< 1,00E+01	< 1,00E+01
DBO5 (mg/L)	6,40E+00	1,80E+00	< 5,00E-01	1,00E+00
MES (mg/L)	3,80E+01	8,40E+01	< 2,00E+00	7,50E+00
Phosphates (mg/L)	4,50E-02	3,00E-02	5,00E-02	4,60E-02
Nitrates (mg/L)	3,90E+00	3,40E+00	1,90E+00	2,50E+00
Sulfates (mg/L)	3,27E+01	3,09E+01	4,37E+01	4,62E+01
Sodium (mg/L)	6,39E+00	6,15E+00	6,64E+00	8,25E+00
Carbonates (mg/L)	1,67E+02	1,73E+02	1,10E+02	1,07E+02

Station aval	Trimestre 1	Trimestre 2	Trimestre 3	Trimestre 4
Température (°C)	8,50E+00	1,05E+01	1,95E+01	1,68E+01
pH	8,10E+00	8,10E+00	8,30E+00	8,00E+00
O2 (mg/L)	9,20E+00	9,50E+00	9,10E+00	9,20E+00
Conductivité (µS/cm)	4,27E+02	3,63E+02	3,34E+02	4,07E+02
DCO (mg/L)	< 1,00E+01	< 1,00E+01	< 1,00E+01	< 1,00E+01
DBO5 (mg/L)	1,50E+00	1,80E+00	< 5,00E-01	8,00E-01
MES (mg/L)	1,40E+02	6,40E+01	4,20E+00	6,00E+01
Phosphates (mg/L)	4,00E-02	2,90E-02	3,20E-02	4,30E-02
Nitrates (mg/L)	3,90E+00	3,50E+00	2,40E+00	2,10E+00
Sulfates (mg/L)	3,28E+01	3,08E+01	4,47E+01	4,40E+01
Sodium (mg/L)	6,41E+00	6,19E+00	6,60E+00	7,88E+00
Carbonates (mg/L)	1,73E+02	1,73E+02	1,39E+02	1,11E+02

Commentaires :

L'ordre de grandeur des résultats est conforme aux années précédentes et cohérent avec l'évolution saisonnière ou les fluctuations naturelles de ces paramètres dans le milieu.

IV. Hydrobiologie

Tous les trois ans, le site confie la réalisation de la surveillance hydro biologique à un laboratoire externe. La dernière étude a été réalisée en 2021.

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 site. Le site de Creys-Malville n'est pas concerné par 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 site étant en fonctionnement.

1. Surveillance pérenne

La synthèse du rapport de surveillance est présentée ci-après :

La présente étude répond aux prescriptions de l'article 30 de l'arrêté du 3 août 2007 autorisant EDF à poursuivre les prélèvements d'eau et les rejets d'effluents liquides et gazeux pour l'exploitation du site de Creys-Malville. Cette surveillance biologique doit permettre de suivre l'évolution naturelle du Rhône et déceler une évolution anormale qui proviendrait du fonctionnement des installations. Elle fait suite aux suivis réalisés antérieurement par le CEMAGREF de Lyon depuis l'état initial de 1984 jusqu'à l'année 2000, puis repris par ARALEP depuis 2010. Il est dorénavant réalisé avec une fréquence triennale à deux stations localisées en amont et en aval du site.

Ce suivi porte sur quatre descripteurs biologiques, les diatomées benthiques, les macrophytes aquatiques, les macro invertébrés et la faune piscicole. Ce rapport correspond par conséquent

aux échantillonnages réalisés durant l'année 2021. Il est complété par l'exploitation des données des analyses physico-chimiques réalisées trimestriellement par le site en amont et en aval de celui-ci.

Deux campagnes de prélèvement ont été réalisées au cours de l'année pour la faune benthique (mi-juillet et mi-septembre) et les diatomées, et une seule pour les macrophytes et l'ichtyofaune (courant septembre) afin, en particulier, de bien appréhender d'une part les différentes phases de développement des invertébrés et d'autre part les jeunes poissons issus de la reproduction de l'année en cours et le succès (ou non) de celle-ci. Excepté pour les macro invertébrés, prélevés par la méthode historique des substrats artificiels depuis l'origine du suivi, l'ensemble des techniques d'échantillonnage utilisées correspondent dorénavant aux normes en vigueur : norme AFNOR IBD 2016 pour les diatomées, norme IBMR pour les macrophytes et norme IPR grands cours d'eau pour les poissons. Toutefois, ces différentes normes incluent les techniques utilisées précédemment et permettent une comparaison temporelle avec les résultats antérieurs.

Si l'hydrologie du Rhône à Lagnieu durant l'année 2021 se situe proche de la normale (coefficient annuel 1,07), celle-ci a été particulièrement perturbée tout au long de l'année par les conditions hydrologiques et sédimentaires qui ont prévalu : deux crues de période de retour comprise entre les fréquences biennale et quinquennale début février (1490 m³/s en QMJ) et mi-juin (1480 m³/s), un pic mi-mai voisin de la crue annuelle (981 m³/s) ayant précédé l'APAVÉR (i.e. chasses du Haut-Rhône) programmé cette année, le tout se terminant par une crue proche de la décennale en toute fin d'année (1 740 m³/s). Par rapport à ces événements, l'année 2021 a ainsi présenté de longues périodes de transport de sédiments fins avec localement des zones de dépôts. Chaque campagne biologique a donc été précédée par un épisode de hautes eaux.

Les résultats des analyses physico-chimiques réalisées trimestriellement par le site et synthétisés en complément du suivi biologique montrent une cohérence entre l'amont et l'aval. Ils sont majoritairement synonymes d'une très bonne qualité d'eau au sens de l'arrêté du 25 janvier 2010 modifié en juillet 2018 permettant d'évaluer l'état chimique des masses d'eau, soit un « bon potentiel » de ces dernières. Comparées à la chronique des dix dernières années, les valeurs moyennes 2021 se situent dans les mêmes gammes de concentrations et classes de EDF site de Creys-Malville ARALEP – Ecologie des Eaux Douces qualité, l'hydrologie soutenue de l'année et les phénomènes de dilution et/ou d'apports expliquent en grande partie certaines différences (bicarbonates, SO₄, NO₃, en particulier).

La qualité biologique est qualifiée de bonne au sens de l'IBD (i.e. vis-à-vis des critères MOOX et salinité). Cette classe de qualité est identique à celles obtenues en 2016 et 2018, mais l'année 2021 présente les meilleures richesses totales (81 espèces de diatomées ont été recensées contre 76 en 2018 et 77 en 2016) et note indicielle moyenne (respectivement 15,5 en 2016, 15,0 en 2018 et 15,9 en 2021), en dépit de conditions hydrologiques et sédimentaires pénalisantes (crues, APAVER). Sur ces trois années, la note de la station aval est légèrement supérieure à celle de la station amont (15,6 vs 15,3). Les espèces dominantes sont particulièrement cosmopolites et fréquentes dans les cours d'eau de la région Rhône-Alpes en général et sur le Rhône en particulier. Selon les caractéristiques bioécologiques intégrées à la classification OMNIDIA, le peuplement de diatomées dans sa globalité est plutôt béta-mésosaprobe, de statut trophique eutrophe et tolérant aux composés azotés. En dépit de

l'importante sédimentation fine des zones rivulaires du Rhône à Malville, plus minérale qu'organique, le peuplement diatomique de ce secteur du Rhône reste globalement dominé par des espèces cosmopolites, au sens de l'IBD.

25 espèces végétales ont été relevées lors de l'échantillonnage IBMR réalisé début septembre 2021, 21 en amont et 14 en aval, 12 espèces étant communes aux deux stations. Si les deux tiers de ces espèces sont des phanérogames, les taxons dominants sont une cyanobactérie et une algue verte filamenteuse à l'amont (*Phormidium* et *Spirogyra*) et deux cyanobactéries à l'aval (*Phormidium* et *Oscillatoria*). Ces valeurs se situent dans la gamme de celles enregistrées en 2018, à savoir une trentaine d'espèces au total, 21 en amont et 18 en aval. Le constat fait il y a 25 ans par le CEMAGREF d'une flore aquatique réduite et peu diversifiée sur ce secteur du Rhône, plutôt dominée par les bryophytes et les algues filamenteuses que par les macrophytes reste toujours d'actualité. Le développement des macrophytes en zone littorale est essentiellement gouverné par les conditions morpho dynamiques (intensité de la vitesse du courant et présence ou non d'un platis limoneux) et par l'éclairement permis par l'ombre portée de la ripisylve (et donc l'importance de celle-ci). Quelle que soit la station, le niveau trophique, au sens de l'IBMR, est important (note indiciaire de 9,3 en amont et de 8,5 en aval), en accord avec l'envasement des zones rivulaires de cette tête de retenue de l'aménagement CNR de Sault-Brénaz. Le résultat est stable par rapport à l'étude précédente de 2018.

Si l'évolution interannuelle de la qualité biologique des données d'échantillonnage par substrats artificiels effectué depuis l'origine du suivi montrait une rupture entre les années 1990 et les années post 2010, la qualité biologique de l'année 2021 s'est fortement dégradée et présente une nouvelle rupture par rapport aux résultats antérieurs avec un retour aux valeurs et à la qualité biologique des années 1990, médiocre à moyenne au sens indiciaire. La richesse taxonomique totale aux limites DCE est ainsi de seulement 29 taxons comparativement aux 52,5 taxons enregistrés en moyenne sur la période 2010-2018. Cette richesse est respectivement de 24 taxons à la station amont et 20 à la station aval (46 taxons en amont et 39,5 en aval en moyenne du suivi triennal). Les quatre taxons dominants (*Oligochètes*, *Potamopyrgus antipodarum*, *Dikerogammarus villosus* et *Hypania invalida*) abritent 90% des individus de l'échantillonnage 2021, et 61% pour les deux principaux. Parmi les taxons dominants à résidants >1% des effectifs au total, près de la moitié (5/11) sont des taxons exotiques, représentant 56% des individus capturés (*Jaera istri* et *Corbicula fluminea* en plus des trois espèces précédentes). Ces taxons sont très largement ubiquistes quant à leur affinité vis-à-vis de la matière organique, le peuplement benthique de ce secteur du Rhône, en tête de la retenue de Sault-Brénaz est ainsi composé en grande majorité de taxons particulièrement adaptés à ce EDF CNPE Creys-Malville ARALEP – Ecologie des Eaux Douces type de milieu (courant réduit en zone littorale et platis de sédiments fins), mais aussi aux contraintes auxquelles il a été soumis cette année (APAVÉR et plusieurs crues très significatives ayant entraîné de forts dépôts limoneux). La très nette dégradation de la qualité biologique 2021 semble imputable, dans un premier temps, aux conditions hydrologiques et sédimentaires ayant prévalu tout au long de l'année, entraînant une forte fragilisation et banalisation du peuplement benthique. La poursuite du suivi permettra de voir si celles-ci sont temporaires ou bien plus durables.

L'analyse inter stations du peuplement piscicole ne montre pas d'effets directs du site de Creys-Malville, les modifications locales induites par l'aménagement de Sault-Brénaz étant

largement prédominantes en termes d'influence (aménagement et enrochement des berges, ralentissement du courant, réchauffement induit par les conditions d'écoulement, dépôts de sédiments dans les zones les plus lenticules, etc.). Les relevés 2021 confirment la faible abondance (voire l'absence) des espèces rhéophiles caractéristiques du Rhône qui dominaient largement le peuplement avant la mise en service de l'aménagement de Sault-Brénaz. On a donc, localement, un déséquilibre net au profit d'espèces tolérantes, en réponse à la très faible diversité mésologique du secteur d'étude. Il est à noter toutefois que le chabot, absent des relevés des stations du site de Creys-Malville depuis 1998, a été observé en 2021 sur le secteur d'étude (deux individus échantillonnés à la station aval). La qualité biologique globale du Rhône dans le secteur géographique considéré décrit à partir de la structure du peuplement de poissons par les notes IPR atteint une classe jugée « bonne » sur les deux stations, en dépit d'un net écart indiciel (IPR de 14,6 en amont et 6,3 en aval). Cet écart indiciel existe toutefois également sur la valeur moyenne des cinq campagnes IPR effectuées depuis 2010 (26,3 vs 13,2).

En conclusion, si jusqu'à maintenant les différents descripteurs biologiques échantillonnés dans le cadre du suivi triennal contemporain, floristiques d'une part (diatomées et macrophytes), faunistiques d'autre part (macro invertébrés et poissons) présentaient une certaine continuité, majoritairement composés d'espèces ubiquistes et tolérantes, avec toutefois des résultats contrastés, très dépendants des conditions d'habitat et de l'hydrologie, plus que de la stricte situation amont-aval du CNPE, la macrofaune benthique apparaît très affectée par les conditions hydrologiques et sédimentaires de cette année qui impactent en premier lieu la zone de bordure où s'effectue principalement l'échantillonnage de ce groupe.

A une échelle plus générale, les résultats obtenus au fil du suivi régulier du site de Creys-Malville sont en accord avec ceux obtenus lors de différentes synthèses sur le fonctionnement hydro biologique du Rhône (Dessaix et al., 1995 ; Daufresne et al., 2004 ; Fruget et al., 2015), mettant en évidence l'influence combinée de stress multiples (changements environnementaux globaux, pollution des eaux, modification des débits, dégradation des habitats physiques, arrivée d'espèces exotiques...) parmi lesquels l'hydro climatologie, et ses phénomènes associés tel que le transport et le dépôt de sédiments fins, représente toutefois le facteur clé tel que le montre l'année 2021.

Le rapport complet est disponible sur demande auprès du site de Creys-Malville

2. Surveillance en conditions climatiques exceptionnelles

Le site de Creys-Malville n'est pas concerné par les surveillances en conditions climatiques exceptionnelles.

3. Surveillance en situations exceptionnelles

Le site de Creys-Malville n'est pas concerné par les surveillances en situations exceptionnelles.

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 sites équipés, les stations de pompage, les salles des machines, les cheminées du bâtiment des auxiliaires nucléaires, et les transformateurs.

La Mission Communication du site de Creys-Malville réalise des informations en s'adressant directement aux mairies dans un rayon de 2 km lors de la réalisation d'opérations pouvant générer du bruit, comme par exemple lors de la réalisation de certains essais périodiques sur l'installation.

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 de Creys-Malville dans le cadre du programme de surveillance réglementaire et du suivi radio écologique du site (cf. Partie VI « 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 radio écologique 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 efficace³ est calculée en tenant compte des mécanismes de transfert de l'environnement jusqu'à l'homme. Cette dose permet de « mesurer » le niveau d'exposition attribuable aux rejets d'effluents radioactifs liquides et atmosphériques d'une installation et de le positionner par rapport à la limite réglementaire pour l'exposition de la population aux rayonnements ionisants conformément à l'article R1333-11 du Code de la Santé Publique.

Le calcul de dose efficace annuelle tient compte de données spécifiques à chaque site 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 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 ;

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

- 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 :

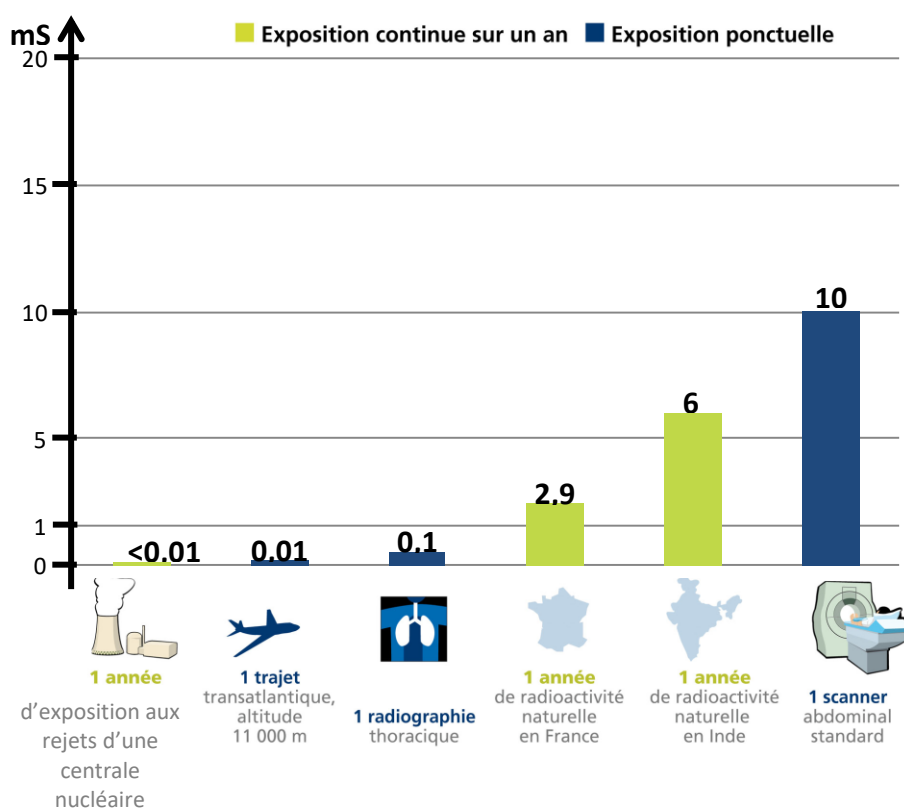


Figure 1 : Echelle des ordres de grandeur de doses résultant de situations courantes et comparaison aux seuils réglementaires (Source : EDF)

L'exposition moyenne de la population française aux rayonnements ionisants (d'origine naturelle et artificielle) est de 4,5 mSv/an. Les contributions des différentes sources d'exposition sont présentées sur la figure 2 ci-après.

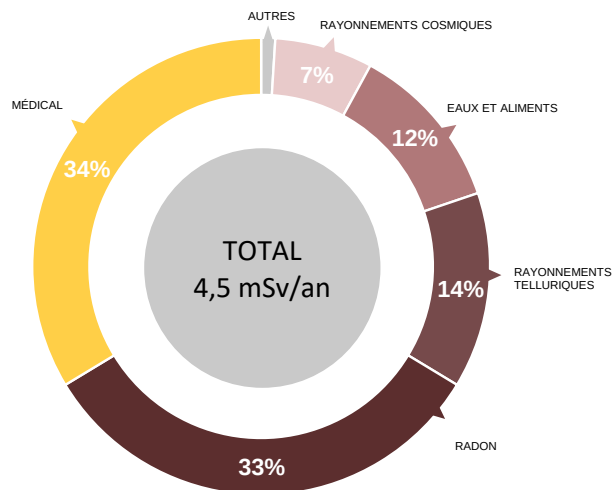


Figure 2 : Part relative des différentes sources d'expositions de la population française aux rayonnements ionisants (Source : Bilan IRSN 2021)

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 Creys-Malville, 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	7,1E-08	3,6E-08	1,1E-07
Rejets d'effluents liquides	4,3E-08	2,3E-06	2,4E-06
Total	1,1E-07	2,4E-06	2,5E-06

ENFANT DE 10 ANS	Exposition externe (mSv)	Exposition interne (mSv)	Total (mSv)
Rejets d'effluents à l'atmosphère	6,0E-08	2,6E-08	8,6E-08
Rejets d'effluents liquides	s.o.	1,1E-06	1,1E-06
Total	6,0E-08	1,1E-06	1,2E-06

ENFANT DE 1 AN	Exposition externe (mSv)	Exposition interne (mSv)	Total (mSv)
Rejets d'effluents à l'atmosphère	5,4E-08	5,6E-08	1,1E-07
Rejets liquides	s.o.	6,9E-07	6,9E-07
Total	5,4E-08	7,5E-07	8,0E-07

Les valeurs de doses calculées sont inférieures à 1.10^{-5} mSv/an pour l'adulte et pour l'enfant de 10 ans et à 1.10^{-6} mSv/an pour l'enfant de 1 an.

Les valeurs de doses calculées pour l'adulte, l'enfant de 10 ans et l'enfant de 1 an, attribuables aux rejets d'effluents radioactifs de l'année 2023 sont plus de 100 000 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.

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

I. Les déchets radioactifs

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

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

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

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

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

1. Les catégories de déchets radioactifs

Selon la durée de vie des éléments radioactifs contenus et le niveau d'activité radiologique qu'ils présentent, les déchets sont classés en plusieurs catégories. On distingue les déchets « à vie courte » des déchets « à vie longue » en fonction de leur période (une période s'exprime

en années, jours, minutes ou secondes. Elle quantifie le temps au bout duquel l'activité radioactive initiale du déchet est divisée par deux).

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

Ces déchets proviennent essentiellement :

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

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

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

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

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

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

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

Après une utilisation en réacteur pendant quatre à cinq années, le combustible nucléaire contient encore 96 % d'uranium qui peut être recyclé pour produire de nouveaux assemblages de combustible. Les 4 % restants (les « cendres » de la combustion nucléaire) constituent les déchets ultimes qui sont vitrifiés et coulés dans des conteneurs en acier inoxydable : ce sont

des déchets « de haute activité à vie longue (HAVL) ». Les parties métalliques des assemblages sont compactées et conditionnées dans des conteneurs en acier inoxydable qui sont entreposés dans l'usine précitée : ce sont des déchets « de moyenne activité à vie longue (MAVL) ».

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

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

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

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

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

2. Le transport des déchets

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

- le centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage des déchets de très faible activité (CIREs) exploité par l'Andra et situé à Morvilliers (Aube) ;
- le centre de stockage de l'Aube (CSA) pour les déchets à faible ou moyenne activité exploité par l'Andra et situé à Soullaines (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

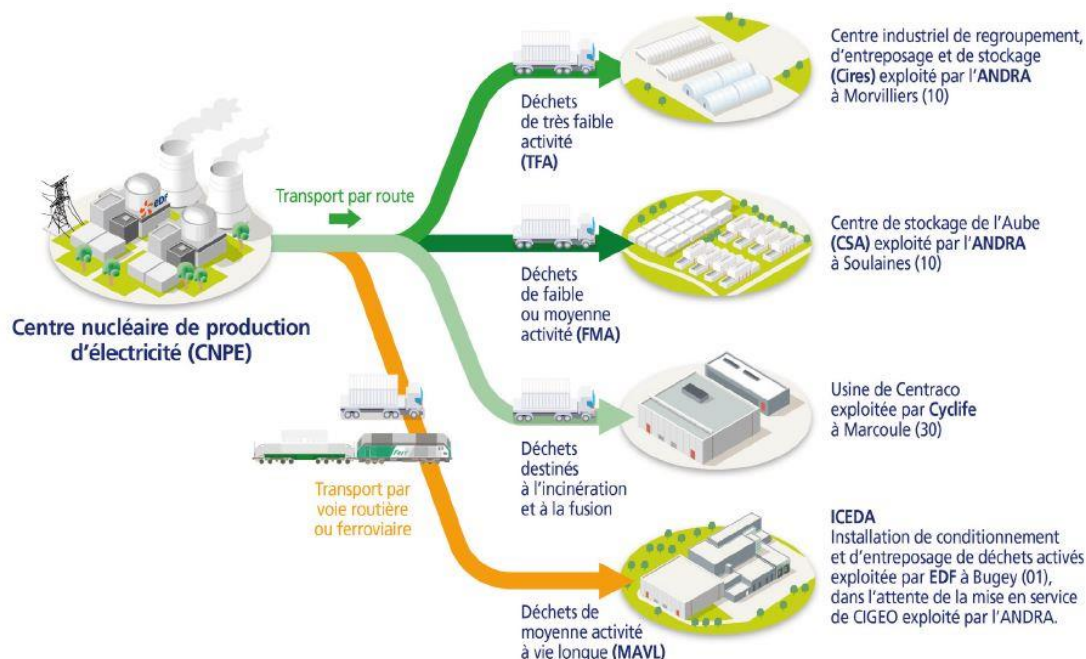


Figure 3 : Transport des déchets radioactifs (Source : EDF)

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 le réacteur en déconstruction du site de CREYS-MALVILLE.

Catégorie déchet	Quantité entreposée au 31/12/2023	Commentaires
Blocs béton	63853	Entreposés au bâtiment HB
TFA	25	Entreposés sur l'IDT SdM
FMAVC (Liquides)	/	Huiles
FMAVC (Solides)	88	Entreposés sur l'IDT ou sur les zones d'entreposage STE
FAVL	/	
MAVL	279 objets	Concerne les déchets activés d'exploitation (DAE) entreposés dans la piscine de désactivation

Le tableau suivant présente les quantités de déchets conditionnés en attente d'expédition au 31 décembre 2023 pour le réacteur en déconstruction du site de CREYS-MALVILLE.

Catégorie déchet	Quantité entreposée au 31/12/2023	Type d'emballage
TFA	15 colis	Tous types d'emballages confondus
FMAVC	/	Coques béton
FMAVC	115 colis	Fûts (métalliques, PEHD)
FMAVC	1 colis	Autres (caissons, pièces massives...)
ICEDA	/	

Le tableau suivant présente le nombre de colis évacués et les sites d'entreposage en 2023 pour le réacteur en déconstruction du site de CREYS-MALVILLE.

Site destinataire	Nombre de colis évacués
Cires à Morvilliers	3 (caisses recyclables) + 13 (casiers parois pleines) = 16
CSA à Soulaines	/
Centraco à Marcoule	105 (fûts PEHD) + 12 (caisses navettes) = 117
ICEDA ou Bugey	/

En 2023, 133 colis ont été évacués vers les différents sites de traitement ou de stockage appropriés (Centraco, Andra ou ICEDA).

