



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

CATTENOM

2021

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

SOMMAIRE

Partie I - Le Centre Nucléaire de Production d'Electricité	5
De CATTENOM en 2021	5
I. Contexte	5
II. Le CNPE de Cattenom	5
III. Modifications apportées au voisinage du CNPE de Cattenom	6
IV. Évolutions scientifiques susceptibles de modifier l'étude d'impact	6
V. Bilan des incidents de fonctionnement et des événements significatifs pour l'environnement	7
Partie II - Prélèvements d'eau	12
I. Prélèvement d'eau en MOSELLE	14
II. Prélèvement d'eau potable	14
III. MOSELLE : comparaison pluriannuelle, prévisionnel, valeurs limites et maintenance	15
Partie III – Restitution et consommation d'eau	16
I. Restitution d'eau	16
II. Consommation d'eau	17
Partie IV - Rejets d'effluents	18
I. Rejets d'effluents à l'atmosphère	18
II. Rejets d'effluents liquides	28
III. Rejets thermiques	45
Partie V - Prévention du risque microbiologique	47
I. Bilan annuel des colonisations en circuit	47
II. Synthèse des traitements biocides et rejets associés	48
Partie VI - Surveillance de l'environnement	50
I. Surveillance de la radioactivité dans l'environnement	50
II. Physico-chimie des eaux souterraines	56
III. Chimie et physico-chimie des eaux de surface	57
IV. Physico-chimie et Hydrobiologie de la MOSELLE	68
V. Physico-chimie et hydrobiologie de la retenue artificielle du Mirgenbach	69

VI. Acoustique environnementale _____	73
<i>Partie VII - Évaluation de l'impact environnemental et sanitaire des rejets de l'installation</i> <i>74</i>	
<i>Partie VIII - Gestion des déchets _____</i>	<i>78</i>
I. Les déchets radioactifs _____	78
II. Les déchets non radioactifs _____	82
<i>ABREVIATIONS _____</i>	<i>85</i>
<i>ANNEXE 1 : Résultats d'analyses microbiologiques aux bassins des tranches _____</i>	<i>86</i>
<i>ANNEXE 2 : Résultats en Naegleria fowleri à l'amont, l'aval (mesurés et calculés), rejet Moselle et retenue du Mirgenbach _____</i>	<i>101</i>
<i>ANNEXE 3 : synthèse du suivi hydro biologique de la Moselle au droit _____</i>	<i>111</i>
<i>Du CNPE de Cattenom _____</i>	<i>111</i>
<i>ANNEXE 4 : Synthèse du suivi hydro biologique de la retenue industrielle du MIRGENBACH</i> <i>114</i>	
<i>ANNEXE 5 : Suivi radio écologique annuel de l'environnement proche du centre nucléaire de production d'électricité de Cattenom pour l'année 2020 _____</i>	<i>117</i>

Partie I - Le Centre Nucléaire de Production d'Electricité De CATTENOM en 2021

I. Contexte

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

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

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

En application de l'article 4,4,4 de l'arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base, ce document présente le bilan de l'année 2021 du CNPE de Cattenom en matière d'environnement.

II. Le CNPE de Cattenom

Les installations nucléaires de base du site de Cattenom sont situées sur la commune de Cattenom (département de la Moselle) à 8 km de Thionville, à 33 km de Metz et à 20 km du Luxembourg. Elles occupent une superficie de 415 hectares à flanc des côtes de la Moselle, à 3 km vers l'ouest de sa rive gauche. Les premiers travaux de construction ont eu lieu à partir de 1978 sur une zone choisie pour ses caractéristiques géologiques et à l'abri des inondations.



Les installations de Cattenom regroupent quatre unités de production d'électricité, Les quatre réacteurs de la filière à eau sous pression d'une puissance unitaire de 1300 mégawatts

électriques nets sont composés d'un îlot nucléaire, d'une salle des machines et d'un réfrigérant atmosphérique.

Fiche d'identité de la centrale de Cattenom

Date de mise en service	1986 : unité de production n°1 1987 : unité de production n°2 1990 : unité de protection n°3 1991 : unité de production n°4
Puissance totale	5 200 MW
Production en 2021	29,39TWh
Effectif total	1450 salariés EDF et 800 prestataires

III. Modifications apportées au voisinage du CNPE de Cattenom

La surveillance de l'environnement industriel est réalisée en application d'une prescription interne d'EDF, Lors de l'année 2021, aucune modification notable au voisinage du CNPE de Cattenom n'a été identifiée.

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

Dans le cadre d'une démarche d'amélioration continue, EDF mène des études afin d'améliorer la connaissance de ses rejets (identification de sous-produits de la morpholine et de l'éthanolamine, de sous-produits issus des traitements biocides, dégradation de la monochloramine et de l'hydrazine dans l'environnement etc.), EDF mène également des études afin d'améliorer la connaissance de l'incidence de ses rejets sur l'homme et l'environnement, Ces évaluations d'impact nécessitent en effet l'utilisation de valeurs de référence qui font l'objet d'une veille scientifique :

- les Valeurs Toxicologiques de Référence pour l'impact sanitaire sur l'Homme, valeurs sélectionnées selon les critères définis dans la note d'information n°DGS/EA/DGPR/2014/307 du 31/10/2014.

- les valeurs seuils ou valeurs guides issues des textes réglementaires ou des grilles de qualité d'eau, les données écotoxicologiques, en particulier les PNEC (Predicted No Effect Concentration), et les études testant la toxicité et l'écotoxicité des effluents CRT, pour l'analyse des incidences sur l'environnement, A noter que les PNEC sont validées par la R&D d'EDF après revue bibliographique exhaustive et, si nécessaire, réalisation de tests écotoxicologiques commandités par EDF et réalisés selon les normes OCDE et les Bonnes Pratiques de Laboratoire.

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

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

En 2004, le CNPE de Cattenom 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 CNPE d'EDF, Comme pour tous les sites industriels, les exigences environnementales fixées par le CNPE de Cattenom et la réglementation se sont sans cesse accrues au fil des années, Cette certification est le fruit de l'implication de l'ensemble des intervenants - personnels EDF et d'entreprises externes - dans une démarche de respect de l'environnement.

La norme ISO 14001 repose sur la mise en œuvre d'un Système de Management Environnemental (SME), Cela signifie que la performance en matière de protection de l'environnement est intégrée dans l'organisation, c'est-à-dire dans toutes les décisions quotidiennes du CNPE de Cattenom, L'ensemble des salariés du CNPE, ainsi que le personnel intervenant pour le compte d'entreprises extérieures, sont impliqués dans le respect de l'environnement.

Dans le cadre de l'amélioration continue, le CNPE de Cattenom a mis en place un système permettant de détecter, tracer, déclarer, les Événements Significatifs pour l'Environnement (ESE) à l'Autorité de Sûreté Nucléaire, de traiter ces évènements et d'en analyser les causes profondes pour les éradiquer.

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

1. Bilan des évènements significatifs pour l'environnement déclarés

Le tableau suivant récapitule les évènements significatifs pour l'environnement déclarés par le CNPE de CATTENOM en 2021.

Typologie	Date	Description de l'évènement	Principales actions correctives
ESE 1	02/02/2021	<p>Présence de tritium liquide à l'extérieur des bâtiments des bâches PTR tranche 2 et tranche 3 issue de leurs évènements modifiés VD3</p> <p>Le 04/01/2021, une teneur en tritium est relevée en sortie de station d'épuration, Des investigations sont menées pour en détecter l'origine et conduisent à l'hypothèse d'un lien avec le dossier PNPP3628 où une problématique de tritium en toiture PTR Tr2 est en cours de traitement, Pour autant, le lien entre la présence de tritium au niveau de la toiture PTR Tr2 et celle à la station d'épuration n'est qu'une hypothèse, Le 20/04/2021, un marquage en tritium est relevé au niveau du point de relevage des eaux pluviales de la tranche 8, le lien est fait avec la modification déployée sur la tranche 3</p> <p><u>Impact sur l'environnement</u> : Absence d'impact sanitaire dans la mesure où la concentration en tritium en sortie de station d'épuration est inférieure à la référence de qualité (100Bq/l), Le marquage ponctuel de 8SEO est aussi inférieur à cette référence de qualité</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Réaliser un état des lieux des installations avec l'entreprise afin de constater d'éventuels défauts de montage mis en évidence par le REX de Belleville -Remettre en place le système de collecte en toiture PTR TR1, 2 et 3 -Remplacer les compensateurs actuels et reprendre les serrages au couple (valeur définie par note de calcul) des brides en Tr1, Tr2 et Tr3 -Apporter un correctif sur l'étanchéité de la porte de la casemate en tranche 3 et faire un contrôle sur les tranches 1 et 2. -Adresser un courrier à DIPDE afin de demander un système de collecte pérenne dans la casemate installée dans le cadre du dossier de modification PNPP3628 -Poursuivre les investigations pour comprendre l'origine du marquage en tritium de la station d'épuration par l'inspection des tuyauteries SEU -Mise en place d'un système de collecte provisoire au niveau de la casemate PTR TR1, 2 et 3 orienté vers un puisard RPE en zone contrôlée -Mise en place d'un système de collecte pérenne au niveau de la casemate PTR TR1, 2 et 3 orienté vers un puisard RPE en zone contrôlée

			-Réaliser une campagne de reconnaissances de sols en pied d'ouvrage PTR sur les unités 1, 2 et 3
ESE 6	02/03/2021	<p>Cumul annuel d'émissions de fluides frigorigènes supérieur à 100 kg en 2021</p> <p>Le cumul annuel d'émissions des émissions de fluides inférieures à 100 kg, est supérieur au seuil des 100 kg au cours de l'année civile 2021, Le total des émissions de fluides frigorigènes est de 209 kg répartis en 40,3 kg de type HFC R-134a, 33kg de type HFC R-407c, 12,2kg de type HFC R-410a et 123,5kg de type HFC R-423a</p> <p><u>Impact sur l'environnement</u> : Emission de 209 kg de fluide frigorigène HFC de type R-134a, R-407C, R410a, R-423a qui correspondent à 423,1 tonnes équivalent C02</p>	<p>-Réparer les matériels défectueux,</p> <p>-Remplacer les groupes DEG dans le cadre de la PNPP3130 et DEL dans le cadre de la PNPP3552</p>
ESE 2	05/03/2021	<p>Dépassement de seuils réglementaires de la STEP</p> <p>Des mesures bimestrielles de la Station d'épuration du site ont été menées les 22 et 23 février 2021 par un laboratoire extérieur (activité prestée), Le rapport d'analyse a été réceptionné par la section Rejet Environnement le 03/03/2021, Des dépassements de seuils réglementaires ont été identifiés sur les paramètres DCO, MES, DBO5 et phosphates</p> <p><u>Impact sur l'environnement</u> : Absence d'impact en raison des importants effets de dilution, Les résultats au rejet principal de janvier sont conformes</p>	<p>-Réaliser un contrôle périodique du regard SEO en sortie de STEP</p> <p>-Intégrer dans la procédure et la note d'exploitation de la STEP l'ouverture du regard SEO en sortie de STEP dès l'atteinte d'un débit journalier supérieur à 250 m2</p>
ESE 9	12/03/2021	<p>Fonctionnement non optimisé du déshuileur 8SEH001ZE ayant entraîné un dépassement ponctuel de la limite réglementaire en concentration d'hydrocarbure dans les effluents de 8SEH avant dilution dans SEO</p>	<p>-Définir la répartition des responsabilités entre métiers concernant le déshuileur</p> <p>-Réaliser un suivi et une analyse du signal du détecteur</p>

		<p>Lors du prélèvement mensuel au niveau du déshuileur 8SEH001ZE, il a été relevé une concentration en hydrocarbures de 8,6 mg/l (limite réglementaire : 5 mg/l), En dehors du prélèvement mensuel, la surveillance de l'absence d'hydrocarbure est assurée par un capteur, Lorsque celui-ci détecte une irisation pendant plus de 20 secondes, 8SEH030VK se ferme évitant un rejet vers SEO, La vanne 8SEH030VK était ouverte au moment du prélèvement</p> <p><u>Impact sur l'environnement</u> : Dépassement de la concentration en hydrocarbure en sortie du déshuileur de la paire de tranches ¾ sans impact significatif sur l'environnement</p>	<p>-Définir les conditions de remise en exploitation du détecteur laser suite à un « défaut laser »</p> <p>-Valider tout acquittement de défaut par une analyse préalable conduite</p> <p>-Mettre en place un débriefing permettant de mettre en évidence un constat/écart vis-à-vis d'un dépassement d'un relevé ou valeur</p>
ESE 2	09/09/2021	<p>Dépassement du flux 24h en cuivre à l'émissaire C1 pour le mois d'août 2021</p> <p>Dépassement du flux 24h en cuivre à l'émissaire C1 pour le mois d'août 2021 corrélé à un phénomène de sur concentration de la retenue du Mirgenbach et de relargage de cuivre par les algues</p> <p><u>Impact sur l'environnement</u> : Impact faible sur l'éco-système compte tenu de la quantité de cuivre rejetée sur 24h, proche de la limite règlementaire de 6kg</p>	<p>-Déposer le « dossier de demande d'autorisation de modification au titre de l'article 26 du décret n°2007-1557 du 2 novembre 2007 modifié, indice C »</p>
ESE 6	01/10/2021	<p>Perte de 135 kg de fluide frigorigène R134a identifiée lors d'un contrôle d'étanchéité sur le groupe 0DWA001GF</p> <p>Dans le cadre des visites semestrielles de groupe frigorifique, un contrôle d'étanchéité est réalisé le 28/09/2021 sur le groupe froid 0DWA001GF dans le local 0HQR0701 de la SUT, Il est constaté une absence de pression et une perte de la charge de fluide frigorigène de 135,00kg, La nature du fluide frigorigène est R134a</p>	<p>-Expertiser le groupe froid pour connaître l'origine du défaut</p> <p>-Mettre à jour le fond documentaire lié à la visite semestrielle du groupe 0DWA001GF pour garantir le contrôle de la présence de fluide frigorigène à chaque visite</p> <p>-Réaliser une analyse des OT de contrôle de fuite de tous les groupes froids industriels du site pour vérifier que le contrôle de présence de fluide est garanti</p>

		<u>Impact sur l'environnement</u> : Emission de 135 kg de fluide frigorigène de type R134a équivalent à 193,05 tonnes équivalent CO2	
ESE 6	02/12/2021	<p>Perte de 150,46 kg de fluide frigorigène R134a détectée à la vidange du compresseur 4DEL102CO dans le cadre du remplacement du groupe froide 4DEL002GF voie B</p> <p>Une montée en pression du circuit frigorigène a entraîné l'ouverture de la soupape 4DEL036VQ et l'apparition de l'alarme 4DEL902AA, Suite à cette alarme, il a été récupéré 19,56 kg de fluide sur une charge totale de 170 kg, lors de la vidange du compresseur 4DEL102CO</p> <p><u>Impact sur l'environnement</u> : Emission de 150,46 kg de fluide frigorigène de type R134a correspondant à 215,16 tonnes équivalent CO2</p>	<p>-Mettre la cellule 4LLH304JH en réserve équipée avant qu'elle ne soit réutilisée</p> <p>-Réaliser une expertise de la cellule 4LLH304JA</p> <p>-Rénover la cellule 4LLH304JA selon les préconisations du préparateur</p> <p>-Réaliser une expertise des cellules des anciens compresseurs 1-2-4 LLG309JA et 1-2 LLH304JA suite à l'analyse préparateur</p>

2. Bilan des incidents de fonctionnement

Le CNPE de Cattenom a détecté au cours du mois de juin 2021, une arrivée répétée d'effluents dans une rétention ultime du BTE en raison d'une configuration spécifique de cette rétention et de défauts d'organisation, Aucun impact sur l'environnement n'a été relevé, la rétention étant étanche.

Au cours du mois de septembre 2021, en raison notamment d'anomalie de programmation de l'automate KRS et de l'automate du Vieux Pré, il a été relevé l'absence de compensation des débits évaporés, par des lâchures de la retenue du Vieux Pré, lors de débit moyen journalier Moselle inférieur à 26 m³/s, Cet événement n'a pas eu d'impact sur l'environnement, Des lâchures complémentaires de compensation ont été réalisées.

Partie II - Prélèvements d'eau

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

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

Dans un CNPE, l'eau est nécessaire pour :

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

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

- le circuit primaire pour extraire la chaleur : c'est un circuit fermé parcouru par de l'eau sous pression (155 bars) et à une température de 300°C, L'eau passe dans la cuve du réacteur, capte la chaleur produite par la réaction de fission du combustible nucléaire et transporte cette énergie thermique vers le circuit secondaire au travers des générateurs de vapeur.
- le circuit secondaire pour produire la vapeur : au contact des milliers de tubes en « U » des générateurs de vapeur, l'eau du circuit primaire transmet sa chaleur à l'eau circulant dans le circuit secondaire, lui-aussi fermé, L'eau de ce circuit est ainsi transformée en vapeur qui fait tourner la turbine, Celle-ci entraîne l'alternateur qui produit l'électricité, Après son passage dans la turbine, la vapeur repasse à l'état liquide dans le condenseur ; cette eau est ensuite renvoyée vers les générateurs de vapeur pour un nouveau cycle.
- un troisième circuit, appelé « circuit de refroidissement » : pour condenser la vapeur et évacuer la chaleur, le circuit de refroidissement comprend un condenseur, appareil composé de milliers de tubes dans lesquels circule de l'eau froide prélevée dans la rivière ou la mer, Au contact de ces tubes, la vapeur se condense, Ce circuit de refroidissement est différent selon la situation géographique du CNPE :
 - o en bord de mer ou d'un fleuve à grand débit, les CNPE fonctionnent avec un circuit de refroidissement totalement ouvert, De l'eau (environ 50 m³ par seconde) est prélevée pour assurer le refroidissement des équipements via le condenseur, Une fois l'opération de refroidissement effectuée, l'eau qui n'est jamais entrée en contact avec la radioactivité, est intégralement restituée dans la mer ou le fleuve, à une température légèrement plus élevée,
 - o sur les fleuves ou les rivières dont le débit est plus faible, les CNPE fonctionnent avec un circuit en partie fermé. Le refroidissement de l'eau chaude issue du condenseur se fait par échange thermique avec de l'air ambiant dans une grande tour réfrigérante atmosphérique appelée « aéroréfrigérant », Une partie de l'eau chaude se

vaporise sous forme d'un panache visible, au sommet de la tour, Cette vapeur d'eau n'est pas une fumée, elle ne contient pas de CO₂, Le reste de l'eau refroidie retourne dans le condenseur, Ce système avec aéroréfrigérants permet donc de réduire considérablement les prélèvements d'eau qui sont de l'ordre de 2 m³ par seconde.

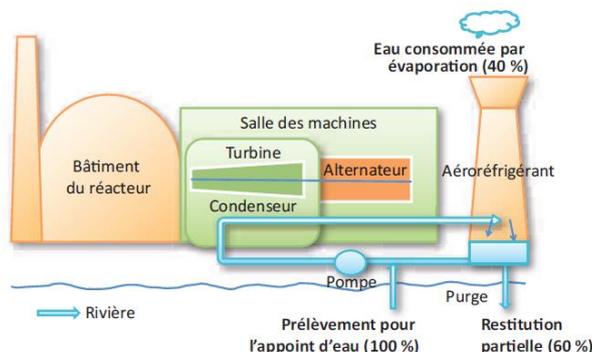


Figure 1 : Schéma d'un CNPE avec un circuit de refroidissement fermé (Source : EDF)

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

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

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

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

I. Prélèvement d'eau en MOSELLE

Des prélèvements d'eau dans la Moselle sont réalisés pour assurer le refroidissement des condenseurs (fonctionnement en circuit fermé) et pour alimenter en eau après traitement les différents circuits nécessaires au fonctionnement de la centrale.

La Moselle prend naissance dans les Vosges, Elle coule vers le nord et rejoint le Rhin à Coblence après un parcours de 550 km.

Le tableau ci-dessous détaille le cumul mensuel du prélèvement d'eau dans la Moselle de l'année 2021.

	Prélèvement d'eau (en millions de m ³)
Janvier	17,6
Février	18,8
Mars	20,9
Avril	19,3
Mai	18,0
Juin	19,2
Juillet	21,0
Août	22,1
Septembre	16,8
Octobre	18,2
Novembre	17,9
Décembre	15,9
TOTAL	225,7

Ce tableau ne prend pas en compte le volume de fonctionnement de la pompe de nettoyage des dégrilleurs des pompes de prélèvement SEM (cette eau retourne immédiatement en Moselle sans transiter par le site), Le volume annuel comptabilisé d'eau utilisée par cette pompe qui retourne immédiatement en Moselle est de 1 157 800 m³,

II. Prélèvement d'eau potable

L'eau potable est prélevée dans le réseau d'eau de la commune de Cattenom.

Le tableau ci-dessous détaille le cumul mensuel du prélèvement du réseau d'eau potable de l'année 2021.

	Prélèvement d'eau (en m ³)
Janvier	5786
Février	5859
Mars	6109
Avril	5027
Mai	5852
Juin	5867
Juillet	5538
Août	6050
Septembre	5489
Octobre	5727
Novembre	6814
Décembre	7381
TOTAL	71499

Les prélèvements d'eau potable sont environ à 81% à usages sanitaires (cuisines, douche, eaux des sanitaires...) et dépendent du nombre de personnes présentes sur le site.

III. MOSELLE : comparaison pluriannuelle, prévisionnel, valeurs limites et maintenance

1. Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel des prélèvements d'eau pour 2021

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de prélèvement des années 2019 à 2021 avec la valeur du prévisionnel 2021.