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
Exploitation	10283	8383	34493	29822	97458	97393	142234	135598
Déconstruction	475	316	1085	988	2222	2218	3783	3521

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

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

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

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

Concernant l'unité en déconstruction du site de Creys-Malville, 733 tonnes de déchets conventionnels ont été produites en 2023. 96,75% 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 : Arrêté du 3 août 2007 autorisant Electricité de France à poursuivre les prélèvements d'eau et les rejets d'effluents liquides et gazeux pour l'exploitation du site nucléaire de Creys-Malville (ECEI0756111A)

Décrets, arrêtés, circulaires

TEXTES GÉNÉRAUX

MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE, DES FINANCES ET DE L'EMPLOI

Arrêté du 3 août 2007 autorisant Electricité de France à poursuivre les prélèvements d'eau et les rejets d'effluents liquides et gazeux pour l'exploitation du site nucléaire de Creys-Malville

NOR : ECEI0756111A

Le ministre d'Etat, ministre de l'écologie, du développement et de l'aménagement durables, la ministre de l'économie, des finances et de l'emploi et la ministre de la santé, de la jeunesse et des sports,

Vu le code de l'environnement ;

Vu le code de la santé publique ;

Vu le code rural ;

Vu la loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité nucléaire ;

Vu le décret n° 63-1228 du 11 décembre 1963 modifié relatif aux installations nucléaires ;

Vu le décret n° 93-743 du 29 mars 1993 modifié relatif à la nomenclature des opérations soumises à autorisation ou à déclaration en application de l'article 10 de la loi n° 92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau ;

Vu le décret n° 95-540 du 4 mai 1995 relatif aux rejets d'effluents liquides et gazeux et aux prélèvements d'eau des installations nucléaires de base, modifié par le décret n° 2002-460 du 4 avril 2002 ;

Vu le décret n° 2001-1220 du 20 décembre 2001 modifié relatif aux eaux destinées à la consommation humaine, à l'exclusion des eaux minérales naturelles ;

Vu le décret n° 2002-255 du 22 février 2002 modifiant le décret n° 93-1272 du 1^{er} décembre 1993 et créant une direction générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection ;

Vu le décret n° 2002-460 du 4 avril 2002 relatif à la protection générale des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants ;

Vu l'article 1^{er} du décret du 12 mai 1977 autorisant la création par la société NERSA d'une centrale nucléaire à neutrons rapides de 1 200 MWe sur le site de Creys-Malville, modifié par les décrets des 24 juillet 1985, 25 juillet 1986, 10 janvier 1989 et 20 mars 2006 ;

Vu le décret du 24 juillet 1985 modifié autorisant la création par la société NERSA de l'atelier pour l'évacuation du combustible (APEC) de la centrale nucléaire de Creys-Malville et modifiant le périmètre de l'installation nucléaire de base constitué par cette centrale ;

Vu les articles 2 et 5 du décret du 30 décembre 1998, modifié par le décret n° 2006-321 du 20 mars 2006, et relatif, d'une part à la première étape de la mise à l'arrêt définitif de l'installation nucléaire de base n° 91, dénommée centrale nucléaire à neutrons rapides de 1 200 MWe de Creys-Malville, d'autre part au changement d'exploitant de cette installation ainsi que de l'installation nucléaire de base connexe n° 141, dénommée atelier pour l'évacuation du combustible (APEC) ;

Vu le décret du 6 octobre 2000 autorisant la dissolution de la société anonyme dénommée centrale nucléaire européenne à neutrons rapides SA (NERSA) ;

Vu le décret du 20 mars 2006 relatif à la dernière étape de la mise à l'arrêt définitif et au démantèlement complet de l'installation nucléaire de base n° 91, dénommée centrale nucléaire à neutrons rapides de 1 200 MWe de Creys-Malville, dite « Superphénix », sur le territoire de la commune de Creys-Mépieu (Isère) ;

Vu le décret du 20 mars 2006 modifiant le décret du 24 juillet 1985 autorisant la création de l'atelier pour l'évacuation du combustible (APEC) de la centrale nucléaire de Creys-Malville, sur le territoire de la commune de Creys-Mépieu (Isère) ;

Vu l'arrêté du 26 novembre 1999 fixant les prescriptions techniques générales relatives aux limites et aux modalités des prélèvements et des rejets soumis à autorisation, effectués par les installations nucléaires de base ;

Vu l'arrêté du 31 décembre 1999 fixant la réglementation technique générale destinée à prévenir et limiter les nuisances et les risques externes résultant de l'exploitation des installations nucléaires de base ;

Vu l'arrêté du 11 septembre 2003 modifié fixant notamment les prescriptions générales applicables aux prélèvements soumis à déclaration en application des articles L. 214-1 à L. 214-6 du code de l'environnement et relevant de la rubrique 1.1.0 de la nomenclature annexée au décret n° 93-743 du 29 mars 1993 modifié ;

Vu le schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux du bassin Rhône-Méditerranée-Corse adopté et approuvé le 20 décembre 1996 ;

Vu l'arrêté du 6 août 1985 relatif à l'autorisation de rejet d'effluents radioactifs gazeux par la centrale nucléaire de Creys-Malville ;

Vu l'arrêté du 6 août 1985 relatif à l'autorisation de rejet d'effluents radioactifs liquides par la centrale nucléaire de Creys-Malville ;

Vu l'arrêté du 29 septembre 1989 relatif à l'autorisation de rejet d'effluents radioactifs gazeux par l'atelier pour l'évacuation du combustible de la centrale nucléaire de Creys-Malville (APEC) ;

Vu l'arrêté du 29 septembre 1989 relatif à l'autorisation de rejets d'effluents radioactifs liquides par l'atelier pour l'évacuation du combustible de la centrale nucléaire de Creys-Malville (APEC) ;

Vu l'arrêté préfectoral du 6 septembre 1983 autorisant les rejets non radioactifs de la centrale nucléaire de Creys-Malville dans l'eau du Rhône ;

Vu l'arrêté préfectoral du 5 novembre 1991 relatif à l'autorisation de rejeter dans le Rhône les eaux usées, pluviales et de ruissellement provenant de la zone nord de la centrale nucléaire de Creys-Malville ;

Vu l'arrêté du 23 décembre 1996 prorogeant de deux ans l'arrêté du service de la navigation de Lyon en date du 5 novembre 1981, autorisant NERSA à établir et à faire usage d'un dispositif de prise d'eau avec ouvrage de rejet dans le Rhône en vue d'alimenter la centrale de Creys-Malville, et l'arrêté préfectoral n° 83-5431 du 6 septembre 1983, autorisant NERSA à établir et à faire usage des ouvrages de rejet dans le cours d'eau le Rhône pour évacuer les eaux de la centrale de Creys-Malville ;

Vu la déclaration du 25 mars 1999 d'Electricité de France concernant la nouvelle situation de la prise d'eau et des rejets non radioactifs du site de Creys-Malville découlant de la mise à l'arrêt définitif de l'installation nucléaire de base n° 91 ;

Vu le récépissé de déclaration du 26 octobre 1999 délivré à Electricité de France pour son site de Creys-Malville au titre du décret n° 93-743 du 29 mars 1993 modifié, pour les rubriques 1.1.0-2.3.0-2.3.1-5.1.0-5.3.0 de la nomenclature établie par le décret susvisé ;

Vu la demande d'autorisation de prélèvement et de rejet d'effluents présentée le 17 décembre 2003 par Electricité de France ;

Vu l'arrêté interpréfectoral du 30 mars 2004 relatif à l'ouverture de l'enquête publique ;

Vu les dossiers de l'enquête publique ainsi que les avis exprimés lors de cette enquête effectuée du 26 avril au 26 mai 2004 ;

Vu l'avis du conseil départemental de l'environnement et des risques sanitaires et technologiques du département de l'Isère en date du 19 octobre 2006 ;

Vu l'avis du conseil départemental de l'environnement et des risques sanitaires et technologiques de l'Ain en date du 9 novembre 2006 ;

Vu l'avis du préfet du département de l'Isère en date du 23 juillet 2004 ;

Vu l'avis de l'Autorité de sûreté nucléaire en date du 11 mai 2007,

Arrêtent :

Art. 1^{er}. – Le présent arrêté a pour effet d'autoriser Electricité de France (EDF), dénommé ci-après l'exploitant, dont le siège social est situé 22-30, avenue de Wagram, Paris (75008), à poursuivre et sous réserve du respect des dispositions du présent arrêté, les prélèvements d'eau et rejets d'effluents liquides et gazeux radioactifs ou non dans l'environnement, dans le cadre du démantèlement de la centrale nucléaire à neutrons rapides, dite « Superphénix » (installation nucléaire de base – INB n° 91) et de l'exploitation de l'APEC (atelier pour l'entreposage des combustibles – INB n° 141) du site nucléaire de Creys-Malville, situé sur le territoire de la commune de Creys-Mépieu.

Le présent arrêté vise les opérations suivantes de la nomenclature du décret du 29 mars 1993 susvisé :

RUBRIQUE	DÉSIGNATION DES OPÉRATIONS de la nomenclature	OPÉRATIONS DU SITE concernées	AUTORISATION OU déclaration	SITUATION antérieure
1.1.0.	NAPPES D'EAU SOUTERRAINES Sondage, forage, création de puits ou d'ouvrage souterrain, non destiné à un usage domestique, exécuté en vue de la recherche ou de la surveillance d'eaux souterraines ou en vue d'effectuer un prélèvement temporaire ou permanent dans les eaux souterraines y compris dans les nappes d'accompagnement.	Forages de 860 m³/h et de 50 m³/h dans la nappe d'accompagnement du Rhône. Réseau de piézomètres de surveillance de la nappe d'accompagnement du Rhône.	D	
2.	EAUX SUPERFICIELLES Au sens du présent titre, le débit de référence du cours d'eau s'entend comme débit moyen mensuel sec de récurrence cinq ans ci-après dénommé « le débit ».			

RUBRIQUE	DÉSIGNATION DES OPÉRATIONS de la nomenclature	OPÉRATIONS DU SITE concernées	AUTORISATION OU déclaration	SITUATION antérieure
2.1.0.	A l'exception des prélèvements faisant l'objet d'une convention avec l'attributaire du débit affecté prévu par l'article L.214-9 du code de l'environnement, prélèvements et installations et ouvrages permettant le prélèvement, y compris par dérivation, dans un cours d'eau, dans sa nappe d'accompagnement ou dans un plan d'eau ou canal alimenté par ce cours d'eau ou cette nappe : 1° D'une capacité totale maximale comprise entre 400 et 1 000 m³/h ou entre 2 et 5 % du débit du cours d'eau ou, à défaut, du débit global d'alimentation du canal ou du plan d'eau.	Forage de 860 m³/h dans la nappe d'accompagnement du Rhône. Puits d'eau potable de 50 m³/h dans la nappe d'accompagnement du Rhône.	D	
2.2.0.	Rejet dans les eaux superficielles susceptible de modifier le régime des eaux, la capacité totale de rejet étant : 1° Supérieure ou égale à 10 000 m³/j ;	Rejet dans le Rhône 16 200 m³/j.	A	Arrêtés : du 06/09/1983 ; du 06/08/1985 ; du 29/09/1989.
2.3.0.	Rejet dans les eaux superficielles, à l'exclusion des rejets visés aux rubriques 5.1.0, 5.2.0 et 5.3.0 : 1. Le flux total de pollution brute : a) Etant supérieur ou égal à l'une des valeurs indiquées ci-après : MES : 90 kg/j ; DBO5 : 60 kg/j ; DCO : 120 kg/j ; Matières inhibitrices (MI) : 100 équitox/j ; Azote total (N) : 12 kg/j ; Phosphore total (P) : 3 kg/j ; AOX : 25 g/j ; Métox : 125 g/j ; Hydrocarbures : 0,5 kg/j.	Rejet : dans le Rhône P : 37 kg/j.	A	Arrêtés : du 06/09/1983 ; du 05/11/1991.
2.3.2.	Effluents radioactifs provenant d'une installation nucléaire de base.		A	Arrêtés : du 06/08/1985 ; du 29/09/1989.
5. 5.1.0.	OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT Stations d'épuration, le flux polluant journalier reçu ou la capacité de traitement journalière étant : 2. Supérieur à 12 kg de DBO5 mais inférieur ou égal à 120 kg de DBO5.	57 kg/j de DBO5.	D	
5.3.0.	Rejet d'eaux pluviales superficielles ou dans un bassin d'infiltration, la superficie desservie étant : 2. Supérieure à 1 ha mais inférieure à 20 ha.	18,9 ha.	D	Arrêté du 05/11/1991
6.4.0.	ACTIVITÉS ET TRAVAUX Création d'une zone imperméabilisée, supérieure à 5 ha d'un seul tenant, à l'exception des voies publiques affectées à la circulation.	Le total des surfaces des zones imperméabilisées du site est de 13 ha.	A	

TITRE I^{er}

DISPOSITIONS GÉNÉRALES

Art. 2. – I. – Cet arrêté s'applique à l'ensemble des prélèvements et rejets réalisés à la fois par les installations nucléaires de base et par les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE), situées dans les périmètres des INB n^{os} 91 et 141, désignés, par la suite, par l'appellation « site ».

II. – La présente autorisation ne vaut pas autorisation d'occupation du domaine public fluvial. Le renouvellement de cette autorisation doit à son échéance être sollicité auprès du service gestionnaire du domaine concédé.

III. – L'arrêté est pris sous réserve du droit des tiers.

IV. – Toutes dispositions doivent être prises dans la conception, la construction, l'entretien, l'exploitation et le démantèlement des installations du site, en particulier par l'utilisation des meilleures technologies disponibles à un coût économiquement acceptable, pour limiter les consommations d'eau et l'impact des rejets sur l'environnement et les populations.

Ce principe s'applique également aux dispositifs destinés à mesurer le niveau des rejets en vue d'évaluer leur impact sur l'environnement et les populations.

L'ensemble des installations de prélèvements d'eau et de rejets des effluents est conçu et exploité conformément aux plans et dispositions techniques contenus dans le dossier de demande d'autorisation présenté par l'exploitant et tant qu'elles ne sont pas contraires aux dispositions du présent arrêté et des décrets d'autorisation de création et de démantèlement.

V. – Sauf accord préalable de l'Autorité de sûreté nucléaire portant sur les cas explicitement mentionnés dans le présent arrêté, aucun rejet ne peut être pratiqué si les circuits de stockage et de rejets des effluents, les dispositifs de traitement de ces rejets ainsi que les dispositifs et moyens de radioprotection ne sont pas conformes à la réglementation en vigueur et aux prescriptions du présent arrêté.

Lorsqu'un accord préalable de l'Autorité de sûreté nucléaire est requis, celui-ci pourra prendre la forme d'un accord générique pour le site. A cet effet, l'exploitant présentera une demande à caractère générique présentant et justifiant les conditions dans lesquelles ces opérations sont conduites.

VI. – L'exploitant doit réaliser les vérifications et mesures nécessaires au bon fonctionnement des installations. En particulier, les consignes d'exploitation de l'ensemble des installations comportent explicitement les contrôles à effectuer, en marche normale et à la suite d'un arrêt pour travaux de modification, d'entretien ou de démantèlement, de façon à permettre en toutes circonstances le respect du présent arrêté.

Les installations de traitement et de stockage sont conçues, exploitées, régulièrement entretenues et contrôlées de manière à réduire le risque et, le cas échéant, les durées d'indisponibilité pendant lesquelles elles ne peuvent assurer pleinement leur fonction et de manière à pouvoir vérifier à tout moment leur efficacité.

Leur bon état de marche est contrôlé en permanence au moyen des paramètres de fonctionnement caractéristiques des installations.

Les stations de prélèvement et de mesure en continu, mentionnées dans le présent arrêté, sont munies d'alarmes signalant à l'exploitant toute interruption de leur fonctionnement.

En cas de panne des dispositifs de mesure prescrits dans le présent arrêté, l'exploitant prend toutes dispositions nécessaires pour remédier à l'indisponibilité du matériel.

VII. – Sur chaque canalisation de rejet d'effluents est prévu un point de prélèvement permettant de prélever des échantillons pour la mise en œuvre du programme de surveillance et de contrôle prévu dans le présent arrêté.

Ces points sont implantés de telle sorte qu'ils permettent de réaliser des mesures représentatives de l'effluent rejeté. Ils sont aménagés de manière à être aisément accessibles et permettre des interventions et des prélèvements en toute sécurité.

VIII. – Les agents chargés du contrôle, notamment ceux du service chargé de la police des eaux, ont constamment libre accès aux installations de prélèvement et de rejet d'eau. L'exploitant leur apporte toute aide nécessaire à la réalisation des prélèvements et des analyses.

Le service chargé de la police des eaux peut procéder à la vérification des dispositifs mis en place par l'exploitant pour la mesure des débits d'eau prélevés.

TITRE II

PRÉLÈVEMENTS D'EAU

CHAPITRE I^{er}

Principes généraux

Art. 3. – I. – Pour le fonctionnement des installations de ce site, l'exploitant prélève de l'eau dans la nappe d'accompagnement du Rhône.

II. – La réfrigération en circuit ouvert est interdite, sauf pour le circuit SEI ; celui-ci sert au refroidissement du circuit d'eau glacée réacteur, au conditionnement des locaux hors du bâtiment réacteur nécessaire aux process (BCC, TNA...) et au refroidissement des diesels, groupes froid et piscine de l'APEC.

CHAPITRE II

Dispositions techniques particulières à l'ouvrage de prélèvement dans la nappe d'accompagnement du Rhône

Art. 4. – I. – Les prélèvements d'eaux souterraines s'effectuent en deux points ; ces deux ouvrages sont les suivants :

- un puits à barbacanes (SEI : coordonnées Lambert X = 843989,760 ; Y = 89423,115) de 20 m de profondeur, d'un diamètre de 5 m, équipé pour un débit maximal de 860 m³/h, destiné à alimenter les circuits de réfrigération ainsi que les circuits de lutte contre l'incendie ;

- un puits (SEP : coordonnées Lambert X = 844405,840 ; Y = 88921,730) de 16,75 m de profondeur, équipé de tuyauteries (crépines en partie basse) d'un diamètre d'environ 0,24 m, pour un débit maximal de 50 m³/h, destiné notamment à alimenter l'installation de production d'eau déminéralisée, les systèmes de climatisation et d'eau potable.

Ces ouvrages sont équipés d'un clapet antiretour ou de tout autre dispositif équivalent de protection des eaux souterraines. Les forages sont réalisés de façon à empêcher la mise en communication des nappes souterraines distinctes.

II. – Les ouvrages de raccordement sur le réseau public de distribution d'eau potable sont équipés d'un ou plusieurs réservoirs de coupure ou de tout autre dispositif équivalent permettant d'éviter, notamment à l'occasion de phénomène de retour d'eau, une perturbation du fonctionnement du réseau ou une contamination de l'eau distribuée.

CHAPITRE III

Limites des prélèvements d'eau

Art. 5. – Les volumes prélevés ne peuvent excéder les valeurs maximales suivantes :

MILIEU DU PRÉLÈVEMENT	DÉBIT MAXIMAL instantané	QUANTITÉS quotidiennes	QUANTITÉS annuelles
Nappe d'accompagnement du Rhône.	910 m ³ /heure	16 200 m ³	4 720 000 m ³

CHAPITRE IV

Conditions de prélèvement

Art. 6. – I. – Les installations de prélèvement d'eau du site sont dotées de dispositifs de mesure permettant de déterminer les débits et les volumes prélevés dans les différents milieux de prélèvements. Les débits de prise d'eau peuvent être estimés par calcul à partir des pompes d'aspiration en service. Dans tous les cas, l'incertitude relative sur la connaissance des débits doit être inférieure à 5 %. Lorsqu'un tel dispositif est utilisé, le calculateur prend en compte le débit des pompes et leur temps de fonctionnement.

II. – Les volumes prélevés sont déterminés quotidiennement pour le puits à barbacanes (SEI) et mensuellement pour le puits d'eau potable (SEP). Les données, concernant les volumes prélevés, sont stockées et une restitution indiquant les valeurs prélevées aux fréquences précitées est effectuée mensuellement sur le registre prévu à l'article 31.

CHAPITRE V

Entretien, maintenance

Art. 7. – I. – L'exploitant doit constamment entretenir en bon état et à ses frais les terrains occupés ainsi que les ouvrages et installations de prélèvements (dont les dispositifs de mesure) qui doivent rester conformes aux conditions de l'autorisation.

Lorsque des travaux de réfection sont nécessaires, l'exploitant prend préalablement l'avis du service chargé de la police du milieu où se fait le prélèvement.

II. – Des vérifications sont effectuées régulièrement sur les installations de prélèvement d'eau dans la nappe d'accompagnement du Rhône afin de vérifier la validité des résultats fournis par les dispositifs de mesure des débits ou l'estimation réalisée à partir des pompes de prélèvement.

III. – En cas de panne des dispositifs de mesure prescrits dans le titre II, l'exploitant avise aussitôt le service chargé de la police des eaux et prend toutes dispositions nécessaires pour limiter la durée d'indisponibilité du matériel. Il devra justifier les anomalies constatées.

TITRE III

REJETS D'EFFLUENTS GAZEUX

CHAPITRE I^{er}

Principes généraux

Art. 8. – Les rejets d'effluents gazeux, qu'ils soient radioactifs ou non, ne sont autorisés que dans les limites et les conditions techniques décrites ci-après. Les rejets non maîtrisés sont interdits. Les rejets d'effluents radioactifs gazeux non contrôlés sont interdits, à l'exception de ceux résultant des opérations cités à l'alinéa II de l'article 9 et des rejets diffus cités à l'alinéa III de l'article 12.

Les installations sont conçues, exploitées et entretenues de manière à limiter les émissions d'effluents à l'atmosphère. Ces émissions doivent être captées à la source, canalisées et, si besoin, traitées, en application du paragraphe IV de l'article 2, afin que les rejets correspondants soient maintenus aussi faibles que raisonnablement possible.

Les chantiers de démolition des bâtiments devront être organisés et conduits de manière à limiter les émissions de poussières.

Les conditions de collecte, de traitement et de rejet des effluents gazeux sont telles qu'elles n'entraînent aucun risque d'inflammation ou d'explosion, ni la production, du fait du mélange des effluents, de substances polluantes nouvelles.

Les rejets d'effluents radioactifs gazeux ne doivent en aucun cas ajouter d'actinides (émetteurs alpha) dans l'environnement.

I. – Les dispositifs de traitement sont conçus de manière à faire face aux variations de débit, de température ou de composition des effluents à traiter, en particulier à l'occasion du démarrage ou de l'arrêt de l'installation à l'origine des rejets.

II. – Les rejets à l'atmosphère sont évacués, après traitement éventuel, par l'intermédiaire de cheminées ou dispositifs d'échappement conçus pour permettre une bonne diffusion des rejets. La forme des conduits, notamment dans leur partie la plus proche du débouché à l'atmosphère, est conçue de façon à favoriser au maximum l'ascension et la diffusion des effluents dans l'atmosphère. Ces conduits sont implantés de manière à éviter le refoulement des effluents rejetés dans les conduits ou prises d'air avoisinants.

L'exploitant étale dans le temps les rejets radioactifs gazeux en vue de leur dilution la plus grande possible.

CHAPITRE II

Dispositions techniques particulières

Art. 9. – I. – Les effluents gazeux radioactifs du site nucléaire sont rejetés par des cheminées ou des conduits d'évacuation. Ils sont destinés à rejeter l'ensemble des émissions gazeuses radioactives des installations. Ces émissions sont collectées, filtrées (hormis les effluents uniquement tritiés) avant rejet à l'atmosphère.

Les cheminées ont les caractéristiques suivantes :

Cheminée du système EBA :

Elle collecte tous les effluents gazeux radioactifs produits par le BR (bâtiment réacteur), l'APEC (atelier pour l'entreposage des combustibles), le BAN sud (bâtiment des auxiliaires nucléaires), l'installation TNA (traitement du sodium) et la STE (station de traitement des effluents) :

- hauteur minimale au-dessus du sol : 86 mètres ;
- diamètre intérieur : 2 mètres ;
- débit minimal : 70 000 m³/heure.

Avant la démolition du bâtiment réacteur, et après traitement du sodium et de l'ensemble des équipements ayant contenu du sodium, l'exploitant créera une cheminée située sur le périmètre de l'INB n° 141 afin de collecter les effluents gazeux de l'APEC, de la STE et des bâtiment réacteur (BR) et BAN sud.

La construction et la mise en service de cette nouvelle cheminée feront l'objet d'une autorisation de l'Autorité de sûreté nucléaire sur la base d'un dossier comprenant notamment les caractéristiques et performances de la cheminée.

Cheminée de l'installation de destruction du sodium sur les composants sodés en provenance des circuits secondaires (SND) :

Elle collecte les effluents de l'installation de destruction du sodium :

- hauteur minimale au-dessus du sol : 8 mètres ;
- diamètre intérieur : 0,60 mètre ;
- débit : 10 000 m³/heure.

Cette cheminée est équipée d'un laveur d'air permettant le piégeage des aérosols de sodium et d'un barboteur permettant la mesure de tritium.

Les extrémités de ces deux dernières cheminées seront situées à un niveau supérieur à la toiture la plus haute des bâtiments concernés.

II. – Les effluents gazeux radioactifs, ne contenant que du tritium et résultant notamment de la carbonatation des circuits secondaires et auxiliaires de sodium (n'ayant pas été en contact avec le sodium du circuit primaire ou du barillet), pourront ne pas être collectés par la cheminée EBA à condition qu'une mesure du tritium soit réalisée.

D'autres opérations de type lavage ou découpe pourront ne faire l'objet que d'une estimation préalable sous réserve que l'activité tritium mise en jeu présente un caractère négligeable.

III. – Les effluents gazeux des deux groupes électrogènes de secours de l'INB n° 141 sont rejetés par deux conduits d'évacuation :

- hauteur : 18 mètres ;
- diamètre : 0,50 mètre.

Les extrémités de ces conduits sont situées à un niveau supérieur à la toiture la plus haute des bâtiments concernés.

Art. 10. – L'exploitant prend les dispositions de maintenance et de contrôles périodiques dont il justifie le caractère suffisant pour garantir, à tout moment, l'efficacité des systèmes de filtration requise par les études de sûreté.

CHAPITRE III

Valeurs limites

Art. 11. – I. – L'activité des effluents radioactifs rejetés à l'atmosphère sous forme gazeuse ou d'aérosols solides ou liquides par les installations du site ne doit pas excéder les limites annuelles suivantes :

PARAMÈTRES	ACTIVITÉ annuelle rejetée	SPÉCIFICATIONS
Tritium.	98 TBq pour les rejets effectués par la cheminée EBA, avec un rejet maximal de 1 TBq/jour. 2 TBq pour les rejets effectués par d'autres voies.	Pendant dix ans à compter de la parution du présent arrêté (*).
	2 TBq.	Au-delà de la période ci-dessus.
Autres produits de fission ou d'activation émetteurs bêta ou gamma.	0,1 GBq.	
(*) Cette période couvre les opérations de traitement des pièges froids primaires et secondaires et de carbonatation de la cuve primaire.		

II. – Le débit d'activité de la cheminée EBA ne doit pas excéder les limites suivantes :

PARAMÈTRES	DÉBIT D'ACTIVITÉ (en Bq/s)	SPÉCIFICATIONS
Tritium.	$1,5 \cdot 10^{-7}$.	Pendant dix ans à compter de la parution du présent arrêté (*).
	$1 \cdot 10^{-6}$.	Au-delà de la période ci-dessus.
Autres produits de fission ou d'activation émetteurs bêta ou gamma.	1.	
(*) Cette période couvre les opérations de traitement des pièges froids primaires et secondaires et de carbonatation de la cuve primaire.		

Ces débits d'activité sont à respecter en moyenne sur les quatre périodes administratives définies à l'article 12.

III. – Sans préjudice de l'application des règles générales de surveillance et d'exploitation, les rejets ne peuvent être réalisés que si le débit de ventilation de la cheminée EBA est supérieur à 70 000 m³/h. En dessous de ce débit, les rejets concertés sont interdits et les rejets permanents doivent être réalisés dans les conditions prescrites au préalable par l'Autorité de sûreté nucléaire.

IV. – L'activité volumique, mesurée dans l'air au niveau du sol, ne doit pas dépasser, selon les conditions de prélèvement visées à l'article 14, les valeurs limites suivantes :

PARAMÈTRES CONCERNÉS	ACTIVITÉ VOLUMIQUE (EN Bq/m ³)
Tritium.	50
Activité bêta globale (aérosols d'origine artificielle).	0,01

CHAPITRE IV

Contrôles, vérifications, surveillance

Art. 12. – L'exploitant doit réaliser des contrôles et des analyses afin de vérifier le respect des valeurs limites de rejets spécifiés au chapitre III du titre III. L'exploitant doit être en mesure de fournir la répartition des émissions atmosphériques par cheminée.

Des équipements et des moyens appropriés de prélèvement et de contrôle doivent permettre de prélever des échantillons représentatifs des rejets réalisés dans les cheminées.

I. – Les rejets des effluents radioactifs du site de Creys-Malville font l'objet des contrôles et analyses suivants réalisés à la cheminée EBA :

- une mesure du débit d'émission des effluents est réalisée en permanence ;
- une surveillance de l'activité bêta globale de l'effluent avec enregistrement permanent est effectuée dans la cheminée. Cet enregistrement fournit des indications représentatives des activités volumiques quel que soit le débit d'activité (notamment pour les forts débits, et aussi bas que technologiquement possible à un coût économiquement acceptable pour les faibles débits). Ce dispositif de surveillance est muni d'une alarme avec double sécurité (moyens de détection et transmission de l'information redondants), avec report en salle de surveillance, dont le seuil de déclenchement est réglé à 4 mégabecquerels par mètre cube (MBq/m³) ;
- pour chacune des quatre périodes mensuelles définies comme suit : du 1^{er} au 7, du 8 au 14, du 15 au 21, du 22 à la fin du mois, il est procédé à l'analyse des constituants de l'effluent gazeux rejeté en régime continu pour chaque cheminée, dans les conditions suivantes :
 - le tritium est prélevé en continu avec détermination, sur les quatre périodes précitées, de l'activité ;
 - l'absence d'actinides (émetteurs alpha) dans la cheminée est vérifiée par prélèvement en continu sur la période puis analyse permettant d'assurer un seuil de décision aussi bas que raisonnablement possible et au maximum de 0,001 Bq/m³ ;
 - pour les autres produits de fission et d'activation, l'activité est déterminée à partir de prélèvements continus. Il est procédé au minimum à l'évaluation de l'activité bêta globale et à une analyse spectrométrique gamma permettant de déterminer les principaux constituants.

En cas de dépassement du seuil d'alarme, l'exploitant suspend toute opération en cours susceptible de générer des rejets gazeux radioactifs. Il procède immédiatement aux analyses des prélèvements en continu dans les conditions définies au présent article afin de déterminer l'origine de l'écart et en informe immédiatement les autorités selon les modalités précisées à l'article 34.

II. – Pour la cheminée SND et les conduits d'évacuation, ne rejetant que du tritium, un prélèvement est effectué en continu durant leurs périodes de fonctionnement.

III. – Les émissions à l'atmosphère associées aux rejets diffus font l'objet d'une estimation mensuelle, visant notamment à s'assurer de leur caractère négligeable. Ces estimations porteront, en particulier, sur les volumes et les activités (tritium) rejetés. Les rejets diffus sont constitués notamment des rejets radioactifs au niveau des événements des réservoirs T et S.

Art. 13. – I. – Le bon état de tous les conduits de transfert des effluents radioactifs gazeux entre les différentes installations doit faire l'objet de vérifications au moins annuelles.

II. – Le bon fonctionnement des appareils et des alarmes associées se trouvant sur les conduits est vérifié au moins une fois par mois et l'étalonnage de ces appareils est assuré régulièrement.