Année	Milieu	Volume (millions de m ³)
2019	MOSELLE	249
2020		239,3
2021		225,7
Prévisionnel 2021		255

Commentaires : Le volume annuel d'eau prélevé est cohérent au prévisionnel qui avait été défini pour l'année 2021.

2. Comparaison aux valeurs limites

Le tableau ci-après permet un comparatif des volumes annuels d'eau prélevés cette année avec les valeurs limites de prélèvement fixées par la décision ASN n° 2014-DC-0415.

Milieu	Limites de prélèvement		Prélèvement		Unité
	Prescriptions	Valeur	Valeur maximale	Valeur moyenne	
Moselle	Débit instantané	9,5	8,8	7,9	m ³ / s

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 2021 a été concernée par des opérations de dragage au niveau de la station de prise d'eau en Moselle.

4. Opérations exceptionnelles de prélèvements

Le CNPE de Cattenom n'a pas réalisé d'opération exceptionnelle de prélèvement d'eau dans la Moselle en 2021.

Partie III – Restitution et consommation d'eau

I. Restitution d'eau

La restitution d'eau du CNPE de Cattenom pour l'année 2021 est présentée dans le tableau ci-dessous.

	Eau de refroidissement	Rejets radioactifs	Rejets industriels	Unités
Janvier	10,6	0,049	0,458	millions de m ³
Février	13,2			
Mars	16,1			
Avril	15,6			
Mai	14,1			
Juin	14,3			
Juillet	14,6			
Août	15,5			
Septembre	9,9			
Octobre	12,9			
Novembre	12,8			
Décembre	11,2			
Total	160,7			
Pourcentage de restitution d'eau au milieu aquatique par rapport au prélèvement				71,2 %

Compensation par le Vieux Pré :

Conformément à la décision ASN n°2014-DC-0415, lorsque le débit moyen journalier de la Moselle à la frontière franco-germano-luxembourgeoise est inférieur à 26 m³/s, les prélèvements d'eau du site sont subordonnés à la compensation à l'aide de lâchures d'eau réalisées par la retenue du Vieux Pré.

Le tableau ci-dessous détaille le cumul mensuel de volume de lâchures du Vieux Pré dans l'année 2021.

	Volume des lâchures en millions de m ³
Janvier	0
Février	0
Mars	0
Avril	0
Mai	0
Juin	0
Juillet	0
Août	0
Septembre	0
Octobre	1,99
Novembre	0
Décembre	0
TOTAL en millions de m³	1,99

II. Consommation d'eau

1. Cumul mensuel

La consommation d'eau correspond à la différence entre la quantité d'eau prélevée et la quantité d'eau restituée au milieu aquatique, Le tableau ci-dessous détaille le cumul mensuel de consommation d'eau de l'année 2021.

	Consommation d'eau (en millions de m ³)
Janvier	7,0
Février	5,6
Mars	4,7
Avril	3,7
Mai	3,9
Juin	4,8
Juillet	6,4
Août	6,5
Septembre	6,9
Octobre	5,2
Novembre	5,1
Décembre	4,7
TOTAL	64,6

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

Partie IV - Rejets d'effluents

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

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

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

Les rejets d'effluents se présentent sous différentes formes :

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

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

I. Rejets d'effluents à l'atmosphère

1. Rejets d'effluents à l'atmosphère radioactifs

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

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

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

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

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

a. Règles spécifiques de comptabilisation

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

La deuxième règle fondamentale consiste à déclarer obligatoirement une activité rejetée pour les radionucléides appartenant à ces différents « spectres de référence », Les radionucléides dont l'activité mesurée est inférieure au seuil de décision¹ donnent lieu à une comptabilisation d'activité rejetée égale au SD.

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

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

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

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

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

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

c. Cumul mensuel

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

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

	⁴¹ Ar (TBq)	⁸⁵ Kr (TBq)	^{131m} Xe (TBq)	¹³³ Xe (TBq)	^{133m} Xe (TBq)	¹³⁵ Xe (TBq)	¹³¹ I (GBq)	¹³² I (GBq)	¹³³ I (GBq)	⁵⁸ Co (GBq)	⁶⁰ Co (GBq)	¹³⁴ Cs (GBq)	¹³⁷ Cs (GBq)	¹²⁴ Sb (GBq)	⁵⁷ Co (GBq)
Janvier	4,73E-03	5,93E-05	2,16E-05	9,39E-04	8,70E-06	2,21E-02	9,54E-04	/	2,65E-03	1,32E-04	1,37E-04	1,6E-04	1,37E-04	/	/
Février	3,20E-03	3,52E-02	3,45E-03	2,22E-01	6,97E-05	1,48E-02	8,00E-03	/	2,81E-03	1,29E-04	1,36E-04	1,13E-04	1,33E-04	/	/
Mars	2,78E-03	4,82E-03	2,65E-06	4,07E-02	/	1,55E-02	2,83E-03	/	2,04E-03	1,77E-04	1,41E-04	1,08E-04	1,53E-04	5,90E-05	/
Avril	2,20E-03	3,44E-05	8,90E-06	3,69E-02	/	1,49E-02	4,12E-04	/	1,74E-03	1,35E-04	1,44E-04	1,11E-04	1,37E-04	/	/
Mai	1,85E-03	1,25E-03	6,07E-03	3,84E-02	/	1,61E-02	3,75E-04	/	2,12E-03	2,18E-04	1,54E-04	1,09E-04	1,42E-04	/	/
Juin	2,85E-03	/	/	3,18E-02	/	1,32E-02	3,40E-04	/	1,78E-03	7,73E-01	1,42E-04	1,06E-04	1,32E-04	/	/
Juillet	3,09E-03	5,91E-02	1,53E-05	4,23E-02	/	1,79E-02	3,57E-04	/	2,04E-03	2,70E-04	1,37E-04	1,09E-04	1,33E-04	/	/
Août	3,62E-03	1,07E-05	1,42E-06	3,51E-02	/	1,38E-02	3,51E-04	/	2,01E-03	1,25E-04	1,28E-04	1,03E-04	1,27E-04	/	/
Septembre	2,81E-03	2,28E-02	6,17E-06	3,16E-02	/	1,42E-02	3,50E-04	9,20E-03	1,94E-03	5,27E-04	1,38E-04	1,06E-04	1,29E-04	/	/
Octobre	4,38E-03	9,96E-04	4,21E-06	3,29E-02	/	1,37E-02	2,59E-03	/	1,90E-03	4,76E-04	1,43E-04	1,09E-04	1,37E-04	/	5,59E-06
Novembre	2,65E-03	6,99E-04	4,31E-06	5,49E-02	/	1,75E-02	3,68E-04	/	1,83E-03	1,33E-04	1,40E-04	1,23E-04	1,43E-04	/	/
Décembre	2,29E-03	3,99E-03	5,76E-06	1,03E-01	3,30E-06	2,26E-02	3,79E-04	/	1,97E-03	1,83E-04	1,81E-04	1,36E-04	1,43E-04	/	/
TOTAL ANNUEL	3,64E-02	1,29E-01	5,76E-06	7,63E-01	8,17E-05	1,96E-01	1,73E-02	9,2E-03	2,48E-02	3,28E-03	1,72E-03	1,33E-03	1,65E-03	5,90E-05	5,59E-06

	Volumes rejetés (m ³)	Activités gaz rares (GBq)	Activité Tritium (GBq)	Activité Carbone 14 (GBq)	Activités Iodes (GBq)	Activités Autres PF et PA (GBq)
Janvier	6,65E+08	1,21E+02	1,96E+02	8,94E+01	3,60E-03	5,11E-04
Février	6,08E+08	2,78E+02	1,47E+02	6,72E+01	1,08E-02	5,11E-04
Mars	7,08E+08	6,38E+01	1,85E+02	5,56E+01	4,88E-03	6,38E-04
Avril	6,65E+08	5,40E+01	1,96E+02	4,03E+01	2,15E-03	5,27E-04
Mai	7,43E+08	5,76E+01	1,65E+02	4,18E+01	2,50E-03	6,23E-04
Juin	6,47E+08	4,79E+01	1,51E+02	4,63E+01	2,12E-03	1,15E-03
Juillet	7,01E+08	1,23E+02	1,90E+02	6,25E+01	2,40E-03	6,49E-04
Août	6,34E+08	5,25E+01	1,50E+02	6,38E+01	2,36E-03	4,82E-04
Septembre	6,51E+08	7,14E+01	1,52E+02	6,86E+01	1,15E-02	9,01E-04
Octobre	7,08E+08	5,20E+01	1,88E+02	5,82E+01	4,49E-03	8,71E-04
Novembre	6,27E+08	7,58E+01	1,45E+02	6,20E+01	2,20E-03	5,29E-04
Décembre	6,63E+08	1,32E+02	1,70E+02	5,73E+01	2,35E-03	6,42E-04
TOTAL ANNUEL	8,02E+09	1,13E+03	2,04E+03	7,13E+02	5,13E-02	8,04E-03

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

Il a été vérifié que les rejets au niveau des cheminées annexes ne présentent pas d'activité volumique bêta globale d'origine artificielle supérieure à 0,0008 Bq/m³.

d. Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2021 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2021 pour les tranches en fonctionnement.

Année	Rejets par catégorie de radionucléides (GBq)				
	Gaz rares	Tritium	Carbone 14 (Calculé)	Iodes	Autres produits de fission et d'activation
2019	1,24E+03	3,16E+03	7,44E+02	4,82E-02	7,39E-03
2020	1,54E+03	2,11E+03	7,52E+02	5,90E-02	6,71E-03
2021	1,13E+03	2,03E+03	7,13E+02	5,13E-02	8,04E-03
Prévisionnel 2021	1,10E+03	2,80E+03	7,50E+02	5,00E-02	8,00E-03

Commentaires :

Les rejets radioactifs sont cohérents avec les valeurs du prévisionnel 2021.

Les rejets en tritium liquides ont été moins importants que prévus. Le site a maintenu sa politique de gestion du tritium conformément à la doctrine, visant à favoriser les rejets en tritium liquides. Les déconcentrations en tritium sur tranche ont été réalisées en fonction des quantités présentes dans le circuit primaire et des contraintes réglementaires en termes de rejets de tritium liquides.

e. Comparaison aux valeurs limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2021 avec les valeurs limites de rejets fixées par la ASN n° 2014-DC-0416 du 16 janvier 2014.

Paramètres	Localisation prélèvement	Limites annuelles de rejet		Rejet	
		Prescriptions	Valeur	Valeur maximale	Valeur annuelle
Gaz rares	Installation	Activité annuelle rejetée (GBq)	5,00E+04	/	1,13E+03
	Cheminée n° 1	Débit instantané (Bq/s)	2,50E+07	4,58E+05	/
	Cheminée n° 2	Débit instantané (Bq/s)	2,50E+07	3,88E+05	/
	Cheminée n° 3	Débit instantané (Bq/s)	2,50E+07	3,87E+06	/
	Cheminée n° 4	Débit instantané (Bq/s)	2,50E+07	1,07E+06	/
Carbone 14 (Calculé)	Installation	Activité annuelle rejetée (GBq)	2,80E+03	/	7,13E+02
Tritium	Installation	Activité annuelle rejetée (GBq)	1,00E+04	/	2,03E+03
	Cheminée n° 1	Débit instantané (Bq/s)	2,50E+06	2,87E+04	/
	Cheminée n° 2	Débit instantané (Bq/s)	2,50E+06	3,15E+04	/
	Cheminée n° 3	Débit instantané (Bq/s)	2,50E+06	3,15E+04	/
	Cheminée n° 3	Débit instantané (Bq/s)	2,50E+06	3,86E+04	/
Iodes	Installation	Activité annuelle rejetée (GBq)	1,60E+00	/	5,13E-02
	Cheminée n° 1	Débit instantané (Bq/s)	2,50E+02	4,26E-01	/
	Cheminée n° 2	Débit instantané (Bq/s)	2,50E+02	1,53E+01	/

	Cheminée n° 3	Débit instantané (Bq/s)	2,50E+02	6,98E+00	/
	Cheminée n° 4	Débit instantané (Bq/s)	2,50E+02	3,39E+00	/
Autres produits de fission et produits d'activation	Installation	Activité annuelle rejetée (GBq)	2,00E-01	/	8,04E-03
	Cheminée n° 1	Débit instantané (Bq/s)	2,50E+02	1,88E-01	/
	Cheminée n° 2	Débit instantané (Bq/s)	2,50E+02	5,29E-01	/
	Cheminée n° 3	Débit instantané (Bq/s)	2,50E+02	8,81E-01	/
	Cheminée n° 4	Débit instantané (Bq/s)	2,50E+02	7,70E-02	/

Commentaires : Les rejets radioactifs à l'atmosphère respectent les valeurs limites de rejets de la décision ASN n°2014-DC-0416 du 16 janvier 2014. Les débits instantanés ont respecté les valeurs de la décision ASN n°2014-DC-0416 du 16 janvier 2014 tout au long de l'année 2021.

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

Les rejets radioactifs diffus ont notamment pour origine :

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

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

Les cumuls mensuels des rejets diffus d'effluents radioactifs à l'atmosphère est donnée dans le tableau suivant :

	Volume (m ³)	Rejets de vapeur du circuit secondaire		Rejets au niveau des événements des réservoirs d'eau de refroidissement des piscines et d'entreposage des effluents liquides	
		Tritium (Bq)	Iodes (Bq)	Tritium (Bq)	Iodes (Bq)
Janvier	1,99E+04	/	/	2,14E+08	/
Février	1,63E+04	9,67E+07	/	1,23E+08	/
Mars	1,98E+04	9,07E+07	/	1,39E+08	/
Avril	1,89E+04	4,06E+06	/	7,47E+07	/
Mai	3,10E+04	/	/	1,76E+08	/
Juin	2,98E+04	/	/	7,74E+07	/
Juillet	2,36E+04	5,50E+08	/	1,27E+08	/
Août	3,52E+04	3,27E+08	/	4,49E+07	/
Septembre	2,81E+04	/	/	7,81E+07	/
Octobre	3,36E+04	1,41E+09	/	5,79E+07	/
Novembre	1,97E+04	3,03E+08	/	6,42E+07	/
Décembre	3,21E+04	1,76E+08	/	2,12E+08	/
TOTAL ANNUUEL	3,08E+05	2,96E+09	/	1,39E+09	/

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

Les CNPE engendrent également des rejets d'effluents à l'atmosphère non radioactifs dont les origines sont :

- Le lessivage chimique des générateurs de vapeur : l'encrassement des générateurs de vapeur peut nécessiter un lessivage chimique à l'origine de rejets chimiques à l'atmosphère (ammoniac...) qui nécessitent une autorisation administrative ; ces rejets sont, soit mesurés, soit estimés par calcul en fonction des quantités de produits chimiques utilisés.
- Les émissions des groupes électrogènes de secours : les groupes électrogènes de secours composés de moteurs diesel, les Turbines à Combustion (TAC) et les Diesels d'Ultime Secours (DUS) fonctionnant au gasoil sont destinés uniquement à alimenter des systèmes de sécurité et/ou à prendre le relais de l'alimentation électrique principale en cas de défaillance de celle-ci. Ils ont donc un rôle majeur en termes de sûreté nucléaire, Les émissions des gaz de combustion (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 CNPE est équipée de groupes frigorifiques pour assurer la production d'eau glacée et pour la réfrigération des locaux techniques et administratifs. Ces matériels utilisent des produits pouvant accroître

l'effet de serre. Le fonctionnement des matériels et les opérations de maintenance conduisent à des émissions de fluides frigorigènes. Ces émissions sont réglementairement déclarées et comptabilisées et des actions sont prises pour remédier à la situation.

- Les opérations de maintenance effectuées dans les bâtiments réacteur des CNPE : Lors de ces opérations, une quantité plus ou moins importante de calorifuges est changée par des produits neufs. Pendant les phases de montée en température correspondant à la remise en service des installations, certains types de calorifuges émettent, par dégradation thermique, des vapeurs formolées dans l'enceinte, qui peuvent être à l'origine de rejets de monoxyde de carbone.
- Le conditionnement de circuit à l'arrêt : à l'occasion des arrêts de tranche pour une durée supérieure à une semaine, la conservation humide des générateurs de vapeur permet de s'affranchir du risque de corrosion des matériaux constitutifs et de disposer d'une barrière biologique (écran d'eau) pour réaliser des travaux environnants. Les générateurs de vapeur sont alors remplis avec de l'eau déminéralisée conditionnée à l'hydrazine et additionnée avec de l'ammoniaque dans des proportions définies dans les spécifications chimiques de conservation à l'arrêt.

a. Rejets d'oxyde de soufre

La quantité annuelle évaluée d'oxyde de soufre (SOx) rejetée dans l'atmosphère lors du fonctionnement périodique des groupes électrogènes de secours (moteurs Diesels) ayant fonctionné pendant 246 heures, des turbines à combustion (TAC) ayant fonctionné pendant 178 heures et diesels d'ultime secours (DUS) ayant fonctionné pendant 78 heures, au total sur les 4 tranches pour 2021 est de :

Paramètre	Unité	Groupes électrogènes	TAC et DUS	TOTAL
SOx	kg	4	1	5

b. Rejets de formaldéhyde et de monoxyde de carbone

En 2021, 9,16 m³ de calorifuges dans l'enceinte du bâtiment réacteur de la tranche 3 ont été renouvelés.

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

Concentration calculée	Unité	Paramètres	EBA	ETY
Concentration maximale ajoutée dans l'atmosphère	mg/m ³	Formaldéhyde	1,51E-03	3,42E-05
		Monoxyde de carbone	1,41E-03	3,19E-05

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

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

Paramètre	Unité	TOTAL
Ammoniac	kg	291,2
Morpholine		106
Ethanolamine		0,6

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

Un bilan des émissions de gaz à effet de serre et de fluides frigorigènes est réalisé annuellement par le CNPE de Cattenom.

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

Paramètre	Masse en kg	Tonne équivalent CO ₂
Hydrogène-fluoro-carbone (HFC)	494,42	804,17
Hexafluorure de soufre (SF6)	63,85	1500,48
Total des émissions de GES en tonne équivalent CO₂		2304,65

Dans le respect de la réglementation relative aux systèmes d'échanges de quota d'émissions de gaz à effet de serre, le CNPE déclare chaque année les émissions de CO₂ provenant de l'activité de combustion de combustibles dans les installations dont la puissance thermique totale de combustion est supérieure à 20 MW, Pour l'année 2021, les émissions liées à cette activité représentent 892,15 tonnes équivalent CO₂.

L'équivalent CO₂ total des émissions de GES du CNPE constituées des pertes de fluides frigorigène et SF6 et de la combustion des diesels de secours, représente 0,108 gCO₂ / kWh électrique produit, la production annuelle nette d'électricité ayant été de 29,39 TWh sur l'année 2021.

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

L'année 2021 n'a pas été concernée par des actions de maintenance (hors maintenance programmée) et aucune intervention ou opération de maintenance anticipée n'ont été nécessaire.

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

Le CNPE de Cattenom n'a pas réalisé d'opération exceptionnelle de rejets d'effluents à l'atmosphère en 2021.

II. Rejets d'effluents liquides

1. Rejets d'effluents liquides radioactifs

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

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

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

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

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

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

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

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

a. Règles spécifiques de comptabilisation

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

La deuxième règle fondamentale consiste à déclarer obligatoirement une activité rejetée pour les radionucléides appartenant à ces différents « spectres de référence ». Les radionucléides dont l'activité mesurée est inférieure au seuil de décision¹ donnent lieu à une comptabilisation d'activité rejetée égale au SD.

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

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

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

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

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

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

c. Cumul mensuel

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

	¹³¹ I (GBq)	⁵⁴ Mn (GBq)	⁶³ Ni (GBq)	⁵⁸ Co (GBq)	⁶⁰ Co (GBq)	^{110m} Ag (GBq)	^{123m} Te (GBq)	¹²⁴ Sb (GBq)	¹²⁵ Sb (GBq)	¹³⁴ Cs (GBq)	¹³⁷ Cs (GBq)
Janvier	2,11E-03	2,52E-03	5,49E-03	7,78E-03	8,38E-03	2,67E-03	1,60E-03	2,18E-03	5,98E-03	2,15E-03	2,64E-03
Février	1,97E-03	2,3E-03	4,25E-03	9,81E-03	4,75E-03	5,10E-03	1,49E-03	1,97E-03	5,57E-03	2,01E-03	2,46E-03
Mars	1,54E-03	1,90E-03	4,33E-03	1,95E-02	7,49E-03	2,76E-03	1,15E-03	1,64E-03	4,56E-03	1,62E-03	2,00E-03
Avril	1,08E-03	1,26E-03	3,10E-03	3,29E-02	5,33E-03	4,28E-03	1,22E-03	1,19E-03	3,06E-03	1,19E-03	1,41E-03
Mai	2,36E-03	2,74E-03	7,78E-03	4,60E-02	1,08E-02	6,07E-03	2,31E-03	2,50E-03	6,95E-03	2,57E-03	3,04E-03
Juin	1,42E-03	1,62E-03	6,98E-03	3,04E-02	1,30E-02	2,54E-02	1,38E-03	1,58E-03	4,06E-03	1,46E-03	1,81E-03
Juillet	2,58E-03	3,55E-03	1,63E-02	3,51E-02	2,57E-02	9,58E-03	2,64E-03	3,20E-03	7,66E-03	2,66E-03	3,24E-03
Août	9,80E-04	1,18E-03	8,26E-03	7,59E-03	8,05E-03	1,98E-03	1,04E-03	1,01E-03	2,96E-03	1,02E-03	1,25E-03
Septembre	1,59E-03	1,86E-03	4,33E-03	6,45E-03	5,01E-03	1,77E-03	1,29E-03	1,69E-03	4,54E-03	1,65E-03	1,91E-03
Octobre	1,79E-03	2,14E-03	5,96E-03	1,27E-02	8,38E-03	2,43E-03	1,49E-03	1,92E-03	5,29E-03	1,95E-03	2,29E-03
Novembre	1,46E-03	1,69E-03	5,50E-03	1,11E-02	4,23E-03	1,66E-03	1,88E-03	1,58E-03	4,32E-03	1,56E-03	2,11E-03
Décembre	1,76E-03	2,10E-03	4,16E-03	5,79E-03	3,35E-03	2,12E-03	1,46E-03	1,87E-03	5,23E-03	1,93E-03	2,31E-03
TOTAL ANNUEL	2,06E-02	2,49E-02	7,64E-02	2,25E-01	1,05E-01	6,58E-02	1,90E-02	2,23E-02	6,02E-02	2,18E-02	2,65E-02

	Volumes rejetés (m ³)	Activité Tritium (GBq)	Activité Carbone 14 (GBq)	Activités Iodes (GBq)	Activités Autres PF et PA (GBq)
Janvier	1,99E+04	1,69E+04	5,04E+00	2,11E-03	3,59E-02
Février	1,97E+04	1,02E+04	6,21E+00	1,97E-03	3,55E-02
Mars	2,03E+04	1,08E+04	5,25E+00	1,54E-03	4,27E-02
Avril	1,47E+04	6,80E+03	1,95E+00	1,08E-03	5,18E-02
Mai	2,27E+04	1,26E+04	3,63E+00	2,36E-03	8,30E-02
Juin	2,41E+04	6,06E+03	2,69E+00	1,42E-03	8,07E-02
Juillet	1,85E+04	7,98E+03	6,65E+00	2,58E-03	9,39E-02
Août	2,91E+04	4,41E+03	2,05E+00	9,80E-04	2,61E-02
Septembre	2,17E+04	3,58E+03	2,28E+00	1,59E-03	2,62E-02
Octobre	3,07E+04	4,25E+03	2,23E+00	1,79E-03	3,86E-02
Novembre	1,78E+04	4,94E+03	2,78E+00	1,46E-03	3,02E-02
Décembre	2,67E+04	1,37E+04	5,84E+00	1,76E-03	2,61E-02
TOTAL ANNUEL	2,66E+05	1,02E+05	4,66E+01	2,06E-02	5,71E-01

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

d. Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejet de l'année 2021 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2021 pour les tranches en fonctionnement.

	Rejets par catégorie de radionucléides (GBq)			
	Tritium	Carbone 14	Iodes (MBq)	Autres PA et PF hors ⁶³ Ni (MBq)
2019	1,17E+05	3,91E+04	2,73E+01	1,13E+03
2020	8,87E+04	4,80E+04	2,06E+01	5,06E+02
2021	1,02E+05	4,66E+01	2,06E+01	5,71E+02
Prévisionnel 2021	1,10E+05	5,00E+01	2,20E+01	8,00E+02

Commentaires :

Les rejets radioactifs sont cohérents avec les valeurs du prévisionnel 2021.

Les rejets en PF/ PA liquides ont été également moins importants que prévus. Une valeur de prévisionnelle à la baisse par rapport à l'année 2020 avait été affichée du fait de notre tendance, ces dernières années, à la diminution de nos rejets en PF/PA. Elle se confirme en 2021 du fait de notre bonne efficacité de notre filière de traitement TEU et de l'absence d'aléas au niveau du traitement TEU résiduaire.

e. Comparaison aux limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2021 avec les valeurs limites de rejets fixées par la ASN n° 2014-DC-0416 du 16 janvier 2014.

Paramètres	Limites annuelles de rejet		Rejet
	Prescriptions	Valeur	Valeur (GBq)
Tritium	Activité annuelle rejetée (GBq)	1,40E+05	1,02E+05
Carbone 14	Activité annuelle rejetée (GBq)	3,80E+02	4,66E+01
Iodes	Activité annuelle rejetée (GBq)	2,00E-01	2,06E-02
Autres PA et PF	Activité annuelle rejetée (GBq)	2,00E+01	5,71E-01

Commentaires : Les limites réglementaires de rejets ont été respectées.

f. Surveillance des eaux de surface

Des prélèvements d'eau de la Moselle 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 2021 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 2021	Valeur maximale mesurée en 2021	Limite réglementaire	Valeur moyenne mesurée en 2021	Valeur maximale mesurée en 2021	Limite réglementaire	
Eau filtrée	Activité bêta globale	2,93E-01 Bq/L	5,23E-01 Bq/L	2 Bq/L	-	-	-
	Tritium	62,9 Bq/L	94,4 Bq/L	280 Bq/L	39,7 Bq/L	93,2 Bq/L	140 ⁽¹⁾ / 100 ⁽²⁾ Bq/L
	Potassium	6,40 mg/L	8,69 mg/L	-	-	-	-

Matières en suspension	Activité bêta globale	3,55E-02 Bq/L	1,23E-01 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 2021 sont cohérentes avec les valeurs attendues du fait des rejets d'effluents autorisés du CNPE. Les mesures d'activité bêta globale et de l'activité en tritium dans l'eau sont très inférieures aux limites réglementaires.

2. Rejets d'effluents liquides chimiques

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

Ces rejets d'effluents chimiques sont issus :

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

Les principales substances utilisées sont :

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

- Les détergents : ces produits sont régulièrement utilisés pour le nettoyage des locaux industriels ; qu'ils soient en ou hors zone contrôlée. Ils sont également utilisés à la laverie du CNPE pour le nettoyage des tenues d'intervention.

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

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

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

L'injection d'acide sulfurique agit sur les causes de la formation du tartre, Il permet de se placer dans le domaine où les ions, à partir desquels se forme le carbonate de calcium, sont en dessous de la saturation ou dans les limites de sursaturation ne donnant pas lieu à précipitation.

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

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

- Des composés liés à la fabrication de la monochloramine sur CNPE, tels que le sodium, les chlorures et l'ammonium issus respectivement de l'hypochlorite de sodium (NaOCl) et de l'ammoniaque (NH₄OH),
- Des composés issus de la réaction du chlore de la monochloramine avec les matières organiques présentes dans l'eau circulant dans les circuits de refroidissement, tels que les AOX (dérivés organo-halogénés),
- Des nitrites et nitrates liés à la décomposition de la monochloramine et à l'oxydation de l'azote réduit (ammonium).

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

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

Il n'y a pas d'évolution récente des connaissances sur la toxicité de l'éthanolamine et des sous-produits associés. En revanche, une évolution des connaissances sur la toxicité de la morpholine a été identifiée en 2019. De même, une substance formée à partir de la réaction de nitrosation d'un sous-produit de la morpholine a été identifiée récemment. Ces évolutions sont présentées ci-après.

Les principaux effets connus sont rappelés ci-après.

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

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

b. Règles spécifiques de comptabilisation

En application de l'article 3.2.7.-I, de la décision ASN n°2013-DC-0360 modifiée, une nouvelle règle est appliquée à compter du 1er janvier 2015 pour la comptabilisation des quantités de substances chimiques rejetées. Cette nouvelle règle consiste à retenir par convention une valeur de concentration égale à la limite de quantification divisée par deux lorsque le résultat de la mesure est en dessous de la limite de quantification des moyens métrologiques employés pour effectuer l'analyse.

c. Rejets d'effluents liquides chimiques via « l'émissaire C1 »

i. Cumul mensuel

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

	Acide borique (kg)	Morpholine (kg)	Hydrazine (kg)	Ethanolamine (kg)	Détergents (kg)	Azote (kg)	Phosphates (kg)	Sodium (kg)	Chlorures (kg)	Métaux totaux (kg)	Sulfates (kg)	Cuivre (kg)	Zinc (kg)	DCO (kg)
Janvier	2,36E+03	3,54E+01	6,09E-02	/	0,00E+00	4,08E+02	1,09E+02	1,91E+04	3,09E+04	1,16E+01	1,18E+06	5,78E+01	7,20E+01	2,27E+02
Février	9,28E+02	4,90E+01	5,60E-02	/	3,25E-02	3,45E+02	9,52E+01	2,23E+04	3,59E+04	1,40E+01	1,00E+06	6,00E+01	6,00E+01	1,47E+02
Mars	4,91E+02	6,26E+01	7,78E-02	/	8,63E-01	3,00E+02	8,41E+01	1,64E+04	2,67E+04	2,27E+01	1,09E+06	1,09E+02	5,80E+01	1,91E+02
Avril	1,45E+03	4,46E+01	5,60E-02	/	2,24E-01	2,25E+02	8,12E+01	1,54E+04	2,48E+04	2,95E+01	7,56E+05	8,01E+01	6,37E+01	1,50E+02
Mai	1,12E+03	7,92E+01	1,10E-01	/	1,21E+00	2,41E+02	6,84E+01	2,44E+04	3,95E+04	3,41E+01	7,17E+05	8,53E+01	5,36E+01	2,14E+02
Juin	1,38E+03	8,49E+01	7,17E-02	/	4,25E-02	2,49E+02	9,38E+01	2,81E+04	4,51E+04	2,31E+01	7,52E+05	7,29E+01	8,03E+01	2,42E+02
Juillet	2,60E+03	6,15E+01	6,96E-02	/	6,66E-01	3,71E+02	1,11E+02	3,63E+04	5,84E+04	2,07E+01	1,05E+06	8,00E+01	6,50E+01	2,21E+02
Août	8,73E+02	1,34E+02	1,37E-01	/	1,61E-02	3,45E+02	9,04E+01	3,88E+04	6,59E+04	3,68E+01	1,38E+06	2,01E+02	1,05E+02	3,03E+02
Septembre	1,28E+03	5,92E+01	5,43E-02	/	0,00E+00	3,68E+02	1,04E+02	3,72E+04	5,98E+04	2,61E+01	1,43E+06	1,44E+02	1,15E+02	1,77E+02
Octobre	1,66E+03	3,19E+01	2,14E-01	8,44E+00	1,73E-01	2,76E+02	1,02E+02	1,94E+04	3,21E+04	1,07E+01	1,08E+06	1,03E+02	8,70E+01	9,01E+01
Novembre	8,92E+02	1,46E+01	5,60E-02	1,34E+00	3,37E-01	2,77E+02	8,99E+01	1,32E+04	2,18E+04	8,55E+00	9,67E+05	6,90E+01	3,50E+01	1,57E+02
Décembre	1,11E+03	9,10E+00	1,59E-01	8,62E+00	1,98E-01	3,01E+02	9,48E+01	5,06E+03	9,07E+03	1,08E+01	7,96E+05	8,60E+01	2,70E+01	8,02E+01
TOTAL ANNUEL	1,61E+04	6,66E+02	1,12E+00	1,84E+01	3,76E+00	3,71E+03	1,12E+03	2,76E+05	4,50E+05	2,49E+02	1,22E+07	1,15E+03	8,22E+02	2,20E+03

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 2021 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2021.

Substances	Unité	2019	2020	2021	Prévisionnel 2021
Acide borique	kg	1,67E+04	1,47E+04	1,61E+04	1,80E+04
Morpholine	kg	8,57E+02	1,01E+03	6,66E+02	9,20E+02
Hydrazine	kg	1,25E+00	1,45E+00	1,12E+00	1,30E+00
Ethanolamine	kg	/	/	1,84E+01	1,50E+01
Détergents	kg	2,37E+01	1,15E+00	3,76E+00	4,00E+01
Azote	kg	2,90E+03	3,65E+03	3,71E+03	3,50E+03
Phosphates	kg	8,64E+02	1,11E+03	1,12E+03	1,10E+03
Sodium	kg	2,64E+05	2,47E+05	2,76E+05	3,10E+05
Chlorures	kg	4,28E+05	4,05E+05	4,50E+05	5,75E+05
Métaux totaux	kg	1,92E+02	1,53E+02	2,49E+02	1,80E+02
Sulfates	kg	1,01E+07	1,17E+07	1,22E+07	1,40E+07
Cuivre	kg	3,30E+03	1,20E+03	1,15E+03	1,30E+03
Zinc	kg	2,30E+03	1,20E+03	8,22E+02	1,00E+03

Commentaires :

La quantité de détergents produite est plus faible que celle prévue pour 2021. Le prévisionnel est établi sur le REX, mais les rejets sont fortement dépendants du nombre de personnes présentes sur site.

Depuis le 6 octobre 2021, le site utilise l'éthanolamine pour le conditionnement du circuit secondaire, en remplacement de la morpholine. La quantité de morpholine et d'éthanolamine sont respectivement plus faible et plus élevées que celles prévues pour 2021, définies à partir du retour d'expérience du parc nucléaire. Les différences s'expliquent par l'absence de retour d'expérience sur le CNPE de Cattenom.

Les rejets chlorures et sodium sont issus de la production d'eau déminéralisée ainsi que de la fabrication in-situ de la monochloramine pour le traitement des circuits du refroidissement. Ces traitements biocides, mis en œuvre pour lutter contre le développement des micro-organismes, dépendent de la qualité d'eau d'appoint, du nombre de tranches à traiter ainsi que du nombre de jours de traitement nécessaires pour maîtriser les colonisations en amibes et légionelles. Les prévisionnels sont eux établis selon le retour d'expérience des années antérieures. En 2021, les rejets en chlorure ont été plus faibles que prévus.

iii. Comparaison aux limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2021 avec les valeurs limites de rejets fixées par la décision ASN n° 2014-DC-416 du 16 janvier 2014.

Substances	Limite	Rejet	Limite	Rejet	Limite	Rejet	Limite	Rejet
	Concentration maximale ajoutée	Valeur maximale calculée	Flux 24h (kg)	Valeur maximal calculée	Flux 2h (kg)	Valeur maximale calculée	Flux annuel ajouté (kg)	Flux annuel calculé
Acide borique	3,90E+01	1,65E+00	2,60E+03	5,17E+02	6,60E+02	5,31E+01	3,00E+04	1,61E+04
Morpholine	2,30E+00	1,89E-02	1,70E+01	1,14E+01	/	/	1,50E+03	6,60E+02
Ethanolamine	6,70E-01	1,14E-01	9,50E+00	3,40E+00	/	/	7,50E+02	1,84E+01
Hydrazine	5,00E-02	6,16E-04	1,50E+00	5,49E-02	/	/	2,50E+01	1,12E+00
Détergents	1,7E+01	6,82E-04	2,20E+02	3,81E-01	3,00E+01	3,17E-02	4,50E+03	3,76E+00
Azote	4,2E+00	1,21E+00	1,00E+02	4,56E+01	/	/	1,20E+04	3,71E+03
Phosphates	5,8E+00	3,35E-02	2,20E+02	9,91E+01	1,00E+02	5,30E+00	2,20E+03	1,12E+03
Sodium	1,55E+02	1,17E+01	6,15E+03	3,13E+03	/	/	3,10E+05	2,76E+05
Chlorures	2,03E+02	1,96E+01	9,35E+03	5,64E+03	/	/	5,75E+05	4,50E+05
Métaux totaux	1,2E+00	1,03E-01	7,00E+01	6,15E+00	/	/	7,50E+03	2,49E+02
Sulfates	4,82E+02	1,72E+02	1,00E+05	6,47E+04	/	/	2,50E+07	1,22E+07
DCO	1,6E+00	8,92E-01	3,30E+02	3,73E+01	/	/	/	/
MES	1,00E+01	6,49E-02	2,00E+02	8,92E-01	/	/	/	/
Cuivre	3,00E-02	1,19E-02	6,00E+00	6,67E+00	/	/	1,60E+03	1,15E+03
Zinc	2,00E-02	8,11E-03	4,00E+00	3,15E+00	/	/	1,00E+03	8,22E+02

L'article 5.3.1 de la décision ASN n°2017-DC-0588 demande une évaluation de la quantité annuelle de lithine rejetée. En 2021, la quantité de lithine rejetée par le CNPE de Cattenom est évaluée à 1,31 kg.

Commentaires :

Les rejets liquides chimiques respectent les valeurs limites annuelles de rejet de la décision ASN n° 2014-DC-0416 du 16 janvier 2014.

Dépassement du flux 24h en cuivre à l'émissaire C1 pour le mois d'août 2021: déclaration d'un ESE2 le 09/09/2021.

En 2018, une procédure administrative a été engagée par le CNPE de Cattenom auprès de l'ASN au titre de l'article 26 du décret n°2007-1557 du 2 novembre 2007, Elle concerne une demande d'autorisation de modification des prescriptions relatives aux prélèvements et rejets du site, en particulier une demande d'évolution des limites annuelles de rejet en chlorures et sodium afin de maîtriser le risque de développement de micro-organismes pathogènes.

Les rejets en cuivre et zinc observés ces dernières années, comparativement aux limites applicables dès 2021, ont amené le site à demander également un décalage d'application du dernier niveau de limites annuelles en cuivre et zinc, La retenue du Mirgenbach, constitue en effet encore à ce jour une quantité de métaux qui peut occasionner des rejets en cuivre et zinc durant encore quelques années.

d. Rejets des substances chimiques liées au traitement biocide via « l'émissaire C1 »

Ce paragraphe présente les rejets de substances chimiques liées au traitement biocide du CNPE de Cattenom pour l'année 2021.

i. Cumul mensuel

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

	AOX	CRT	Ammonium	Nitrites	Nitrates
Janvier	85,0	3,6	0	0	22728
Février	73,8	0	208,7	0	25864
Mars	119,8	0,5	0	0	13750
Avril	46,4	0,4	208,8	228,1	21952
Mai	74,1	2,0	0	0	27656
Juin	49,4	22,3	113,8	334,3	32048
Juillet	113,3	3,4	0	745,7	47181
Août	21,5	1,5	460,9	729,9	48119
Septembre	39,0	16,3	108,6	811,4	48641
Octobre	16,7	1,9	0	160,7	20399
Novembre	34,5	0	0	0	9459
Décembre	0	0,3	0	0	4599
TOTAL ANNUEL	673,5	52,2	1100,8	3010,1	322396

Les variations mensuelles des rejets issus des traitements biocides s'expliquent par la qualité d'eau d'appoint à traiter, par le nombre de tranches à traiter ainsi par le nombre de jours de traitement nécessaire pour maîtriser les colonisations en micro-organismes pathogènes (amibes et légionelles).

ii. Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel

Les limites réglementaires relatives aux rejets des substances chimiques liées au traitement biocide sont réglementées par la décision n°2014-DC-0416.

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets d'effluents liquides chimiques de l'année 2021 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2021.

Paramètres	Unité	2019	2020	2021	Prévisionnel N
AOX	Kg	1259	423	673,5	550
CRT	Kg	7	85	52,2	60
Ammonium	Kg	2801	3934	1100,8	4200
Nitrites	Kg	1330	5576	3010,1	5000
Nitrates	Tonnes	332	298	322	387

Commentaires :

Etant donné la spécificité du site de Cattenom (retenue artificielle du Mirgenbach réalisant le rôle de tampon thermique et par laquelle transitent les purges avant rejet) et la complexité des phénomènes mis en jeu, il est relativement difficile d'établir un prévisionnel pour les rejets chimiques associés au traitement biocide.

Ces derniers sont également variables d'une année à l'autre car tributaires du nombre de jours de fonctionnement des tranches, des matériaux constituant les circuits de refroidissement et de la qualité de l'eau d'appoint, De plus la méthodologie appliquée pour la comptabilisation des flux impacte fortement les bilans annuels.

Les prévisionnels en ammonium et nitrites ont été surestimés, celui en AOX a été dépassé.

Nota : Les substances Ammonium, Nitrates et Nitrites ne sont pas réglementées en flux annuel ; la réalisation de leur prévisionnel annuel n'a été établie que depuis 2017 suite à la demande de l'administration.

iii. Comparaison aux limites et au prévisionnel

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

Paramètres	Limite	Rejet		Limite	Rejet	Limite	Rejet	Limite	Rejet
	Concentration maximale ajoutée au rejet (mg/L)	Valeur maximale	Valeur moyenne	Flux 24h ajouté (kg)	Valeur maximale (kg)	Flux 2h (kg)	Valeur maximale (kg)	Flux annuel ajouté (kg)	Flux annuel (kg)
AOX	0,12/0,15*	0,02	0,00	25 /30*	14,6	/	/	1570	673,5
CRT	0,063/0,1*	0,02	0,00	13 /21*	8,4	/	/	2500	52,2
Ammonium	0,48	0,11	0,01	100	47,0	/	/	/	1100,8
Nitrites	0,22/1,4**	0,20	0,04	45 /290**	70,8	/	/	/	3010,1
Nitrates	14,9/17,8*	6,3	2,6	3100 /3700*	2155	/	/	/	322396

* En cas de traitement renforcé

** Limite à respecter pendant au plus 72 jours par an

Commentaires :

La mise en œuvre des traitements biocide est dépendante des valeurs microbiologiques mesurées dans les circuits des tranches en fonctionnement ; les flux chimiques peuvent ainsi fluctuer pour permettre la maîtrise des colonisations en amibes et légionelles.

Les flux et les concentrations ajoutés au rejet pour les paramètres AOX, CRT, Ammonium et nitrates ont respecté les limites autorisées par la décision ASN n°2014-DC-0416.

En ce qui concerne le flux ajouté au rejet en nitrites, le dépassement de la valeur de 45 kg/j a été enregistré à 13 reprises principalement entre les mois de juin et septembre ; pour rappel ce seuil 1 de 45 kg est autorisé, par la décision ASN n°2014-DC-0415, 72 jours par an durant les périodes de traitement biocide sans toutefois dépasser le seuil 2 de 290 kg, Ce seuil de 290 kg a toujours été respecté.