Art. 14. – I. – La surveillance de la radioactivité de l'environnement par l'exploitant comporte au minimum :

- l'enregistrement continu du rayonnement gamma ambiant :
 - en 10 points à la limite de site ;
 - 4 points à proximité de la limite du site, dont l'un d'entre eux est nécessairement situé sous le vent dominant (surveillance dite « 1 km ») ;
 - 4 autres points situés dans un rayon de 5 km autour du site (surveillance dite « 5 km ») ;
- au niveau de chacun des points de mesure du réseau « 1 km », une station d'aspiration et de prélèvement en continu des poussières atmosphériques (aérosols) sur filtre fixe qui est relevé et analysé au moins une fois par jour, sur ces poussières, il est réalisé au minimum une mesure de l'activité bêta globale d'origine artificielle. En cas de dépassement de la valeur de 0,002 Bq/m³, l'exploitant procédera à une analyse isotopique complémentaire par spectrométrie gamma et réalisera une information au titre de l'article 35 ;
- un prélèvement en continu sous les vents dominants avec mesure du tritium atmosphérique sur les périodes précisées à l'article 12 ;
- un prélèvement en continu de l'eau de pluie avec détermination mensuelle de l'activité bêta globale et de celle du tritium ;

- deux échantillons mensuels distincts d'herbe dont un prélevé sous les vents dominants. Sur ces échantillons, il est réalisé au minimum une mesure de l'activité bêta globale et une spectrométrie gamma permettant notamment de mesurer l'activité du potassium 40 ;
- deux échantillons mensuels de lait prélevés au voisinage de la centrale en deux points, dont un situé sous les vents dominants. Sur ces échantillons, il est réalisé au minimum la mesure de l'activité bêta globale et une mesure de l'activité du potassium 40. Ces contrôles sont complétés par une mesure trimestrielle du tritium ;
- une campagne annuelle de prélèvement des couches superficielles des terres. Sur ces prélèvements, il est réalisé au minimum une mesure de l'activité bêta globale et une spectrométrie gamma permettant notamment de mesurer l'activité du potassium 40 ;
- une campagne annuelle de prélèvements sur les principales productions agricoles, notamment dans les zones sous les vents dominants ; sur ces prélèvements, il est réalisé au minimum la mesure de l'activité bêta globale, une spectrométrie gamma permettant notamment de mesurer l'activité du potassium 40 et une mesure du tritium ;
- la localisation des différents points de mesure et de prélèvement mentionnés ci-dessus est précisée en annexe du présent arrêté. Toute modification doit préalablement recueillir l'accord de l'Autorité de sûreté nucléaire. Une carte récapitulative est déposée aux préfectures de l'Ain et de l'Isère.

II. – Les stations de prélèvement et de mesure en continu du réseau « 1 km » sont munies d'alarmes signalant à l'exploitant toute interruption de leur fonctionnement.

TITRE IV

REJETS D'EFFLUENTS LIQUIDES

CHAPITRE I^{er}

Principes généraux

Art. 15. – I. – Les rejets d'effluents liquides, qu'ils soient radioactifs ou non, ne sont autorisés que dans les limites et les conditions techniques ci-après. Les rejets non maîtrisés sont interdits. Les rejets d'effluents liquides radioactifs non contrôlés sont interdits.

Les installations sont conçues, exploitées et entretenues de manière à limiter les rejets d'effluents liquides. Ces effluents doivent être collectés à la source, canalisés et, si besoin, traités, afin que les rejets correspondants soient maintenus aussi faibles que raisonnablement possible.

Les rejets d'effluents radioactifs liquides ne doivent en aucun cas ajouter d'actinides (émetteurs alpha) dans l'environnement.

II. – Toutes les installations pouvant produire des effluents radioactifs disposent d'équipements permettant de collecter et de stocker séparément, suivant leur nature et leur niveau d'activité, les effluents radioactifs qu'elles produisent.

Ces équipements sont conçus et exploités de façon à éviter les risques de dissémination dans l'environnement, notamment dans les eaux souterraines.

Les installations de traitement (ou de prétraitement) des effluents liquides nécessaires au respect des valeurs limites de rejets prévues à l'article 19 sont conçues de façon à faire face aux variations des caractéristiques des effluents bruts (débit, température, composition...) y compris dans les états transitoires des installations à l'origine des effluents.

Les canalisations de transport de fluides dangereux et de collecte d'effluents pollués ou susceptibles de l'être sont étanches et résistent à l'action physique et chimique des produits qu'elles sont susceptibles de contenir.

III. – Aucun rejet radioactif liquide n'est autorisé par d'autres voies que celles prévues à cet effet. En particulier aucun rejet radioactif liquide ne sera réalisé en dehors des ouvrages de l'alinéa I de l'article 16 qui suit. Ces ouvrages doivent permettre une bonne dilution des rejets dans le milieu.

CHAPITRE II

Dispositions particulières

Art. 16. – I. – Les ouvrages de rejets dans le Rhône collectent les effluents suivants :

Le rejet principal, au PK 75,8 collecte :

- les effluents radioactif en provenance des réservoirs T et S ;
- les eaux pluviales de toiture (ET) de la zone nord ;
- les eaux pluviales de lavage (EL) de la zone nord après passage dans un bassin décanteur-déshuileur ;
- une fraction des eaux pluviales de toitures (ET) issues de la zone sud (salle des machines, bâtiment des auxiliaires nucléaires – BAN est) et les générateurs de vapeur WE et WF ;

- les eaux vannes (EV) de la zone nord après épuration ;
- les eaux de réfrigération des circuits auxiliaires ;
- les effluents de la station de déminéralisation ;
- les effluents des purges des circuits phosphatés.

Cet ouvrage assure également la prédilution des effluents radioactifs liquides mentionnée au paragraphe I de l'article 20.

Le rejet auxiliaire, au PK 76,1 collecte :

- les eaux de toitures (ET) de la zone sud (exceptés la salle des machines, le BAN est et les générateurs de vapeur WE et WF) ;
- les eaux vannes (EV) de la zone sud après épuration ;
- les eaux de lavage (EL) de la zone sud après passage dans un bassin décanteur-déshuileur.

Le rejet complémentaire au PK 76,4 sert d'exutoire en période d'orage au bassin décanteur-déshuileur sud.

Le rejet aménagement au PK 75,9 collecte les eaux pluviales de toitures (ET) des bâtiments d'exploitation complémentaire (AF), d'exploitation supplémentaire (AN) et du magasin (B).

II. – Le tableau ci-après indique l'origine des eaux véhiculées par chaque émissaire :

RÉFÉRENCE de l'émissaire	ORIGINE DES EAUX	SUPERFICIE DES ZONES imperméabilisées collectées (ha)	OUVRAGE DE REJET concerné
A1	Eaux de réfrigération en provenance des circuits auxiliaires .....	.....	Principal
A2	Effluents radioactifs (réservoirs T et S) .....	.....	Principal
A3	Effluents issus de la station de déminéralisation .....	.....	Principal
A4	Effluents des purges des circuits phosphatés .....	.....	Principal
A5	Eaux vannes station BDS .....	.....	Auxiliaire
A6	Eaux vannes station BAF .....	.....	Auxiliaire
A7	Eaux vannes station AS .....	.....	Auxiliaire
A8	Eaux vannes station zone nord .....	.....	Principal
A9	Eaux vannes station STE .....	.....	Auxiliaire
B1	Eaux pluviales EL zone sud	7,876	Auxiliaire
B2	Eaux pluviales de toiture ET zone sud	3,200	Auxiliaire
B3	Eaux pluviales EL zone nord	1,173	Principal
B4	Eaux pluviales de toiture ET zone nord	0,326	Principal
B5	Eaux pluviales de toiture ET (BEC, BES, magasin)	0,656	Aménagement
C1	Ouvrage de rejet principal (PK 75,8)	1,500	Principal
C2	Ouvrage de rejet ex-zone aménagement (PK 75,9)	0,656	Aménagement
C3	Ouvrage de rejet auxiliaire (PK 76,1)	11,076	Auxiliaire
C4	Ouvrage de rejet complémentaire (PK 76,4) .....	.....	Complémentaire

Art. 17. – I. – Un plan de tous les réseaux de rejets d'effluents liquides est établi par l'exploitant, mis à jour après chaque modification et daté. Il est tenu à la disposition de l'Autorité de sûreté nucléaire et du service chargé de la police de l'eau.

II. – Il ne doit pas être établi de liaisons directes entre les réseaux de collecte des effluents devant subir un traitement et le milieu récepteur ou les réseaux d'assainissement extérieurs à l'établissement.

III. – Les rejets d'effluents radioactifs liquides ne peuvent être effectués qu'après traitement, si nécessaire, stockage dans les réservoirs visés aux points IV et V de l'article 17 et contrôle, conformément à l'article 24.

Les réservoirs de stockage permettent de séparer les effluents des installations en fonction de leur origine, de leur caractéristiques chimiques et de leur activité. Ils sont strictement réservés au stockage des effluents avant rejet.

IV. – Circuits de traitement des effluents radioactifs :

- tous les effluents radioactifs sont collectés et dirigés vers la station de traitement des effluents (STE). Les effluents sortant de la STE sont ensuite dirigés vers trois réservoirs appelés « réservoirs T », de contrôle et de comptabilisation ;
- en complément des réservoirs de stockage d'effluents radioactifs, des réservoirs appelés « réservoirs de santé » ou « réservoirs S » doivent rester vides, sauf accord préalable de l'Autorité de sûreté nucléaire. Ils ne peuvent être utilisés, même pour transit, que pour des considérations de sûreté, de radioprotection ou d'environnement ;
- il est interdit de rejeter plus d'un réservoir à la fois.

V. – La capacité de stockage des effluents avant rejet pour l'ensemble des installations est au minimum de :

- pour les réservoirs T (KER), 900 m³ répartis en trois réservoirs de 300 m³ chacun ;
- pour les réservoirs S, 900 m³ répartis en trois réservoirs de 300 m³ chacun.

L'indisponibilité provisoire d'un réservoir doit faire l'objet d'un accord préalable de l'Autorité de sûreté nucléaire.

VI. – La canalisation qui amène les effluents à rejeter, provenant des réservoirs T et S dans la conduite de rejet, doit être unique, réalisée en matériaux résistant à la corrosion et entièrement visitable.

VII. – Les effluents non radioactifs du site doivent, avant leur rejet, faire l'objet d'un traitement éventuel afin de respecter les valeurs limites de rejets définies dans le présent arrêté. Ce traitement s'effectue notamment à travers les stations d'épuration pour les eaux vannes, et les déshuileurs pour les eaux de surface susceptibles d'être polluées par des hydrocarbures. Les déshuileurs sont dimensionnés pour traiter le volume d'eau correspondant aux dix premières minutes d'un orage de périodicité décennale.

VIII. – Les stations d'épuration des eaux vannes ou eaux domestiques doivent traiter l'ensemble des eaux vannes et eaux usées du site. L'exploitant doit s'assurer que les capacités de traitement soient adaptées afin de traiter d'une manière optimale ces effluents durant toute la vie de l'installation.

Art. 18. – Les boues issues des stations d'épuration, après entreposage éventuel à l'intérieur d'ouvrage étanche, et les boues issues des opérations de curage sont éliminées dans des conditions conformes à la réglementation.

CHAPITRE III

Valeurs limites

Art. 19. – Les rejets d'effluents liquides de l'ensemble des installations du site doivent respecter les valeurs limites suivantes :

I. – Limites annuelles globales des activités rejetées dans le Rhône par le site :

PARAMÈTRES	LIMITES ANNUELLES	SPÉCIFICATIONS
Tritium.	15 TBq	Pendant 10 ans à compter de la parution du présent arrêté (*).
	1 TBq	Au-delà de la période ci-dessus.
Autres produits de fission ou d'activation émetteurs bêta ou gamma.	30 GBq	Pendant 18 ans à compter de la parution du présent arrêté (**).
	5 GBq	Au-delà de la période ci-dessus.
(*) Cette période couvre les opérations de traitement des pièges froids primaires et secondaires. (**) Cette période couvre les opérations de traitement des pièges froids primaires et secondaires, ainsi que celles du démantèlement du bloc réacteur.		

Ces effluents proviennent du rejet principal, au PK 75,8.

Les effluents liquides provenant des trois autres ouvrages de rejets du site ne doivent pas amener de radioactivité ajoutée par rapport à la radioactivité naturelle.

II. – Le débit d'activité au point de rejet pour un débit D (l/s) du cours d'eau est au maximum, en valeur moyenne sur 24 heures, de :

PARAMÈTRES	DÉBIT D'ACTIVITÉ (Bq/s)
Tritium.	$80 \times D$
Autres produits de fission ou d'activation émetteurs bêta ou gamma.	$0,7 \times D$

III. – Les rejets d'effluents liquides radioactifs sont interdits lorsque le débit du cours d'eau observé à l'amont du site est soit inférieur ou égal à $130 \text{ m}^3/\text{s}$, soit supérieur ou égal à $900 \text{ m}^3/\text{s}$.

IV. – L'activité volumique mesurée dans l'environnement selon les conditions de prélèvement visées à l'article 28 ne doit pas dépasser les valeurs limites suivantes :

PARAMÈTRES	ACTIVITÉ VOLUMIQUE (Bq/l)
Tritium.	280
Emetteurs bêta hors ^{40}K et ^3H .	2

Art. 20. – I. – Les effluents radioactifs liquides sortant de la STE sont stockés dans les réservoirs T et S et sont ensuite dirigés vers l'ouvrage de rejet principal visé à l'article 16.

Les effluents radioactifs des réservoirs T et S sont rejetés dans le Rhône après mélange à un taux de dilution minimal de 250 assuré par le circuit SEI.

Lorsque l'activité bêta globale mesurée dans les réservoirs T et S est supérieure ou égale à 20 kBq/l , ou lorsque l'activité gamma globale est supérieure à 40 kBq/l , le rejet est interdit.

II. – Avant leur stockage dans les réservoirs T et S, les effluents doivent avoir été filtrés afin d'arrêter toutes les particules de diamètre hydrodynamique supérieur à 5 micromètres.

III. – Les dispositions suivantes sont prises pour le rejet des effluents contenus dans les réservoirs T et S :

- un seul réservoir peut être vidangé à la fois ;
- un contrôle continu de la radioactivité est réalisé sur la canalisation de rejet en amont de son rejet dans les eaux de réfrigération, associé à une alarme activée par une chaîne de mesure, réglée à un seuil de 40 kBq/l en gamma global et déclenchant l'arrêt automatique des rejets. En cas de dépassement de ce seuil, l'exploitant réalise une information au titre de l'article 35.

Art. 21. – I. – Les paramètres chimiques de l'ensemble des effluents relevant d'une rubrique de la nomenclature pour les opérations soumises à autorisation ou déclaration doivent respecter, avant rejet au milieu naturel, les dispositions qui suivent, sans préjudice des limites fixées à l'article 19 pour les effluents radioactifs, les flux indiqués étant des flux par périodes calendaires de 24 heures.

II. – L'exploitant établit un document fournissant les valeurs maximales attendues de flux et de concentrations en substances chimiques à la sortie de l'ouvrage de rejet principal et à la sortie de l'ouvrage de rejet auxiliaire. Ces valeurs peuvent être différenciées en fonction des conditions météorologiques observées.

L'exploitant réalise périodiquement, et en tout cas au moins une fois par an, des analyses sur les rejets à la sortie de l'ouvrage de rejet principal et de l'ouvrage de rejet auxiliaire. Les résultats de ces analyses sont consignés dans un document de synthèse annuel.

Les documents mentionnés aux deux alinéas ci-dessus sont transmis à l'ASN.

III. – Les tableaux ci-après définissent, pour chaque émissaire, la nature des rejets ainsi qu'un certain nombre de paramètres contrôlés pour ces rejets.

Les paramètres retenus sont appréciés à l'extrémité de chaque émissaire, en un lieu propice à la réalisation de prélèvement.

L'exploitant doit donc prendre les mesures qu'il juge appropriées pour garantir le respect de ces paramètres, sans préjudice du respect de l'exécution des actions de vérification prévues au chapitre IV.

Emissaire A1 : eau de réfrigération des circuits auxiliaires. Ces eaux sont rejetées au rejet principal (C1) et ne subissent pas de modifications d'un point de vue chimique.

Emissaire A2 : effluents radioactifs (réservoirs T et S) provenant des 2 INB, rejetés au rejet principal (C1) : (débit moyen de $2 \text{ m}^3/\text{h}$, avant dilution).

PARAMÈTRES	FLUX 2 HEURES maximal (kg)	FLUX 24 HEURES maximal (kg)	FLUX ANNUEL maximal (kg)	CONCENTRATION maximale mesurée dans les réservoirs (g/l)
Sodium.	40	400	10 000	10
Carbonates.	20	150	4 000	5
Sulfates.	80	800	20 000	20
Phosphates.	2	15	200	0,2
Nitrates.	1	3	50	0,25
Détergents.	10	100	1 000	0,5

Emissaire A3 : effluents issus de la station de déminéralisation, rejetés au rejet principal (C1).

Emissaire A4 : effluents issus des purges de circuits phosphatés, rejetés au rejet principal (C1).

PARAMÈTRES	FLUX 2 HEURES maximal (kg)	FLUX 24 HEURES maximal (kg)	FLUX ANNUEL maximal (kg)
Phosphates.	80	100	350

Emissaires A5 à A9 : effluents issus des stations d'épuration, envoyés au rejet principal (C1) ou auxiliaire (C3).

	FLUX 24 HEURES MAXIMAL (KG)					CONCENTRATION journalière max sortie station avant rejet (mg/l)
	A5 (C3)	A6 (C3)	A7 (C3)	A8 (C1)	A9 (C3)	
DBO ₅ .	2	2	2	3,5	0,4	25
DCO.	10	10	10	17,5	1,9	125
MES.	2,8	2,8	2,8	4,9	0,6	35
Azote Kjeldahl.	3,2	3,2	3,2	5,6	0,6	40
Débit journalier de rejet en m ³ /jour.	80	80	80	140	15	

Emissaire B1 : eaux pluviales EL zone sud rejetées au rejet auxiliaire (C3).

PARAMÈTRES	FLUX 2 HEURES maximal (kg)	FLUX 24 HEURES maximal (kg)	FLUX ANNUEL maximal (kg)	CONCENTRATION EN AVAL du décanteur (mg/l)
Hydrocarbures.	8	15	2 700	10

Emissaire B2 : eaux pluviales de toiture ET zone sud rejetées directement au rejet auxiliaire (C3).

Emissaire B3 : eaux pluviales EL zone nord, rejetées au rejet principal (C1).

PARAMÈTRES	FLUX 2 HEURES maximal (kg)	FLUX 24 HEURES maximal (kg)	FLUX ANNUEL maximal (kg)	CONCENTRATION EN AVAL du décanteur (mg/l)
Hydrocarbures.	8	15	300	10

Emissaire B4 : eaux pluviales de toiture ET zone nord, rejetées au rejet principal (C1).

Emissaire B5 : eaux pluviales de toiture BEC, BES, magasin, rejetées au rejet ex-zone aménagement (C2).

Art. 22. – Les rejets d’effluents liquides du site doivent être tels que :

- leur pH à l’extrémité de chaque émissaire soit compris entre 5,5 et 8,7 ;
- leur température ne dépasse pas 27 °C ;
- ils ne dégagent aucune odeur, ni au moment de la production, ni après cinq jours d’incubation à 20 °C ;
- leur couleur ne provoque pas de coloration visible du milieu récepteur ;
- ils ne contiennent pas d’hydrocarbures en quantité susceptible de provoquer l’apparition d’un film visible à la surface de l’eau à l’aval du rejet ou sur les berges et ouvrages situés à proximité ;
- ils ne contiennent pas de substances à pouvoir inhibiteur notable, capables de gêner la reproduction des poissons ou de la faune aquatique ou présenter un caractère létal à leur rencontre après mélange avec les eaux réceptrices à 50 mètres du point de rejet.

CHAPITRE IV

Contrôles, vérifications, surveillance

Art. 23. – L’exploitant procède aux contrôles et analyses sur les équipements et ouvrages de rejets du site afin de garantir le respect des valeurs limites spécifiées au chapitre III du titre IV.

Art. 24. – Aucun rejet d’effluents radioactifs liquides des réservoirs T et S ne peut être effectué sans avoir eu connaissance du résultat d’une analyse préalable de la radioactivité représentative de la totalité du volume à rejeter. Un brassage est effectué pour obtenir une homogénéité avant prélèvement.

L’analyse préalable comprend :

- une mesure du tritium ;
- une mesure bêta globale ;
- une mesure gamma globale ;
- une détermination de la composition isotopique par spectrométrie gamma.

Pour les émetteurs bêta purs, les mesures pourront être réalisées sur un échantillon moyen mensuel représentatif de la totalité des effluents rejetés.

L’absence d’actinides (émetteurs alpha) est vérifiée dans les réservoirs de stockage T et S par une analyse :

- sur une aliquote mensuelle permettant d’assurer un seuil de décision inférieur à 0,37 Bq/l ;
- à chaque rejet, permettant d’assurer un seuil de décision inférieur à 1 Bq/l.

Art. 25. – Pour les composants chimiques des effluents, l’exploitant doit réaliser des contrôles et des analyses sur les réservoirs et les émissaires sources de rejet du site afin de vérifier, *a priori* ou *a posteriori*, le respect des valeurs limites spécifiées au chapitre III du présent titre.

Des équipements et des moyens appropriés de prélèvement et de contrôle doivent permettre de prélever des échantillons représentatifs des rejets réalisés, dans les réservoirs de stockage (avant rejet) et aux extrémités des émissaires véhiculant des effluents autres que des eaux de réfrigération en des points dont l’emplacement précis est soumis à l’accord de l’Autorité de sûreté nucléaire et du service chargé de la police des eaux.

I. – Contrôles périodiques sur les émissaires sources de rejet :

Les concentrations de polluants chimiques du rejet sont mesurées au minimum suivant les fréquences indiquées ci-après. Les prélèvements, les mesures de débit, la conservation et l’analyse des échantillons sont effectués selon les normes en vigueur, le choix de toute méthode alternative doit pouvoir être justifié par l’exploitant au regard de considération technique ou économique.

Ces méthodes alternatives doivent présenter des niveaux d’efficacité et de confiance équivalents.

Emissaire A2 : effluents radioactifs (aux réservoirs T et S).

PARAMÈTRES	FRÉQUENCE DES CONTRÔLES
Carbonates.	A chaque rejet et pour chacun des réservoirs.
Sulfates.	
Nitrates (**).	
Phosphates (*).	
Sodium.	

PARAMÈTRES	FRÉQUENCE DES CONTRÔLES
Détergents.	
PH (*).	
(*) Cette mesure est effectuée préalablement à chaque rejet. (**) Cette mesure sera faite uniquement en cas de décontamination à l'acide nitrique.	

Emissaire A4 : effluents en sortie de circuit de réfrigération phosphaté.

PARAMÈTRES	FRÉQUENCE DES CONTRÔLES
Phosphates.	Analyses à chaque demande de purge du circuit. Flux déterminé à partir de la différence entre les concentrations mesurées avant et après purge et le volume du circuit.

Emissaires A5 à A9 : stations eaux vannes.

PARAMÈTRES (*)	FRÉQUENCE DES CONTRÔLES
DBO5.	Trimestriellement détermination par mesure des flux 2 heures et 24 heures.
DCO.	
MES.	
Azote Kjeldahl.	
(*) Mesures effectuées en sortie pour chaque station.	

Emissaires B1 et B3 : bassins décanteurs-déshuileurs.

PARAMÈTRES	FRÉQUENCE DES CONTRÔLES
Hydrocarbures.	Trimestriellement par prélèvement ponctuel en aval du déshuileur et détermination de la concentration.

II. – Outre les contrôles périodiques mentionnés ci-dessus, l'exploitant assure la mesure en continu de la température, du pH, de l'oxygène dissous et de la conductivité :

- au rejet principal C1 (en amont du raccordement des émissaires zones nord : B3, B4, A8) ;
- dans le milieu récepteur en amont des points de rejet et en aval des rejets, dans la zone où le mélange est réalisé.

L'emplacement des points de mesure est défini en concertation avec le service chargé de la police des eaux.

Art. 26. – I. – L'exploitant réalise en permanence une mesure de débit des effluents issus des réservoirs de stockage dans la canalisation de rejet avant mélange avec les eaux de réfrigération.

II. – L'exploitant prend les dispositions nécessaires pour déterminer en permanence le débit des effluents rejetés.

III. – L'exploitant met en place un dispositif permettant de déterminer en permanence le débit du milieu récepteur aux points de rejet.

Art. 27. – L'entretien des installations de traitement ou de mesure est assuré régulièrement. Pour ce faire, les principaux paramètres de fonctionnement sont :

- mesurés périodiquement ou suivis en continu ;
- asservis si nécessaire à une alarme ;
- reportés sur un registre éventuellement informatisé.

Les éléments suivants sont disponibles sur le site :

- consignes de fonctionnement et de surveillance ;

- enregistrement des paramètres mesurés en continu ;
- résultat des analyses destinées au suivi et aux bilans des installations de traitement des effluents ;
- relevés des pannes et des réparations effectuées ou préventions exécutées.

Art. 28. – I. – Afin d'éviter les risques de dissémination dans l'environnement, notamment dans les eaux souterraines, l'étanchéité de toutes les canalisations de transfert des effluents radioactifs entre les différentes installations sur le site, y compris les conduites d'amenée des effluents aux ouvrages de rejets, ainsi que de l'ensemble des réservoirs fait l'objet de vérifications au minimum annuelles. La tuyauterie de rejet de réservoirs T et S est entièrement visitée quatre fois par an afin d'en vérifier l'étanchéité et le bon état.

II. – Le bon fonctionnement des appareils de mesure et des alarmes associées se trouvant sur les canalisations est vérifié mensuellement. Ces appareils sont en outre contrôlés et réglés aussi souvent que nécessaire.

III. – Le bon fonctionnement des vannes et des clapets est vérifié selon un programme d'essai périodique porté à la connaissance de l'Autorité de sûreté nucléaire.

IV. – Un contrôle de l'absence de radioactivité dans les réseaux d'effluents non radioactifs (réseaux des eaux usées, eaux pluviales...) doit être réalisé au moins une fois par mois, au moyen de prélèvements ponctuels réalisés au cours de chacune des périodes mentionnées à l'article 12-I, avec un seuil de décision aussi faible que possible et en aucun cas supérieur à 0,5 Bq/l en bêta global et 50 Bq/l en tritium.

Art. 29. – La surveillance de la radioactivité de l'environnement réalisée par l'exploitant porte au minimum sur les contrôles suivants :

I. – Afin de vérifier la conformité aux prescriptions de l'article 19, un prélèvement est effectué à chaque rejet des réservoirs T et S. Ce prélèvement est effectué, à mi-rejet, dans la zone de mélange à 6 kilomètres en aval du rejet en un point défini en accord avec l'Autorité de sûreté nucléaire (hydrocollecteur). Sur ce prélèvement, il est réalisé une mesure sur l'eau filtrée (détermination de l'activité bêta globale, du potassium et du tritium) et sur les matières en suspension (activité bêta globale).

En outre, il est également réalisé un prélèvement en amont du site lors de chaque rejet.

Par ailleurs, y compris en dehors des périodes de rejet, des mesures sont réalisées sur un échantillon aliquote moyen quotidien de l'eau du milieu récepteur, obtenu à partir des prélèvements horaires de l'hydrocollecteur situé en aval. Sur cet échantillon, il est réalisé une détermination de l'activité du tritium. Une partie suffisante du volume des échantillons horaires prélevés par l'hydrocollecteur est conservée afin de réaliser les mesures complémentaires prévues ci-après.

Dès lors que les résultats des mesures visées au présent article atteignent les niveaux en activité volumique suivants :

PARAMÈTRES	ACTIVITÉ VOLUMIQUE (Bq/l)	
	En cas de rejet en cours	En l'absence de rejet
Tritium.	140	100

L'exploitant suspend le rejet éventuellement en cours et réalise les examens complémentaires suivants :

- mesure sur le prélèvement en amont de la centrale pour rechercher l'origine de la pollution ;
- s'il s'avère que les rejets de la centrale peuvent être à la source de la pollution, mesure sur chacun des prélèvements horaires mentionnés au paragraphe I du présent article ;
- spectrométrie détaillée du ou des échantillons incriminés.

Dans un tel cas, une information au titre de l'article 35 sera également effectuée.

La reprise éventuelle du rejet ne peut être effective qu'à l'issue de ces investigations et dans les conditions prévues à l'article 19.

II. – Des prélèvements annuels de sédiments, végétaux aquatiques et poissons sont effectués dans le Rhône en amont et en aval du site. Sur ces prélèvements, il est réalisé au minimum la mesure de l'activité bêta globale et une spectrométrie gamma.

III. – Un contrôle des eaux souterraines sous-jacentes aux installations est réalisé mensuellement par prélèvements effectués à partir des 5 piézomètres existant dans l'enceinte du site et à proximité. Les emplacements précis de ces piézomètres sont soumis à l'accord de l'Autorité de sûreté nucléaire. Sur ces prélèvements, il est réalisé une mesure sur l'eau filtrée (détermination des activités bêta globale, du potassium, du tritium) et sur les matières en suspension (détermination de l'activité bêta globale).

La localisation des différents points de mesure et de prélèvement mentionnés ci-dessus est précisée en annexe du présent arrêté. Toute modification doit préalablement recueillir l'accord de l'Autorité de sûreté nucléaire. Une carte récapitulative est déposée aux préfetures de l'Ain et de l'Isère.