La stratégie de traitement biocide mise en œuvre tout le long de l'année 2021 n'a entraîné aucun dépassement des limites des substances chimiques liées au traitement biocide nécessaire à la maîtrise des développements en micro-organismes pathogènes dans les circuits de refroidissement des tranches du site.

e. Effluents transitant par la retenue du Mirgenbach avant rejet via C1

Le tableau ci-dessous présente les rejets et concentrations ajoutées à la retenue du Mirgenbach, calculés à partir des mesures effectuées aux OAR (Ouvrage d'Amenée et de Rejet) avant transit dans la retenue.

	Limite Flux 24h ajouté à la retenue (Kg /24h)	Rejet Flux 24h max Ajouté à la retenue (Kg /24h)	Limite Concentration ajoutée à la retenue (mg /L)	Rejet Concentration max ajoutée à la retenue (mg /L)
AOX	30	18,3	0,065	0,04
CRT	41	19,4	0,089	0,04
Ammonium	120	18,9	0,26	0,04

f. Surveillance des effluents de l'émissaire C2 « la Tenche »

i. Surveillance mensuelle

Le tableau ci-dessous présente les rejets mensuels pour chaque type de produits chimiques.

	MES mg/l	Hydrocarbures mg/l
Janvier	3,1	<0,1
Février	16,9	<0,1
Mars	<2	<0,1
Avril	7,6	<0,1
Mai	14,1	<0,1
Juin	25,3	<0,1
Juillet	4,2	<0,1
Août	10,2	<0,1
Septembre	34,9	<0,1
Octobre	10,7	<0,1
Novembre	22,8	<0,1
Décembre	12,4	<0,1

ii. Comparaison aux limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2021 avec les valeurs limites de rejets fixées par la décision ASN n° 2014-DC-0416.

Paramètres	Limites de Concentration maximale ajoutée (mg /L)	Concentration maximale mesurée (mg /L)
MES	100 mg/L	34,9
Hydrocarbures	5 mg/L	<0,1

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

En 2021 a eu lieu la rénovation interne complète du réservoir 0 KER 015 BA. L'intégralité du revêtement interne a été rénové et le remplacement des éléments chaudronnés suivant a eu lieu : le tore d'alimentation en eau du réservoir, la partie haute de charpente et la tuyauterie de vidange.

En 2021, le nettoyage interne de 0 TEU 351 EV a été effectué en préalable à l'inspection périodique. Cette inspection périodique a mise en évidence des indications linéaires caractérisées en corrosion sous contrainte sur la plaque tubulaire supérieure. En action corrective, un dossier de réparation Notable avec Epreuve a été instruit au 2ème semestre 2020 et les réparations se sont déroulées lors du 1er semestre 2021. Les épreuves hydrauliques Calandre/Faisceau ont été réalisées et la remise en service a eu lieu le 7 mai 2021.

En 2021, a également eu lieu l'inspection périodique du 0TEU551EV. Elle a mise en évidence des indications de type corrosion localisée par piqures sur la plaque tubulaire inférieure et supérieure. En action corrective, un dossier de réparation Notable avec Epreuve a été instruit et les réparations ont débuté lors du second semestre 2021.

L'évaporateur 3TEP401EV a fait l'objet d'une inspection réglementaire fin 2021 au cours de laquelle a été constatée l'obturation de 16 tubes de l'évaporateur soit 21%. Un débouchage par lançage très haute pression [800bar] des faisceaux de l'évaporateur a permis de retrouver une exploitation correcte de l'évaporateur.

Dans le but de limiter les rejets de phosphates, le remplacement de plaques d'échangeurs a été réalisé sur quatre échangeurs SRI ainsi que sur trois échangeurs RRI.

Afin d'optimiser nos rejets d'hydrazine, nous injectons en continu de l'air dans les bâches SEK via le dispositif d'injection de sulfate de cuivre mis en place fin 2021 dans les bâches SEK (réservoirs EX) et existant dans les bâches KER (réservoirs T).

4. Opérations exceptionnelles de rejets d'effluents liquides

Le CNPE de Cattenom n'a pas réalisé d'opération exceptionnelle de rejet d'effluents liquides chimiques en 2021.

III. Rejets thermiques

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

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

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

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

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

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

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

1. En conditions climatiques normales

Les rejets thermiques issus du circuit de refroidissement du CNPE de Cattenom et des différents circuits secondaires nécessaires à son fonctionnement doivent respecter les limites fixées dans la décision ASN n°2014-DC-0416.

Le CNPE de Cattenom réalise en continu des mesures de températures en amont, au rejet et en aval du CNPE et un suivi des rejets thermiques conformément aux autorisations de rejet en vigueur, Le bilan des valeurs mensuelles de ces différents paramètres pour l'année 2021 sont présentés dans les tableaux suivants :

	Température amont (°C)			Echauffement amont- aval calculé (°C)			Température aval après mélange (°C)		
	Max	Min	Moy	Max	Min	Moy	Max	Min	Moy
Janvier	6,9	2,1	4,6	0,5	0,0	0,2	6,9	2,3	4,7
Février	9,4	2,2	6,4	0,2	0,0	0,1	9,4	2,4	6,5
Mars	12,0	6,6	8,2	0,4	0,1	0,2	12,0	6,7	8,3
Avril	15,4	9,2	11,8	0,3	0,0	0,2	15,8	9,0	11,8
Mai	17,5	12,6	14,3	0,3	0,0	0,1	17,5	12,5	14,3
Juin	26,5	17,1	22,5	0,3	0,0	0,0	26,7	17,0	22,5
Juillet	22,2	17,2	20,6	0,2	0,0	0,1	22,4	17,2	20,7
Août	23,5	18,7	20,6	0,6	0,1	0,2	24,3	19,1	20,9
Septembre	22,6	16,7	19,7	1,0	0,3	0,6	22,2	17,7	20,1
Octobre	16,9	11,4	13,7	1,0	0,5	0,8	17,9	11,9	14,2
Novembre	12,5	5,2	8,6	0,9	0,2	0,5	12,7	5,7	8,9
Décembre	8,6	4,0	5,6	0,4	0,0	0,2	8,6	4,2	5,7

2. Comparaison aux limites

Les rejets thermiques doivent respecter les limites fixées à l'article EDF-CAT-146 de la décision ASN n°2014-DC-0416.

Paramètres	Unité	Limite en vigueur	Valeurs maximales
Echauffement moyen journalier amont-aval calculé	°C	1,5 lorsque la T°Moselle amont < 28 °C 0 lorsque 28 °C < T°Moselle amont < 30 °C Rejets interdits lorsque T°Moselle amont >= 30 °C	1,0

Commentaires : Les limites réglementaires associées aux rejets thermiques ont toujours été respectées.

3. En conditions climatiques exceptionnelles

Aucun épisode caniculaire nécessitant l'utilisation des limites en conditions climatiques exceptionnelles n'a eu lieu en 2021.

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

L'année 2021 n'a pas été concernée par des actions de maintenance (hors maintenance programmée) et aucune intervention ou opération de maintenance anticipée n'ont été nécessaires.

Partie V - Prévention du risque microbiologique

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

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

Afin de limiter ces proliférations, le CNPE de Cattenom applique un traitement biocide à l'eau des circuits de refroidissement par injection en continu de monochloramine, depuis l'année 2014 pour les tranches 1 et 2 et depuis 2016 pour les tranches 3 et 4, Il est à noter que depuis 2010 les tubes des condenseurs en laiton ont été progressivement remplacés par du titane et qu'en 2019 le programme de rénovation du CNPE de Cattenom a été totalement achevé.

Les résultats microbiologiques indiqués sont issus de l'exigence 5,4,1 de la décision ASN n°2016-DC-0578 dite « Amibes Légionelles », Pour corréler les résultats microbiologiques et le traitement biocide associés mis en place sur les CNPE, les exigences des décisions individuelles des CNPE liées à la surveillance et aux résultats de mesures du traitement biocide sont présentées également ci-dessous.

I. Bilan annuel des colonisations en circuit

Les valeurs maximales observées en 2021 en *Legionella pneumophila* mesurées en bassin et en *Naegleria fowleri* calculées en aval dans le fleuve sont détaillées dans le tableau ci-dessous.

Paramètre	Valeur maximale observée en 2021	Seuil d'action
Legionella pneumophila	2800 UFC / L	10 000 UFC / L
Naegleria fowleri	7 <i>N. fowleri</i> / L	100 <i>N.fowleri</i> / L

L'ensemble des résultats des analyses de suivi de la concentration en *Legionella pneumophila* et en *Naegleria fowleri* mesurées aux bassins froids des tranches sont détaillés en annexe 1.

Les résultats en *Naegleria fowleri* au rejet, en amont et en aval Moselle (mesurés et calculés) ainsi ceux mesurés dans la retenue industrielle du Mirgenbach sont détaillés en annexe 2.

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

La concentration maximale mesurée au niveau de la retenue du Mirgenbach a été de 38 Nf/L, inférieure à la valeur de 100 Nf/L conformément à la réglementation applicable au site de Cattenom.

Bilan de dérives observées : absence de dérives

Paramètre	Dépassements	Nombre	Cause	Actions curatives et correctives engagées	Efficacité des mesures mises en œuvre
Legionella pneumophila	0	0	/	/	/
Naegleria fowleri	0	0	/	/	/

II. Synthèse des traitements biocides et rejets associés

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

Les traitements biocides des circuits ont été mis en œuvre conformément aux exigences [EDF-CAT-81], [EDF-CAT-83], [EDF-CAT-84] et [EDF-CAT-93] et [EDF-CAT-95] de la décision ASN n°2014-DC-0415, Les informations concernant la campagne de traitement ont été réalisées conformément aux prescriptions [EDF-CAT-125] et [EDF-CAT-126] de cette même décision.

Le CNPE de Cattenom dispose d'une spécificité de configuration de source froide par l'utilisation de la retenue du Mirgenbach par laquelle transitent les eaux de purges des aéroréfrigérants, ce qui présente des conséquences en termes de gestion du risque amibes, en particulier pour Naegleria Fowleri, Le site a ainsi ajouté dans ses modalités de traitement des critères supplémentaires relatifs à la mesure des amibes dans les bassins froids des tranches en fonctionnement ainsi que dans la retenue du Mirgenbach, La mise en oeuvre de la recirculation sur la retenue est également un critère intégré dans les modalités de traitement biocide.

La stratégie de traitement communiquée en début d'année consistait en un traitement continu à la monochloramine, Le traitement est démarré et arrêté sur des critères basés sur les niveaux de colonisations en amibes ou en légionelles aussi bien en période estivale qu'en période hivernale afin de garantir le respect des seuils définis dans la stratégie.

Données d'ensemble de la campagne de traitement 2021 :

Paramètres	Unités de production			
	N°1	N°2	N°3	N°4
Date de démarrage et d'arrêt du traitement préventif	Du 21 juin au 02 novembre	Du 05 avril au 17 septembre	Du 04 septembre au 29 septembre	Du 15 avril au 11 octobre
Date de démarrage et d'arrêt de traitements supplémentaires	Du 03 au 12 janvier	Du 03 au 10 janvier	Du 03 au 12 janvier	Du 03 au 08 janvier
	Du 25 janvier au 15 février	Du 18 janvier au 15 février	Du 27 janvier au 12 février	Du 24 janvier au 15 février
	Du 10 au 16 mars	Du 09 au 23 mars	Du 23 au 31 octobre	Du 13 au 23 mars
	Du 18 novembre au 29 novembre		Du 11 au 22 novembre	Du 28 au 30 octobre
	Du 11 au 21 décembre			Du 03 au 04 décembre
Date d'arrêt de Tranche (Début et fin)	Du 20 mars au 19 juin	Du 18 septembre au 31 décembre	Du 12 février au 23 août	Du 04 au 16 décembre
Nombre de jour de traitement continu	195	210	69	220
Nombre de jour de traitement séquentiel	0	0	0	0
Date de mise en œuvre du traitement renforcé	/	/	/	/
Nombre de jours de Chloration massive	0	0	0	0
CRT moyen sortie condenseur (mg/L)	0,125	0,16	0,117	0,154
Consommation réelle d'eau de Javel (m3)	2186			
Consommation réelle d'ammoniaque (m3)	399			

Aucune chloration massive n'a été réalisée sur l'année 2021 et il n'y a pas eu de difficultés particulières en ce qui concerne les approvisionnements en réactifs.

Partie VI - Surveillance de l'environnement

I. Surveillance de la radioactivité dans l'environnement

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

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

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

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

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

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

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

Ainsi, le CNPE réalise annuellement, sous le contrôle de l'ASN, 5000 dont les résultats sont transmis à l'administration et publiés par EDF sur le site internet du CNPE : <https://www.edf.fr/groupe-edf/producteur-industriel/carte-des-implantations/centrale-nucleaire-de-cattenom/surete-et-environnement>.

Les résultats des mesures de radioactivité réalisées dans le cadre de la surveillance réglementaire de l'environnement sont également accessibles en ligne gratuitement sur le site internet du Réseau National de Mesures de la radioactivité de l'environnement (RNM - <http://www.mesure-radioactivite.fr>).

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

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

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

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

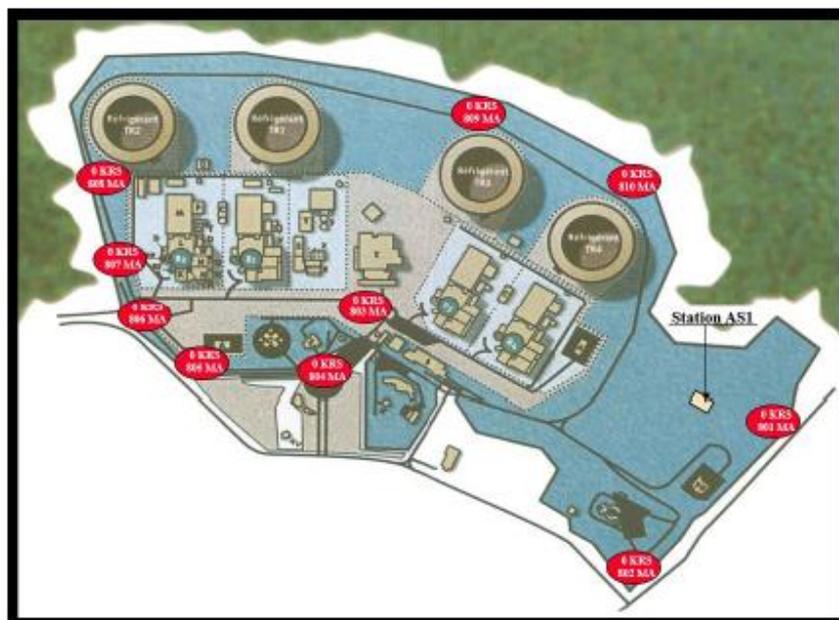
Les stations de prélèvements sont choisies en fonction de la rose des vents locale, des conditions hydrologiques, de la répartition de la population et de la disponibilité des échantillons dans l'environnement du CNPE, Les prélèvements collectés dans l'environnement terrestre sont répartis en distinguant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

Ces études radioécologiques ont permis de caractériser finement les niveaux de radioactivité d'origine naturelle et artificielle dans les différents compartiments de l'environnement autour du CNPE, et de préciser l'influence des rejets d'effluents liquides et à l'atmosphère, Les données collectées depuis plusieurs décennies ont montré que la

radioactivité naturelle constitue la principale composante de la radioactivité dans l'environnement, et que la radioactivité artificielle provient majoritairement d'une rémanence des retombées des essais nucléaires atmosphériques et de l'accident de Tchernobyl, Du fait de l'éloignement de ces événements anciens et des efforts réalisés par EDF pour diminuer les rejets de ses installations nucléaires, le niveau de radioactivité dans l'environnement à proximité du CNPE a considérablement diminué depuis une vingtaine d'année.

1. Surveillance de la radioactivité ambiante

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



Réseau clôture de site

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 2021 sont présentés dans le tableau suivant, Les débits de dose maximaux et les données relatives à l'année antérieure sont également présentés à titre de comparaison.

Réseau de mesure	Débit de dose moyen année 2021 (nSv/h)	Débit de dose max année 2021 (nSv/h)	Débit de dose moyen année 2020 (nSv/h)	Débit de dose moyen année 2019 (nSv/h)
Clôture	167	2206	171	172
1 km	128	256	133	136
5 km	124	480	120	118
10 km	170	264	170	170

Commentaires : Pour les quatre réseaux, les débits de dose moyens enregistrés pour l'année 2021 sont de l'ordre de grandeur du bruit de fond et cohérentes avec les résultats des années antérieures.

Le débit de dose maximal de l'année 2021 enregistré sur le réseau clôture est dû à des transports de coques béton.

2. Surveillance du compartiment atmosphérique

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

Un dispositif de prélèvement du tritium atmosphérique par barbotage est également implanté sous les vents dominants à la station dite AS1, L'analyse du tritium atmosphérique piégé est réalisée pour chacune des périodes définies réglementairement (du 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 2021 sont donnés dans le tableau suivant.

Compartiment	Paramètres		Moyenne annuelle	Valeur maximale mesurée	Limite réglementaire (pour chaque analyse)
Poussières atmosphériques Stations AS	Bêta globale		< 6,09E-4 Bq/m ³	2,02E-3 Bq/m ³	0,01 Bq/m ³
	Spectrométrie gamma (mBq/Nm ³)	⁵⁸ Co	<1,18E-5	<2,00E-5	
		⁶⁰ Co	<7,98E-6	<1,8E-5	
		¹³⁴ Cs	<8,10E-6	<1,3E-5	
		¹³⁷ Cs	<6,45E-6	<9,9E-6	
		⁴⁰ K	<1,90E-4	<2,8E-4	
Tritium atmosphérique			< 1,94E-01 Bq/Nm ³	<2,12E-01 Bq/Nm ³	50 Bq/m ³
Eau de pluie	Bêta globale		< 1,97E-1 Bq/L	2,71E-1 Bq/L	-
	Tritium		< 6,73 Bq/L	<6,77 Bq/L	-

Commentaires : Les mesures de surveillance du compartiment atmosphérique pour l'année 2021 sont cohérentes en moyenne avec les valeurs du bruit de fond. Les mesures de l'activité bêta globale et de l'activité en tritium atmosphérique sont très inférieures aux limites réglementaires.

3. Surveillance du milieu terrestre

Les résultats des mesures réalisées sur le compartiment terrestre pour l'année 2020 sont donnés dans le tableau suivant. Concernant les résultats des analyses par spectrométrie gamma, seules les activités relatives aux radionucléides d'origine artificielle et supérieures aux seuils de décision sont présentées.

Nature du prélèvement	Radionucléide		Périodicité	Moyenne annuelle	Valeur maximale mesurée
Végétaux terrestres (Bq/kg sec)	Spectrométrie gamma	⁴⁰ K	Mensuelle	593	860
		¹³⁷ Cs		<0,34	0,91
		¹³⁴ Cs		<0,31	<0,45
		⁶⁰ Co		<0,33	<0,44
		⁵⁸ Co		<0,35	<0,45
		⁵⁴ Mn		<0,31	<0,40
		¹¹⁰ Ag		<0,29	<0,40
Lait		⁴⁰ K	Mensuelle	52	60

(Bq/L)	Spectrométrie gamma	¹³⁷ Cs	<0,38	<0,40
		¹³⁴ Cs	<0,39	<0,41
		⁶⁰ Co	<0,40	<0,43
		⁵⁸ Co	<0,38	<0,42
		⁵⁴ Mn	<0,37	<0,39
		¹¹⁰ Ag	<0,35	<0,38

Commentaires :

Les résultats des mesures annuelles réalisées sur le compartiment terrestre ainsi que leur interprétation pour l'année 2020 sont présentés dans le rapport du suivi radioécologique annuel, présenté en annexe 5.

4. Surveillance du milieu aquatique

Les résultats des mesures annuelles réalisées sur le compartiment aquatique ainsi que leur interprétation pour l'année 2020 sont présentés dans le rapport du suivi radioécologique annuel, présenté en annexe 5.

5. Surveillance des eaux souterraines

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

Paramètres	Unité	Valeur maximale mesurée
Tritium	Bq/L	14,7
Bêta global	Bq/L	0,753
Bêta global MES	Bq/L	0,985
Potassium	mg/l	18,1

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 7 piézomètres du CNPE.

Paramètres	Unité	Valeur maximale mesurée
pH	-	11,2 (Suivi de tendance)
Conductivité	µS/cm	4680 (Suivi de tendance)
Hydrocarbures totaux	mg/L	<0,1
DCO		71 (Pas de valeur limite)
NTK		3,3 (S1=3 mg/L)
Phosphates		<0,3 mg/L
Nitrates		<25 mg/L
Chlorures		108 (S0=100 mg/L)
Sodium		254 (Suivi de tendance)

Aluminium	µg/L	102 (Pas de valeur limite)
Arsenic		<5 µg/L
Cadmium		<0,1
Cuivre		<1000 µg/L
Chrome		<30 µg/L
Zinc		<2500 µg/L
Mercure		<0,1
Nickel		<10 µg/L
Plomb		<5 µg/L

Commentaires :

Chlorures : Dépassement du seuil S0 de 100 mg/L sur le piézomètre 0SEZ092PZ en février, mai, août et novembre 2021. Les valeurs oscillent naturellement et historiquement autour de la valeur de ce seuil et restent inférieures à la valeur d'action.

NTK : Dépassement du seuil S1 de 3 mg/L sur le piézomètre 0SEZ083PZ en juillet 2021. Une mesure NTK sur un piézomètre en amont du site a confirmé que le CNPE n'est pas à l'origine de ce dépassement. Les autres piézomètres ainsi que le prélèvement suivant n'ont pas montré de dépassement de NTK.

III. Chimie et physico-chimie des eaux de surface

1. Physico-chimie en continu

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

Les tableaux suivants présentent les résultats du suivi sur l'année 2021 pour les stations amont, rejet et aval.

Station amont	Température (°C)	pH	Oxygène dissous (mg/L)	Conductivité (µS/cm)
Janvier	4,6	7,97	11,4	1612
Février	6,4	7,89	10,7	954
Mars	8,2	8,15	12,2	1216
Avril	11,8	8,30	13,8	1445
Mai	14,3	7,90	9,3	1418
Juin	22,5	7,90	8,9	1231
Juillet	20,6	7,75	7,8	1150
Août	20,6	8,17	10,0	1431

Septembre	19,7	8,01	8,9	1659
Octobre	13,7	7,97	8,9	1681
Novembre	8,6	7,87	9,3	1748
Décembre	5,6	7,97	11,2	1526

Station rejet	Température (°C)	pH	Oxygène dissous (mg/L)	Conductivité (µS/cm)
Janvier	10,6	7,98	10,6	2305
Février	11,2	7,95	10,6	1547
Mars	11,7	8,05	10,8	1444
Avril	13,5	8,11	10,4	1565
Mai	16,2	7,90	9,6	1731
Juin	22,9	7,70	7,7	1622
Juillet	23,4	7,67	7,8	1664
Août	23,1	7,96	7,9	1844
Septembre	22,7	7,87	8,0	2217
Octobre	17,1	7,93	9,3	2171
Novembre	13,1	7,95	10,1	2183
Décembre	10,6	8,05	10,8	2257

Station aval	Température (°C)	pH	Oxygène dissous (mg/L)	Conductivité (µS/cm)
Janvier	4,7	8,07	11,6	1538
Février	6,5	8,05	11,1	911
Mars	8,3	8,20	12,1	1202
Avril	11,8	8,31	13,7	1440
Mai	14,3	7,80	9,3	1492

Juin	22,5	7,70	7,9	1373
Juillet	20,7	7,60	7,2	1202
Août	20,9	7,94	8,7	1491
Septembre	20,1	8,00	9,9	1698
Octobre	14,2	7,90	9,4	1727
Novembre	8,9	7,82	10,0	1739
Décembre	5,7	7,93	11,6	1503

Commentaires :

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

2. Physico-chimie des eaux de surface

Le CNPE fait réaliser par le laboratoire ASPECT, en amont, au rejet et en aval, des mesures mensuelles de certains paramètres physico-chimiques soutenant la vie biologique, Les résultats sont présentés dans les tableaux suivants :

Station MOS1 (amont)	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Température (°C)	5,0	2,9	8,6	10,6	13,6	19,3	21,1	19,6	20,2	16,4	12,4	5,1
pH	7,9	7,5	8,0	8,4	7,8	8,2	8,0	8,2	8,5	7,7	7,6	7,9
O2 (mg/L)	11,2	13,6	11,3	13,5	9,8	8,7	8,2	9,8	12,5	8,2	8,7	11,9
Conductivité totale (mS/cm)	1,75	0,98	1,17	1,43	1,72	1,34	1,54	1,58	1,54	1,66	1,56	1,62
TAC (°F)	14	16	17	14	14	13	13	23	18	16	16	14
TACI (°F)	61	30	37	60	67	53	57	52	57	55	54	60
Turbidité (FTU)	11	11	6	7	4	8	10	9	5	6	3	60
COD (mgC/L)	3,1	2,7	1,8	3,0	2,4	3,0	4,1	3,4	2,2	4,3	2,6	2,7
Sulfates (mg/L)	73	83	96	121	112	68	91	78	117	132	132	102
Ammonium (mg/L)	<0,15	0,24	<0,59	<0,71	0,05	0,08	<0,60	0,13	<0,05	0,06	<0,05	0,25
Nitrites (mg/L)	0,12	0,06	0,13	0,07	<0,05	0,11	0,08	0,06	0,06	0,06	0,09	0,12

Nitrates (mg/L)	21,0	19,0	12,9	6,6	0,6	6,2	5,1	5,8	4,8	4,5	5,5	13,7
Phosphates (mg/L)	0,16	0,16	0,09	<0,05	<0,05	0,04	0,04	<0,05	<0,05	0,11	0,13	0,19
MES (mg/l)	20,1	15,8	7,5	18,5	2,0	10,7	14,0	10,5	6,9	7,5	11,4	71,4
Chlorures (mg/L)	406	157	214	387	403	305	344	349	310	336	302	354
Sodium (mg/L)	111	53	77	131	139	96	120	147	136	149	142	111
Silice (mg/L)	10	10	8	1	1	4	3	0	2	2	4	11
DCO (mg O2/l)	12	9	9	18	11	12	13	14	13	11	11	20
DBO5 (mg d'O2 / L)	3	<3	<3	4	3	3	<3	<3	3	<3	<3	<3
Azote total (mg N / L)	4,9	4,5	3,4	2,1	0,2	1,5	1,6	1,4	1,1	1,1	1,3	3,3
Cyanure (µg/L)	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Azote Kjeldhal (mg N/ L)	1,4	<0,5	0,9	0,5	<0,5	<0,5	0,9	<0,5	1,2	<0,5	<0,5	3,6
Calcium (mg/L)	200	110	130	140	180	140	150	160	140	140	130	180
Magnésium (mg/L)	12	15	16	14	18	12	14	13	19	20	19	16
Phosphore total (mgP/L)	0,08	0,08	0,07	0,08	0,07	0,07	0,07	0,09	0,07	0,13	0,10	0,17
TH (°F)	55	34	39	41	52	40	43	45	43	43	40	52
Potassium (mg/L)	6,8	5,6	4,9	7,1	7,3	6,0	6,6	9,0	7,1	8,2	8,1	6,7

Station MOS2 (rejet)	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Température (°C)	10,9	8,9	12,9	13,0	15,7	21,0	24,5	22,3	22,1	19,8	16,2	10,8
pH	7,9	7,9	7,9	8,1	8,1	7,9	7,6	7,9	7,9	7,6	8,0	7,9
O2 (mg/L)	10,9	12,3	11,0	10,9	10,6	8,8	8,0	8,9	8,8	9,7	9,3	11,2
Conductivité totale (mS/cm)	2,43	1,60	1,47	1,54	1,81	1,72	2,04	1,91	2,07	2,35	2,17	2,49
TAC (°F)	10	10	12	14	13	10	9	11	12	17	16	13
TACI (°F)	95	63	54	72	74	78	79	69	79	89	88	95

Turbidité (FTU)	10	16	10	8	12	20	11	13	10	10	7	14
COD (mgC/L)	4,1	4,6	3,2	3,1	2,7	3,8	3,8	5,0	3,0	5,2	3,0	3,5
Sulfates (mg/L)	220	160	176	177	173	153	181	175	228	258	264	262
Ammonium (mg/L)	<0,05	0,17	<0,71	0,06	0,06	0,16	<0,80	0,09	0,34	<0,05	<0,05	<0,05
Nitrites (mg/L)	0,08	0,06	0,11	0,09	<0,05	0,12	0,30	0,12	0,30	0,11	0,08	0,08
Nitrates (mg/L)	23,6	23,0	20,2	11,7	1,1	10,0	7,4	9,3	9,6	8,8	8,2	13,0
Phosphates (mg/L)	0,24	0,29	0,22	0,07	<0,05	0,14	0,24	0,23	0,30	0,24	0,24	0,32
MES (mg/l)	13,3	14,8	9,3	14,5	8,8	29,8	13,2	19,2	10,3	11,7	12,4	13,5
Chlorures (mg/L)	591	331	286	427	438	411	473	411	439	503	490	547
Sodium (mg/L)	177	101	95	140	152	132	165	142	168	206	211	198
Silice (mg/L)	12	14	12	4	2	8	6	9	6	5	5	11
DCO (mg O2/l)	15	15	11	12	14	13	15	15	12	13	12	13
DBO5 (mg d'O2 / L)	3	3	3	3	3	3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Azote total (mg N / L)	5,4	5,3	5,2	2,7	0,3	2,4	2,4	2,2	2,5	2,0	1,9	3,0
Cyanure (µg/L)	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Azote Kjeldhal (mg N/ L)	1,3	0,5	1,1	<0,5	<0,5	0,5	0,8	<0,5	1,1	<0,5	<0,5	1,1
Calcium (mg/L)	280	180	170	160	200	190	200	190	190	210	190	240
Magnésium (mg/L)	18	15	18	16	21	17	18	18	19	27	28	27
Phosphore total (mgP/L)	0,13	0,12	0,11	0,08	0,08	0,17	0,13	0,13	0,16	0,17	0,12	0,15
TH (°F)	77	51	50	47	59	54	57	55	55	64	59	71
Potassium (mg/L)	9,7	7,2	6,2	7,8	8,2	7,9	9,3	8,8	10,1	11,5	11,0	11,1

Station MOS4 (aval)	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Température (°C)	5,2	2,8	8,3	10,9	14,1	19,4	21,6	19,2	19,0	16,8	12,3	5,3

pH	7,9	7,9	8,0	8,2	7,7	8,0	7,8	8,2	8,2	7,6	7,7	7,7
O2 (mg/L)	11,3	13,8	11,5	13,6	9,9	7,7	7,2	9,7	10,1	8,7	9,4	12,0
Conductivité totale (mS/cm)	1,75	0,94	1,24	1,40	1,85	1,17	1,53	1,65	1,61	1,81	1,69	1,42
TAC (°F)	14	17	17	14	15	13	13	15	17	16	18	17
TACI (°F)	61	29	41	69	69	44	56	54	57	62	59	50
Turbidité (FTU)	13	10	7	7	4	4	15	11	5	4	2	66
COD (mgC/L)	3,2	2,6	2,1	2,7	2,2	3,0	3,0	3,5	2,3	4,3	2,6	2,8
Sulfates (mg/L)	78	73	100	124	126	78	94	85	126	161	156	106
Ammonium (mg/L)	0,14	0,20	<0,71	<0,77	<0,70	0,08	<0,60	<0,60	0,06	<0,05	<0,05	0,22
Nitrites (mg/L)	0,11	0,06	0,11	0,07	<0,05	0,09	0,08	0,05	0,06	0,05	0,07	0,12
Nitrates (mg/L)	22,3	19,0	16,0	7	0,8	6,1	5,7	6,8	5,5	5,2	6,5	13,6
Phosphates (mg/L)	0,15	0,20	0,11	<0,05	<0,05	0,04	0,06	<0,05	<0,05	0,11	0,18	0,20
MES (mg/l)	23,9	8,9	6,4	11,1	2,8	17,4	18,3	14,5	11,5	5,3	8,8	41,2
Chlorures (mg/L)	397	147	230	374	398	245	340	357	326	367	319	283
Sodium (mg/L)	110	50	77	124	139	82	121	122	133	155	148	104
Silice (mg/L)	10	10	8	1	1	3	3	5	2	3	4	10
DCO (mg O2/l)	12	9	9	13	10	12	14	12	13	11	10	19
DBO5 (mg d'O2 / L)	3	<3	<3	3	3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Azote total (mg N / L)	5,2	4,5	4,2	2,2	0,7	1,5	1,8	2,0	1,3	1,2	1,5	3,3
Cyanure (µg/L)	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Azote Kjeldhal (mg N/ L)	1,2	<0,5	0,8	<0,5	<0,5	1,0	<0,5	<0,5	0,8	<0,5	<0,5	1,3
Calcium (mg/L)	200	110	140	140	180	120	150	160	140	160	140	140
Magnésium (mg/L)	13	15	18	16	19	13	14	15	18	22	22	17
Phosphore total (mgP/L)	0,09	0,08	0,08	0,05	0,06	0,07	0,07	0,09	0,08	0,10	0,10	0,21
TH (°F)	55	34	42	42	53	35	43	46	42	49	44	42
Potassium (mg/L)	6,3	4,0	4,8	6,9	7,4	5,4	6,8	6,7	8,2	9,4	8,2	6,1

Pendant les traitements biocides, les analyses physicochimiques de ce tableau sont complétées par des analyses spécifiques supplémentaires, dont les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Mois	THM (µg/L)			Chloroforme (µg/L)			AOX (µg/L)			Acide chloroacétique (µg/L)			CRT (mg/L)		
	Amont	Rejet	Aval	Amont	Rejet	Aval	Amont	Rejet	Aval	Amont	Rejet	Aval	Amont	Rejet	Aval
Jan	<14	<14	<14	<2	<2	<2	33	51	25	<20,5	<20,5	<20,5	<0,05	<0,05	<0,05
Fev	<14	<14	<14	<2	<2	<2	16	37	24	<20,5	<20,5	<20,5	<0,05	<0,05	<0,05
Mar	<14	<14	<14	<2	<2	<2	27	24	30	<20,5	<20,5	<20,5	<0,05	<0,05	<0,05
Avr	<14	<14	<14	<2	<2	<2	<10	14	<10	<20,5	<20,5	<20,5	<0,05	<0,05	<0,05
Mai	<14	<14	<14	<2	<2	<2	21	29	24	<20,5	<20,5	<20,5	<0,05	<0,05	<0,05
Juin	<14	<14	<14	<2	<2	<2	13	22	22	<20,5	<20,5	<20,5	<0,05	<0,05	<0,05
Juil	<14	<14	<14	<2	<2	<2	30	42	23	<20,5	<20,5	<20,5	<0,05	<0,05	<0,05
Aou	<14	<14	<14	<2	<2	<2	20	31	16	<20,5	<20,5	<20,5	<0,05	<0,05	<0,05
Sep	<14	<14	<14	<2	<2	<2	16	42	32	<20,5	<20,5	<20,5	<0,05	<0,05	<0,05
Oct	<14	<14	<14	<2	<2	<2	31	35	20	<20,5	<20,5	<20,5	<0,05	<0,05	<0,05
Nov	<14	<14	<14	<2	<2	<2	33	40	23	<20,5	<20,5	<20,5	<0,05	<0,05	<0,05
Dec	<14	<14	<14	<2	<2	<2	19	33	23	<20,5	<20,5	<20,5	<0,05	<0,05	<0,05

3. Chimie des eaux de surface

Les rejets chimiques résultant du fonctionnement du CNPE sont issus :

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

Ces rejets font l'objet d'une surveillance des concentrations présentes dans le milieu récepteur. A cet effet, des mesures de substances chimiques sont effectuées trimestriellement

dans la Moselle en amont, au rejet et en aval du CNPE. Les tableaux suivants présentent les valeurs mesurées aux deux stations amont et aval sur l'année 2021.

Paramètres		Unité	11/01/21	12/04/21	12/07/21	11/10/21
Station amont						
Hydrazine		mg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Morpholine			<0,7	<0,71	<0,6	<0,05
Ethanolamine			/	/	/	<0,05
Détergents			<0,01	<0,01	0,011	<0,01
Bore			0,11	0,12	<0,1	0,10
Hydrogénocarbonates			180	180	140	240
Hydrocarbures			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Aluminium	total	µg/L	99	300	92	80
	dissous		10	76	54	<2
Chrome	total		<1	1	1	<1
	dissous		<1	<1	<1	<1
Cuivre	total		1	2	2	2
	dissous		1	2	2	1
Fer	total		100	260	170	84
	dissous		10	4	49	5
Manganèse	total		25	55	47	27
	dissous		22	<1	8	2
Nickel	total		1	2	2	2
	dissous		1	1	1	2
Plomb	total		0,3	1	1	<0,15
	dissous		<0,15	0,3	<0,4	1,3
Zinc	total		5	11	13	11
	dissous		4	8	<1	4

Cuivre dans les MES	(mg/g de MS)	<0,1	0,05	N,C,	0,30
Zinc dans les MES		<0,1	0,2	<1,6	0,2

Paramètres Station rejet		Unité	11/01/21	12/04/21	12/07/21	11/10/21
Hydrazine		mg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Morpholine			<1	<0,77	<0,8	<0,05
Ethanolamine			/	/	/	<0,05
Détergents			0,011	<0,01	<0,01	<0,01
Bore			0,20	0,16	0,14	0,20
Hydrogénocarbonates			130	170	120	170
Hydrocarbures			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Aluminium	total	µg/L	450	340	290	350
	dissous		9	75	130	<2
Chrome	total		<1	1	1	1
	dissous		<1	<1	<1	<1
Cuivre	total		11	8	14	13
	dissous		5	3	6	5
Fer	total		330	250	340	270
	dissous		8	2	86	3
Manganèse	total		42	41	180	57
	dissous		22	1	23	9
Nickel	total		2	2	2	2
	dissous		1	1	1	2
Plomb	total		1	1	1	1
	dissous		<0,15	<0,15	<0,4	<0,15

Zinc	total		35	10	24	13
	dissous		20	7	<1	5
Cuivre dans les MES		(mg/g de MS)	<0,8	0,7	0,5	0,9
Zinc dans les MES			<1,9	0,3	<1,5	0,9

Paramètres Station aval		Unité	11/01/21	12/04/21	12/07/21	11/10/21
Hydrazine		mg/L	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Morpholine			<0,7	<0,77	<0,6	<0,05
Ethanolamine			/	/	/	<0,05
Détergents			0,012	<0,01	<0,01	<0,01
Bore			0,14	0,12	0,10	0,13
Hydrogénocarbonates			180	210	150	210
Hydrocarbures			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Aluminium	total	µg/L	130	290	220	69
	dissous		10	72	110	2
Chrome	total		<1	<1	1	<1
	dissous		<1	<1	<1	<1
Cuivre	total		2	2	2	3
	dissous		1	1	2	2
Fer	total		130	190	230	67
	dissous		10	4	81	4
Manganèse	total		28	32	60	20
	dissous		20	<1	11	2
Nickel	total		1	1	2	2
	dissous		1	1	1	2
Plomb	total		0	1	1	<0,15

	dissous		<0,15	<0,15	<0,4	<0,15
Zinc	total		13	11	16	11
	dissous		11	8	<1	5
Cuivre dans les MES		(mg/g de MS)	<0,1	<0,09	N,C,	0,20
Zinc dans les MES			<0,3	<0,4	1,2	1,5

Commentaires :

Depuis le 6 octobre 2021, le site utilise l'éthanolamine pour le conditionnement du circuit secondaire, en remplacement de la morpholine. Les mesures de surveillance en éthanolamine ont donc été mises en place dès le mois d'octobre 2021.

Des mesures de métaux dans les sédiments sont également effectuées tous les six mois et sont présentées ci-dessous.

Station	07/06/2021			06/12/2021		
	Amont	Rejet	Aval	Amont	Rejet	Aval
Aluminium (mg/kg MS)	22974	20254	25536	19000	13000	16000
Fer (mg/kg MS)	32565	32436	34736	32000	29000	25000
Cuivre (mg/kg MS)	40	110	44	41	110	52
Manganèse (mg/kg MS)	985	711	1000	710	550	760
Plomb (mg/kg MS)	48	44	73	56	38	42
Zinc (mg/kg MS)	275	325	315	330	310	250
Nickel (mg/kg MS)	28	26	31	31	25	26
Chrome (mg/kg MS)	52	49	60	47	40	38

IV. Physico-chimie et Hydrobiologie de la MOSELLE

Chaque année, le CNPE confie la réalisation de la surveillance hydrobiologique de la Moselle à la société PEMA, Sont distinguées la surveillance pérenne, réalisée annuellement, des surveillances en conditions climatiques exceptionnelles (CCE) ou en situation exceptionnelle (SE) dont les critères d'entrée sont définis au II de la prescription [EDF-CAT-146] de la décision n° 2014-DC-0416.

« II, – Toutefois, si des conditions climatiques exceptionnelles ne permettent pas de respecter les limites définies au I du présent article, en particulier si la température de la Moselle en amont de la centrale est supérieure à 30°C et si les conditions mentionnées ci-après sont remplies, les valeurs limites applicables aux rejets sont fixées à 0°C pour l'échauffement moyen journalier après mélange des effluents en Moselle (défini à la prescription [EDF-CAT-98]), De plus, les effluents dont la température n'est pas liée au fonctionnement des réacteurs, tels que les eaux pluviales et les eaux usées issues de la station d'épuration, peuvent être rejetés,

Le présent paragraphe n'est applicable que si le réseau de transport d'électricité (RTE) requiert le fonctionnement de la centrale nucléaire à un niveau de puissance minimal, ou si l'équilibre entre la consommation et la production d'électricité nécessite son fonctionnement, Les limites fixées dans le présent paragraphe s'appliquent tant que les exigences de production d'électricité mentionnées ci-dessus sont maintenues,

L'entrée en situation climatique exceptionnelle fait l'objet d'une information aux différentes administrations concernées conformément à la prescription [EDF-CAT-128],

Conformément aux dispositions du II de l'article 4, 1,2 de l'arrêté du 7 février 2012 susvisé, le respect de la présente prescription dispense EDF de respecter la limite de température des rejets d'effluents liquides fixée à l'article 31 de l'arrêté du 2 février 1998 modifié relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation ».

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

1. Surveillance pérenne

La surveillance hydroécologique du CNPE de Cattenom est destinée à apprécier tant d'un point de vue spatial que temporel la qualité biologique, en tenant compte des composantes essentielles de l'écosystème, à savoir :

- le phytoplancton via des mesures de chlorophylle a et des phéopigments tous les mois ;
- les diatomées via le suivi de l'indice IBD (Indice Biologique Diatomées) deux fois par an, au printemps et en automne ;
- les macrophytes aquatiques, via le suivi de l'indice IBMR (Indice Biologique Macrophytique en Rivière), une fois par an en période de végétation maximale ;

- les macroinvertébrés benthiques via des prélèvements au surber et à la drague et la pose de pièges pour le suivi des communautés et des indices grand cours d'eau (MGCE) et IQBP (Indice de Qualité Biologique Potentielle), quatre fois par an, à chaque saison.