Art. 30. – I. – La surveillance physico-chimique et biologique de l'environnement réalisée par l'exploitant doit permettre de suivre l'évolution naturelle du milieu récepteur et déceler une évolution anormale qui proviendrait du fonctionnement des installations.

II. – Deux stations ont été retenues pour suivre l'impact du fonctionnement du site nucléaire sur le milieu récepteur :

- station amont (au droit de l'ancienne prise d'eau) ;
- station aval (6 kilomètres en aval).

III. – La nature des mesures est la suivante :

Analyses physico-chimiques aux deux stations :

- température de l'eau ;
- pH ;
- l'oxygène dissous ;
- la conductivité ;
- les carbonates ;
- les sulfates ;
- les nitrates ;
- les phosphates ;
- le sodium ;
- les matières en suspension (MES) ;
- la demande chimique en oxygène (DCO) ;
- la demande biologique en oxygène sur cinq jours (DBO5).

IV. – Le calendrier des prélèvements et des mesures est le suivant :

- pour les paramètres physico-chimiques : trimestriel ;
- pour les paramètres biologiques (macro-invertébrés et faune piscicole) : triennal, avec une campagne de mesures devant être obligatoirement réalisée dans l'année suivant la fin du démantèlement de l'installation.

V. – Le calendrier des prélèvements, la nature et le nombre des contrôles peuvent être modifiés, en accord avec l'Autorité de sûreté nucléaire, notamment pour tenir compte de l'état du Rhône au cours de l'année, et du retour d'expérience.

VI. – L'accès aux points de mesure ou de prélèvement sur l'ouvrage de rejet doit être aménagé, notamment pour permettre l'approche du matériel de mesure.

VII. – La surveillance des eaux souterraines est effectuée selon les modalités suivantes :

Tous les six mois, l'exploitant fait réaliser par un organisme indépendant des prélèvements et analyses de la nappe souterraine.

Les analyses doivent rechercher la présence des éléments suivants :

- métaux lourds : plomb, mercure ;
- hydrocarbures : hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et hydrocarbures totaux (1) ;
- PCB-PCT ;
- sodium, chlorures, phosphates, sulfates.

(1) Si cette mesure est significative, l'exploitant approfondit les investigations par la recherche des hydrocarbures aliphatiques.

TITRE V

DISPOSITIONS COMMUNES À LA SURVEILLANCE DES REJETS ET DES PRÉLÈVEMENTS

CHAPITRE I^{er}

Moyens généraux de l'exploitant

Art. 31. – I. – L'exploitant prend les dispositions nécessaires pour que les prélèvements et mesures réglementaires puissent être effectués en toutes circonstances.

En particulier, pour les effluents radioactifs gazeux, le doublement des dispositifs de mesure et prélèvement en continu à la cheminée EBA doit être assuré.

Par ailleurs et sauf accord préalable de l'Autorité de sûreté nucléaire, tous les appareillages destinés au contrôle des rejets radioactifs liquides et gazeux doivent être secourus électriquement.

II. – L'exploitant dispose de ses propres laboratoires de mesures de radioactivité dans l'environnement et de contrôle des effluents radioactifs. Ces deux laboratoires sont physiquement distincts et exclusivement affectés aux mesures de radioprotection et physico-chimiques prévues dans le présent arrêté. Certaines analyses peuvent être sous-traitées à des laboratoires extérieurs après accord de l'Autorité de sûreté nucléaire.

III. – L'exploitant dispose de deux véhicules laboratoires dont l'équipement est fixé en accord avec l'Autorité de sûreté nucléaire et qui sont maintenus en état d'intervention à l'intérieur et à l'extérieur du site nucléaire quelles que soient les circonstances.

IV. – L'exploitant dispose en permanence d'un personnel compétent qualifié en radioanalyse et analyses chimiques.

V. – Les différents appareils de mesure des laboratoires visés au paragraphe II du présent article ainsi que ceux utilisés pour les prélèvements d'eau font l'objet d'une maintenance et d'une vérification mensuelle de leur bon fonctionnement ainsi que d'un étalonnage annuel. Les comptes rendus des vérifications et étalonnages figurent dans un registre de contrôle approprié.

VI. – Les conditions techniques de réalisation des prélèvements et des mesures, les caractéristiques de l'appareillage nécessaire, ses conditions d'implantation et de fonctionnement doivent être conformes aux règles techniques définies en accord avec l'Autorité de sûreté nucléaire ou du service chargé de la police de l'eau. L'emplacement des points de prélèvement, les conditions de prélèvement et de contrôle ainsi que les conditions d'analyse en laboratoire (nombre d'essais par échantillon, technique analytique, traitement des résultats...) sont déterminés en accord avec l'Autorité de sûreté nucléaire.

VII. – Les enregistrements originaux et les résultats d'analyse ou de contrôles sont archivés pendant une durée minimale de 3 ans et tenus à la disposition des agents chargés du contrôle à tout moment.

VIII. – Les dépenses afférentes à la prise d'échantillons et aux analyses nécessaires à la vérification du respect du présent arrêté sont à la charge de l'exploitant.

IX. – Des mesures complémentaires peuvent être demandées par les représentants de l'Autorité de sûreté nucléaire ou du service chargé de la police des eaux. Le choix, par l'exploitant, de l'organisme compétent pour réaliser ces mesures doit recevoir l'accord du service à l'origine de la demande. Les frais afférents à ces mesures sont à la charge de l'exploitant.

X. – L'exploitant dispose d'une station météorologique permettant de mesurer en permanence et d'enregistrer les vitesses et directions du vent, la pression atmosphérique, l'hygrométrie de l'air, la température, la pluviométrie.

Les données de vent doivent être retransmises en salle de surveillance et disponibles en toutes circonstances.

CHAPITRE II

Registres et rapports

Art. 32. – I. – L'exploitant tient à jour un registre des prélèvements d'eau réalisés, sur lequel sont représentés les résultats de la surveillance prévue à l'article 6. L'exploitant tient à jour un registre des contrôles prévus par le présent arrêté.

II. – Pour les rejets radioactifs, l'exploitant doit en permanence tenir à jour un registre pour chaque type d'effluent, gazeux ou liquide, dont l'utilisation est conforme aux directives de l'Autorité de sûreté nucléaire :

- un registre de maintenance et d'étalonnage des dispositifs de mesure en continu ou non des rejets ainsi que des appareils de mesure des laboratoires d'analyse ;
- un registre des états mensuels précisant pour chaque catégorie de rejets (continus ou discontinus) et pour chacun d'entre eux :
 - le numéro, la date, la durée et l'activité du rejet, son volume ainsi que (dans le cas des effluents liquides) le débit moyen du cours d'eau dans lequel s'effectuent les rejets ;
 - le débit de l'effluent, dans la cheminée de rejet (pour les effluents gazeux) ou dans la canalisation (pour les effluents liquides) ;
 - la composition et les activités ou les quantités volumiques mesurées pour chaque catégorie d'effluents radioactifs stockés avant rejet ou pendant les rejets ;
 - pour les effluents gazeux radioactifs, les conditions météorologiques détaillées (pression, température, direction et vitesse du vent, précipitations...) pendant le rejet ;
- un registre des résultats des mesures dans l'environnement prévues par le présent arrêté, notamment des activités volumiques mesurées après dispersion dans le milieu récepteur des effluents liquides et gazeux.

Tous les incidents de fonctionnement, tels que rupture de canalisation, élévation anormale de la radioactivité, fuites d'effluents liquides ou gazeux, rejet non contrôlé, indisponibilité de réservoir réglementaire, ruptures de filtre, variation des débits, arrêts de ventilateurs, panne d'appareils de mesure de débit et d'activité, sont mentionnés sur le registre des états mensuels.

III. – Pour les substances chimiques présentes dans les effluents, l'exploitant tient à jour un document récapitulant les analyses et les mesures effectuées en application du présent arrêté.

IV. – L'ensemble de ces registres ainsi que les résultats des contrôles prescrits en application du présent arrêté sont conservés par l'exploitant. Il peut faire l'objet d'un traitement informatisé à condition qu'il puisse être facilement consulté par des services compétents (Autorité de sûreté nucléaire, service chargé de la police des eaux).

CHAPITRE III

Contrôles exercés par l'Autorité de sûreté nucléaire

Art. 33. – I. – Un exemplaire des feuilles récapitulatives mensuelles des registres mentionnés au paragraphe II de l'article 31, signé par l'exploitant, est transmis de telle façon qu'il soit parvenu à l'Autorité de sûreté nucléaire au plus tard le 5 du mois suivant en ce qui concerne le registre des rejets, et le 10 du mois suivant en ce qui concerne les registres de maintenance, de contrôle et des mesures dans l'environnement. L'enregistrement de l'activité bêta globale de l'effluent à la cheminée EBA doit être joint au registre correspondant.

II. – L'Autorité de sûreté nucléaire doit pouvoir disposer à chaque instant des noms et des coordonnées des responsables chargés d'assurer les permanences sur le site, sous la responsabilité de l'exploitant.

III. – Sans préjudice de sa propre surveillance de l'environnement qu'il effectue en application du présent arrêté, l'exploitant transmet, en vue d'analyse, à un organisme désigné par l'Autorité de sûreté nucléaire des échantillons dont la liste et les conditions de prélèvement lui sont au préalable précisées par cette direction.

CHAPITRE IV

Vérifications, surveillance et contrôles spécifiques relatifs aux prélèvements d'eau et aux rejets d'effluents liquides non radioactifs effectués par les services chargés de la police des eaux

Art. 34. – Les agents chargés du contrôle, notamment ceux des services chargés de la police des eaux, ont constamment accès aux installations de prélèvements d'eau et de rejets. L'exploitant leur apporte toute aide nécessaire à la réalisation des prélèvements et des analyses.

Les services chargés de la police des eaux peuvent procéder à la vérification des dispositifs de mesure de l'exploitant.

Au moins une fois par an, les mesures sont effectuées par un organisme extérieur choisi en accord avec les services chargés de la police des eaux.

Les installations de prélèvement sont équipées d'un appareil agréé par les services chargés de la police des eaux, permettant de mesurer les volumes d'eau effectivement prélevés.

TITRE VI

INFORMATION DES AUTORITÉS ET DU PUBLIC

CHAPITRE I^{er}

Information sur les incidents et accidents

Art. 35. – Tout incident ou anomalie de fonctionnement de l'installation nucléaire susceptible de concerner directement ou indirectement les dispositions du présent arrêté, tel que fuite de réservoir ou de canalisation d'effluents gazeux et liquides, rejet non contrôlé, élévation anormale de la radioactivité ou de tout autre paramètre des effluents rejetés, indisponibilité de réservoirs réglementaires, détérioration de filtres, dépassement du seuil de déclenchement, réduction du débit à la cheminée principale, panne d'appareils de mesure de débits, d'activités ou de paramètres physico-chimiques, etc., fait l'objet d'une information immédiate à l'Autorité de sûreté nucléaire, au service chargé de la police des eaux, à la préfecture et à la direction générale de la santé (DGS), selon leur domaine de compétence respectif. L'événement doit être signalé sur les documents mentionnés aux articles 31 et 36. L'exploitant prend les mesures nécessaires pour limiter la durée d'indisponibilité du matériel.

Tout accroissement significatif de la radioactivité dans l'environnement fait l'objet d'une information de l'Autorité de sûreté nucléaire.

Les prescriptions du présent article ne font pas obstacle aux dispositions portant sur la déclaration des accidents et incidents significatifs relatifs à la sûreté des installations nucléaires, ni aux mesures d'alerte prévues dans le plan d'urgence interne ou dans le plan particulier d'intervention.

CHAPITRE II

Informations sur la surveillance des prélèvements et des rejets et leur impact sur l'environnement

Art. 36. – Outre l'information prévue aux articles 32 et 34, l'exploitant transmet mensuellement à l'Autorité de sûreté nucléaire et au service chargé de la police des eaux les résultats de la surveillance des prélèvements d'eau, des rejets liquides et gazeux et de leur impact sur l'environnement prévue par le présent arrêté.

Cette information comprend les résultats globaux en ce qui concerne les rejets d'effluents radioactifs (volumes, activités...) et, pour les paramètres physico-chimiques, les valeurs des flux rejetés. Pour les autres contrôles demandés dans le présent arrêté, l'exploitant indique le respect des limites. Cette information est complétée par une analyse des écarts éventuels par rapport aux limites figurant dans l'arrêté.

De plus, en cas de dépassement des niveaux visés aux chapitres I^{er} de l'article 12, I^{er} de l'article 14, IV de l'article 20 et I^{er} de l'article 28, l'exploitant informe, dans ce cadre, l'Autorité de sûreté nucléaire de la situation et des résultats des mesures complémentaires réalisées.

La transmission des résultats est effectuée sous une forme définie en accord avec l'Autorité de sûreté nucléaire et le service chargé de la police des eaux.

Avant le 31 janvier de chaque année, l'exploitant adresse aux services chargés de la police des eaux le nombre équivalent d'heures de pompage dans l'année écoulée et le débit unitaire de chaque pompe, ainsi que le volume global prélevé en distinguant le volume d'eau restitué et celui non restitué. L'exploitant doit en outre étalonner tous les trois ans les appareils de mesure de débit et adresser copie du certificat d'étalonnage à ces services.

CHAPITRE III

Rapport public annuel

Art. 37. – Chaque année, l'exploitant établit un rapport destiné à être rendu public permettant de caractériser le fonctionnement des installations et prenant en compte l'ensemble des contrôles et de la surveillance prévus par le présent arrêté.

Ce rapport présente notamment les éléments d'information suivants :

- le rappel des dispositions de l'arrêté d'autorisation (normes de rejets d'effluents et de prélèvements d'eau, contrôle des effluents et des prélèvements d'eau, programme de surveillance) ;
- l'état des prélèvements d'eau annuels et le bilan du contrôle des milieux de prélèvement ;
- l'état des rejets annuels et de leur répartition mensuelle (en activité, et en flux pour les substances chimiques) en distinguant les rejets concertés des rejets continus, ainsi que le bilan des mesures de surveillance réalisées sur les rejets et dans l'environnement. Les opérations exceptionnelles conduisant à utiliser des substances chimiques se retrouvant ensuite dans les rejets sont décrites avec leurs principales caractéristiques. Ces informations sont accompagnées des commentaires nécessaires à leur bonne compréhension : carte à une échelle convenable du programme de surveillance (localisation des stations d'étude), situation des rejets par rapport aux limites réglementaires, comparaison des résultats de mesure dans l'environnement aux mesures initiales, explications quant à d'éventuels résultats anormaux, etc. ;
- l'estimation, de façon aussi réaliste que possible, des doses reçues par la population du fait de l'activité exercée au cours de l'année écoulée ; cette estimation s'applique aux groupes de référence de la population concernés par le site, dont les caractéristiques sont rappelées dans le rapport, et s'appuie notamment sur :
 - l'évaluation des doses dues à l'irradiation externe, avec indication, le cas échéant, de la qualité des rayonnements en cause ;
 - l'évaluation de l'incorporation de radionucléides avec indication de leur nature et, au besoin, de leurs états physique et chimique, et détermination de l'activité et des concentrations de ces radionucléides ;
- la description des opérations de maintenance des équipements et ouvrages intervenant dans les prélèvements d'eau ou les rejets d'effluents ;
- la description des incidents ou anomalies de fonctionnement ayant fait l'objet d'une information en application de l'article 34 du présent arrêté (fuite d'effluents gazeux ou liquides, rejet non contrôlé, élévation anormale de la radioactivité de certaines installations, détérioration de filtres, panne d'appareils de mesure de débits et d'activités, etc.), ainsi que des mesures correctives prises par l'exploitant ;
- la mise en perspective pluriannuelle des résultats (comparaison avec les résultats antérieurs), y compris ceux relatifs à l'état de référence connu le plus ancien ;
- la présentation des efforts réalisés par l'exploitant en faveur de la protection de l'environnement ;
- l'estimation de l'impact des rejets chimiques.

Les rapports scientifiques et les tableaux des résultats bruts sont annexés à ce rapport.

Le rapport annuel est adressé au plus tard le 30 avril de l'année suivante à l'Autorité de sûreté nucléaire, à la direction de la prévention des pollutions et des risques (DPPR), à la DGS, aux préfets de l'Isère et de l'Ain, au service chargé de la police des eaux, à la DIRE Rhône-Alpes, aux DDASS de l'Ain et de l'Isère, à la direction régionale de l'environnement (DIREN) ainsi qu'à la commission locale d'information.

TITRE VII

DISPOSITIONS FINALES

Art. 38. – La présente autorisation est accordée à titre personnel, précaire et révocable sans indemnité.

Art. 39. – Les dispositions du présent arrêté s'appliquent dès sa notification à l'exception des articles suivants, qui seront applicables au plus tard dans les délais indiqués ci-après par rapport à cette date de notification :

Les barboteurs assurant le prélèvement de tritium atmosphérique à la station AS1 seront mis en place avant le début du traitement du sodium :

- la nouvelle station de pompage, prélevant dans la nappe d'accompagnement du Rhône, n'aura pas encore définitivement remplacé la station de pompage dans le Rhône. Les eaux sont rejetées au rejet principal et au rejet auxiliaire mais également au rejet complémentaire pour ce qui est des eaux de lavage des filtres. Les deux installations de pompage fonctionneront en même temps durant la période d'essais, de fonctionnement probatoire et de suivi du comportement de la nappe. A l'issue de cette période, qui n'excédera pas un an, le pompage dans le Rhône sera définitivement arrêté ;
- sous un an, après réalisation de la réalimentation électrique de l'INB n° 91 par l'INB n° 141, les diesels de l'INB n° 91 seront définitivement arrêtés ;
- les eaux vannes, les réseaux eaux de toitures et eaux de lavage de la zone nord, actuellement rejetés par le rejet nord, seront aiguillés vers le rejet principal, sous un an ;
- les eaux de la station de déminéralisation et les effluents phosphatés, actuellement rejetés par le rejet auxiliaire, seront aiguillés vers le rejet principal, sous un an ;
- la station multiparamètre au rejet principal (art. 24, IV) sera réalisée et mise en service sous un an.

Art. 40. – Les prescriptions de l'arrêté préfectoral du 5 novembre 1981 du service de la navigation de Lyon autorisant NERSA à établir et faire usage d'une prise d'eau avec ouvrage de rejet dans le fleuve Rhône susvisé sont abrogées.

Art. 41. – Les prescriptions de l'arrêté préfectoral du 6 septembre 1983 n° 83/5431, autorisant NERSA à utiliser les ouvrages de rejet dans le cours d'eau Rhône pour évacuer les eaux vannes, pluviales, de refroidissement et industrielles de la centrale et l'arrêté du 5 novembre 1991 du préfet de l'Isère n° 91-5042 autorisant NERSA à rejeter dans le Rhône les eaux usées, pluviales et de ruissellement provenant de la zone nord de la centrale nucléaire de Creys-Malville, pris par arrêté préfectoral n° 91-1643 du 5 avril 1991 susvisé, sont abrogées.

Art. 42. – Les prescriptions de l'arrêté interministériel du 6 août 1985 relatif à l'autorisation de rejets d'effluents radioactifs gazeux par la centrale nucléaire de Creys-Malville et de l'arrêté du 29 septembre 1989 relatif à l'autorisation de rejet d'effluents radioactifs gazeux par l'atelier pour l'évacuation du combustible de la centrale nucléaire de Creys-Malville (APEC) susvisé sont abrogées.

Art. 43. – Les prescriptions de l'arrêté interministériel du 6 août 1985 relatif à l'autorisation de rejets d'effluents radioactifs liquides par la centrale nucléaire de Creys-Malville et de l'arrêté du 29 septembre 1989 relatif à l'autorisation de rejet d'effluents radioactifs liquides par l'atelier pour l'évacuation du combustible de la centrale nucléaire de Creys-Malville (APEC) susvisé sont abrogées.

Art. 44. – Le présent arrêté sera publié au *Journal officiel* de la République française.

Fait à Paris, le 3 août 2007.

*La ministre de l'économie,
des finances et de l'emploi,
Pour la ministre et par délégation :
La directrice de l'action régionale,
de la qualité et de la sécurité industrielle,
N. HOMOBONO*

*Le ministre d'Etat, ministre de l'écologie,
du développement et de l'aménagement durables,*

Pour le ministre et par délégation :

*Le directeur de la prévention
des pollutions et des risques,*

L. MICHEL

*La ministre de la santé,
de la jeunesse et des sports,
Pour la ministre et par délégation :
La directrice de l'action régionale,
de la qualité et de la sécurité industrielle,
N. HOMOBONO*

A N N E X E

LOCALISATION DES POINTS DE MESURE ET DE PRÉLÈVEMENT

PARAMÈTRES CONTRÔLÉS	POINTS DE CONTRÔLE	
	Codification	Localisation
Débit d'exposition gamma à la clôture du site.	801	AS1
	802	Clôture sud
	803	Météo AS4
	804	Sud poste CRTT
	805	Nord poste CRTT
	806	AS3
	807	N3
	808	AS2
	809	Rejet principal
	810	Rejet auxiliaire
Enregistrement du rayonnement gamma ambiant (*) dit « à 1 km ».	d1	Station AS1
	d2	Angle nord Rhône station AS2
	d3	Angle ouest site station AS3
	d4	Station météorologique AS4
Prélèvements atmosphériques (poussières).	AS1	Bâtiment BAF station AS1
	AS2	Angle nord Rhône station AS2
	AS3	Angle ouest site station AS3
	AS4	Station météorologique AS4
Précipitation atmosphérique.	PM	AS1
Prélèvement tritium atmosphérique.	–	AS1
Couche superficielle des terres.	–	Même zone que la production agricole locale
Végétaux.	V1	Au nord sous le vent

PARAMÈTRES CONTRÔLÉS	POINTS DE CONTRÔLE	
	Codification	Localisation
	V2	Au sud
Débit d'exposition gamma à la clôture du site.	801	AS1
	802	Clôture sud
	803	Météo AS4
	804	Sud poste CRTT
	805	Nord poste CRTT
	806	AS3
	807	N3
	808	AS2
	809	Rejet principal
	810	Rejet auxiliaire
Lait.	L 1	Au nord sous le vent
	L 2	Au sud
Productions agricoles locales (un produit identique aux deux points à déterminer en fonction des cultures annuelles).	-	Lieu de production sous le vent-Malville
	-	Lieu de production hors vent-Ambléon
Débits d'exposition gamma dit « à 5 km » (actuellement SBN100, à terme sondes Gamma Tracer).	D 00	Lhuis
	D 01	Montagnieu
	D 02	Bouvesse
	D 03	Lancin
Eau du Rhône (amont).	S1	Station prise d'eau amont
Eau du Rhône (aval).	S2	Station aval 6 km
Eau du Rhône (mi-rejet) (*).	R 1	Station aval 6 km
Eaux usées et pluviales.	ET 93	Station rejet auxiliaire
Débit d'exposition gamma à la clôture du site.	801	AS1
	802	Clôture sud

PARAMÈTRES CONTRÔLÉS	POINTS DE CONTRÔLE	
	Codification	Localisation
	803	Météo AS4
	804	Sud poste CRTT
	805	Nord poste CRTT
	806	AS3
	807	N3
	808	AS2
	809	Rejet principal
	810	Rejet auxiliaire
Sédiments.		Amont
		Aval
Poissons.		Amont
		Aval
Flore aquatique.		Amont
		Aval
Eaux souterraines.	N1	Station AS1
	N2	Angle clôture nord du site
	N3	Clôture nord du site
	N4	Bâtiment WF
	N5	Restaurant
(*) Stations munies d'alarmes signalant toute interruption de fonctionnement.		

ANNEXE 2 : Suivi radio écologique annuel du site de Creys-Malville pour l'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

TABLE DES MATIÈRES

0	OBJECTIFS	19
1	MÉTHODOLOGIE DU SUIVI RADIOÉCOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT PROCHE DES CENTRES NUCLÉAIRES DE PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ FRANÇAIS.....	19
2	ORIGINE DE LA RADIOACTIVITÉ DANS L'ENVIRONNEMENT DES CNPE DU RHÔNE ET DU SITE EN DÉMANTÈLEMENT DE CREYS-MALVILLE	19
2.1	Radionucléides d'origine naturelle.....	20
2.1.1	Origine tellurique.....	20
2.1.2	Origine cosmogénique et comportement du tritium et du ¹⁴ C	20
2.2	Radionucléides d'origine artificielle	21
2.2.1	Retombées des essais nucléaires aériens et des chutes de satellites	21
2.2.2	Retombées de l'accident de Tchernobyl	23
2.2.3	Retombées de l'accident de Fukushima-Daiichi	24
2.2.4	Installations nucléaires exploitées par EDF	25
2.2.5	Autres activités	26
3	CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL ET GÉOGRAPHIQUE	26
3.1	Climatologie.....	26
3.2	Géologie et hydrogéologie.....	26
3.3	Hydrographie et hydrologie	27
4	ÉTAT RADIOLOGIQUE DU SITE DE CREYS-MALVILLE.....	28
4.1	Généralités et chronologie des études radioécologiques antérieures	28
4.2	État radiologique de l'environnement terrestre	30
4.2.1	Stratégie d'échantillonnage.....	30
4.2.2	Résultats et interprétation	35
4.3	État radiologique de l'environnement aquatique	36
4.3.1	Stratégie d'échantillonnage.....	36
4.3.2	Résultats et interprétation	41
4.4	Conclusion de l'état radiologique de l'environnement du site de Creys-Malville.....	43
4.5	Tableaux de résultats	44
5	ÉTAT RADIOLOGIQUE DU CNPE DE BUGEY	67
5.1	Généralités et chronologie des études radioécologiques antérieures	67
5.2	État radiologique de l'environnement terrestre	69
5.2.1	Stratégie d'échantillonnage.....	69
5.2.2	Résultats et interprétation	76
5.3	État radiologique de l'environnement aquatique	78

5.3.1	Stratégie d'échantillonnage	78
5.3.2	Résultats et interprétation	83
5.4	Conclusion de l'état radiologique de l'environnement du CNPE du Bugey	86
5.5	Tableaux de résultats	88
6	ÉTAT RADIOLOGIQUE DU CNPE DE SAINT-ALBAN-SAINT-MAURICE-L'EXIL	115
6.1	Généralités et chronologie des études radioécologiques antérieures	115
6.2	État radiologique de l'environnement terrestre	117
6.2.1	Stratégie d'échantillonnage	117
6.2.2	Résultats et interprétation	121
6.3	État radiologique de l'environnement aquatique	122
6.3.1	Stratégie d'échantillonnage	122
6.3.2	Résultats et interprétation	127
6.4	Conclusion de l'état radiologique de l'environnement du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice- l'Exil	130
6.5	Tableaux de résultats	132
7	ÉTAT RADIOLOGIQUE DU CNPE DE CRUAS-MEYSSE	158
7.1	Généralités et chronologie des études radioécologiques antérieures	158
7.2	État radiologique de l'environnement terrestre	160
7.2.1	Stratégie d'échantillonnage	160
7.2.2	Résultats et interprétation	164
7.3	État radiologique de l'environnement aquatique	166
7.3.1	Stratégie d'échantillonnage	166
7.3.2	Résultats et interprétation	171
7.4	Conclusion de l'état radiologique de l'environnement du CNPE de Cruas-Meyssse	174
7.5	Tableaux de résultats	175
8	ÉTAT RADIOLOGIQUE DU CNPE DU TRICASTIN	197
8.1	Généralités et chronologie des études radioécologiques antérieures	197
8.2	État radiologique de l'environnement terrestre	199
8.2.1	Stratégie d'échantillonnage	199
8.2.2	Résultats et interprétation	207
8.3	État radiologique de l'environnement aquatique	209
8.3.1	Stratégie d'échantillonnage	209
8.3.2	Résultats et interprétation	215
8.4	Conclusion de l'état radiologique de l'environnement du CNPE du Tricastin	219
8.5	Tableaux de résultats	220
	ANNEXES	253

TABLE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Figures

Figure 1 – Localisation des sites détenant des radionucléides dans le bassin versant du Rhône.....	20
Figure 2 – Activités de ^3H dans l'eau de pluie d'après [1].	22
Figure 3 – Évolution de l'activité spécifique du ^{14}C dans l'hémisphère nord depuis 1950 (tirée de [1]).	23
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.....	24
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].	25
Figure 6 – Chronologie des études radioécologiques conduites dans l'environnement du site de Creys-Malville.....	29
Figure 7 – Localisation générale des stations de prélèvement dans le milieu terrestre et dans le milieu aquatique pour le suivi radioécologique annuel 2022 du site de Creys-Malville	34
Figure 8 – Variation temporelle des activités en tritium organiquement lié mesurées dans les feuilles de chêne collectées dans l'environnement terrestre du site en démantèlement de Creys-Malville de 2013 à 2022.....	36
Figure 9 – Variation temporelle des activités en ^{137}Cs mesurées dans les sédiments collectées dans l'environnement aquatique du site en démantèlement de Creys-Malville de 2013 à 2022	41
Figure 10 – Chronologie des études radioécologiques conduites dans l'environnement du CNPE du Bugey.....	68
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.....	75
Figure 13 – 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.....	77
Figure 14 – 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	77
Figure 15 – Variation temporelle des activités en $^{110\text{m}}\text{Ag}$ détecté par spectrométrie γ dans les phanérogames collectées dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey de 2013 à 2022	84
Figure 16 – Variation temporelle des activités en ^{60}Co détecté par spectrométrie γ dans les phanérogames collectées dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey de 2013 à 2022	84
Figure 17 – Variation temporelle des activités du TOL détecté dans les phanérogames immergées collectées dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey de 2013 à 2022	85
Figure 18 – Variation temporelle des activités du ^{14}C détecté dans les poissons pêchés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey de 2013 à 2022.....	86
Figure 19 – Chronologie des études radioécologiques conduites dans l'environnement du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil.....	116
Figure 20 – Localisation générale des stations de prélèvement dans le milieu terrestre et dans le milieu aquatique pour le suivi radioécologique annuel 2022 du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil	120

Figure 21 – Variation temporelle des activités en ^{110m}Ag détecté par spectrométrie γ dans les sédiments collectés dans l'environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil de 2013 à 2022.....	128
Figure 22 – Variation temporelle des activités en ^{60}Co détecté par spectrométrie γ dans les phanérogames collectées dans l'environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil de 2013 à 2022.....	128
Figure 23 – Variation temporelle des activités du tritium organiquement lié détecté dans les phanérogames immergées collectées dans l'environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil de 2016 à 2022.....	129
Figure 24 – Variation temporelle des activités du ^{14}C détecté dans les poissons pêchés dans l'environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil de 2013 à 2022.....	130
Figure 25 – Chronologie des études radioécologiques conduites dans l'environnement du CNPE de Cruas-Meyssse	159
Figure 26 – Localisation générale des stations de prélèvement dans le milieu terrestre et dans le milieu aquatique pour le suivi radioécologique annuel 2022 du CNPE de Cruas-Meyssse	163
Figure 27 – Variation temporelle des activités en ^{137}Cs détecté dans les sols de surface (en haut) et les salades (en bas) de 2013 à 2022	165
Figure 28 – Variation temporelle des activités en ^{58}Co détecté par spectrométrie γ dans les phanérogames immergées collectées dans l'environnement aquatique du CNPE de Cruas-Meyssse de 2013 à 2022	172
Figure 29 – Chronologie des études radioécologiques conduites dans l'environnement du CNPE du Tricastin	198
Figure 30 - Localisation des stations de prélèvement les plus éloignées du site dans le milieu terrestre et dans le milieu aquatique pour le suivi radioécologique annuel 2022 du CNPE du Tricastin.....	205
Figure 31 - Localisation des stations de prélèvement les plus proches du site dans le milieu terrestre et dans le milieu aquatique pour le suivi radioécologique annuel 2022 du CNPE du Tricastin.....	206
Figure 32 – Variation temporelle des activités du ^{137}Cs détecté dans les sols non cultivés (0-5 cm)	208
Figure 33 – Variation temporelle des activités du tritium libre et organiquement lié détecté dans l'herbe (Bq.L^{-1} ED et EC).....	209
Figure 34 – Variation temporelle des activités ^{137}Cs mesurées dans les sédiments collectées dans l'environnement aquatique du CNPE de Tricastin de 2013 à 2022	215
Figure 35 – Variation temporelle des activités en tritium organiquement lié mesurées dans les phanérogames immergées collectées dans l'environnement aquatique du CNPE de Tricastin de 2013 à 2022.....	217
Figure 36 – Variation temporelle des activités en ^{14}C dans les phanérogames de 2018 à 2022	218
Figure 37 – Démarche utilisée pour la réalisation du suivi radioécologique annuel de chaque site	257
Figure 38 – Chronique d'une incinération : montée en température et paliers en fonction du temps	262
Figure 39 – Valeurs significatives et seuils de décisions dans les graphiques.....	268
Figure 40 – Teneur en ^{40}K et en radionucléides des familles du ^{232}Th et du ^{238}U dans les sols métropolitains (1 ^{er} et 3 ^{ème} quartiles, 1 ^{er} et 9 ^{ème} déciles, minimum et maximum)	269
Figure 41 – Teneur en ^{238}U dans les sédiments métropolitains.	270

Tableaux

Tableau 1 - Identification des échantillons analysés dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique de 2022.....	31
Tableau 2 - Identification des échantillons analysés dans l'environnement aquatique du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique de 2022.....	38
Tableau 3 – Activités massiques et volumiques des radionucléides des échantillons de sols collectés dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022.....	44
Tableau 4 – Activités massiques en radionucléides émetteurs γ des échantillons de mousses collectés dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022.....	45
Tableau 5 – Activités massiques et volumiques en radionucléides des échantillons de feuilles de chêne collectés dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022.....	46
Tableau 6 – Activités massiques et volumiques en radionucléides des échantillons de céréales collectés dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022.....	47
Tableau 7 – Activités massiques et volumiques en radionucléides des échantillons d'herbe collectés dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022.....	48
Tableau 8 – Activités massiques et volumiques en radionucléides des échantillons de légumes collectés dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022.....	49
Tableau 9 - Activités massiques et volumiques en radionucléides des échantillons de lait collectés dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022.....	50
Tableau 10 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques de l'échantillon de sol récolté dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique en 2022.	51
Tableau 11 – Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine naturelle mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique 2022	52
Tableau 12 – Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine artificielle mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique 2022	53
Tableau 13 – Activités en tritium libre mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique 2022.....	54
Tableau 14 – Activités en tritium organiquement lié (TOL) mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique 2022.....	55
Tableau 15 – Activités en ^{14}C mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique 2022.....	56

Tableau 16 – Activités massiques et volumiques en radionucléides des échantillons de sédiments collectés dans l’environnement aquatique du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022.....	57
Tableau 17 – Activités massiques et volumiques en radionucléides des échantillons de mousses collectés dans l’environnement aquatique du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022.....	58
Tableau 18 – Activités massiques et volumiques en radionucléides des échantillons de végétaux (phanérogames immergées) collectés dans l’environnement aquatique du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022.....	59
Tableau 19 – Activités massiques et volumiques en radionucléides des échantillons de poissons collectés dans l’environnement aquatique du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022.....	60
Tableau 20 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques des échantillons de sédiments récoltés dans l’environnement aquatique du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique en 2022.	61
Tableau 21 – Activités en radionucléides émetteurs γ d’origine naturelle mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement aquatique du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique 2022	62
Tableau 22 – Activités en radionucléides émetteurs γ d’origine artificielle mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement aquatique du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique 2022	63
Tableau 23 – Activités en tritium libre mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement aquatique du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique 2022	64
Tableau 24 – Activités en tritium organiquement lié (TOL) mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement aquatique du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique 2022.....	64
Tableau 25 – Activités en ^{14}C mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement aquatique du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique 2022.....	65
Tableau 26 – Activités en ^{63}Ni mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement aquatique du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique 2022.....	66
Tableau 27 – Activités en ^{55}Fe mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement aquatique du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique 2022.....	66
Tableau 28 – Identification des échantillons analysés dans l’environnement terrestre du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique de 2022	71
Tableau 29 – Identification des échantillons analysés dans l’environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique de 2022	80
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.....	89
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	90
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.....	91

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	92
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	93
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	94
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	95
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	96
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	97
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	98
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	99
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.	100
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 ...	101
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 ...	102
Tableau 44 – Activités en tritium libre mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement terrestre du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2022	103
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	104
Tableau 46 – Activités en ^{14}C mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement terrestre du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2022	105
Tableau 47 – Activités en ^{90}Sr mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement terrestre du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2022	106
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	107
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.	108

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	109
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	110
Tableau 52 – Activités en tritium libre mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2022	111
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	112
Tableau 54 – Activités en ^{14}C mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2022	113
Tableau 55 – Activités en ^{63}Ni mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2022	114
Tableau 56 – Activités en ^{55}Fe mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE du Bugey lors du suivi radioécologique 2022	114
Tableau 57 – Identification des échantillons analysés dans l'environnement terrestre du CNPE lors du suivi radioécologique 2022	118
Tableau 58 – Identification des échantillons analysés dans l'environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil lors du suivi radioécologique de 2022	124
Tableau 59 – Activités en radionucléides émetteurs γ des échantillons de sols collectés dans l'environnement terrestre du site de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil lors des études radioécologiques de 2013 à 2022	132
Tableau 60 – Activités en radionucléides émetteurs γ des échantillons de mousses collectés dans l'environnement terrestre du site de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil lors des études radioécologiques de 2013 à 2022	133
Tableau 61 – Activités en radionucléides émetteurs β des échantillons de lierre collectés dans l'environnement terrestre du site de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil lors des études radioécologiques de 2015 à 2022	134
Tableau 62 – Activités en radionucléides émetteurs γ et β des échantillons de salades collectés dans l'environnement terrestre du site de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil lors des études radioécologiques de 2013 à 2022	135
Tableau 63 – Activités en radionucléides émetteurs γ et β des échantillons de lait collectés dans l'environnement terrestre du site de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil lors des études radioécologiques de 2013 à 2022	136
Tableau 64 – Activités en radionucléides émetteurs β des échantillons d'eau (boisson, irrigation et cours d'eau) collectés dans l'environnement du site de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil lors des études radioécologiques de 2013 à 2022	137
Tableau 65 – Activités en radionucléides émetteurs γ des échantillons de sédiments collectés dans l'environnement aquatique du site de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil lors des études radioécologiques de 2013 à 2022	138
Tableau 66 – Activités en radionucléides émetteurs γ et β des échantillons de mousses collectés dans l'environnement aquatique du site de Saint-Alban-Saint-Maurice-l'Exil lors des études radioécologiques de 2013 à 2022	140

Tableau 67 – Activités en radionucléides émetteurs γ et β des échantillons de végétaux (phanérogames immergées) collectés dans l’environnement aquatique du site de Saint-Alban-Saint-Maurice-l’Exil lors des études radioécologiques de 2013 à 2022	142
Tableau 68 – Activités en radionucléides émetteurs γ et β des échantillons de poissons (muscles) collectés dans l’environnement aquatique du site de Saint-Alban-Saint-Maurice-l’Exil lors des études radioécologiques de 2013 à 2022	144
Tableau 69 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques de l’échantillon des sols récoltés dans l’environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l’Exil lors du suivi radioécologique en 2022.	145
Tableau 70 – Activités en radionucléides émetteurs γ d’origine naturelle mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement terrestre du site de Saint-Alban-Saint-Maurice-l’Exil lors du suivi radioécologique 2022	146
Tableau 71 – Activités en radionucléides émetteurs γ d’origine artificielle mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement terrestre du site de Saint-Alban-Saint-Maurice-l’Exil lors du suivi radioécologique 2022	147
Tableau 72 – Activités en tritium libre mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement terrestre du site de Saint-Alban-Saint-Maurice-l’Exil lors du suivi radioécologique 2022	148
Tableau 73 – Activités en tritium organiquement lié (TOL) mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement terrestre du site de Saint-Alban-Saint-Maurice-l’Exil lors du suivi radioécologique 2022	149
Tableau 74 – Activités en ^{14}C mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement terrestre du site de Saint-Alban-Saint-Maurice-l’Exil lors du suivi radioécologique 2022.....	150
Tableau 75 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques des échantillons de sédiments récoltés dans l’environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l’Exil lors du suivi radioécologique en 2022.....	151
Tableau 76 – Activités en radionucléides émetteurs γ d’origine naturelle mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l’Exil lors du suivi radioécologique 2022	152
Tableau 77 – Activités en radionucléides émetteurs γ d’origine artificielle mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l’Exil lors du suivi radioécologique 2022	153
Tableau 78 – Activités en tritium libre mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l’Exil lors du suivi radioécologique 2022	154
Tableau 79 – Activités en tritium organiquement lié (TOL) mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l’Exil lors du suivi radioécologique 2022	155
Tableau 80 – Activités en ^{14}C mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l’Exil lors du suivi radioécologique 2022.....	156
Tableau 81 – Activités en ^{63}Ni mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l’Exil lors du suivi radioécologique 2022.....	157
Tableau 82 – Activités en ^{55}Fe mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement aquatique du CNPE de Saint-Alban-Saint-Maurice-l’Exil lors du suivi radioécologique 2022.....	157
Tableau 83 – Identification des échantillons prélevés dans l’environnement terrestre du CNPE de Cruas-Meysses lors du suivi radioécologique de 2022	161

Tableau 84 – Identification des échantillons prélevés dans l’environnement aquatique du CNPE de Cruas-Meyssse lors du suivi radioécologique de 2022	168
Tableau 85 – Activités en radionucléides émetteurs γ des échantillons de sols collectés dans l’environnement terrestre du site de Cruas-Meyssse lors des études radioécologiques de 2013 à 2022.....	175
Tableau 86 – Activités en radionucléides émetteurs γ des échantillons de mousses collectés dans l’environnement terrestre du site de Cruas-Meyssse lors des études radioécologiques de 2013 à 2022.....	176
Tableau 87 – Activités en radionucléides émetteurs γ et β des échantillons de salades collectés dans l’environnement terrestre du site de Cruas-Meyssse lors des études radioécologiques de 2013 à 2022.....	177
Tableau 88 – Activités en radionucléides émetteurs γ et β des échantillons d’herbe collectés dans l’environnement terrestre du site de Cruas-Meyssse lors des études radioécologiques de 2013 à 2022.....	178
Tableau 89 – Activités en radionucléides émetteurs γ et β des échantillons de lait collectés dans l’environnement terrestre du site de Cruas-Meyssse lors des études radioécologiques de 2013 à 2022.....	179
Tableau 90 – Activités en radionucléides émetteurs γ et β des échantillons d’eau (boisson, irrigation, cours d’eau) collectés dans l’environnement du site de Cruas-Meyssse lors des études radioécologiques de 2013 à 2022	180
Tableau 91 – Activités en radionucléides émetteurs γ des échantillons de sédiments collectés dans l’environnement aquatique du site de Cruas-Meyssse lors des études radioécologiques de 2013 à 2022.....	181
Tableau 92 – Activités en radionucléides émetteurs γ et β des échantillons de végétaux (phanérogames immergées) collectés dans l’environnement aquatique du site de Cruas-Meyssse lors des études radioécologiques de 2013 à 2022	182
Tableau 93 – Activités en radionucléides émetteurs γ et β des échantillons de poissons (muscles) pêchés dans l’environnement aquatique du site de Cruas-Meyssse lors des études radioécologiques de 2013 à 2022.....	183
Tableau 94 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques de l’échantillon des sols récoltés dans l’environnement aquatique du CNPE de Cruas-Meyssse lors du suivi radioécologique en 2022.	184
Tableau 95 – Activités en radionucléides émetteurs γ d’origine naturelle mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement terrestre du site de Cruas-Meyssse lors du suivi radioécologique 2022	185
Tableau 96 – Activités en radionucléides émetteurs γ d’origine artificielle mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement terrestre du site de Cruas-Meyssse lors du suivi radioécologique 2022	186
Tableau 97 – Activités en tritium libre mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement terrestre du site de Cruas-Meyssse lors du suivi radioécologique 2022.....	187
Tableau 98 – Activités en tritium organiquement lié (TOL) mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement terrestre du site de Cruas-Meyssse lors du suivi radioécologique 2022	188
Tableau 99 – Activités en ^{14}C mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement terrestre du site de Cruas-Meyssse lors du suivi radioécologique 2022	189

Tableau 100 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques des échantillons de sédiments récoltés dans l'environnement aquatique du CNPE de Cruas-Meysses lors du suivi radioécologique en 2022.	190
Tableau 101 – Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine naturelle mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE de Cruas-Meysses lors du suivi radioécologique 2022	191
Tableau 102 – Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine artificielle mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE de Cruas-Meysses lors du suivi radioécologique 2022	192
Tableau 103 – Activités en tritium libre mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE de Cruas-Meysses lors du suivi radioécologique 2022.....	193
Tableau 104 – Activités en tritium lié (TOL) mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE de Cruas-Meysses lors du suivi radioécologique 2022.....	194
Tableau 105 – Activités en ^{14}C mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE de Cruas-Meysses lors du suivi radioécologique 2022	195
Tableau 106 – Activités en ^{63}Ni mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE de Cruas-Meysses lors du suivi radioécologique 2022	196
Tableau 107 – Activités en ^{55}Fe mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du CNPE de Cruas-Meysses lors du suivi radioécologique 2022	196
Tableau 108 – Identification des échantillons prélevés dans l'environnement terrestre du CNPE du Tricastin lors du suivi radioécologique de 2022	201
Tableau 109 – Identification des échantillons prélevés dans l'environnement aquatique du CNPE du Tricastin lors du suivi radioécologique de 2022.....	211
Tableau 110 – Activités en radionucléides émetteurs γ des échantillons de sols collectés dans l'environnement terrestre du site du Tricastin lors des études radioécologiques de 2013 à 2022	220
Tableau 111 – Activités en radionucléides émetteurs γ des échantillons de mousses collectés dans l'environnement terrestre du site du Tricastin lors des études radioécologiques de 2013 à 2022	221
Tableau 112 – Activités en radionucléides émetteurs γ et β des échantillons de salades collectés dans l'environnement terrestre du site du Tricastin lors des études radioécologiques de 2013 à 2022	222
Tableau 113 – Activités en radionucléides émetteurs γ et β des échantillons d'herbe collectés dans l'environnement terrestre du site du Tricastin lors des études radioécologiques de 2013 à 2022	223
Tableau 114 – Activités en radionucléides émetteurs γ et β des échantillons de lait collectés dans l'environnement terrestre du site du Tricastin lors des études radioécologiques de 2013 à 2022	224
Tableau 115 – Activités en radionucléides émetteurs γ et β des échantillons d'eau (boisson, irrigation et cours d'eau) collectés dans l'environnement du site du Tricastin lors des études radioécologiques de 2013 à 2022	225
Tableau 116 – Activités en radionucléides émetteurs γ des échantillons de sédiments collectés dans l'environnement aquatique du site du Tricastin lors des études radioécologiques de 2013 à 2022	226

Tableau 117 – Activités en radionucléides émetteurs γ des échantillons de mousse collectés dans l’environnement aquatique du site du Tricastin lors des études radioécologiques de 2013 à 2022	227
Tableau 118 – Activités en radionucléides émetteurs γ et β des échantillons de végétaux (phanérogames immergées) collectés dans l’environnement aquatique du site du Tricastin lors des études radioécologiques de 2013 à 2022	228
Tableau 119 – Activités en radionucléides émetteurs γ et β des échantillons de poissons (muscles) pêchés dans l’environnement aquatique du site du Tricastin lors des études radioécologiques de 2013 à 2022.....	229
Tableau 120 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques de l’échantillon des sols récoltés dans l’environnement terrestre du CNPE du Tricastin lors du suivi radioécologique en 2022.	230
Tableau 121 – Activités en radionucléides émetteurs γ d’origine naturelle mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement terrestre du site du Tricastin lors du suivi radioécologique 2022	233
Tableau 122 – Activités en radionucléides émetteurs γ d’origine artificielle mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement terrestre du site du Tricastin lors du suivi radioécologique 2022	236
Tableau 123 – Activités en tritium libre mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement terrestre du site du Tricastin lors du suivi radioécologique 2022	238
Tableau 124 – Activités en tritium organiquement lié (TOL) mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement terrestre du site du Tricastin lors du suivi radioécologique 2022.....	239
Tableau 125 – Activités en ^{14}C mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement terrestre du site du Tricastin lors du suivi radioécologique 2022.....	240
Tableau 126 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques des échantillons de sédiments récoltés dans l’environnement aquatique du CNPE du Tricastin lors du suivi radioécologique en 2022.	241
Tableau 127 – Activités en radionucléides émetteurs γ d’origine naturelle mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement aquatique du CNPE du Tricastin lors du suivi radioécologique 2022	242
Tableau 128 – Activités en radionucléides émetteurs γ d’origine artificielle mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement aquatique du CNPE du Tricastin lors du suivi radioécologique 2022	244
Tableau 129 – Activités en tritium libre mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement aquatique du CNPE du Tricastin lors du suivi radioécologique 2022	246
Tableau 130 – Activités en tritium lié (TOL) mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement aquatique du CNPE du Tricastin lors du suivi radioécologique 2022	247
Tableau 131 – Activités en ^{14}C mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement aquatique du CNPE du Tricastin lors du suivi radioécologique 2022.....	248
Tableau 132 – Activités en ^{63}Ni mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement aquatique du CNPE du Tricastin lors du suivi radioécologique 2022.....	249
Tableau 133 – Activités en ^{55}Fe mesurées dans des échantillons collectés dans l’environnement aquatique du CNPE du Tricastin lors du suivi radioécologique 2022.....	249

0 OBJECTIFS

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

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

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

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

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

L'ensemble des analyses sont réalisées à fréquence annuelle, ainsi qu'à fréquence trimestrielle pour le ^{14}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.

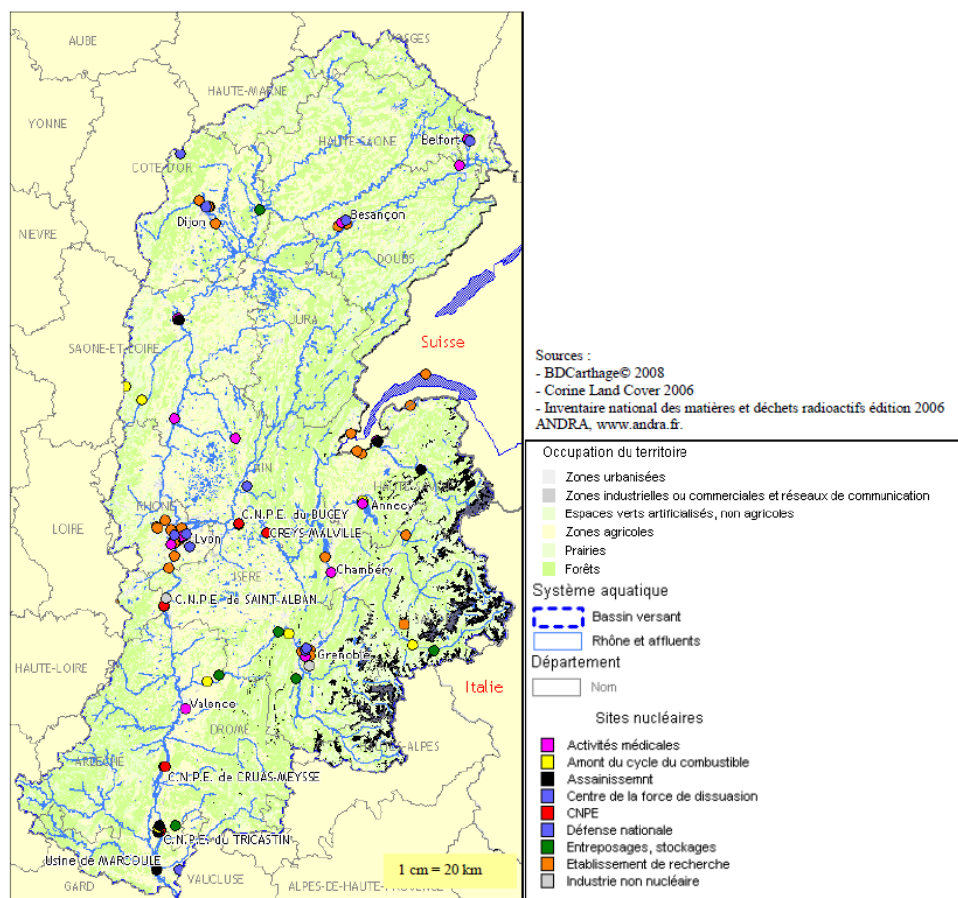


Figure 1 – Localisation des sites détenant des radionucléides dans le bassin versant du Rhône

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 de ^{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 traité 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}Pu , le ^{240}Pu et le ^{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 , de ^{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 décru 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).

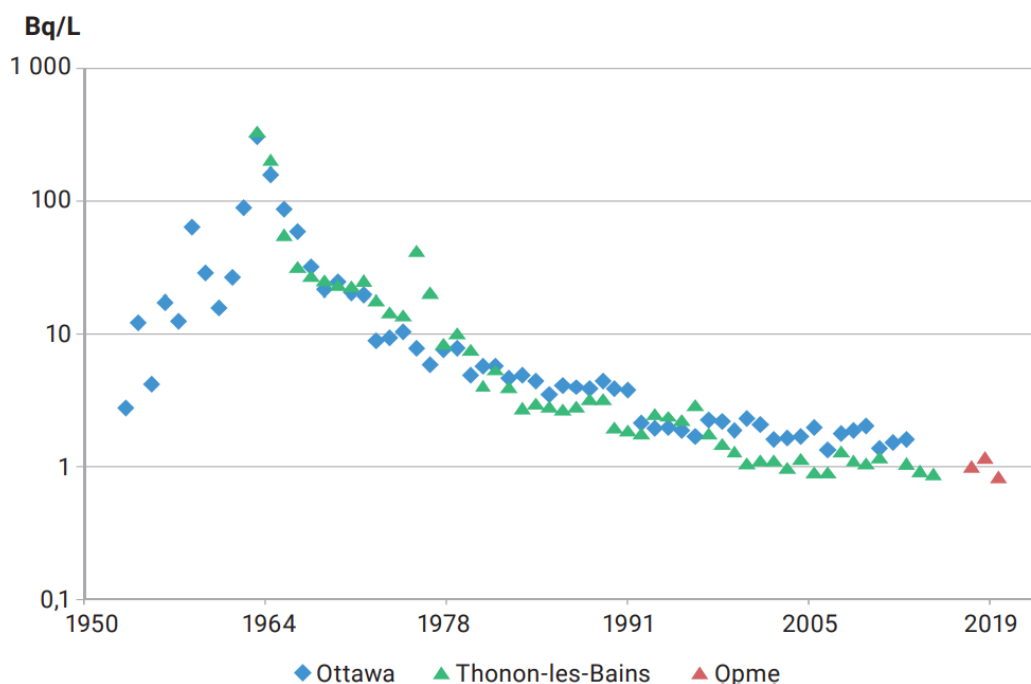


Figure 2 - Activités de ^3H dans l'eau de pluie d'après [1].

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).

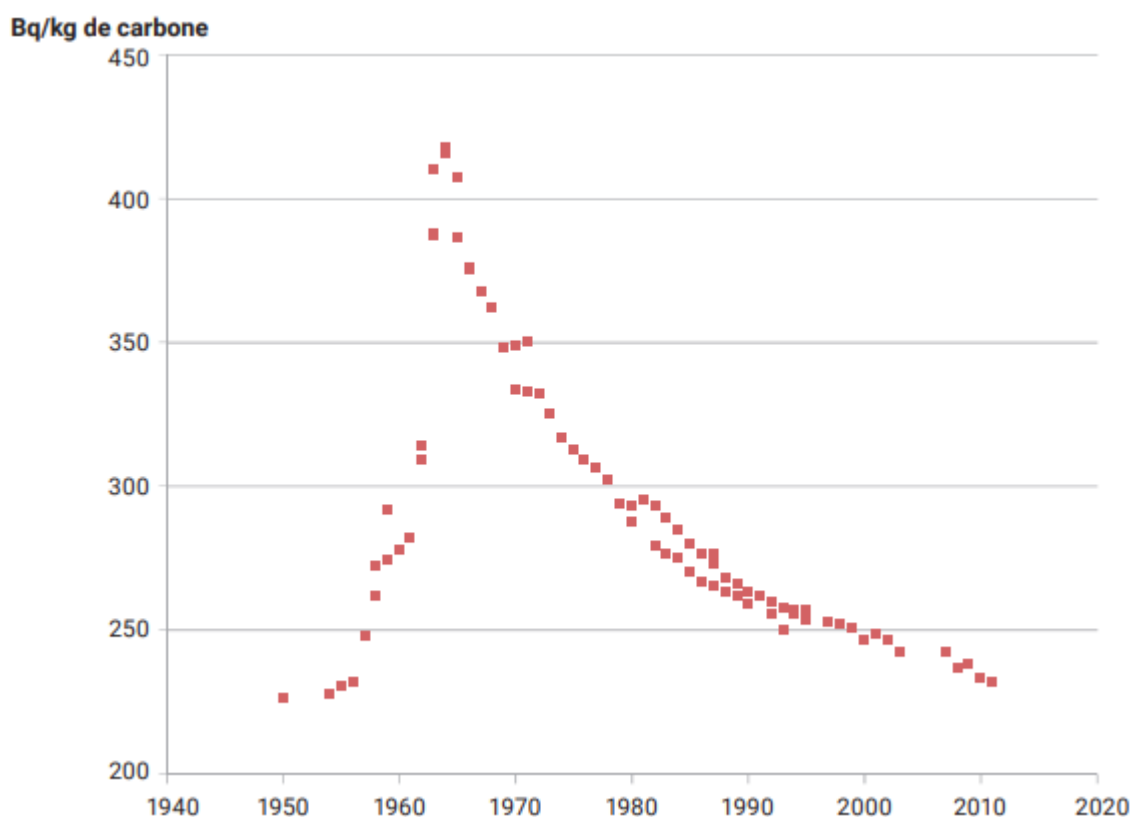


Figure 3 – Évolution de l'activité spécifique du ^{14}C dans l'hémisphère nord depuis 1950 (tirée de [1]).