- la faune piscicole, via des pêches à l'électricité pour le suivi des peuplements et de l'indice IPR (Indice Poissons Rivière) réalisées deux fois par an, au printemps et en été.

La synthèse du rapport de surveillance, réalisée par la société PEMA, est présentée dans l'annexe 3 du présent rapport.

Le rapport complet est disponible sur demande auprès du CNPE de Cattenom.

2. Surveillance en conditions climatiques exceptionnelles

La prescription [EDF-CAT-110] de la décision modalités n° 2014-DC-0415 prévoit qu'une surveillance chimique, physico-chimique, microbiologique et hydrobiologique spécifiques soit réalisée en cas de conditions climatiques exceptionnelles définies au II de la prescription [EDF-CAT-146] de la décision n° 2014-DC-0416.

En 2021, le CNPE de Cattenom n'a pas recouru à cette surveillance.

3. Surveillance en situations exceptionnelles

La prescription [EDF-CAT-110] de la décision modalités n° 2014-DC-0415 prévoit qu'une surveillance chimique, physico-chimique, microbiologique et hydrobiologique spécifiques soit réalisée en cas de situation exceptionnelle définie au II de la prescription [EDF-CAT-146] de la décision n° 2014-DC-0416.

En 2021, le CNPE de Cattenom n'a pas sollicité d'autorisation temporaire de fonctionnement suite à un dossier « Article R593-40-II ».

V. Physico-chimie et hydrobiologie de la retenue artificielle du Mirgenbach

Le CNPE est doté d'un fonctionnement propre lié à une retenue artificielle mise en eau en 1985 ; la retenue industrielle du Mirgenbach (code hydrographique A8655423). Cette retenue a été créée par barrage d'un affluent de la Moselle, le ruisseau du Mirgenbach (code hydrographique A8650420). Son bassin versant étant petit (4,6 km²), un pompage des eaux de la Moselle s'est avéré nécessaire à son remplissage. Il constitue une réserve de sécurité pour la source froide en cas de perte d'alimentation en eau de la Moselle. Il est également destiné à baisser la température des eaux de purge du circuit de refroidissement tertiaire du CNPE et représente ainsi un tampon thermique entre les bassins des réfrigérants atmosphériques et la rivière Moselle.

La retenue industrielle du Mirgenbach présente une surface de 95 ha pour un volume total de 7 300 000 m³, une profondeur moyenne de 7,7 m (Dembski, 2005) avec un maximum de 16 m et un temps de séjour moyen de 15 jours avec un débit d'alimentation d'environ 5 m³/s constitué en majorité des eaux de purge des aéroréfrigérants.

Conformément aux prescriptions [EDF-CAT-106] à [EDF-CAT-111] de la décision n° 2014-DC-0415 de l'Autorité de Sûreté Nucléaire du 16 janvier 2014 (ASN, 2014). la retenue artificielle du Mirgenbach fait objet d'une surveillance physico-chimique et hydro biologique.

1. Surveillance physico-chimique

La surveillance physico-chimique de la retenue Mirgenbach est réalisée au point de mesure M2, les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Station M2	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
T°C	12,4	10,2	13,9	14,7	16,6	22,1	24,4	23,5	21,4	19,9	16,5	11,1
pH	7,8	7,9	7,9	7,8	8,0	8,1	7,6	7,9	7,8	7,4	7,9	7,9
Sulfates (mg/l)	250	190	210	217	217	152	181	190	237	284	277	263
Ammonium (mg/l)	<0,05	0,19	0,13	0,05	0,15	0,16	<0,80	<0,60	0,12	<0,05	<0,05	<0,05
Nitrites (mg/l)	0,08	0,06	0,08	0,09	<0,05	0,10	0,44	0,17	0,26	0,18	0,10	0,09
Nitrates (mg/l)	25,6	27,0	22,0	14,9	1,4	9,4	7,3	9,7	11,2	8,5	8,4	13,1
MES (mg/l)	4,8	14,8	9,5	9,6	4,2	5,5	4,9	4,1	7,6	11,4	9,5	7,0
Chlorures (mg/l)	645	354	305	452	469	396	475	422	456	536	507	546
Sodium (mg/l)	192	108	100	147	161	128	167	114	172	218	219	202
Azote total (mg N / L)	5,8	6,3	5,1	3,4	0,4	2,3	2,4	2,7	2,7	2,0	2,0	3,0
Cuivre dans l'eau (µg/L)	9	8	10	10	7	7	8	10	6	13	8	9
Cuivre dans les MES (mg/g MS)	<0,4	N, C,	<0,4	<0,9	<0,3	0,2	0,0	<0,4	0,1	0,9	0,1	0,3
Zinc dans l'eau (µg/L)	23	110	20	10	6	9	15	14	83	13	16	19
Zinc dans les MES (mg/g MS)	<0,8	<5,5	<1,3	<0,9	<0,5	0,2	0,4	<0,9	1,2	1,0	1,4	1,5

Pendant les traitements biocide, une surveillance spécifique est également mise en œuvre de manière hebdomadaire, voire quotidienne en cas de suivi renforcé. Le bilan de ces mesures est reporté dans le tableau suivant :

Paramètres	Minimum mesuré	Maximum mesuré	Moyenne de l'ensemble des mesures
AOX (µg/L)	17	56	35
Acides chloroacétiques (µg/L)	<20,5	<20,5	<20,5
Chore Résiduel Total (mg/L)	<0,05	<0,05	<0,05
Nitrites (mg/L)	0,05	0,51	0,15
Nitrates (mg/L)	6,8	30,0	14,2

Enfin, des analyses de métaux sont effectuées annuellement dans les sédiments de la retenue. Pour 2021, les résultats sont les suivants :

Date	07/06/2021
Aluminium (mg/kg MS)	6504
Fer (mg/kg MS)	18267
Cuivre (mg/kg MS)	562
Manganèse (mg/kg MS)	622
Plomb (mg/kg MS)	19
Zinc (mg/kg MS)	540
Nickel (mg/kg MS)	16
Chrome (mg/kg MS)	24

2. Surveillance hydro biologique

La surveillance hydrobiologique de la retenue est confiée à la société PEMA, Les compartiments biologiques étudiés sont le phytoplancton (via la chlorophylle a et les phéopigments), les macroinvertébrés benthiques et l'ichtyofaune.

La synthèse du rapport de surveillance, réalisée par la société PEMA est présentée dans l'annexe 4.

3. Surveillance du ruisseau du Mirgenbach

Dans les drains du barrage de la retenue du Mirgenbach s'écoule un ruisseau, le Mirgenbach, qui se jette dans la Tenche, Le suivi de l'impact physico-chimique du fonctionnement de la centrale sur le ruisseau est effectué trimestriellement, Les résultats de ce suivi sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Date - Heure	20/01/2021	09/04/2021	20/07/2021	12/10/2021
Chlorures (mg/L)	241	218	232	270
Sodium (mg/L)	56	55	60	71
Cuivre dans l'eau (ug/L)	<0,4	<5	<0,4	3
Zinc dans l'eau (ug/L)	<1	<5	<1	2
Sulfates dans l'eau (mg/L)	140	118	135	131
MES (mg/L)	6,8	0,8	<2,0	35,0
Cuivre dans les MES (mg/g M.S.)	N.C.	N.C.	N.C	<0,1
Zinc dans les MES (mg/g M.S)	N.C	N.C	N.C	<0,03
Cuivre dans les sédiments (mg/kg M.S)	15	30	11	27
Zinc dans les sédiments (mg/kg M.S)	110	120	87	240

Commentaires : N.C= Non calculable,

Pendant les traitements biocides, les analyses physicochimiques de ce tableau sont complétées par des analyses spécifiques supplémentaires, dont les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Date	CRT (mg/L)	AOX (µg/L)	Acide chloroacétique (µg/L)	Ammonium (mg/L)	Nitrites (mg/L)	Nitrates (mg/L)
10/03/2021	<0,05	29	<20,5	0,06	<0,05	2,3
23/06/2021	<0,05	21	<20,5	0,11	<0,05	1
21/09/2021	<0,05	<10	<20,5	0,15	0,075	0,9
14/12/2021	<0,05	<10	<20,5	0,15	<0,05	1

VI. Acoustique environnementale

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

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

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

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

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

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

Le numéro vert permet de retrouver toute l'actualité du CNPE de Cattenom, 24 heures sur 24 : 0800 10 09 08.

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

Une surveillance des niveaux de radioactivité est effectuée dans l'environnement du CNPE de Cattenom dans le cadre du programme de surveillance réglementaire et du suivi radioécologique du CNPE (cf, Partie VI Surveillance de l'environnement, I- Surveillance de la radioactivité dans l'environnement).

Les résultats de cette surveillance et des mesures associées montrent que la radioactivité mesurée dans l'environnement du CNPE est principalement d'origine naturelle, Les niveaux de radioactivité artificielle mesurés dans l'environnement du CNPE sont faibles et trouvent pour partie leur origine dans d'autres sources (retombées atmosphériques des essais nucléaires, Tchernobyl,...), L'analyse détaillée des résultats est présentée dans le rapport du suivi radioécologique annuel réalisé par l'IRSN, présenté en annexe 5.

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 efficace¹ est calculée en tenant compte des mécanismes de transfert de l'environnement jusqu'à l'homme, Cette dose permet de « mesurer » le niveau d'exposition attribuable aux rejets d'effluents radioactifs liquides et atmosphériques d'une installation et de le positionner par rapport à la limite réglementaire pour l'exposition de la population aux rayonnements ionisants conformément à l'article R1333-11 du Code de la Santé Publique.

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

Les principales hypothèses retenues sont les suivantes :

- Les habitants consomment pour partie des aliments produits dans l'environnement proche du CNPE ;
- Ils vivent toute l'année à proximité de leur lieu d'habitation (non prise en compte de leurs périodes d'absence pour le travail, les vacances...);
- L'eau captée à l'aval des installations est considérée comme provenant de captages d'eaux superficielles, même s'il s'agit de captages en nappes d'eaux souterraines, ce qui revient à considérer que le milieu aquatique à l'aval du CNPE est toujours influencé par les rejets d'effluents liquides de l'installation ;

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

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

L'échelle suivante présente des ordres de grandeur de doses résultant de situations courantes et la comparaison aux seuils réglementaires :

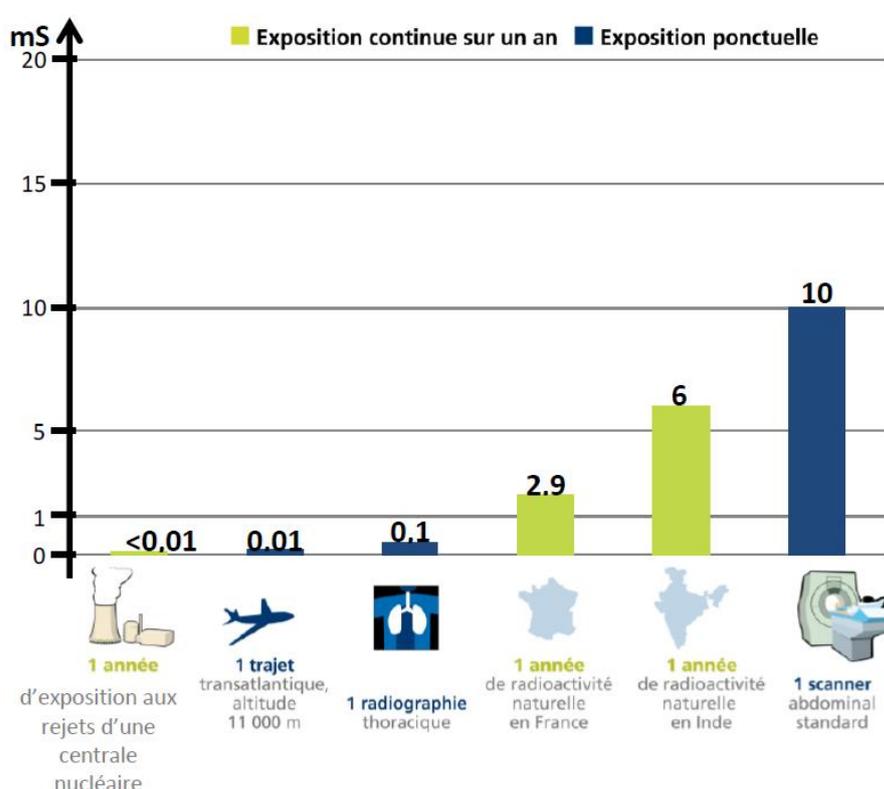


Figure 1 : Echelle des ordres de grandeur de doses résultant de situations courantes et comparaison aux seuils réglementaires (Source : EDF)

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.

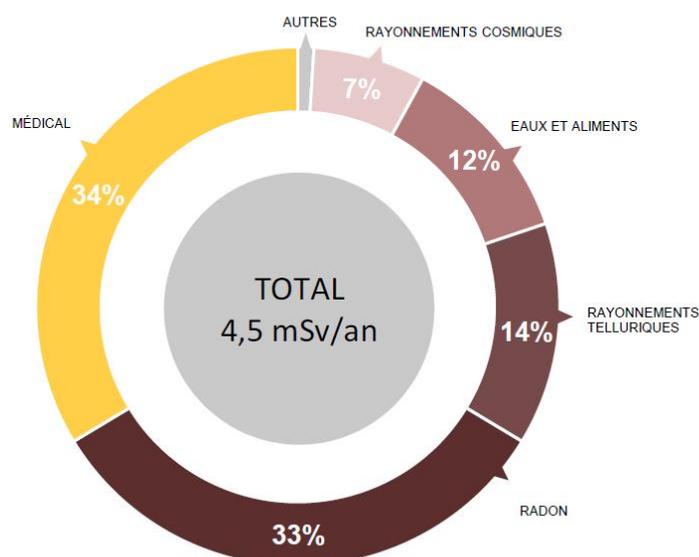


Figure 2 : Part relative des différentes sources d'expositions de la population française aux rayonnements ionisants (Source : Bilan IRSN 2021)

Les tableaux suivants fournissent les valeurs de dose efficace totale calculées à partir des rejets radioactifs réels de l'année 2021 effectués par le CNPE de Cattenom, pour la personne représentative, Cette personne représente les individus pouvant recevoir la dose efficace annuelle maximale induite par les rejets d'effluents radioactifs autorisés du CNPE.

ADULTE	Exposition externe (mSv)	Exposition interne (mSv)	Total (mSv)
Rejets d'effluents à l'atmosphère	3,3E-07	9,5E-06	9,8E-06
Rejets d'effluents liquides	1,8E-05	5,1E-03	5,1E-03
Total	1,8E-05	5,1E-03	5,1E-03

ENFANT DE 10 ANS	Exposition externe (mSv)	Exposition interne (mSv)	Total (mSv)
Rejets d'effluents à l'atmosphère	3,2E-07	8,8E-06	9,1E-06
Rejets d'effluents liquides	s,0,	6,3E-03	6,3E-03
Total	3,2E-07	6,3E-03	6,3E-03

ENFANT DE 1 ANS	Exposition externe (mSv)	Exposition interne (mSv)	Total (mSv)
Rejets d'effluents à l'atmosphère	3,1E-07	1,3E-05	1,3E-05
Rejets d'effluents liquides	s,o,	7,1E-03	7,1E-03
Total	3,1E-07	7,1E-03	7,1E-03

Les valeurs de doses calculées sont inférieures à $1,10^{-2}$ mSv/an pour l'adulte, pour l'enfant de 10 ans et pour l'enfant de 1 an.

Les valeurs de doses calculées pour l'adulte, l'enfant de 10 ans et l'enfant de 1 an, attribuables aux rejets d'effluents radioactifs de l'année 2021 sont plus de 100 fois inférieures à la limite d'exposition fixée à 1 mSv par an pour la population, par l'article R1333-11 du Code de la Santé Publique, L'ensemble des populations résidant de manière permanente ou temporaire autour du CNPE est exposé à une dose efficace inférieure ou égale à la dose calculée pour la personne représentative, présentée ci-dessus.

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

Partie VIII - Gestion des déchets

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

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

La démarche industrielle repose sur 4 principes :

- Limiter les quantités produites et la nocivité des déchets ;
- Trier par nature et niveau de radioactivité ;
- Conditionner et préparer la gestion à long terme ;
- Isoler les déchets de l'homme et de l'environnement.

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

I. Les déchets radioactifs

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

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

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

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

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

1. Les catégories de déchets radioactifs

Selon la durée de vie des éléments radioactifs contenus et le niveau d'activité radiologique qu'ils présentent, les déchets sont classés en plusieurs catégories, On distingue

les déchets « à vie courte » des déchets « à vie longue » en fonction de leur période (une période s'exprime en années, jours, minutes ou secondes, Elle quantifie le temps au bout duquel l'activité radioactive initiale du déchet est divisée par deux).

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

Ces déchets proviennent essentiellement :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

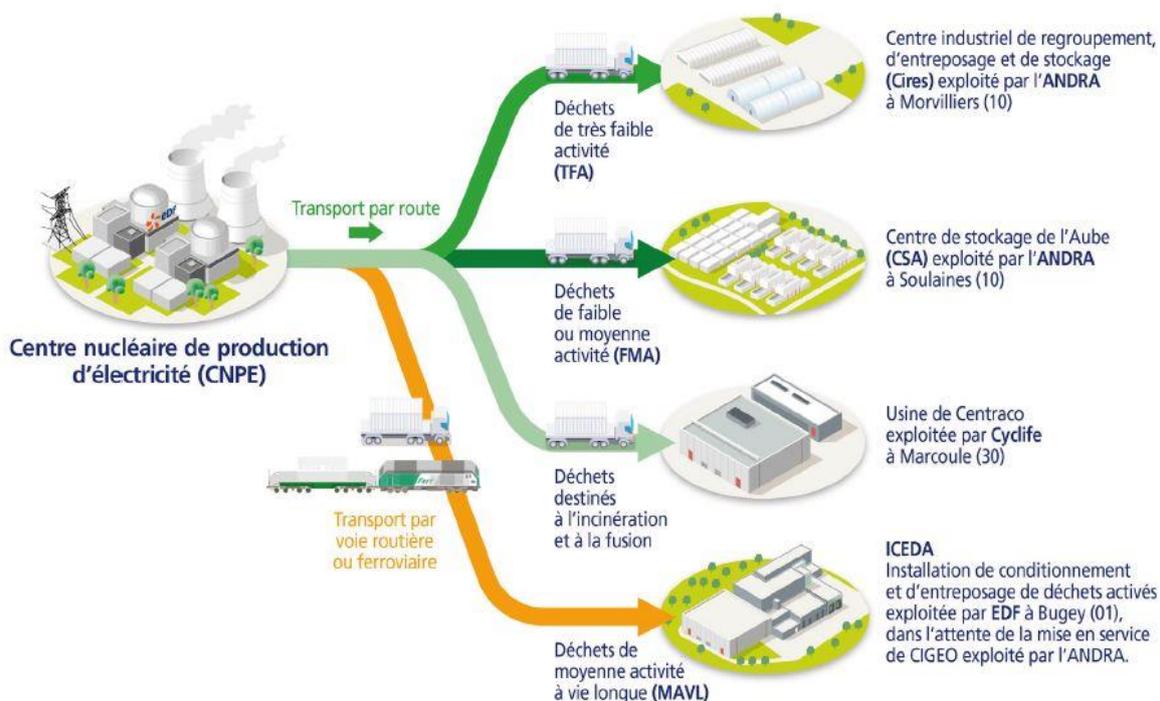


Figure 2 : Transport des déchets radioactifs (Source : EDF)

3. Les quantités de déchets entreposés au 31/12/2021

Le tableau suivant présente les quantités de déchets en attente de conditionnement au 31 décembre 2021 pour les 4 réacteurs en fonctionnement du CNPE de Cattenom.

Catégorie déchet	Quantité entreposée au 31/12/2021	Commentaires
TFA	312,869 Tonnes	En conteneur sur l'aire TFA,
FMAVC (Liquides)	12,515 Tonnes	Effluents du lessivage chimique, huiles, solvants
FMAVC (Solides)	309,619 Tonnes	

FAVL	/	
MAVL	271 objets	Concerne les grappes et les étuis dans les piscines de désactivation

Le tableau suivant présente les quantités de déchets conditionnés en attente d'expédition au 31 décembre 2021 pour les 4 réacteurs en fonctionnement du CNPE de Cattenom.

Catégorie déchet	Quantité entreposée au 31/12/2021	Type d'emballage
TFA	128	/
FMAVC (Liquides)	/	/
FMAVC (Solides)	64 coques béton 286 fûts (métalliques, PEHD) 31 autres (caissons, pièces massives, ...)	/
FAVL	/	/
MAVL	/	/

Le tableau suivant présente le nombre de colis évacués et les sites d'entreposage en 2021 pour les 4 réacteurs en fonctionnement du CNPE de Cattenom.

Site destinataire	Nombre de colis évacués
Cires à Morvilliers	1261
CSA à Soulaines	300
Centraco à Marcoule	2612

En 2021, 4173 colis ont été évacués vers les différents sites de traitement ou de stockage appropriés (Centraco et Andra).

II. Les déchets non radioactifs

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

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

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

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

Le tableau ci-dessous présente les quantités de déchets conventionnels produites en 2021 par les INB d'EDF.

Quantités 2021 en tonnes	Déchets dangereux		Déchets non dangereux non inertes		Déchets inertes		Total	
	Produits	Valorisés	Produits	Valorisés	Produits	Valorisés	Produits	Valorisés
Sites en exploitation	11316	9782	41512	34966	124577	124502	177404	169250
Sites en déconstruction	135	44	964	878	1618	1618	2717	2540

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

- Réduire leur production et leur dangerosité par une gestion optimisée,
- Favoriser le recyclage et la valorisation.

La production de déchets inertes a été historiquement conséquente en 2021 du fait d'importants chantiers, en particulier les chantiers de modifications post Fukushima et l'aménagement de parkings ou bâtiments tertiaires, Les productions de déchets dangereux et de déchets non dangereux non inertes restent relativement stables.

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

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

- La définition depuis 2008 d'un objectif de valorisation pour l'ensemble des déchets valorisables, Cet objectif est actuellement fixé à 90%,
- La prise en compte de la gestion des déchets dans les contrats de gestion des sites,
- La mise en place de structures opérationnelles assurant la coordination et la sensibilisation à la gestion des déchets de l'ensemble des métiers,
- La création de stages de formation spécifiques « gestion des déchets conventionnels »,
- Le recensement annuel des actions de prévention de production des déchets,

En 2021, les 4 unités de production du CNPE de Cattenom ont produit 14280,9 tonnes de déchets conventionnels : 72,5 % 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 : Résultats d'analyses microbiologiques aux bassins des tranches

Point de prélèvement bassin froid TR1			
Date	<i>Naegleria fowleri</i> Nf/L	<i>Légionella Pneunophila</i> UFC/L	Traitement biocide
01/01/2021	169		Non
02/01/2021	51		Non
03/01/2021	106		Oui
04/01/2021	51		Oui
05/01/2021	<51		Oui
06/01/2021	<51		Oui
07/01/2021	<51	<100	Oui
08/01/2021	<51		Oui
09/01/2021	<51		Oui
10/01/2021	<51		Oui
11/01/2021	<51		Oui
12/01/2021	<51		Oui
18/01/2021	106		Non
21/01/2021	832	<100	Non
22/01/2021	1321		Non
23/01/2021	550		Non
24/01/2021	169		Non
25/01/2021	160		Oui
26/01/2021	<51		Oui
27/01/2021	<51		Oui
28/01/2021	<51		Oui
29/01/2021	51		Oui
30/01/2021	<51		Oui
31/01/2021	106		Non
01/02/2021	<51		Non
02/02/2021	51		Oui
03/02/2021	<51		Oui
04/02/2021	<51		Oui
05/02/2021	<51		Oui
06/02/2021	<51		Oui
07/02/2021	<51		Oui
08/02/2021	51		Oui
09/02/2021	<51		Oui
10/02/2021	<51		Oui
11/02/2021	<51	<100	Oui
12/02/2021	<51		Oui
13/02/2021	<51		Oui
14/02/2021	<51		Oui
15/02/2021	<51		Oui
22/02/2021	<51		Non
25/02/2021		100	Non
01/03/2021	106		Non
04/03/2021		400	Non
05/03/2021	101		Non
06/03/2021	169		Non
07/03/2021	160		Non
08/03/2021	51		Non

Point de prélèvement bassin froid TR1			
Date	<i>Naegleria fowleri</i> Nf/L	<i>Légionella Pneunophila</i> UFC/L	Traitement biocide
09/03/2021	240		Non
10/03/2021	240		Oui
11/03/2021	226		Oui
12/03/2021	169		Oui
13/03/2021	51		Oui
14/03/2021	169		Oui
15/03/2021	106		Oui
16/03/2021	51		Oui
17/03/2021	1137		Non
18/03/2021	550	<100	Non
19/03/2021	550		Non
20/03/2021	<51		Non
18/05/2021	<51		Non
19/05/2021	<51		Non
20/05/2021	<51		Non
21/05/2021	<51		Non
22/05/2021	<51		Non
23/05/2021	<51		Non
24/05/2021	<51		Non
25/05/2021	<51	<100	Non
26/05/2021	<51		Non
27/05/2021	<51		Non
28/05/2021	<51		Non
29/05/2021	<51		Non
30/05/2021	<51		Non
31/05/2021	<51		Non
01/06/2021	<51		Non
02/06/2021	<51		Non
03/06/2021	<51		Non
04/06/2021	<51		Non
05/06/2021	<51		Non
06/06/2021	<51		Non
07/06/2021	<51		Non
08/06/2021	<51		Non
09/06/2021	<51		Non
10/06/2021	<51		Non
11/06/2021	<51		Non
12/06/2021	<51		Non
13/06/2021	<51		Non
14/06/2021	<51		Non
15/06/2021	<51		Non
16/06/2021	<51		Non
17/06/2021	<51	<100	Non
18/06/2021	<51		Non
19/06/2021	<51		Non
20/06/2021	<51		Non
21/06/2021	<51		Oui

Point de prélèvement bassin froid TR1			
Date	<i>Naegleria fowleri</i> Nf/L	<i>Légionella Pneunophila</i> UFC/L	Traitement biocide
22/06/2021	<51		Oui
23/06/2021	<51		Oui
25/06/2021	<51		Oui
26/06/2021	<51		Oui
27/06/2021	<51		Oui
28/06/2021	<51	<100	Oui
29/06/2021	<51		Oui
30/06/2021	<51		Oui
01/07/2021	<51	<100	Oui
02/07/2021	<51		Oui
03/07/2021	<51		Oui
04/07/2021	<51		Oui
05/07/2021	<51		Oui
06/07/2021	<51		Oui
07/07/2021	<51		Oui
08/07/2021	<51		Oui
09/07/2021	<51		Oui
10/07/2021	<51		Oui
11/07/2021	<51		Oui
12/07/2021	<51		Oui
13/07/2021	<51		Oui
14/07/2021	<51		Oui
15/07/2021	51	<100	Oui
16/07/2021	<51		Oui
17/07/2021	<51		Oui
18/07/2021	<51		Oui
19/07/2021	<51		Oui
20/07/2021	<51		Oui
21/07/2021	<51		Oui
22/07/2021	<51		Oui
23/07/2021	<51		Oui
24/07/2021	<51		Oui
25/07/2021	<51		Oui
26/07/2021	<51		Oui
27/07/2021	<51		Oui
28/07/2021	<51		Oui
29/07/2021	<51	<100	Oui
30/07/2021	48		Non
31/07/2021	48		Oui
01/08/2021	<51		Oui
02/08/2021	<51		Oui
03/08/2021	<51		Oui
04/08/2021	<51		Oui
05/08/2021	<51	<100	Oui

Point de prélèvement bassin froid TR1			
Date	<i>Naegleria fowleri</i> Nf/L	<i>Légionella Pneunophila</i> UFC/L	Traitement biocide
06/08/2021	<51		Oui
07/08/2021	<51		Oui
08/08/2021	<51		Oui
09/08/2021	<51		Oui
10/08/2021	<51		Oui
11/08/2021	<51		Oui
12/08/2021	<51		Oui
13/08/2021	<51		Oui
14/08/2021	<51		Oui
15/08/2021	<51		Oui
16/08/2021	<51		Oui
17/08/2021	51		Oui
18/08/2021	<51		Oui
19/08/2021	<51	<100	Oui
20/08/2021	<51		Oui
21/08/2021	<51		Oui
22/08/2021	<51		Oui
23/08/2021	<51		Oui
24/08/2021	<51		Oui
25/08/2021	<51		Oui
26/08/2021	<51		Oui
27/08/2021	<51		Oui
28/08/2021	<51		Oui
29/08/2021	48		Oui
30/08/2021	<51		Oui
31/08/2021	<51		Oui
01/09/2021	<51		Oui
02/09/2021	<51	100	Oui
03/09/2021	<51		Oui
04/09/2021	<51		Oui
05/09/2021	51		Oui
06/09/2021	<51		Oui
07/09/2021	51		Oui
08/09/2021	51		Oui
09/09/2021	<51		Oui
10/09/2021	<51		Oui
11/09/2021	<51		Oui
12/09/2021	<51		Oui
13/09/2021	<51	<100	Oui
14/09/2021	51		Oui
15/09/2021	<51		Oui
16/09/2021	<51		Oui
17/09/2021	<51		Oui
18/09/2021	<51		Oui

Point de prélèvement bassin froid TR1			
Date	<i>Naegleria fowleri</i> Nf/L	<i>Légionella Pneunophila</i> UFC/L	Traitement biocide
19/09/2021	<51		Oui
20/09/2021	106		Oui
21/09/2021	51		Oui
22/09/2021	<51		Oui
23/09/2021	<51		Oui
24/09/2021	<51		Oui
25/09/2021	<51		Oui
26/09/2021	<51		Oui
27/09/2021	<51		Oui
28/09/2021	<51		Oui
29/09/2021	<51		Oui
30/09/2021	<51	<100	Oui
01/10/2021	<51		Oui
02/10/2021	<51		Oui
03/10/2021	<51		Oui
04/10/2021	<51		Oui
05/10/2021	160		Oui
06/10/2021	51		Oui
07/10/2021	<51		Oui
08/10/2021	<51		Oui
09/10/2021	<51		Oui
10/10/2021	<51		Oui
11/10/2021	<51	<100	Oui
12/10/2021	51		Oui
13/10/2021	<51		Oui
14/10/2021	<51		Oui
15/10/2021	<51		Oui
16/10/2021	<51		Oui
17/10/2021	<51		Oui
18/10/2021	<51		Oui
19/10/2021	<51		Oui
20/10/2021	<51		Oui
21/10/2021	<51	<100	Oui
22/10/2021	<51		Oui
23/10/2021	<51		Oui
24/10/2021	<51		Oui
25/10/2021	<51		Oui
26/10/2021	<51		Oui
27/10/2021	<51		Oui
28/10/2021	<51		Oui
29/10/2021	<51		Oui
30/10/2021	<51		Oui
31/10/2021	51		Oui
01/11/2021	<51		Oui

Point de prélèvement bassin froid TR1			
Date	<i>Naegleria fowleri</i> Nf/L	<i>Légionella Pneunophila</i> UFC/L	Traitement biocide
02/11/2021	<51		Oui
03/11/2021	169		Non
04/11/2021	<51	<100	Non
05/11/2021	51		Non
06/11/2021	51		Non
07/11/2021	51		Non
08/11/2021	106		Non
09/11/2021	<51		Non
10/11/2021	51		Non
11/11/2021	101		Non
12/11/2021	324		Non
13/11/2021	51		Non
14/11/2021	502		Non
15/11/2021	303		Non
16/11/2021	106	<100	Non
17/11/2021	106		Non
18/11/2021	<51		Oui
19/11/2021	<51		Oui
20/11/2021	<51		Oui
21/11/2021	<51		Oui
22/11/2021	<51		Oui
23/11/2021	<51		Oui
24/11/2021	<51		Oui
25/11/2021	<51		Oui
26/11/2021	<51		Oui
27/11/2021	<51		Oui
28/11/2021	<51		Oui
29/11/2021	<51		Oui
01/12/2021		100	Non
04/12/2021	393		Non
06/12/2021	106		Non
08/12/2021	51		Non
09/12/2021	424		Non
10/12/2021	240		Non
11/12/2021	106		Oui
12/12/2021	<51		Oui
13/12/2021	<51		Oui
14/12/2021	<51		Oui
15/12/2021	51	<100	Oui
16/12/2021	<51		Oui
17/12/2021	<51		Oui
18/12/2021	<51		Oui
19/12/2021	<51		Oui
20/12/2021	<51		Oui

Point de prélèvement bassin froid TR1			
Date	<i>Naegleria fowleri</i> Nf/L	<i>Légionella</i> <i>Pneunophila</i> UFC/L	Traitement biocide
21/12/2021	<51		Oui
22/12/2021	51		Non
23/12/2021	<51		Non
24/12/2021	<51		Non
25/12/2021	<51		Non
26/12/2021	<51		Non
27/12/2021	<51		Non
28/12/2021	<51		Non
29/12/2021	<51		Non

Point de prélèvement bassin froid TR1			
Date	<i>Naegleria fowleri</i> Nf/L	<i>Légionella Pneunophila</i> UFC/L	Traitement biocide
22/06/2021	<51		Oui
23/06/2021	<51		Oui
25/06/2021	<51		Oui
26/06/2021	<51		Oui
27/06/2021	<51		Oui
28/06/2021	<51	<100	Oui
29/06/2021	<51		Oui
30/06/2021	<51		Oui
01/07/2021	<51	<100	Oui
02/07/2021	<51		Oui
03/07/2021	<51		Oui
04/07/2021	<51		Oui
05/07/2021	<51		Oui
06/07/2021	<51		Oui
07/07/2021	<51		Oui
08/07/2021	<51		Oui
09/07/2021	<51		Oui
10/07/2021	<51		Oui
11/07/2021	<51		Oui
12/07/2021	<51		Oui
13/07/2021	<51		Oui
14/07/2021	<51		Oui
15/07/2021	51	<100	Oui
16/07/2021	<51		Oui
17/07/2021	<51		Oui
18/07/2021	<51		Oui
19/07/2021	<51		Oui
20/07/2021	<51		Oui
21/07/2021	<51		Oui
22/07/2021	<51		Oui
23/07/2021	<51		Oui
24/07/2021	<51		Oui
25/07/2021	<51		Oui
26/07/2021	<51		Oui
27/07/2021	<51		Oui
28/07/2021	<51		Oui
29/07/2021	<51	<100	Oui
30/07/2021	48		Non
31/07/2021	48		Oui
01/08/2021	<51		Oui
02/08/2021	<51		Oui
03/08/2021	<51		Oui
04/08/2021	<51		Oui

Point de prélèvement bassin froid TR1			
Date	<i>Naegleria fowleri</i> Nf/L	<i>Légionella Pneunophila</i> UFC/L	Traitement biocide
06/08/2021	<51		Oui
07/08/2021	<51		Oui
08/08/2021	<51		Oui
09/08/2021	<51		Oui
10/08/2021	<51		Oui
11/08/2021	<51		Oui
12/08/2021	<51		Oui
13/08/2021	<51		Oui
14/08/2021	<51		Oui
15/08/2021	<51		Oui
16/08/2021	<51		Oui
17/08/2021	51		Oui
18/08/2021	<51		Oui
19/08/2021	<51	<100	Oui
20/08/2021	<51		Oui
21/08/2021	<51		Oui
22/08/2021	<51		Oui
23/08/2021	<51		Oui
24/08/2021	<51		Oui
25/08/2021	<51		Oui
26/08/2021	<51		Oui
27/08/2021	<51		Oui
28/08/2021	<51		Oui
29/08/2021	48		Oui
30/08/2021	<51		Oui
31/08/2021	<51		Oui
01/09/2021	<51		Oui
02/09/2021	<51	100	Oui
03/09/2021	<51		Oui
04/09/2021	<51		Oui
05/09/2021	51		Oui
06/09/2021	<51		Oui
07/09/2021	51		Oui
08/09/2021	51		Oui
09/09/2021	<51		Oui
10/09/2021	<51		Oui
11/09/2021	<51		Oui
12/09/2021	<51		Oui
13/09/2021	<51	<100	Oui
14/09/2021	51		Oui
15/09/2021	<51		Oui
16/09/2021	<51		Oui
17/09/2021	<51		Oui

05/08/2021	<51	<100	Oui
------------	-----	------	-----

18/09/2021	<51		Oui
------------	-----	--	-----

Point de prélèvement bassin froid TR2			
Date	<i>Naegleria fowleri</i> Nf/L	<i>Légionella Pneunophila</i> UFC/L	Traitement biocide
01/01/2021	106		Non
02/01/2021	<51		Non
03/01/2021	51		Oui
04/01/2021	<51		Oui
05/01/2021	<51		Oui
06/01/2021	<51		Oui
07/01/2021	<51	<100	Oui
08/01/2021	<51		Oui
09/01/2021	<51		Oui
10/01/2021	51		Oui
12/01/2021	<51		Non
15/01/2021	160		Non
16/01/2021	169		Non
17/01/2021	51		Non
18/01/2021	152		Oui
19/01/2021	<51		Oui
20/01/2021	<51		Oui
21/01/2021	51	<100	Oui
22/01/2021	51		Oui
23/01/2021	51		Oui
24/01/2021	51		Oui
25/01/2021	<51		Oui
26/01/2021	<51		Oui
27/01/2021	<51		Oui
28/01/2021	<51		Oui
29/01/2021	169		Non
30/01/2021	106		Non
31/01/2021	<51		Non
01/02/2021	<51		Non
02/02/2021	<51		Oui
03/02/2021	<51		Oui
04/02/2021	<51		Oui
05/02/2021	<51		Oui
06/02/2021	<51		Oui
07/02/2021	<51		Oui
08/02/2021	<51		Oui
09/02/2021	<51		Oui
10/02/2021	<51		Oui
11/02/2021	<51	<100	Oui
12/02/2021	<51		Oui
13/02/2021	<51		Oui
14/02/2021	<51		Oui
15/02/2021	<51		Oui
22/02/2021	<51		Non
25/02/2021	<51	<100	Non
01/03/2021	51		Non
04/03/2021		500	Non

Point de prélèvement bassin froid TR2			
Date	<i>Naegleria fowleri</i> Nf/L	<i>Légionella Pneunophila</i> UFC/L	Traitement biocide
05/03/2021	550		Non
06/03/2021	169		Non
07/03/2021	51		Non
08/03/2021	101		Non
09/03/2021	240		Oui
10/03/2021	<51		Oui
11/03/2021	<51		Oui
12/03/2021	51		Oui
13/03/2021	<51		Oui
14/03/2021	<51		Oui
15/03/2021	51		Oui
16/03/2021	<51		Oui
17/03/2021	<51		Oui
18/03/2021	<51	<100	Oui
19/03/2021	<51		Oui
20/03/2021	<51		Oui
21/03/2021	<51		Oui
22/03/2021	<51		Oui
23/03/2021	<51		Oui
29/03/2021	106		Non
01/04/2021		100	Non
02/04/2021	550		Non
03/04/2021	240		Non
04/04/2021	169		Non
05/04/2021	51		Oui
06/04/2021	<51		Oui
07/04/2021	<51		Oui
08/04/2021	<51		Oui
09/04/2021	<51		Oui
10/04/2021	106		Oui
11/04/2021	106		Oui
12/04/2021	<51		Oui
13/04/2021	<51		Oui
14/04/2021	<51		Oui
15/04/2021	240	<100	Oui
16/04/2021	324		Oui
17/04/2021	160		Oui
18/04/2021	424		Oui
19/04/2021	<51		Oui
20/04/2021	832		Oui
21/04/2021	<51		Oui
22/04/2021	<51		Oui
23/04/2021	51		Oui
24/04/2021	51		Oui
25/04/2021	<51		Oui
26/04/2021	<51		Oui
27/04/2021	51		Oui

Point de prélèvement bassin froid TR2			
Date	<i>Naegleria fowleri</i> Nf/L	<i>Légionella Pneunophila</i> UFC/L	Traitement biocide
25/07/2021	<51		Oui
26/07/2021	<51		Oui
27/07/2021	51		Oui
28/07/2021	<51		Oui
29/07/2021	51	<100	Oui
30/07/2021	<51		Oui
31/07/2021	<51		Oui
01/08/2021	<51		Oui
02/08/2021	51		Oui
03/08/2021	<51		Oui
04/08/2021	<51		Oui
05/08/2021	<51	<100	Oui
06/08/2021	<51		Oui
07/08/2021	169		Oui
08/08/2021	51		Oui
09/08/2021	<51		Oui
10/08/2021	<51		Oui
11/08/2021	<51		Oui
12/08/2021	51		Oui
13/08/2021	<51		Oui
14/08/2021	<51		Oui
15/08/2021	<51		Oui
16/08/2021	<51		Oui
17/08/2021	<51		Oui
18/08/2021	<51		Oui
19/08/2021	<51	<100	Oui
20/08/2021	<51		Oui
21/08/2021	<51		Oui
22/08/2021	<51		Oui
23/08/2021	<51		Oui
24/08/2021	<51		Oui
25/08/2021	<51		Oui
26/08/2021	<51		Oui
27/08/2021	<51		Oui
28/08/2021	<51		Oui
29/08/2021	<51		Oui
30/08/2021	<51		Oui
31/08/2021	<51		Oui
01/09/2021	51		Oui
02/09/2021	<51	400	Oui
03/09/2021	<51		Oui
04/09/2021	<51		Oui
05/09/2021	<51		Oui
06/09/2021	<51		Oui

Point de prélèvement bassin froid TR2			
Date	<i>Naegleria fowleri</i> Nf/L	<i>Légionella Pneunophila</i> UFC/L	Traitement biocide
07/09/2021	106		Oui
08/09/2021	<51		Oui
09/09/2021	51		Oui
10/09/2021	106		Oui
11/09/2021	<51		Oui
12/09/2021	106		Oui
13/09/2021	<51	300	Oui
14/09/2021	<51		Oui
15/09/2021	<51		Oui
16/09/2021	48		Oui
17/09/2021	<51		Oui
18/09/2021	<51		Non
19/09/2021	<51		Non
15/11/2021	<51		Non
16/11/2021		<100	Non
22/11/2021	<51		Non
26/12/2021	<51		Non
27/12/2021	<51		Non
28/12/2021	<51		Non
29/12/2021	<51		Non