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 $\text{Bq.kg}^{-1}\text{C}$ [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 de 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 , $^{106}\text{Ru/Rh}$, $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{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].

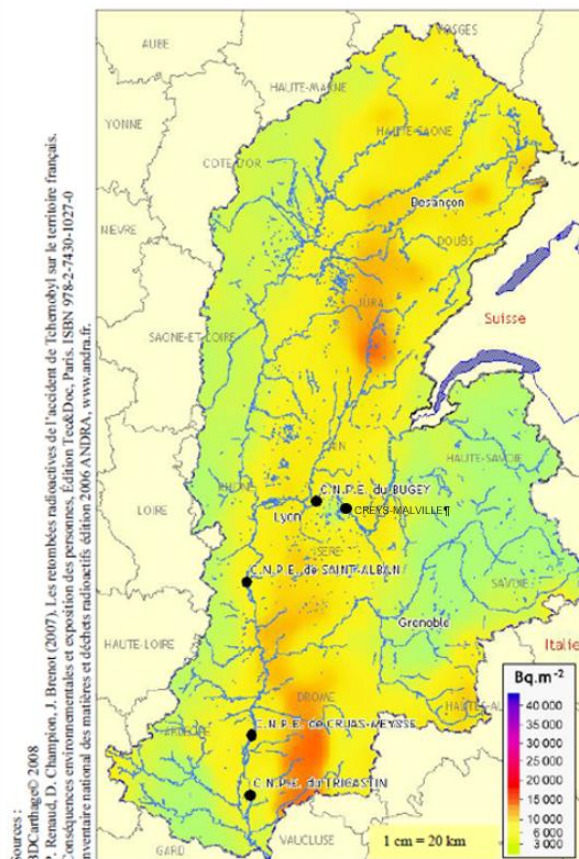


Figure 4 – Activités surfaciques de ^{137}Cs , calculées pour l'année 2010, issues des retombées atmosphériques des essais aériens et de l'accident de Tchernobyl à partir de [14], sur le bassin versant de la zone d'étude.

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 d' ^{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.

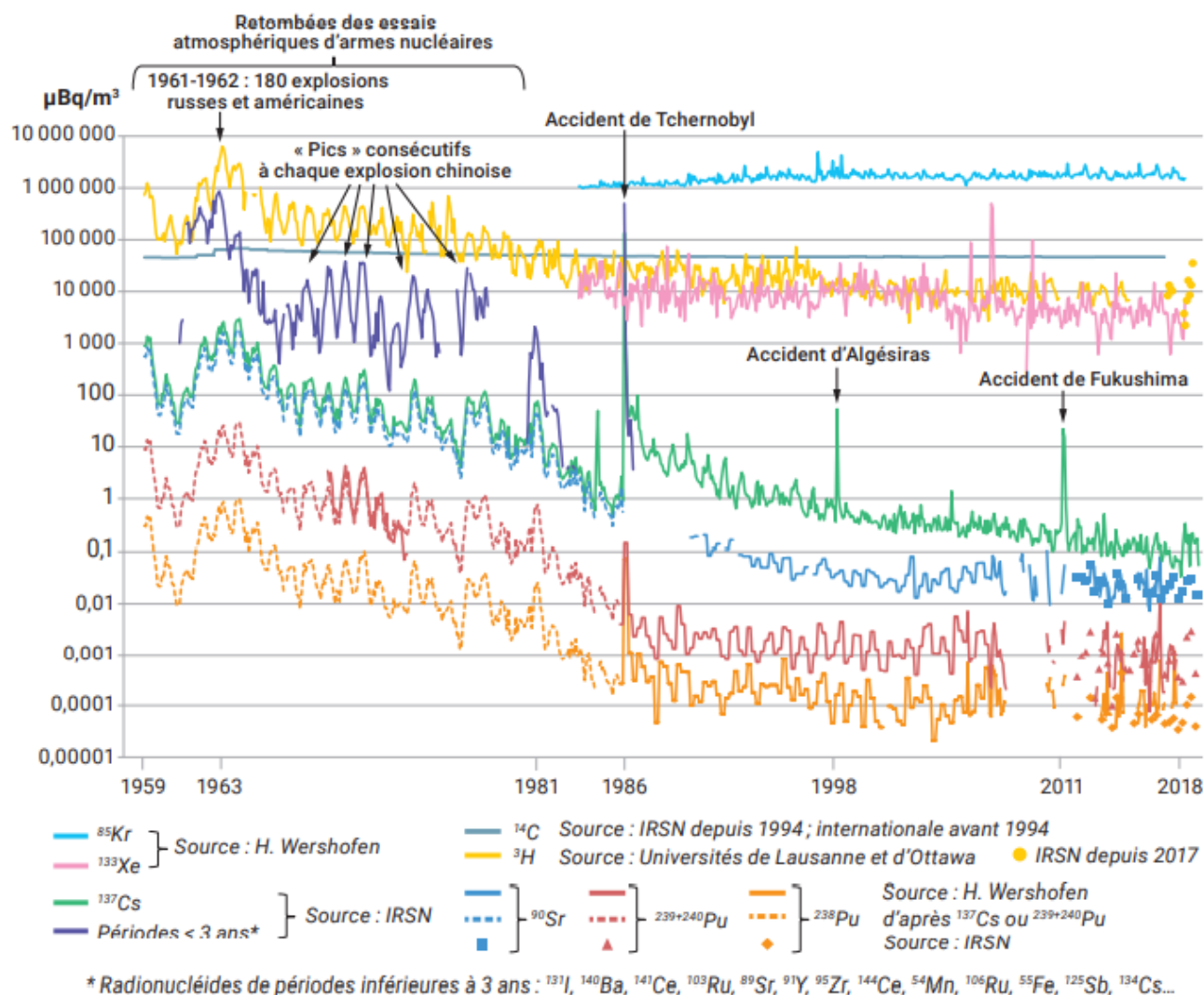


Figure 5 – Évolution des activités des principaux radionucléides artificiels mesurés dans l'air en France et en Allemagne au cours des 60 dernières années [1].

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

Les conditions d'exécution et les limites des rejets d'effluents, dans les cours d'eau et dans l'atmosphère, sont définies par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN). L'exploitant n'a pas porté à la connaissance de l'IRSN un évènement 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 l' ^{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]. L' ^{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, l' ^{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-Meysse.

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-Meysses, 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-Meysses, 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-Meysses 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.

4 ÉTAT RADIOLOGIQUE DU SITE DE CREYS-MALVILLE

4.1 Généralités et chronologie des études radioécologiques antérieures

Le site en démantèlement de Creys-Malville est situé en rive gauche du Rhône, sur la commune de Creys-Mépieu, à une cinquantaine de kilomètres en amont de l'agglomération urbaine de Lyon. Il se composait d'une tranche de 1 200 MWe de la filière des Réacteurs à Neutrons Rapides (R.N.R.), pour lesquels le combustible était un oxyde mixte d'uranium et de plutonium. La centrale a divergé en 1985 et a été couplée au réseau le 14 janvier 1986. A partir de cette date, l'exploitation de cette centrale a été entrecoupée de nombreux arrêts jusqu'à sa mise à l'arrêt définitif prononcée en 1998. Ce site est situé à 34 km à l'amont du CNPE du Bugey sur le Rhône. Ce site est également en aval des installations du CERN (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire), dont le grand collisionneur d'hadrons, implantées sur la frontière franco-suisse ainsi que des services de médecine nucléaire, utilisant de l'¹³¹I, localisés à Annecy, à Chambéry et à Genève.

La chronologie des études radioécologiques conduites dans l'environnement du site de Creys-Malville est exposée sur la Figure 6 page 29.

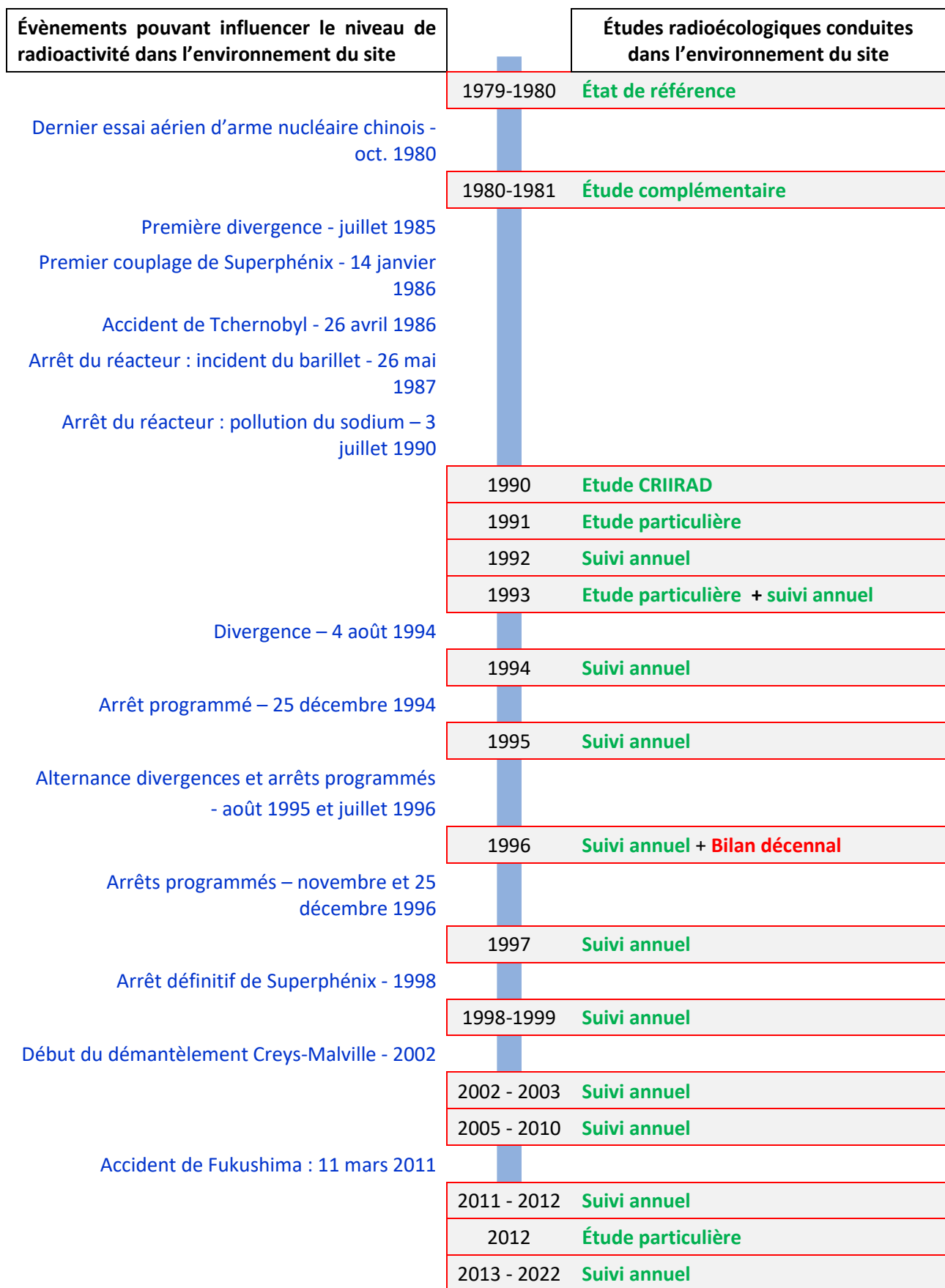


Figure 6 – Chronologie des études radioécologiques conduites dans l'environnement du site de Creys-Malville

4.2 État radiologique de l'environnement terrestre

4.2.1 Stratégie d'échantillonnage

La localisation des stations de prélèvement ainsi que la nature des échantillons collectés dans le milieu terrestre sont reportées sur la Figure 7 page 34. Les caractéristiques (dates de prélèvement, stations, natures...) identifiant chaque échantillon sont répertoriées dans le Tableau 1 page 31 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, herbe et feuilles d'arbres), des vecteurs directs ou indirects de radioactivité vers l'homme : le lait et des légumes-feuilles comme les salades. Les végétaux cultivés 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 (ZNI), une mousse, un sol de prairie, de l'herbe et une production agricole sont collectées.

Des contraintes supplémentaires peuvent localement modifier la position, le nombre ou les analyses réalisées. Dans la stratégie 2022, des feuilles d'arbre, une mousse terricole, trois productions agricoles (une céréale, une légume-racine et une légume-feuille), un sol de céréales, de l'herbe et du lait sont prélevés sous les vents dominants pour analyse. Une mousse terricole est prélevée hors vents dominants pour analyse.

La dispersion des effluents dans l'environnement est contrainte par les conditions météorologiques propres au site. La rose des vents moyenne de l'année 2022 (cf. Figure 7 page 34) met en évidence une orientation nord-ouest des vents dominants et une direction secondaire d'orientation sud-est. Les prélèvements potentiellement influencés par les rejets atmosphériques du site sont situés au sud-est de l'installation, à Creys-Mépieu, ainsi qu'au nord-ouest, à Bouvesse-Quirieu. Hors vents, de la mousse terricole est collectée à Ambléon, à l'est du site de Creys-Malville, pour analyse.

À l'exception des feuilles de chêne, tous les échantillons collectés sous influence potentielle ont été mesurés en spectrométrie gamma. Il en est de même pour les mousses terricoles prélevées hors vents dominants. Un mesurage de ^{131}I a été effectué sur les deux bryophytes terrestres. Le tritium libre et le tritium organiquement lié ont été recherchés dans les feuilles d'arbre, les pommes de terre, le blé et le sol associé ainsi que dans l'herbe. Une mesure de tritium organiquement lié a été réalisée dans le lait de vache prélevé à Bouvesse-Quirieu, sous les vents. Des mesures de ^{14}C ont été réalisées dans les feuilles de chêne.

Le lait de vache prélevé à Bouvesse-Quirieu et à Saint-Victor-de-Morestel fait l'objet de quatre mesures en tritium libre (une par trimestre) dont les résultats seront présentés dans le rapport simplifié exigé au titre de la réglementation 2022.

Tableau 1 - Identification des échantillons analysés dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville 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
9,39 km E	Creys - Zone hors vents dominants (>5 km)	Ambléon	05,59337	45,74931	Mousses terricoles	<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i> <i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>	Entier	29/03/2022	Gamma (Frais)	-	-
0,76 km SSE	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,47622	45,75348	Arbre feuillu	Chêne pédonculé <i>Quercus robur</i>	Feuilles annuelles	21/09/2022	C-14 par MS (spectrométrie de masse) (Sec)	2,16	-
0,76 km SSE	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,47622	45,75348	Arbre feuillu	Chêne pédonculé <i>Quercus robur</i>	Feuilles annuelles	21/09/2022	C élémentaire (Sec)	2,16	-
0,76 km SSE	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,47622	45,75348	Arbre feuillu	Chêne pédonculé <i>Quercus robur</i>	Feuilles annuelles	21/09/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	2,16	-
0,76 km SSE	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,47622	45,75348	Arbre feuillu	Chêne pédonculé <i>Quercus robur</i>	Feuilles annuelles	21/09/2022	H-3 lié (Sec)	2,16	-
0,76 km SSE	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,47622	45,75348	Arbre feuillu	Chêne pédonculé <i>Quercus robur</i>	Feuilles annuelles	21/09/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	2,16	-
0,76 km SSE	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,47622	45,75348	Arbre feuillu	Chêne pédonculé <i>Quercus robur</i>	Feuilles annuelles	21/09/2022	H-3 libre (Liquide)	2,16	-
1,18 km ONO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,45867	45,76309	Légumes	Pomme de Terre <i>Solanum tuberosum</i>	Tubercule	26/07/2022	Gamma (Cendre)	5,70	17,30
1,18 km ONO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,45867	45,76309	Légumes	Pomme de Terre <i>Solanum tuberosum</i>	Tubercule	26/07/2022	H-3 lié (Sec)	5,21	-
1,18 km ONO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,45867	45,76309	Légumes	Pomme de Terre <i>Solanum tuberosum</i>	Tubercule	26/07/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	5,21	-
1,18 km ONO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,45867	45,76309	Légumes	Pomme de Terre <i>Solanum tuberosum</i>	Tubercule	26/07/2022	H-3 libre (Liquide)	5,21	-
1,31 km NO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,46502	45,77037	Herbes	Herbe de paturage	Parties aériennes	03/05/2022	Gamma (Cendre)	3,64	13,46
1,31 km NO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,46502	45,77037	Herbes	Herbe de paturage	Parties aériennes	03/05/2022	H-3 lié (Sec)	3,61	-
1,31 km NO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,46502	45,77037	Herbes	Herbe de paturage	Parties aériennes	03/05/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	3,61	-
1,31 km NO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,46502	45,77037	Herbes	Herbe de paturage	Parties aériennes	03/05/2022	H-3 libre (Liquide)	3,61	-
1,42 km SSE	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,47864	45,74785	Mousses terricoles	<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i> <i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>	Entier	29/03/2022	Gamma (Frais)	-	-
1,53 km NO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,46139	45,77100	Céréales	Blé <i>Triticum L.</i>	Épis	28/06/2022	Gamma (Cendre)	1,12	48,75
1,53 km NO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,46139	45,77100	Céréales	Blé <i>Triticum L.</i>	Épis	28/06/2022	H-3 lié (Frais)	1,83	-

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
1,53 km NO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,46139	45,77100	Céréales	Blé <i>Triticum L.</i>	Épis	28/06/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Frais)	1,83	-
1,53 km NO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,46139	45,77100	Céréales	Blé <i>Triticum L.</i>	Épis	28/06/2022	H-3 libre (Liquide)	1,83	-
1,55 km NO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,46327	45,77215	Arbre feuillu	Chêne pédonculé <i>Quercus robur</i>	Feuilles annuelles	21/09/2022	C-14 par MS (spectrométrie de masse) (Sec)	2,07	-
1,55 km NO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,46327	45,77215	Arbre feuillu	Chêne pédonculé <i>Quercus robur</i>	Feuilles annuelles	21/09/2022	C élémentaire (Sec)	2,07	-
1,55 km NO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,46327	45,77215	Arbre feuillu	Chêne pédonculé <i>Quercus robur</i>	Feuilles annuelles	21/09/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	2,07	-
1,55 km NO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,46327	45,77215	Arbre feuillu	Chêne pédonculé <i>Quercus robur</i>	Feuilles annuelles	21/09/2022	H-3 lié (Sec)	2,07	-
1,55 km NO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,46327	45,77215	Arbre feuillu	Chêne pédonculé <i>Quercus robur</i>	Feuilles annuelles	21/09/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	2,07	-
1,55 km NO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,46327	45,77215	Arbre feuillu	Chêne pédonculé <i>Quercus robur</i>	Feuilles annuelles	21/09/2022	H-3 libre (Liquide)	2,07	-
1,58 km NO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,46106	45,77141	Sols cultivés	Sol de céréale	Entier	29/06/2022	Gamma (Sec)	1,15	-
1,58 km NO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,46106	45,77141	Sols cultivés	Sol de céréale	Entier	29/06/2022	H-3 lié (Sec)	1,15	-
1,58 km NO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,46106	45,77141	Sols cultivés	Sol de céréale	Entier	29/06/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	1,15	-
1,58 km NO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,46106	45,77141	Sols cultivés	Sol de céréale	Entier	29/06/2022	H-3 libre (Liquide)	1,15	-
1,58 km NO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,46106	45,77141	Sols cultivés	Sol de céréale	Entier	29/06/2022	Granulométrie INRA (Liquide)	1,15	-
1,58 km NO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,46106	45,77141	Sols cultivés	Sol de céréale	Entier	29/06/2022	MO après combustion (Liquide)	1,15	-
2,22 km NO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	05,45359	45,77459	Légumes	Salade	Parties aériennes	29/06/2022	Gamma (Cendre)	19,34	4,46
3,75 km ONO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Bouvesse-Quirieu	05,43200	45,77767	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	03/05/2022	Gamma (Cendre)	8,08	15,49
3,75 km ONO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Bouvesse-Quirieu	05,43200	45,77767	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	03/05/2022	H-3 lié (Sec)	7,51	-
3,75 km ONO	Creys - Zone sous les vents (<5 km)	Bouvesse-Quirieu	05,43200	45,77767	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	Entier	03/05/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	7,51	-

- : 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 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

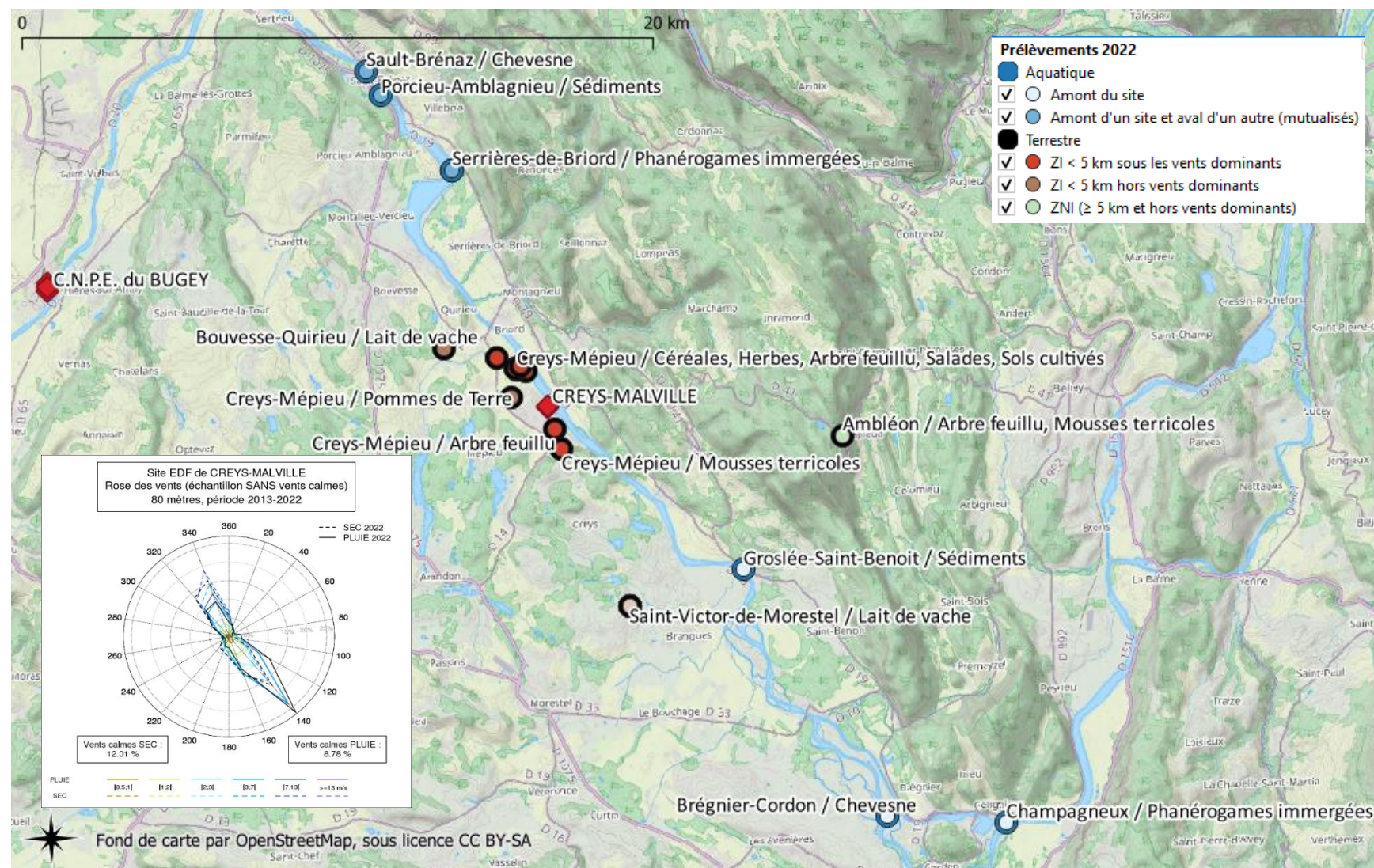


Figure 7 – Localisation générale des stations de prélèvement dans le milieu terrestre et dans le milieu aquatique pour le suivi radioécologique annuel 2022 du site de Creys-Malville

4.2.2 Résultats et interprétation

4.2.2.1 Radionucléides émetteurs gamma

4.2.2.1.1 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 site de Creys-Malville sont présentés dans le Tableau 11 page 52.

En 2022, la radioactivité d'origine naturelle quantifiée dans les matrices terrestres prélevées autour de ce site est du même ordre de grandeur que celle mesurée depuis le début des suivis radioécologiques annuels. Les activités détectées sont en accord avec les valeurs habituelles pour ces matrices [1]. La radioactivité d'origine naturelle présente une composante tellurique prépondérante dans les sols et les végétaux. Elle a pour principale origine le ^{40}K et, dans une moindre mesure, les familles du ^{232}Th et de l' ^{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.

4.2.2.1.2 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 site de Creys-Malville sont présentés dans le Tableau 12 page 53.

En 2022, dans l'environnement terrestre, le seul radionucléide émetteur γ artificiel détecté est le ^{137}Cs . Ce radionucléide est quantifié dans toutes les matrices prélevées excepté les salades et le blé prélevés à Creys-Mépieu pour lesquels la mesure a révélé que les activités en ^{137}Cs y sont inférieures aux seuils de décision. Les activités en ^{137}Cs mesurées dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville s'inscrivent dans la gamme des niveaux observés au cours des dix dernières années (Tableau 3 page 44 au Tableau 9 page 50). Aucune contribution des rejets à l'atmosphère du site de Creys-Malville n'est mise en évidence au travers de ces observations.

4.2.2.2 Radionucléides émetteurs bêta

4.2.2.2.1 Tritium

Les résultats d'analyse des activités en tritium libre et en tritium organiquement lié dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville sont présentés respectivement dans le Tableau 13 page 54 et Tableau 14 page 55.

En 2022, 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]) pour l'ensemble des échantillons prélevés. Le sol de céréales et l'un des deux prélèvements de feuilles de chêne présentent une activité en tritium libre inférieure au seuil de décision. L'herbe prélevée à Creys-Mépieu a une activité en tritium organiquement lié inférieure au seuil de décision. En revanche, les deux prélèvements de feuilles de chêne ($2,7 \pm 0,8 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ EC}$ et $3,8 \pm 0,9 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ EC}$) présentent, comme pour les années passées (Figure 8 page 36), une activité en tritium organiquement lié supérieure au niveau attendu en milieu terrestre hors influence d'un apport industriel local (de $0,34$ à $1,7 \text{ Bq.L}^{-1}$ d'après [1]). Il en est de même pour le lait de vache prélevé à Bouvesse-Quirieu ($3,1 \pm 0,9 \text{ Bq.L}^{-1} \text{ EC}$). Le blé et les pommes de terre prélevés à Creys-Mépieu ont une activité en tritium organiquement lié qui est proche du bruit de fond attendu en milieu terrestre hors influence

d'un apport industriel local. Il en est de même pour le sol de céréale prélevé à Creys-Mépieu dont la valeur de mesure est dotée d'une forte incertitude.

Ceci met en évidence un apport par les rejets atmosphériques tritiés du site en démantèlement de Creys-Malville.

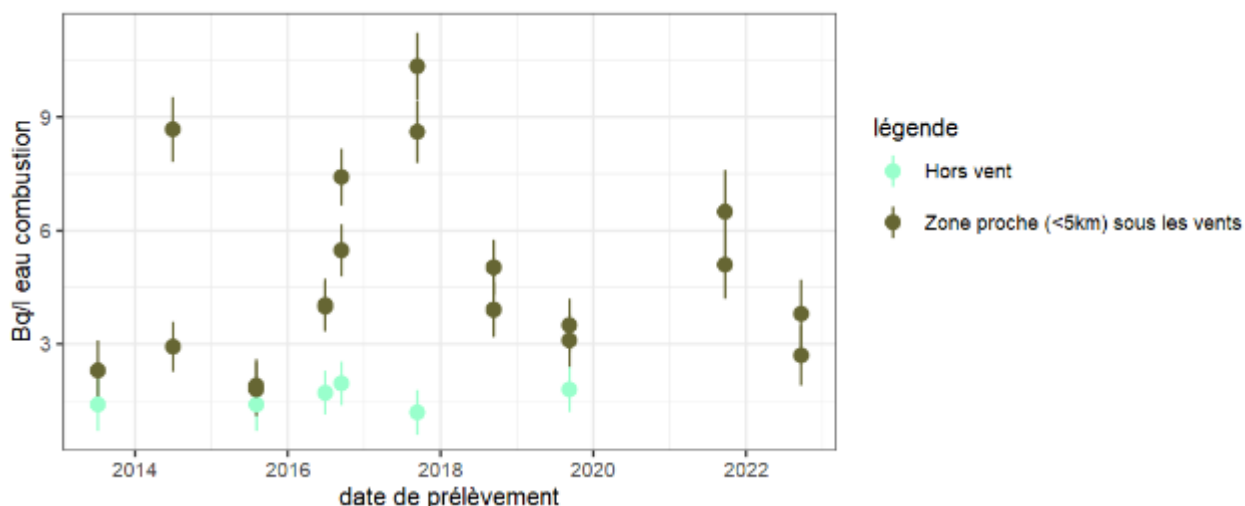


Figure 8 – Variation temporelle des activités en tritium organiquement lié mesurées dans les feuilles de chêne collectées dans l'environnement terrestre du site en démantèlement de Creys-Malville de 2013 à 2022

Les activités en tritium libre mesurées dans le lait de vache collecté en 2021 à Bouvesse-Quirieu et Saint-Victor-de-Morestel dans le cadre de la surveillance trimestrielle sont proches du bruit de fond attendu hors influence d'un apport industriel local.

4.2.2.2.2 Carbone 14

Les résultats d'analyse des activités en ^{14}C dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville sont présentés respectivement dans le Tableau 15 page 56.

Les activités en ^{14}C mesurées dans les feuilles d'arbre sont dans le bruit de fond attendu hors influence d'un apport industriel local ($222 \pm 7 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$ d'après [1]).

4.3 État radiologique de l'environnement aquatique

4.3.1 Stratégie d'échantillonnage

La localisation des stations de prélèvement et la nature des échantillons collectés sont indiquées à la Figure 7 page 34. Les caractéristiques (dates, stations, natures, etc.) identifiant chaque échantillon sont répertoriées dans le Tableau 2 page 38 et suivantes.

Les prélèvements sont réalisés en amont du site en démantèlement, en dehors de l'influence des rejets, à Groslee, Brégner-Cordon et Champagneux. Les prélèvements en aval du site de Creys-Malville sont réalisés à Porcieu-Amblagnieu, Sault-Brénaz et Serrières-de-Briord.

Le choix des stations et de la nature des prélèvements permet la comparaison des résultats avec ceux des études antérieures. Les pêches ont été réalisées au filet par un pêcheur professionnel. Les poissons collectés sont des chevesnes. Les mesures réalisées sur les poissons ont porté sur les muscles afin d'étudier la fraction susceptible d'être consommée par l'homme et de s'affranchir du contenu du tractus gastro-intestinal.

Les phanérogames, les poissons et les sédiments prélevés en amont et en aval du site de Creys-Malville ont fait l'objet d'une analyse par spectrométrie gamma. L' ^{131}I a également été recherché dans les phanérogames. Du tritium organiquement lié et du ^{14}C ont été recherchés dans les phanérogames, les poissons et les sédiments prélevés en amont et en aval du site. Le tritium libre a également été mesuré dans les phanérogames prélevées en amont et en aval du site de Creys-Malville. Le ^{63}Ni a été recherché dans les phanérogames et les sédiments prélevés en amont et en aval du site de Creys-Malville. Les deux prélèvements de phanérogames immergées ont également fait l'objet d'une mesure de ^{55}Fe .

Tableau 2 - Identification des échantillons analysés dans l'environnement aquatique du site de Creys-Malville 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
19,62 km amont	Rhône en amont du Creys	Champagneux	05,65471	45,63720	Centre du Rhône	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	26/07/2022	Ni-63 par Sc. Liq. (Cendre)	12,12	4,03
19,62 km amont	Rhône en amont du Creys	Champagneux	05,65471	45,63720	Centre du Rhône	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	26/07/2022	Gamma (Cendre)	12,12	4,03
19,62 km amont	Rhône en amont du Creys	Champagneux	05,65471	45,63720	Centre du Rhône	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	26/07/2022	Gamma (Frais)	-	-
19,62 km amont	Rhône en amont du Creys	Champagneux	05,65471	45,63720	Centre du Rhône	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	26/07/2022	C-14 par MS (spectrométrie de masse) (Sec)	9,80	-
19,62 km amont	Rhône en amont du Creys	Champagneux	05,65471	45,63720	Centre du Rhône	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	26/07/2022	C élémentaire (Sec)	9,80	-
19,62 km amont	Rhône en amont du Creys	Champagneux	05,65471	45,63720	Centre du Rhône	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	26/07/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	9,80	-
19,62 km amont	Rhône en amont du Creys	Champagneux	05,65471	45,63720	Centre du Rhône	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	26/07/2022	H-3 lié (Sec)	9,80	-
19,62 km amont	Rhône en amont du Creys	Champagneux	05,65471	45,63720	Centre du Rhône	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	26/07/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	9,80	-
19,62 km amont	Rhône en amont du Creys	Champagneux	05,65471	45,63720	Centre du Rhône	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	26/07/2022	H-3 libre (Liquide)	9,80	-
19,62 km amont	Rhône en amont du Creys	Champagneux	05,65471	45,63720	Centre du Rhône	Phanérogames immergées	Potamot pectiné <i>Potamogeton pectinatus</i>	Entier	26/07/2022	Fe-55 par SL (Cendre)	12,12	4,03
16,89 km amont	Rhône en amont du Creys	Brégnier-Cordon	05,60663	45,64009	Rives droite et gauche	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Entier	02/05/2022	Gamma (Cendre)	4,83	16,87
16,89 km amont	Rhône en amont du Creys	Brégnier-Cordon	05,60663	45,64009	Rives droite et gauche	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Entier	02/05/2022	C-14 par SL (Benzène) (Sec)	4,82	-
16,89 km amont	Rhône en amont du Creys	Brégnier-Cordon	05,60663	45,64009	Rives droite et gauche	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Entier	02/05/2022	C élémentaire (Sec)	4,82	-
16,89 km amont	Rhône en amont du Creys	Brégnier-Cordon	05,60663	45,64009	Rives droite et gauche	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Entier	02/05/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	4,82	-
16,89 km amont	Rhône en amont du Creys	Brégnier-Cordon	05,60663	45,64009	Rives droite et gauche	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Entier	02/05/2022	H-3 lié (Sec)	4,82	-
16,89 km amont	Rhône en amont du Creys	Brégnier-Cordon	05,60663	45,64009	Rives droite et gauche	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Entier	02/05/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	4,82	-
8,08 km amont	Rhône en amont du Creys	Groslee-Saint-Benoit	05,55119	45,71187	Rive droite	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Ø< 2 mm	29/03/2022	Ni-63 par Sc. Liq. (Cendre)	1,74	1,04
8,08 km amont	Rhône en amont du Creys	Groslee-Saint-Benoit	05,55119	45,71187	Rive droite	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Ø< 2 mm	29/03/2022	Gamma (Sec)	1,74	-

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
8,08 km amont	Rhône en amont du Creys	Groslée-Saint-Benoit	05,55119	45,71187	Rive droite	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Ø< 2 mm	29/03/2022	C-14 par MS (spectrométrie de masse) (Sec)	1,74	-
8,08 km amont	Rhône en amont du Creys	Groslée-Saint-Benoit	05,55119	45,71187	Rive droite	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Ø< 2 mm	29/03/2022	C élémentaire (Sec)	1,74	-
8,08 km amont	Rhône en amont du Creys	Groslée-Saint-Benoit	05,55119	45,71187	Rive droite	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Ø< 2 mm	29/03/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	1,74	-
8,08 km amont	Rhône en amont du Creys	Groslée-Saint-Benoit	05,55119	45,71187	Rive droite	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Ø< 2 mm	29/03/2022	H-3 lié (Sec)	1,74	-
8,08 km amont	Rhône en amont du Creys	Groslée-Saint-Benoit	05,55119	45,71187	Rive droite	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Ø< 2 mm	29/03/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	1,74	-
8,08 km amont	Rhône en amont du Creys	Groslée-Saint-Benoit	05,55119	45,71187	Rive droite	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	29/03/2022	Granulométrie INRA (Sec)	1,74	-
8,08 km amont	Rhône en amont du Creys	Groslée-Saint-Benoit	05,55119	45,71187	Rive droite	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	29/03/2022	MO après combustion (Sec)	1,74	-
9,55 km aval	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)	-	-
9,55 km aval	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	-
9,55 km aval	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	-
9,55 km aval	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	-
9,55 km aval	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	-
9,55 km aval	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	-
9,55 km aval	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	-
9,55 km aval	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
9,55 km aval	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
9,55 km aval	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
12,88 km aval	Rhône en amont du Bugey	Porcieu-Amblagnieu	05,40949	45,85067	Rive droite canal	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Ø< 2 mm	30/03/2022	Ni-63 par Sc. Liq. (Cendre)	1,86	1,04
12,88 km aval	Rhône en amont du Bugey	Porcieu-Amblagnieu	05,40949	45,85067	Rive droite canal	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Ø< 2 mm	30/03/2022	Gamma (Sec)	1,86	-

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
12,88 km aval	Rhône en amont du Bugey	Porcieu-Amblagnieu	05,40949	45,85067	Rive droite canal	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Ø< 2 mm	30/03/2022	C-14 par MS (spectrométrie de masse) (Sec)	1,86	-
12,88 km aval	Rhône en amont du Bugey	Porcieu-Amblagnieu	05,40949	45,85067	Rive droite canal	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Ø< 2 mm	30/03/2022	C élémentaire (Sec)	1,86	-
12,88 km aval	Rhône en amont du Bugey	Porcieu-Amblagnieu	05,40949	45,85067	Rive droite canal	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Ø< 2 mm	30/03/2022	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	1,86	-
12,88 km aval	Rhône en amont du Bugey	Porcieu-Amblagnieu	05,40949	45,85067	Rive droite canal	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Ø< 2 mm	30/03/2022	H-3 lié (Sec)	1,86	-
12,88 km aval	Rhône en amont du Bugey	Porcieu-Amblagnieu	05,40949	45,85067	Rive droite canal	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Ø< 2 mm	30/03/2022	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	1,86	-
12,88 km aval	Rhône en amont du Bugey	Porcieu-Amblagnieu	05,40949	45,85067	Rive droite canal	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	30/03/2022	Granulométrie INRA (Sec)	1,86	-
12,88 km aval	Rhône en amont du Bugey	Porcieu-Amblagnieu	05,40949	45,85067	Rive droite canal	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Entier	30/03/2022	MO après combustion SCP (Sec)	1,86	-
13,83 km aval	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
13,83 km aval	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	-
13,83 km aval	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	-
13,83 km aval	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	-
13,83 km aval	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	-
13,83 km aval	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	-

- : 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

4.3.2 Résultats et interprétation

4.3.2.1 Radionucléides émetteurs gamma

4.3.2.1.1 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 site de Creys-Malville sont présentés dans le Tableau 21 page 62.

En 2022, la radioactivité d'origine naturelle détectée dans les sédiments, végétaux et poissons est qualitativement et quantitativement équivalente à celle des études antérieures. Les activités détectées sont en accord avec les valeurs habituelles pour ces matrices [1]. La radioactivité est liée à la présence du ^{40}K dans l'ensemble des matrices échantillonnées. L'activité en ^{40}K dans les poissons est 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 l' ^{238}U et du ^{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.

4.3.2.1.2 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 site de Creys-Malville sont présentés dans le Tableau 22 page 63.

Le ^{137}Cs est présent dans tous les compartiments de l'écosystème aquatique. Comme observé au cours des années antérieures, il n'existe aucune distinction notable entre l'amont et l'aval compte-tenu de la variabilité dans l'ensemble des matrices prélevées à l'exception des sédiments (du Tableau 16 page 57 au Tableau 19 page 60). Cette année, comme pour les années précédentes, la valeur en ^{137}Cs dans les sédiments prélevés en aval du site de Creys-Malville est supérieure à celle mesurée à l'amont, même en tenant compte des incertitudes de mesure et de la variabilité des observations en amont du site (Figure 9 ci-dessous). Ceci est probablement dû à la variabilité des retombées globales sur le bassin versant sans qu'une contribution des rejets du site en démantèlement de Creys-Malville ne puisse être écartée.

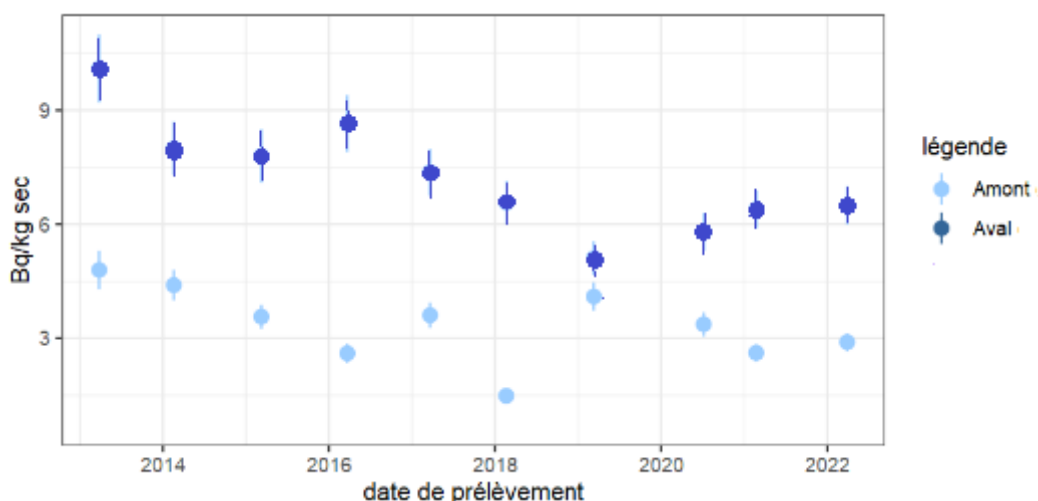


Figure 9 – Variation temporelle des activités en ^{137}Cs mesurées dans les sédiments collectés dans l'environnement aquatique du site en démantèlement de Creys-Malville de 2013 à 2022

Les activités en ^{131}I mesurées dans les phanérogames immergées sont supérieures aux seuils de décision. Aucune distinction notable entre l'amont et l'aval en tenant compte de la variabilité n'est observée cette année. En

l'absence de rejet déclarés d'¹³¹I par le site, ces activités peuvent être attribuées à un marquage par des rejets hospitaliers.

4.3.2.2 Radionucléides émetteurs bêta

4.3.2.2.1 Tritium

Les résultats d'analyse des activités en tritium libre et en tritium organiquement lié dans l'environnement aquatique du site de Creys-Malville sont présentés respectivement dans le Tableau 23 page 64 et le Tableau 24 page 64.

L'activité en tritium libre mesurée dans les phanérogames immergées est inférieure au seuil de décision excepté pour le prélèvement réalisé en aval dont l'activité mesurée est proche du seuil de décision de l'amont ($\leq 0,60 \text{ Bq.L}^{-1}$). Les activités en tritium organiquement lié mesurées dans les phanérogames immergées prélevées en aval du site ainsi que dans les deux prélèvements de poissons sont 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]). En revanche, le prélèvement de phanérogames réalisé en amont du site présente une activité en tritium organiquement lié supérieure aux valeurs attendues dans un environnement non soumis à des rejets industriels. Ce marquage trouve son origine dans les rejets liés à l'industrie horlogère implantée par le passé dans le Haut-Rhône.

Pour les sédiments, les activités en tritium organiquement lié sont dans la gamme des niveaux observés les années précédentes, avec une activité plus élevée en aval qu'en amont, et s'expliquent par les rejets passés de l'industrie horlogère dans le Haut-Rhône et du site en démantèlement de Creys Malville.

4.3.2.2.2 Carbone 14

Les résultats d'analyse des activités en ¹⁴C dans l'environnement aquatique du site de Creys-Malville sont présentés dans le Tableau 25 page 65.

Les activités en ¹⁴C mesurées dans les sédiments, les phanérogames et les poissons sont conformes au bruit de fond attendu en milieu aquatique hors influence d'un apport industriel local (inférieure à $220 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$ d'après [1]), sans distinction notable entre l'amont et l'aval.

4.3.2.2.3 Nickel 63 et Fer 55

Les résultats d'analyse des activités en ⁶³Ni et ⁵⁵Fe dans l'environnement aquatique du site de Creys-Malville sont présentés respectivement dans le Tableau 26 page 66 et le Tableau 27 page 66.

Les activités en ⁶³Ni mesurées dans les sédiments et les phanérogames immergées sont inférieures aux seuils de décision excepté pour le prélèvement de sédiments réalisé en amont du site ($0,14 \pm 0,11 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$) dont l'activité mesurée est dotée d'une forte incertitude. Cette activité en amont est proche du seuil de décision de l'aval ($\leq 0,10 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$).

Les activités en ⁵⁵Fe mesurées dans les phanérogames immergées sont inférieures aux seuils de décision, aussi bien en amont qu'en aval du site. La technique de mesure du ⁵⁵Fe mise en œuvre fournit pour ces échantillons des limites de détection trop élevées pour affiner le diagnostic.

4.4 Conclusion de l'état radiologique de l'environnement du site de Creys-Malville

Les niveaux d'activités des radionucléides naturels détectés en 2022 dans l'environnement du site de Creys-Malville sont du même ordre de grandeur que ceux mesurés depuis l'instauration des suivis radioécologiques. Le ^{40}K est le radionucléide d'origine naturelle prépondérant dans tous les échantillons.

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

S'agissant de l'environnement terrestre, les mesures en tritium libre réalisées dans le blé et le sol associé, les pommes de terre, l'herbe et les feuilles de chêne ainsi que la mesure en tritium organiquement lié réalisée dans l'herbe, les pommes de terre, le blé et le sol associé ne mettent pas en évidence de contribution des rejets d'effluents atmosphériques du site de Creys-Malville. Il en est de même pour le ^{14}C mesuré dans les feuilles de chêne. En revanche, les activités en tritium organiquement lié mesurées dans les deux prélèvements de feuille de chêne et dans le lait de vache collectés sous les vents dominants à proximité du site permettent de mettre en évidence un marquage par les rejets d'effluents tritiés à l'atmosphère opérés par le site en démantèlement de Creys-Malville.

Dans l'environnement aquatique, les activités en ^{131}I mesurées dans les phanérogames immergées prélevées en amont et en aval du site sont caractéristiques d'un marquage par des rejets hospitaliers en amont du site.

L'activité en tritium organiquement lié mesurée dans les phanérogames aquatiques prélevées en amont est caractéristique d'un marquage des eaux du Rhône par les rejets passés de l'industrie horlogère. L'activité en tritium organiquement lié mesurée dans les poissons pêchés en amont et en aval du site ne présente pas de différence significative et est proche du bruit de fond radiologique sur le territoire français hors influence industrielle. L'activité en ^{14}C mesurée dans les sédiments, les phanérogames et les poissons collectés en amont et en aval du site s'inscrit dans le bruit de fond attendu. Ceci est en cohérence avec le fait que le site de Creys-Malville ne rejette plus de ^{14}C dans l'environnement.

Enfin, la connaissance des niveaux de référence en ^{63}Ni en milieu aquatique ne permet pas de se prononcer quant à l'origine du marquage de l'environnement aquatique du site.

4.5 Tableaux de résultats

Tableau 3 – Activités massiques et volumiques des radionucléides des échantillons de sols collectés dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Fraction	Diamètre inférieur à 2 mm	Diamètre inférieur à 2 mm	Diamètre inférieur à 2 mm	Diamètre inférieur à 2 mm	Diamètre inférieur à 2 mm	Diamètre inférieur à 2 mm	Diamètre inférieur à 2 mm	Diamètre inférieur à 2 mm	Diamètre inférieur à 2 mm	Diamètre inférieur à 2 mm
Chronique	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)
Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.kg ⁻¹ sec)										
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	8,70 (1/1)	8,40 (1/1)	8,40 (1/1)	9,64 (1/1)	7,61 (1/1)	6,57 (1/1)	7 (1/1)	6,1 (1/1)	6,90 (1/1)	6,67 (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 dessication, ³ H lié : Bq.L ⁻¹ d'eau de combustion)										
³ H libre	n.a.	5,30 (1/1)	1,20 (1/1)	1,50 (1/1)	14,13 (1/1)	2,12 (1/1)	1,7 (1/1)	n.a.	1,30 (1/1)	-
³ H lié	n.a.	2,18 (1/1)	11,4 (1/1)	3,2 (1/1)	7,9 (1/1)	0,48 (1/1)	0,19 (1/1)	n.a.	30,0 (1/1)	4,8 (1/1)

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

Tableau 4 – Activités massiques en radionucléides émetteurs γ des échantillons de mousses collectés dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022

Année	2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2021		2022	
Fraction	Entier		Entier		Entier		Entier		Entier		Entier		Entier		Entier		Entier	
Chronique	Creys - zone hors vents dominants (>5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone hors vents dominants (>5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone hors vents dominants (>5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone hors vents dominants (>5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone hors vents dominants (>5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone hors vents dominants (>5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone hors vents dominants (>5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone hors vents dominants (>5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone hors vents dominants (>5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)
Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.kg ⁻¹ sec)																		
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	2,74 (1/1)	0,85 (1/1)	9,6 (1/1)	1,04 (1/1)	5,40 (1/1)	1,85 (1/1)	5,22 (1/1)	0,54 (1/1)	4,39 (1/1)	0,83 (1/1)	4,44 (1/1)	0,44 (1/1)	3,0 (1/1)	0,60 (1/1)	2,54 (1/1)	0,56 (1/1)	1,6 (1/1)	0,45 (1/1)
⁵⁸ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁶⁰ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
^{110m} Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁵⁴ Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹²⁴ Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹²⁵ Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³¹ I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- : inférieur au seuil de décision.

Tableau 5 – Activités massiques et volumiques en radionucléides des échantillons de feuilles de chêne collectés dans l’environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022

Année	2013		2014	2015		2016		2017		2018	2019		2021	2022
Fraction	Feuilles		Feuilles	Feuilles annuelles		Feuilles annuelles		Feuilles annuelles		Feuilles annuelles	Feuilles annuelles		Feuilles annuelles	Feuilles annuelles
Chronique	Creys - zone hors vents dominants (>5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone hors vents dominants (>5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone hors vents dominants (>5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone hors vents dominants (>5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone hors vents dominants (>5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)
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)	1,60 (1/1)	1,20-7,40 (2/2)	1,50 (1/1)	1,20-1,30 (2/2)	1,60-1,80 (2/2)	0,90-2,30 (4/4)	1,64 (1/1)	1,95-1,96 (2/2)	1,08-1,71 (2/2)	0,90 (1/1)	-	1,30 (1/2)	0,8 (1/2)
³ H lié	1,40 (1/1)	2,30 (1/1)	2,93-8,68 (2/2)	1,40 (1/1)	1,80-1,90 (2/2)	1,71-1,96 (2/2)	3,99-7,42 (4/4)	1,19 (1/1)	8,61-10,35 (2/2)	3,91-5,03 (2/2)	1,80 (1/1)	3,10-3,50 (2/2)	5,10-6,5 (2/2)	2,7-3,8 (2/2)
¹⁴ C	231,3 (1/1)	228,7 (1/1)	227,3-230,0 (2/2)	226,8 (1/1)	225,2-227,7 (2/2)	229,5-230,3 (2/2)	228,4-229,4 (4/4)	229,0 (1/1)	227,2-227,9 (2/2)	226,7-227,4 (2/2)	226,5 (1/1)	225,7-228,5 (2/2)	219,3-220,7 (2/2)	222,2-223,1 (2/2)

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

Tableau 6 – Activités massiques et volumiques en radionucléides des échantillons de céréales collectés dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Fraction	Graine	Graine	Graine	Graine	Graine	Graine	Graine	Graine	Graine	Graine
Chronique	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)
Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.kg ⁻¹ sec)										
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	-	-	-	-	-	0,0260 (1/1)	0,0170 (1/1)	0,046 (1/1)	0,0106 (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.
Emetteurs beta (³ H libre : Bq.L ⁻¹ d'eau de dessiccation, ³ H lié : Bq.L ⁻¹ d'eau de combustion)										
³ H libre	1,80 (1/1)	1,20 (1/1)	1,40 (1/1)	0,80 (1/1)	2,34 (1/1)	1,83 (1/1)	1,70 (1/1)	1,70 (1/1)	1,40 (1/1)	0,9 (1/1)
³ H lié	n.a.	2,43 (1/1)	1,48 (1/1)	1,28 (1/1)	2,84 (1/1)	1,90 (1/1)	1,80 (1/1)	1,20 (1/1)	1,40 (1/1)	1,7 (1/1)

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

Tableau 7 – Activités massiques et volumiques en radionucléides des échantillons d'herbe collectés dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville 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	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes	Parties aériennes
Chronique	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)
Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.kg ⁻¹ sec)										
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-
¹³⁷ Cs	0,114 (1/1)	-	0,174 (1/1)	0,149 (1/1)	0,061-0,129 (2/2)	-	-	n.a.	0,066 (1/1)	0,026 (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.
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	n.a.	5,90 (1/1)	1,00 (1/1)	1,10 (1/1)	3,51-8,77 (2/2)	0,91 (1/1)	0,90 (1/1)	1,30 (1/1)	1,80 (1/1)	1,7 (1/1)
³ H lié	n.a.	3,80 (1/1)	1,60 (1/1)	1,60 (1/1)	7,24-7,40 (2/2)	2,07 (1/1)	1,30 (1/1)	1,60 (1/1)	1,60 (1/1)	-
¹⁴ C	n.a.	n.a.	212-227,4 (4/4)	222-231 (4/4)	222-236 (5/5)	225,3-230 (2/2)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

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

Tableau 8 – Activités massiques et volumiques en radionucléides des échantillons de légumes collectés dans l’environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022

Année	2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022	
Fraction	Feuilles	Feuilles	Tubercule	Feuilles	Tubercule	Feuilles	Tubercule	Feuilles	Tubercule	Feuilles	Tubercule	Feuilles	Tubercule	Parties aériennes	Tubercule	Parties aériennes	Tubercule	Parties aériennes	Tubercule	Parties aériennes
Chronique	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone hors vents dominants (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys - zone sous les vents (<5 km)
Emetteurs gamma d’origine artificielle (Bq.kg ⁻¹ sec)																				
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	-	-	0,069 (1/1)	0,092 (1/1)	0,315 (1/1)	0,33 (1/1)	-	0,200 (1/1)	0,167 (1/1)	0,209 (1/1)	0,135 (1/1)	0,150 (1/1)	0,063 (1/1)	0,190 (1/1)	0,07 (1/1)	-	0,138 (1/1)	-	0,073 (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.	n.a.	n.a.
Emetteurs beta (³ H libre : Bq.L ⁻¹ d’eau de dessication, ³ H lié : Bq.L ⁻¹ d’eau de combustion)																				
³ H libre	1,00 (1/1)	n.a.	3,5 (1/1)	n.a.	0,89-1,1 (2/2)	n.a.	3,5 (1/1)	n.a.	2,33 (1/1)	n.a.	1,53 (1/1)	1,1 (1/1)	n.a.	-	n.a.	1,9 (1/1)	n.a.	n.a.	1,2 (1/1)	-
³ H lié	n.a.	n.a.	4,3 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	3,3 (1/1)	n.a.	3,32 (1/1)	n.a.	1,79 (1/1)	0,88 (1/1)	n.a.	1,1 (1/1)	n.a.	0,86 (1/1)	n.a.	n.a.	2,0 (1/1)	-

Espèces concernées : Pomme de Terre, Salades

Tableau 9 - Activités massiques et volumiques en radionucléides des échantillons de lait collectés dans l’environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Fraction	Entier	Entier	Entier	Entier	Entier	Entier	Entier	Entier	Entier	Entier
Emetteurs gamma d’origine artificielle (Bq.kg ⁻¹ sec)										
¹³⁴ Cs	-	-	-	n.a.	-	n.a.	-	n.a.	-	n.a.
¹³⁷ Cs	0,0055 (1/1)	-	0,0073 (1/1)	n.a.	0,0070 (1/1)	n.a.	0,0069 (1/1)	n.a.	0,0280 (1/1)	n.a.
⁵⁸ Co	-	-	-	n.a.	-	n.a.	-	n.a.	-	n.a.
⁶⁰ Co	-	-	-	n.a.	-	n.a.	-	n.a.	-	n.a.
^{110m} Ag	-	-	-	n.a.	-	n.a.	-	n.a.	-	n.a.
⁵⁴ Mn	-	-	-	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	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 dessication, ³ H lié : Bq.L ⁻¹ d’eau de combustion, ¹⁴ C : Bq.kg ⁻¹ C)										
³ H libre	1,30 (1/1)	3,70 (1/1)	0,80-1,10 (4/4)	1,00-1,30 (4/5)	0,80-3,80 (5/5)	0,60-1,20 (4/4)	1,01-4,02 (5/5)	1,08-1,12 (4/4)	0,85-1,23 (4/4)	0,64-0,89 (3/4)
³ H lié	n.a.	3,80 (1/1)	1,20 (1/1)	n.a.	2,00 (1/1)	n.a.	2,73 (1/1)	n.a.	-	n.a.
¹⁴ C	n.a.	n.a.	222-232 (4/4)	n.a.	226-232 (4/4)	n.a.	226-229 (4/4)	n.a.	n.a.	n.a.

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

Tableau 10 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques de l'échantillon de sol récolté dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique en 2022.

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Fractions	%
Creys-Mépieu	28/06/2022	Sols cultivés	Sol de céréales	≤ 2 mm	sec	Matière organique	2,12
						Argiles (<2μm)	11,3
						Limons Fins	11,3
						Limons Grossiers	9
						Sables Fins	15,9
						Sables Grossiers	52,5

Tableau 11 – Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine naturelle mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville 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 l' ²³⁸ U				⁷ Be	Unité
										²²⁸ Ac	²³⁴ Th	^{234m} Pa	²¹⁰ Pb			
Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	29/06/2022	Sols	Sol de céréale	Produits de tamisage <i>Tamisé < 2000 μm</i>	Sec	1,15	12/09/2022	333±24	24,3±1,5	24,1±4,9	20±8	41±13	5,8±1,4	Bq.kg ⁻¹ sec	
Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	28/06/2022	Céréales	Blé non identifié <i>Triticum sp.</i>	Graine	Cendre	1,12	15/11/2022	127±10	0,33±0,05	≤ 0,12	≤ 1,7	0,75±0,15	6,4±0,6	Bq.kg ⁻¹ sec	
Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	26/07/2022	Légumes	Pomme de Terre <i>Solanum tuberosum</i>	Tubercule	Cendre	5,70	15/11/2022	720±50	≤ 0,26	≤ 0,50	≤ 8,0	≤ 0,60	≤ 1,2	Bq.kg ⁻¹ sec	
Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	29/06/2022	Légumes	Salades	Parties aériennes	Cendre	19,34	19/09/2022	2 620±200	≤ 1,0	≤ 2,0	≤ 31	16,5±2,5	261±21	Bq.kg ⁻¹ sec	
Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	03/05/2022	Herbes	Herbe de pâturage		Frais	3,61	19/08/2022	592±45	0,89±0,13	≤ 0,29	≤ 4,0	6±0,7	38,7±3,2	Bq.kg ⁻¹ sec	
Creys - zone hors vents dominants (>5 km)	Ambléon	29/03/2022	Mousses terrestres	Rhytidiadelphus triquetrus <i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>		Frais	1,10	06/04/2022	143±15	≤ 1,2	≤ 2,4	≤ 23	444±38	583±34	Bq.kg ⁻¹ sec	
Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	29/03/2022	Mousses terrestres	Rhytidiadelphus triquetrus <i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>		Frais	1,66	06/04/2022	107±11	≤ 1,7	≤ 2,9	≤ 39	315±29	330±20	Bq.kg ⁻¹ sec	
Creys - zone sous les vents (<5 km)	Bouvesse-Quirieu	03/05/2022	Produits laitiers	Lait de vache	Entier	Cendre	8,08	29/08/2022	51,5±4	≤ 0,019	≤ 0,044	≤ 0,60	≤ 0,050	≤ 0,11	Bq.L ⁻¹	

Tableau 12 – Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine artificielle mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville 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	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	^{54}Mn	^{124}Sb	^{125}Sb	$^{131}\text{I}^*$	Unité
Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	29/06/2022	Sols	Sol de céréale	Produits de tamisage <i>Tamisé < 2000 μm</i>	Sec	1,15	12/09/2022	$\leq 0,11$	6,67$\pm$0,48	$\leq 0,21$	$\leq 0,12$	$\leq 0,16$	$\leq 0,14$	$\leq 0,24$	$\leq 0,35$	n.a.	Bq.kg ⁻¹ sec
Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	28/06/2022	Céréales	Blé non identifié <i>Triticum sp.</i>	Graine	Cendre	1,12	15/11/2022	$\leq 0,011$	$\leq 0,0100$	$\leq 0,043$	$\leq 0,016$	$\leq 0,019$	$\leq 0,015$	$\leq 0,044$	$\leq 0,026$	n.a.	Bq.kg ⁻¹ sec
Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	26/07/2022	Légumes	Pomme de Terre <i>Solanum tuberosum</i>	Tubercule	Cendre	5,70	15/11/2022	$\leq 0,050$	0,073$\pm$0,028	$\leq 0,16$	$\leq 0,080$	$\leq 0,080$	$\leq 0,070$	$\leq 0,15$	$\leq 0,12$	n.a.	Bq.kg ⁻¹ sec
Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	29/06/2022	Légumes	Salades	Parties aériennes	Cendre	19,34	19/09/2022	$\leq 0,18$	$\leq 0,18$	$\leq 0,45$	$\leq 0,30$	$\leq 0,29$	$\leq 0,24$	$\leq 0,39$	$\leq 0,44$	n.a.	Bq.kg ⁻¹ sec
Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	03/05/2022	Herbes	Herbe de pâturage		Frais	3,61	19/08/2022	$\leq 0,026$	0,026$\pm$0,013	$\leq 0,080$	$\leq 0,040$	$\leq 0,041$	$\leq 0,034$	$\leq 0,070$	$\leq 0,060$	n.a.	Bq.kg ⁻¹ sec
Creys - zone hors vents dominants (>5 km)	Ambléon	29/03/2022	Mousses terrestres	<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>		Frais	1,10	06/04/2022	$\leq 0,17$	1,6$\pm$0,35	$\leq 0,21$	$\leq 0,22$	$\leq 0,24$	$\leq 0,20$	$\leq 0,20$	$\leq 0,60$	$\leq 0,42$	Bq.kg ⁻¹ sec
Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	29/03/2022	Mousses terrestres	<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>		Frais	1,66	06/04/2022	$\leq 0,31$	0,45$\pm$0,21	$\leq 0,28$	$\leq 0,33$	$\leq 0,36$	$\leq 0,32$	$\leq 0,33$	$\leq 0,90$	$\leq 0,60$	Bq.kg ⁻¹ sec
Creys - zone sous les vents (<5 km)	Bouvesse-Quirieu	03/05/2022	Produits laitiers	Lait de vache	Entier	Cendre	8,08	29/08/2022	$\leq 0,0041$	0,0148$\pm$0,0026	$\leq 0,013$	$\leq 0,0060$	$\leq 0,0070$	$\leq 0,0050$	$\leq 0,013$	$\leq 0,0100$	n.a.	Bq.L ⁻¹

n.a. : non analysé.

Tableau 13 – Activités en tritium libre mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville 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
Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	29/06/2022	Sols	Sol de céréale	Eau extraite par lyophilisation	1,15	27/09/2022	≤ 0,70	≤ 0,11	Bq.kg ⁻¹ sec
Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	28/06/2022	Céréales	Blé non identifié <i>Triticum sp.</i>	Eau extraite par lyophilisation	1,83	27/09/2022	0,9±0,7	0,41±0,32	Bq.kg ⁻¹ frais
Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	26/07/2022	Légumes	Pomme de Terre <i>Solanum tuberosum</i>	Eau extraite par lyophilisation	5,21	27/09/2022	1,2±0,7	0,97±0,57	Bq.kg ⁻¹ frais
Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	03/05/2022	Herbes	Herbe de pâturage	Eau extraite par lyophilisation	3,61	30/05/2022	1,7±0,7	1,23±0,51	Bq.kg ⁻¹ frais
Creys - zone sous les vents (<5 km) - 1,55 km NO	Creys-Mépieu	21/09/2022	Arbres	Chêne pédonculé <i>Quercus robur</i> (= <i>pedunculata</i>)	Eau extraite par lyophilisation	2,07	16/11/2022	≤ 0,70	≤ 0,36	Bq.kg ⁻¹ frais
Creys - zone sous les vents (<5 km) - 2,16 km SSE	Creys-Mépieu	21/09/2022	Arbres	Chêne pédonculé <i>Quercus robur</i> (= <i>pedunculata</i>)	Eau extraite par lyophilisation	2,16	16/11/2022	0,8±0,7	0,43±0,38	Bq.kg ⁻¹ frais

Tableau 14 – Activités en tritium organiquement lié (TOL) mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville 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
Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	29/06/2022	Sols	Sol de céréale	Produits de tamisage Tamisé < 2000 µm	1,15	06/02/2023	4,8±4,8	0,17±0,17	Bq.kg ⁻¹ sec
Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	28/06/2022	Céréales	Blé non identifié Triticum sp.	Graine	1,83	28/05/2023	1,7±0,8	0,55±0,26	Bq.kg ⁻¹ frais
Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	26/07/2022	Légumes	Pomme de Terre Solanum tuberosum	Résidu sec obtenu après lyophilisation	5,21	28/05/2023	2±0,7	0,219±0,077	Bq.kg ⁻¹ frais
Creys - zone sous les vents (<5 km)	Creys-Mépieu	03/05/2022	Herbes	Herbe de pâturage	Résidu sec obtenu après lyophilisation	3,61	15/09/2022	≤ 0,80	≤ 0,13	Bq.kg ⁻¹ frais
Creys - zone sous les vents (<5 km) - 1,55 km NO	Creys-Mépieu	21/09/2022	Arbres	Chêne pédonculé <i>Quercus robur</i> (= <i>pedunculata</i>)	Résidu sec obtenu après lyophilisation	2,07	02/12/2022	2,7±0,8	0,71±0,21	Bq.kg ⁻¹ frais
Creys - zone sous les vents (<5 km) - 2,16 km SSE	Creys-Mépieu	21/09/2022	Arbres	Chêne pédonculé <i>Quercus robur</i> (= <i>pedunculata</i>)	Résidu sec obtenu après lyophilisation	2,16	02/12/2022	3,8±0,9	1,01±0,24	Bq.kg ⁻¹ frais
Creys - zone sous les vents (<5 km)	Bouvesse-Quirieu	03/05/2022	Produits laitiers	Lait de vache	Entier	7,51	21/09/2022	3,1±0,9	0,311±0,091	Bq.L ⁻¹ d'ECH.

Tableau 15 – Activités en ^{14}C mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site de Creys-Malville 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)	C TOT. (kg.kg ⁻¹ sec)
Creys - zone sous les vents (<5 km) - 1,55 km NO	Creys-Mépieu	21/09/2022	Arbres	Chêne pédonculé <i>Quercus robur</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	2,07	10/03/2023	222,2±2,5	-29,86	99,3±1,1	99,3±1,1	0,45
Creys - zone sous les vents (<5 km) - 2,16 km SSE	Creys-Mépieu	21/09/2022	Arbres	Chêne pédonculé <i>Quercus robur</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	2,16	10/03/2023	223,1±2,5	-28,28	99,4±1,1	105,1±1,2	0,47

Tableau 16 – Activités massiques et volumiques en radionucléides des échantillons de sédiments collectés dans l'environnement aquatique du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022

Année	2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022	
Fraction	Entier		Diamètre inférieur à 2 mm		Diamètre inférieur à 2 mm		Diamètre inférieur à 2 mm		Diamètre inférieur à 2 mm		Diamètre inférieur à 2 mm		Produits de tamisage		Produits de tamisage		Produits de tamisage		Produits de tamisage	
Chronique	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys
Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.kg ⁻¹ sec)																				
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	4,80 (1/1)	10,1 (1/1)	4,40 (1/1)	8,0 (1/1)	3,57 (1/1)	7,8 (1/1)	2,61 (1/1)	8,7 (1/1)	3,61 (1/1)	7,4 (1/1)	1,49 (1/1)	6,6 (1/1)	4,10 (1/1)	5,11 (1/1)	3,37 (1/1)	5,80 (1/1)	2,62 (1/1)	6,40 (1/1)	2,9 (1/1)	6,5 (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.	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 C, autres : Bq.kg ⁻¹ sec)																				
³ H libre	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,80 (1/1)	-	n.a.	n.a.	0,94 (1/1)	0,8 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,80 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
³ H lié	240 (1/1)	1 190 (1/1)	399 (1/1)	760 (1/1)	-	570 (1/1)	500 (1/1)	420 (1/1)	< LQ (1/1)	< LQ (1/1)	30,4 (1/1)	180 (1/1)	85,58 (1/1)	356,73 (1/1)	n.a.	n.a.	89,0 (1/1)	98,0 (1/1)	96 (1/1)	630 (1/1)
¹⁴ C	136,5 (1/1)	176,5 (1/1)	105,5 (1/1)	121,2 (1/1)	207,6 (1/1)	201,8 (1/1)	195,7 (1/1)	193,7 (1/1)	203,0 (1/1)	189,3 (1/1)	146,5 (1/1)	208,4 (1/1)	197,4 (1/1)	166,7 (1/1)	n.a.	n.a.	183,7 (1/1)	196,5 (1/1)	192,2 (1/1)	188 (1/1)
⁹⁰ Sr	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.	-	0,97 (1/1)	n.a.	n.a.
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.	-	-	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
⁶³ Ni	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.	-	-	0,14 (1/1)	-

n.a. : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision. <LQ : Le pourcentage massique d'hydrogène dans l'échantillon est trop faible (< 0,3 % en masse) pour la technique de mesure.

Tableau 17 – Activités massiques et volumiques en radionucléides des échantillons de mousses collectés dans l'environnement aquatique du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022

Année	2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2021		2022	
Fraction	Entier		Entier		Entier		Parties aériennes		Parties aériennes		Parties aériennes		Entier		Parties aériennes		Parties aériennes	
Chronique	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys
Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.kg ⁻¹ sec)																		
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
¹³⁷ Cs	1,33 (1/1)	1,46 (1/1)	1,35 (1/1)	2,16 (1/1)	1,10 (1/1)	1,74 (1/1)	1,02 (1/1)	1,62 (1/1)	1,84 (1/1)	2,31 (1/1)	1,19 (1/1)	1,28 (1/1)	1,14 (1/1)	1,14 (1/1)	1,26 (1/1)	1,20-1,95 (2/2)	n.a.	n.a.
⁵⁸ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
⁶⁰ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
^{110m} Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
⁵⁴ Mn	-	-	-	-	-	0,42 (1/1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
¹²⁴ Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	n.a.
¹²⁵ Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	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.	n.a.	n.a.	n.a.	8,5 (1/1)	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 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.	-	-	-	-	n.a.	n.a.
⁶³ Ni	-	-	0,055 (1/1)	-	0,238 (1/1)	-	0,082 (1/1)	-	-	-	-	-	-	-	-	0,226 (1/1)	n.a.	n.a.

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

Tableau 18 – Activités massiques et volumiques en radionucléides des échantillons de végétaux (phanérogames immergées) collectés dans l'environnement aquatique du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022

Année	2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022	
Fraction	Entier		Entier		Entier		Parties aériennes		Parties aériennes		Parties aériennes		Parties aériennes		Parties aériennes		Parties aériennes		Parties aériennes	
Chronique	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys
Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.kg ⁻¹ sec)																				
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	1,77-1,9 (2/2)	1,17-2,26 (2/2)	1,43-1,48 (2/2)	1,62-2,42 (2/2)	1,96-2,14 (2/2)	1,88-3,98 (2/2)	1,01 (1/2)	1,22-1,26 (2/2)	1,17 (1/2)	1,79-3,82 (2/2)	1,23-3,07 (2/2)	0,353-1,84 (2/2)	0,77-1,05 (2/2)	0,350-1,06 (2/2)	1,31 (1/1)	1,41 (1/1)	0,81-1,02 (2/2)	0,66-1,03 (2/2)	1,07 (1/2)	0,87 (1/2)
⁵⁸ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁶⁰ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
^{110m} Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁵⁴ Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹²⁴ Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹²⁵ Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³¹ I	11,4 (1/1)	6,5 (1/1)	11,1 (1/1)	4,7 (1/1)	69,9 (1/1)	41 (1/1)	4,0 (1/1)	2,1 (1/1)	32,5 (1/1)	19 (1/1)	4,8 (1/1)	2,0 (1/1)	10,9 (1/1)	3,06 (1/1)	n.a.	n.a.	2,90 (1/1)	13,8 (1/1)	8,6 (1/1)	9,9 (1/1)
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, autres : Bq.kg ⁻¹ sec)																				
³ H libre	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,30 (1/1)	-	1,00 (1/1)	1,3 (1/1)	0,69 (1/1)	-	0,66 (1/1)	1,2 (1/1)	-	0,90 (1/1)	n.a.	-	-	-	-	0,9 (1/1)
³ H lié	11,1 (1/1)	15,9 (1/1)	6,20 (1/1)	9,3 (1/1)	6,80 (1/1)	7,6 (1/1)	4,30 (1/1)	8,7 (1/1)	3,58 (1/1)	6,2 (1/1)	104,2 (1/1)	7,3 (1/1)	2,50 (1/1)	5,00 (1/1)	n.a.	n.a.	5,3 (1/1)	5,6 (1/1)	2,9 (1/1)	2,3 (1/1)
¹⁴ C	198,5 (1/1)	196,7 (1/1)	198,3 (1/1)	203,3 (1/1)	193,8 (1/1)	194,3 (1/1)	189,9 (1/1)	189,8 (1/1)	191,2 (1/1)	190,8 (1/1)	186,9 (1/1)	189,4 (1/1)	189,4 (1/1)	189,9 (1/1)	n.a.	n.a.	191,0 (1/1)	190,9 (1/1)	191,3 (1/1)	192,2 (1/1)
⁵⁵ Fe																			-	-
⁶³ Ni																			-	-

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

Tableau 19 – Activités massiques et volumiques en radionucléides des échantillons de poissons collectés dans l’environnement aquatique du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique annuel de 2013 à 2022

Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022										
Fraction	Muscle	Muscle	Muscle	Muscle	Muscle	Muscle	Muscle	Muscle	Muscle	Muscle										
Chronique	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys	Rhône en amont de Creys	Rhône en aval de Creys
Emetteurs gamma d'origine artificielle (Bq.kg ⁻¹ frais)																				
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	0,079 (1/1)	0,068 (1/1)	0,046 (1/1)	0,065 (1/1)	0,0524 (1/1)	0,071 (1/1)	0,0577 (1/1)	0,056 (1/1)	0,0513 (1/1)	0,096 (1/1)	0,058 (1/1)	0,082 (1/1)	0,0510 (1/1)	0,0536 (1/1)	0,0390 (1/1)	0,0800 (1/1)	0,0430 (1/1)	0,0570 (1/1)	0,038 (1/1)	0,056 (1/1)
⁵⁸ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁶⁰ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
^{110m} Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁵⁴ Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹²⁴ Sb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.	-	-	-	-
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.	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 C)																				
³ H libre	0,70 (1/1)	-	0,80 (1/1)	-	-	0,9 (1/1)	1,10 (1/1)	0,9 (1/1)	0,82 (1/1)	0,94-1,14 (2/2)	-	0,75 (1/1)	n.a.	n.a.	n.a.	-	n.a.	n.a.	n.a.	-
³ H lié	3,6 (1/1)	3,5 (1/1)	3,40 (1/1)	3,8 (1/1)	3,1 (1/1)	3 (1/1)	2,30 (1/1)	4,7 (1/1)	2,74 (1/1)	1,9-3,24 (2/2)	2,00 (1/1)	2,6 (1/1)	1,10 (1/1)	1,80 (1/1)	2,20 (1/1)	3,30 (1/1)	2,10 (1/1)	2,60 (1/1)	2,60 (1/1)	2,90 (1/1)
¹⁴ C	207,5 (1/1)	264,3 (1/1)	211,3 (1/1)	204,3 (1/1)	206,3 (1/1)	208 (1/1)	201 (1/1)	261 (1/1)	203 (1/1)	207-210 (2/2)	203 (1/1)	220 (1/1)	200 (1/1)	207 (1/1)	n.a.	237 (1/1)	197,8 (1/1)	239 (1/1)	210 (1/1)	207 (1/1)

n.a. : non analysé ; - : inférieur au seuil de décision. Analyses réalisées sur les muscles de poissons.

Tableau 20 - Teneur en matière organique et caractéristiques granulométriques des échantillons de sédiments récoltés dans l'environnement aquatique du site de Creys-Malville lors du suivi radioécologique en 2022.

Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Fractions	%
Groslée	29/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	≤ 2 mm	sec	Matière organique	3,19
						Argiles (<2µm)	11,0
						Limons Fins	16,7
						Limons Grossiers	23,5
						Sables Fins	48,1
						Sables Grossiers	0,70
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

Tableau 21 – Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine naturelle mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du site de Creys-Malville 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 l' ²³⁸ U			⁷ Be	Unité
										²²⁸ Ac	²³⁴ Th	^{234m} Pa	²¹⁰ Pb		
Rhône en amont du creys	Groslée	29/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage Tamisé < 2000 μ m	Sec	1,74	26/04/2022	425±29	39,3±4,2	50±7	45±11	81±16	26,2±2,2	Bq.kg ⁻¹ sec
Rhône en aval du creys	Porcieu-Amblagnieu	30/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage Tamisé < 2000 μ m	Sec	1,86	25/04/2022	515±39	44,7±4,8	51±6	60±13	91±16	9,8±1,4	Bq.kg ⁻¹ sec
Rhône en amont du creys	Champagneux	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	Frais	9,80	01/08/2022	794±69	19,6±5,9	28,4±7,8	≤ 170	40,2±7,8	53,9±8,8	Bq.kg ⁻¹ sec
Rhône en amont du creys	Champagneux	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	Cendre	12,12	21/11/2022	870±70	13,5±1,6	26,9±2,7	22±10	24,5±3,4	39,4±4,2	Bq.kg ⁻¹ sec
Rhône en aval du creys	Serrières-de-Briord	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum sp.</i>	Parties aériennes	Frais	9,21	01/08/2022	580±46	23,0±4,6	35,0±6,4	≤ 100	26,7±6,4	76,5±8,3	Bq.kg ⁻¹ sec
Rhône en aval du creys	Serrières-de-Briord	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	Cendre	10,19	28/10/2022	513±39	22,1±2,4	28,7±2,6	29±7	22,5±2,9	41,3±3,6	Bq.kg ⁻¹ sec
Rhône en amont du creys	Brégnier-Cordon	02/05/2022	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Muscle	Cendre	4,83	10/08/2022	118±9	≤ 0,060	≤ 0,12	≤ 1,6	≤ 0,15	≤ 0,24	Bq.kg ⁻¹ frais
Rhône en aval du creys	Sault-Brénaz	02/05/2022	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Muscle	Cendre	4,29	12/08/2022	105±8	≤ 0,035	≤ 0,080	≤ 1,1	≤ 0,090	≤ 0,15	Bq.kg ⁻¹ frais

n.a. : non analysé.

Tableau 22 – Activités en radionucléides émetteurs γ d'origine artificielle mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du site de Creys-Malville 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	⁵⁴ Mn	¹²⁴ Sb	¹²⁵ Sb	^{110m} Ag	¹³¹ I	Unité
Rhône en amont d creys	Groslée	29/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage <i>Tamisé < 2000 µm</i>	Sec	1,74	26/04/2022	≤ 0,15	2,9±0,24	≤ 0,19	≤ 0,17	≤ 0,20	≤ 0,19	≤ 0,45	≤ 0,19	n.a.	Bq.kg ⁻¹ se
Rhône en aval du creys	Porcieu- Amblagnieu	30/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage <i>Tamisé < 2000 µm</i>	Sec	1,86	25/04/2022	≤ 0,16	6,5±0,5	≤ 0,19	≤ 0,19	≤ 0,21	≤ 0,19	≤ 0,47	≤ 0,20	n.a.	Bq.kg ⁻¹ se
Rhône en amont d creys	Champagneux	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	Frais	9,80	01/08/2022	≤ 1,2	≤ 1,6	≤ 1,3	≤ 1,5	≤ 1,2	≤ 1,2	≤ 2,9	≤ 1,3	8,6±1,6	Bq.kg ⁻¹ se
Rhône en amont d creys	Champagneux	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	Cendre	12,12	21/11/2022	≤ 0,13	1,07±0,12	≤ 0,40	≤ 0,19	≤ 0,20	≤ 0,43	≤ 0,35	≤ 0,22	n.a.	Bq.kg ⁻¹ se
Rhône en aval du creys	Serrières-de- Briord	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum sp.</i>	Parties aériennes	Frais	9,21	01/08/2022	≤ 0,92	≤ 1,1	≤ 0,74	≤ 0,92	≤ 0,83	≤ 0,92	≤ 2,3	≤ 1,0	9,9±1,4	Bq.kg ⁻¹ se
Rhône en aval du creys	Serrières-de- Briord	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	Cendre	10,19	28/10/2022	≤ 0,080	0,87±0,08	≤ 0,18	≤ 0,090	≤ 0,100	≤ 0,19	≤ 0,20	≤ 0,12	n.a.	Bq.kg ⁻¹ se
Rhône en amont d creys	Brégnier-Cordon	02/05/2022	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Muscle	Cendre	4,83	10/08/2022	≤ 0,012	0,038±0,007	≤ 0,031	≤ 0,017	≤ 0,014	≤ 0,031	≤ 0,028	≤ 0,018	n.a.	Bq.kg ⁻¹ frais
Rhône en aval du creys	Sault-Brénaz	02/05/2022	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Muscle	Cendre	4,29	12/08/2022	≤ 0,0070	0,056±0,006	≤ 0,021	≤ 0,011	≤ 0,0090	≤ 0,019	≤ 0,016	≤ 0,012	n.a.	Bq.kg ⁻¹ frais

n.a : non analysé.

Tableau 23 – Activités en tritium libre mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du site de Creys-Malville 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 amont de Creys	Champagneux	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Eau extraite par lyophilisation	9,80	21/09/2022	≤ 0,60	≤ 0,54	Bq.kg ⁻¹ frais
Rhône en aval de Creys	Serrières-de-Briord	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <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

Tableau 24 – Activités en tritium organiquement lié (TOL) mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du site de Creys-Malville 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 creys	Groslée	29/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage <i>Tamisé < 2000 µm</i>	1,74	08/11/2022	96±45	3,71±0,26	Bq.kg ⁻¹ sec
Rhône en aval du creys	Porcieu-Amblagnieu	30/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage <i>Tamisé < 2000 µm</i>	1,86	08/11/2022	630±280	25,5±1,8	Bq.kg ⁻¹ sec
Rhône en amont du creys	Champagneux	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	9,80	12/11/2022	2,9±0,7	0,134±0,033	Bq.kg ⁻¹ frais
Rhône en aval du creys	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 amont du creys	Brégnier-Cordon	02/05/2022	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Muscle	4,82	11/04/2023	2,6±0,8	0,35±0,11	Bq.kg ⁻¹ frais
Rhône en aval du creys	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

Tableau 25 – Activités en ^{14}C mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du site de Creys-Malville 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 creys	Groslée	29/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage Tamisé < 2000 µm	1,74	16/11/2022	192,2±2,2	-10,28	82,54±0,94	10,49±0,12	55	Sec
Rhône en aval du creys	Porcieu-Amblagnieu	30/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage Tamisé < 2000 µm	1,86	16/11/2022	188±2,2	-8,15	80,38±0,94	9,81±0,11	52	Sec
Rhône en amont du creys	Brégnier-Cordon	02/05/2022	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Muscle	4,82	06/09/2022	210±10	-23,66	92,7±4,4	20,85±0,99	99	Frais
Rhône en aval du creys	Sault-Brénaz	02/05/2022	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Muscle	4,36	15/12/2022	207±14	-24,34	91,5±6,2	22,7±1,5	110	Frais
Rhône en amont du creys	Champagneux	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamo pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	9,80	17/02/2023	191,3±2,2	-15,47	83,03±0,95	6,411±0,074	34	Frais
Rhône en aval du creys	Serrières-de-Briord	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Myriophylle <i>Myriophyllum sp.</i>	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

Tableau 26 – Activités en ^{63}Ni mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du site de Creys-Malville 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 creys	Groslée	29/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage Tamisé < 2000 µm	1,74	Cendre	24/05/2022	0,14±0,11	0,366	Sec
Rhône en aval du creys	Porcieu-Amblagnieu	30/03/2022	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage Tamisé < 2000 µm	1,86	Cendre	24/05/2022	≤ 0,100	0,433	Sec
Rhône en amont du creys	Champagneux	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	12,12	Cendre	30/12/2022	≤ 0,090	0,446	Sec
Rhône en aval du creys	Serrières-de-Briord	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	10,19	Cendre	30/12/2022	≤ 0,070	0,54	Sec

Tableau 27 – Activités en ^{55}Fe mesurées dans des échantillons collectés dans l'environnement aquatique du site de Creys-Malville 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 creys	Champagneux	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	Cendre	12,12	11/02/2023	≤ 4,6	Bq.kg ⁻¹ sec
Rhône en aval du creys	Serrières-de-Briord	26/07/2022	Phanérogames aquatiques	Potamot pectiné <i>Potamogeton sp</i>	Parties aériennes	Cendre	10,19	11/02/2023	≤ 4,6	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 2 084 365 041 euros
552 081 317 R.C.S. Paris
www.edf.fr

Direction des Projets Déconstruction et Déchets
Site de Creys-Malville
BP 63
38510 MORESTEL
Contact : Mission communication
Tél. : 04 74 33 33 77