Point de prélèvement bassin froid TR3			
Date	<i>Naegleria fowleri</i> Nf/L	<i>Légionella Pneunophila</i> UFC/L	Traitement biocide
01/01/2021	51		Non
02/01/2021	51		Non
03/01/2021	<51		Oui
04/01/2021	<51		Oui
05/01/2021	<51		Oui
06/01/2021	<51		Oui
07/01/2021	<51	<100	Oui
08/01/2021	<51		Oui
09/01/2021	<51		Oui
10/01/2021	<51		Oui
11/01/2021	<51		Oui
12/01/2021	<51		Oui
18/01/2021	<51		Non
21/01/2021	<51	<100	Non
22/01/2021	48		Non
23/01/2021	51		Non
24/01/2021	240		Non
25/01/2021	51		Non
26/01/2021	106		Non
27/01/2021	<51		Oui
28/01/2021	51		Oui
29/01/2021	<51		Oui
30/01/2021	<51		Oui
31/01/2021	<51		Oui
01/02/2021	<51		Oui
02/02/2021	<51		Oui
03/02/2021	<51		Oui
04/02/2021	<51	<100	Oui
05/02/2021	<51		Oui
06/02/2021	<51		Oui
07/02/2021	<51		Oui
08/02/2021	51		Oui
09/02/2021	<51		Oui
10/02/2021	<51		Oui
11/02/2021	<51	<100	Oui
12/02/2021	<51		Oui
15/07/2021	<51		Non
16/07/2021	<51		Non
17/07/2021	<51		Non
18/07/2021	<51		Non
19/07/2021	<51	<100	Non
20/07/2021	<51		Non
25/07/2021	<51		Non
26/07/2021	<51		Non
27/07/2021	<51		Non
28/07/2021	<51		Non
29/07/2021	<51	100	Non

Point de prélèvement bassin froid TR3			
Date	<i>Naegleria fowleri</i> Nf/L	<i>Légionella Pneunophila</i> UFC/L	Traitement biocide
30/07/2021	<51		Non
31/07/2021	<51		Non
01/08/2021	<51		Non
02/08/2021	<51		Non
03/08/2021	<51		Non
04/08/2021	<51		Non
05/08/2021	<51	<100	Non
06/08/2021	<51		Non
07/08/2021	<51		Non
08/08/2021	<51		Non
09/08/2021	<51		Non
10/08/2021	<51		Non
11/08/2021	<51		Non
12/08/2021	<51		Non
13/08/2021	<51		Non
14/08/2021	<51		Non
15/08/2021	<51		Non
16/08/2021	<51		Non
17/08/2021	<51		Non
18/08/2021	<51		Non
19/08/2021	<51	<100	Non
20/08/2021	<51		Non
21/08/2021	<51		Non
22/08/2021	<51		Non
23/08/2021	<51		Non
24/08/2021	<51		Non
25/08/2021	<51		Non
26/08/2021	<51		Non
27/08/2021	<51		Non
28/08/2021	<51		Non
29/08/2021	<51		Non
30/08/2021	<51		Non
31/08/2021	<51		Non
01/09/2021	<51		Non
02/09/2021	<51	<100	Non
03/09/2021	<51		Non
04/09/2021	<51		Oui
05/09/2021	<51		Oui
06/09/2021	<51		Non
07/09/2021	51		Non
08/09/2021	106		Non
09/09/2021	<51		Non
10/09/2021	<51		Oui
11/09/2021	<51		Oui
30/07/2021	<51		Non
31/07/2021	<51		Non
01/08/2021	<51		Non

Point de prélèvement bassin froid TR3			
Date	<i>Naegleria fowleri</i> Nf/L	<i>Légionella Pneunophila</i> UFC/L	Traitement biocide
02/08/2021	<51		Non
03/08/2021	<51		Non
04/08/2021	<51		Non
05/08/2021	<51	<100	Non
06/08/2021	<51		Non
07/08/2021	<51		Non
08/08/2021	<51		Non
09/08/2021	<51		Non
10/08/2021	<51		Non
11/08/2021	<51		Non
12/08/2021	<51		Non
13/08/2021	<51		Non
14/08/2021	<51		Non
15/08/2021	<51		Non
16/08/2021	<51		Non
17/08/2021	<51		Non
18/08/2021	<51		Non
19/08/2021	<51	<100	Non
20/08/2021	<51		Non
21/08/2021	<51		Non
22/08/2021	<51		Non
23/08/2021	<51		Non
24/08/2021	<51		Non
25/08/2021	<51		Non
26/08/2021	<51		Non
27/08/2021	<51		Non
28/08/2021	<51		Non
29/08/2021	<51		Non
30/08/2021	<51		Non
31/08/2021	<51		Non
01/09/2021	<51		Non
02/09/2021	<51	<100	Non
03/09/2021	<51		Non
04/09/2021	<51		Oui
05/09/2021	<51		Oui
06/09/2021	<51		Non
07/09/2021	51		Non
08/09/2021	106		Non
09/09/2021	<51		Non
10/09/2021	<51		Oui
11/09/2021	<51		Oui
12/09/2021	<51		Oui
13/09/2021	<51		Oui
14/09/2021	<51		Oui

Point de prélèvement bassin froid TR3			
Date	<i>Naegleria fowleri</i> Nf/L	<i>Légionella Pneunophila</i> UFC/L	Traitement biocide
15/09/2021	<51		Non
16/09/2021	<51	<100	Oui
17/09/2021	<51		Oui
18/09/2021	<51		Oui
19/09/2021	<51		Oui
20/09/2021	<51		Oui
21/09/2021	<51		Oui
22/09/2021	<51		Oui
23/09/2021	<51		Oui
24/09/2021	<51		Oui
25/09/2021	<51		Oui
26/09/2021	<51		Oui
27/09/2021	<51		Oui
28/09/2021	<51		Oui
29/09/2021	<51		Oui
30/09/2021	51	<100	Non
01/10/2021	<51		Non
02/10/2021	<51		Non
03/10/2021	<51		Non
04/10/2021	51		Non
05/10/2021	<51		Non
06/10/2021	<51		Non
07/10/2021	<51		Non
08/10/2021	<51		Non
09/10/2021	<51		Non
10/10/2021	<51		Non
11/10/2021	<51	480	Non
12/10/2021	<51		Non
13/10/2021	<51		Non
14/10/2021	51		Non
15/10/2021	<51		Non
18/10/2021	51		Non
19/10/2021	226		Non
20/10/2021	424		Non
21/10/2021	550	2700	Non
22/10/2021	535		Non
23/10/2021	51		Oui
24/10/2021	51		Oui
25/10/2021	<51		Oui
26/10/2021	<51		Oui
27/10/2021	<51		Oui
28/10/2021	<51		Oui
29/10/2021	<51		Oui
30/10/2021	<51		Oui

Point de prélèvement bassin froid TR3			
Date	<i>Naegleria fowleri</i> Nf/L	<i>Légionella</i> <i>Pneunophila</i> UFC/L	Traitement biocide
31/10/2021	<51		Oui
01/11/2021	51		Non
03/11/2021	51		Non
04/11/2021	<51	<100	Non
05/11/2021	48		Non
06/11/2021	106		Non
07/11/2021	240		Non
08/11/2021	240		Non
09/11/2021	550		Non
10/11/2021	226		Non
11/11/2021	<51		Oui
12/11/2021	<51		Oui
13/11/2021	51		Oui
14/11/2021	<51		Oui
15/11/2021	<51		Oui
16/11/2021	<51	<100	Oui
17/11/2021	<51		Oui
18/11/2021	<51		Oui
19/11/2021	<51		Oui
20/11/2021	<51		Oui
21/11/2021	<51		Oui
22/11/2021	<51		Oui
29/11/2021	<51		Non
01/12/2021		100	Non
04/12/2021	<51		Non
06/12/2021	<51		Non
13/12/2021	<51		Non
15/12/2021		<100	Non
20/12/2021	51		Non
25/12/2021	<51		Non
26/12/2021	<51		Non
27/12/2021	<51		Non
28/12/2021	<51		Non
29/12/2021	106		Non
30/12/2021	169		Non

Point de prélèvement bassin froid TR4			
Date	<i>Naegleria fowleri</i> Nf/L	<i>Légionella Pneuonophila</i> UFC/L	Traitement biocide
01/01/2021	<51		Non
02/01/2021	<51		Non
03/01/2021	<51		Oui
04/01/2021	<51		Oui
05/01/2021	<51		Oui
06/01/2021	<51		Oui
07/01/2021	<51	<100	Oui
08/01/2021	<51		Oui
12/01/2021	<51		Non
18/01/2021	240		Non
21/01/2021	832	<100	Non
22/01/2021	953		Non
23/01/2021	424		Non
24/01/2021	502		Oui
25/01/2021	51		Oui
26/01/2021	51		Oui
27/01/2021	51		Oui
28/01/2021	<51		Oui
29/01/2021	<51		Oui
30/01/2021	<51		Oui
31/01/2021	<51		Oui
01/02/2021	<51		Oui
02/02/2021	<51		Oui
03/02/2021	<51		Oui
04/02/2021	<51		Oui
05/02/2021	<51		Oui
06/02/2021	<51		Oui
07/02/2021	<51		Oui
08/02/2021	<51		Oui
09/02/2021	<51		Oui
10/02/2021	<51		Oui
11/02/2021	<51	<100	Oui
12/02/2021	<51		Oui
13/02/2021	<51		Oui
14/02/2021	<51		Oui
15/02/2021	<51		Oui
22/02/2021	106		Non
25/02/2021		<100	Non
27/02/2021	51		Non
28/02/2021	51		Non
01/03/2021	169		Non
02/03/2021	51		Non
03/03/2021	169		Non
04/03/2021	51	<100	Non
05/03/2021	106		Non
06/03/2021	106		Non
07/03/2021	51		Non

Point de prélèvement bassin froid TR4			
Date	<i>Naegleria fowleri</i> Nf/L	<i>Légionella Pneuonophila</i> UFC/L	Traitement biocide
08/03/2021	<51		Non
09/03/2021	51		Non
10/03/2021	240		Non
11/03/2021	1931		Non
12/03/2021	718		Non
13/03/2021	240		Oui
14/03/2021	51		Oui
15/03/2021	240		Oui
16/03/2021	<51		Oui
17/03/2021	106		Oui
18/03/2021	<51	<100	Oui
19/03/2021	<51		Oui
20/03/2021	<51		Oui
21/03/2021	<51		Oui
22/03/2021	<51		Oui
23/03/2021	<51		Oui
24/03/2021	<51		Non
29/03/2021	<51		Non
01/04/2021		200	Non
05/04/2021	<51		Non
13/04/2021	169		Non
15/04/2021	51		Oui
16/04/2021	51		Oui
17/04/2021	<51		Oui
18/04/2021	51		Oui
19/04/2021	<51		Oui
20/04/2021	169		Oui
21/04/2021	<51		Oui
22/04/2021	<51	<100	Oui
23/04/2021	<51		Oui
24/04/2021	<51		Oui
25/04/2021	51		Oui
26/04/2021	106		Oui
27/04/2021	106		Oui
28/04/2021	106		Oui
29/04/2021	<51	<100	Oui
30/04/2021	51		Oui
01/05/2021	240		Oui
02/05/2021	324		Non
03/05/2021	106		Oui
04/05/2021	303		Oui
05/05/2021	169		Oui
06/05/2021	51		Oui
07/05/2021	<51		Oui
08/03/2021	<51		Non
09/03/2021	51		Non
10/03/2021	240		Non

Point de prélèvement bassin froid TR4			
Date	<i>Naegleria fowleri</i> Nf/L	<i>Légionella Pneunophila</i> UFC/L	Traitement biocide
11/03/2021	1931		Non
12/03/2021	718		Non
13/03/2021	240		Oui
14/03/2021	51		Oui
15/03/2021	240		Oui
16/03/2021	<51		Oui
17/03/2021	106		Oui
18/03/2021	<51	<100	Oui
19/03/2021	<51		Oui
20/03/2021	<51		Oui
21/03/2021	<51		Oui
22/03/2021	<51		Oui
23/03/2021	<51		Oui
24/03/2021	<51		Non
29/03/2021	<51		Non
01/04/2021		200	Non
05/04/2021	<51		Non
13/04/2021	169		Non
15/04/2021	51		Oui
16/04/2021	51		Oui
17/04/2021	<51		Oui
18/04/2021	51		Oui
19/04/2021	<51		Oui
20/04/2021	169		Oui
21/04/2021	<51		Oui
22/04/2021	<51	<100	Oui
23/04/2021	<51		Oui
24/04/2021	<51		Oui
25/04/2021	51		Oui
26/04/2021	106		Oui
27/04/2021	106		Oui
28/04/2021	106		Oui
29/04/2021	<51	<100	Oui
30/04/2021	51		Oui
01/05/2021	240		Oui
02/05/2021	324		Non
03/05/2021	106		Oui
04/05/2021	303		Oui
05/05/2021	169		Oui
06/05/2021	51		Oui
07/05/2021	<51		Oui
08/05/2021	<51		Oui
09/05/2021	51		Oui
10/05/2021	2571	<100	Oui

Point de prélèvement bassin froid TR4			
Date	<i>Naegleria fowleri</i> Nf/L	<i>Légionella Pneunophila</i> UFC/L	Traitement biocide
11/05/2021	550		Non
12/05/2021	324		Oui
13/05/2021	51		Oui
14/05/2021	<51		Oui
15/05/2021	51		Oui
16/05/2021	<51		Oui
17/05/2021	48		Oui
18/05/2021	<51		Oui
19/05/2021	<51		Oui
20/05/2021	<51		Oui
21/05/2021	<51		Oui
22/05/2021	51		Oui
23/05/2021	<51		Oui
24/05/2021	<51		Oui
25/05/2021	<51	<100	Oui
26/05/2021	<51		Oui
27/05/2021	<51		Oui
28/05/2021	<51		Oui
29/05/2021	<51		Oui
30/05/2021	<51		Oui
31/05/2021	<51		Oui
01/06/2021	169		Non
02/06/2021	<51		Oui
03/06/2021	160	300	Oui
04/06/2021	51		Oui
05/06/2021	<51		Oui
06/06/2021	<51		Oui
07/06/2021	<51		Oui
08/06/2021	<51		Oui
09/06/2021	<51		Oui
10/06/2021	<51		Oui
11/06/2021	<51		Oui
12/06/2021	<51		Oui
13/06/2021	<51		Oui
14/06/2021	<51		Oui
15/06/2021	<51		Oui
16/06/2021	<51		Oui
17/06/2021	<51	200	Oui
18/06/2021	<51		Oui
19/06/2021	<51		Oui
20/06/2021	<51		Oui
21/06/2021	<51		Oui
22/06/2021	<51		Oui
23/06/2021	<51		Oui

Point de prélèvement bassin froid TR4			
Date	<i>Naegleria fowleri</i> Nf/L	<i>Légionella Pneunophila</i> UFC/L	Traitement biocide
24/06/2021	<51		Oui
25/06/2021	<51		Oui
26/06/2021	<51		Oui
27/06/2021	<51		Oui
28/06/2021	<51		Oui
29/06/2021	<51		Oui
30/06/2021	<51		Oui
01/07/2021	<51	<100	Oui
02/07/2021	<51		Oui
03/07/2021	<51		Oui
04/07/2021	<51		Oui
05/07/2021	<51		Oui
06/07/2021	<51		Oui
07/07/2021	<51		Oui
08/07/2021	<51		Oui
09/07/2021	<51		Oui
10/07/2021	<51		Oui
11/07/2021	<51		Oui
12/07/2021	<51		Oui
13/07/2021	<51		Oui
14/07/2021	<51		Oui
15/07/2021	51	<100	Oui
16/07/2021	<51		Oui
17/07/2021	<51		Oui
18/07/2021	<51		Oui
19/07/2021	<51		Oui
20/07/2021	<51		Oui
21/07/2021	<51		Oui
22/07/2021	<51		Oui
23/07/2021	<51		Oui
24/07/2021	<51		Oui
25/07/2021	<51		Oui
26/07/2021	<51		Oui
27/07/2021	<51		Oui
28/07/2021	<51		Oui
29/07/2021	<51	<100	Oui
30/07/2021	<51		Oui
31/07/2021	<51		Oui
01/08/2021	<51		Oui
02/08/2021	<51		Oui
03/08/2021	<51		Oui
04/08/2021	<51		Oui
05/08/2021	<51	<100	Oui
06/08/2021	<51		Oui

Point de prélèvement bassin froid TR4			
Date	<i>Naegleria fowleri</i> Nf/L	<i>Légionella Pneunophila</i> UFC/L	Traitement biocide
07/08/2021	<51		Oui
08/08/2021	<51		Oui
09/08/2021	<51		Oui
10/08/2021	<51		Non
11/08/2021	48		Non
12/08/2021	<51		Oui
13/08/2021	<51		Oui
14/08/2021	<51		Oui
15/08/2021	<51		Oui
16/08/2021	<51		Oui
17/08/2021	<51		Oui
18/08/2021	<51		Oui
19/08/2021	<51	<100	Oui
20/08/2021	<51		Oui
21/08/2021	<51		Oui
22/08/2021	<51		Oui
23/08/2021	51		Oui
24/08/2021	<51		Oui
25/08/2021	51		Oui
26/08/2021	<51		Oui
27/08/2021	<51		Oui
28/08/2021	<51		Oui
29/08/2021	<51		Oui
30/08/2021	<51		Oui
31/08/2021	<51		Oui
01/09/2021	<51		Oui
02/09/2021	<51	200	Oui
03/09/2021	<51		Oui
04/09/2021	<51		Oui
05/09/2021	<51		Oui
06/09/2021	<51		Oui
07/09/2021	51		Oui
08/09/2021	<51		Oui
09/09/2021	<51		Oui
10/09/2021	<51		Oui
11/09/2021	<51		Oui
12/09/2021	<51		Oui
13/09/2021	51		Oui
14/09/2021	<51		Oui
15/09/2021	<51		Oui
16/09/2021	<51	<100	Oui
17/09/2021	<51		Oui
18/09/2021	<51		Oui
19/09/2021	<51		Oui

Point de prélèvement bassin froid TR4			
Date	<i>Naegleria fowleri</i> Nf/L	<i>Légionella Pneunophila</i> UFC/L	Traitement biocide
20/09/2021	<51		Oui
21/09/2021	<51		Oui
22/09/2021	51		Oui
23/09/2021	<51		Oui
24/09/2021	<51		Oui
25/09/2021	<51		Oui
26/09/2021	<51		Oui
27/09/2021	<51		Oui
28/09/2021	<51		Oui
29/09/2021	51		Oui
30/09/2021	<51	<100	Oui
01/10/2021	<51		Oui
02/10/2021	<51		Oui
03/10/2021	<51		Oui
04/10/2021	<51		Oui
05/10/2021	<51		Oui
06/10/2021	<51		Oui
07/10/2021	<51		Oui
08/10/2021	<51		Oui
09/10/2021	<51		Oui
10/10/2021	<51		Oui
11/10/2021	<51	<100	Oui
12/10/2021	<51		Non
13/10/2021	<51		Non
14/10/2021	<51		Non
15/10/2021	<51		Non
18/10/2021	<51		Non
19/10/2021	<51		Non
20/10/2021	<51		Non
21/10/2021	<51	2800	Non
22/10/2021	<51		Non
23/10/2021	<51		Non
24/10/2021	<51		Non
25/10/2021	<51		Non
26/10/2021	<51		Non
27/10/2021	<51		Non
28/10/2021	<51		Oui
29/10/2021	<51		Oui
30/10/2021	51		Oui
01/11/2021	51		Non
03/11/2021	<51		Non
04/11/2021	<51	<100	Non
05/11/2021	<51		Non
06/11/2021	<51		Non

Point de prélèvement bassin froid TR4			
Date	<i>Naegleria fowleri</i> Nf/L	<i>Légionella Pneunophila</i> UFC/L	Traitement biocide
07/11/2021	51		Non
08/11/2021	106		Non
11/11/2021	<51		Non
12/11/2021	51		Non
13/11/2021	51		Non
14/11/2021	51		Non
15/11/2021	51		Non
16/11/2021	106	600	Non
17/11/2021	51		Non
18/11/2021	<51		Non
19/11/2021	<51		Non
20/11/2021	<51		Non
21/11/2021	51		Non
22/11/2021	106		Non
23/11/2021	<51		Non
26/11/2021	51		Non
27/11/2021	<51		Non
28/11/2021	240		Non
29/11/2021	106		Non
30/11/2021	169		Non
01/12/2021	203	200	Non
02/12/2021	106		Non
03/12/2021	240		Oui
04/12/2021	106		Oui
05/12/2021	<51		Non
15/12/2021		400	Non
13/12/2021	<51		Non
20/12/2021	<51		Non
27/12/2021	<51		Non

ANNEXE 2 : Résultats en *Naegleria fowleri* à l'amont, l'aval (mesurés et calculés), rejet Moselle et retenue du Mirgenbach

valeurs calculées en Aval		
Date	<i>Naegleria fowleri</i> Nf/L	Seuil réglementaire
01/01/2021	<1	100
02/01/2021	<1	100
03/01/2021	<1	100
04/01/2021	<2	100
05/01/2021	<2	100
06/01/2021	<2	100
07/01/2021	<2	100
08/01/2021	<2	100
09/01/2021	<2	100
10/01/2021	<2	100
11/01/2021	<2	100
12/01/2021	<2	100
15/01/2021	1	100
16/01/2021	<1	100
17/01/2021	<1	100
18/01/2021	<1	100
19/01/2021	1	100
20/01/2021	<1	100
21/01/2021	<1	100
22/01/2021	1	100
23/01/2021	<1	100
24/01/2021	<1	100
25/01/2021	<1	100
26/01/2021	<1	100
27/01/2021	<1	100
28/01/2021	<1	100
29/01/2021	<1	100
30/01/2021	<1	100
31/01/2021	<1	100
08/02/2021	<1	100
09/02/2021	<1	100
11/02/2021	<1	100
12/02/2021	<1	100
13/02/2021	<1	100
14/02/2021	<1	100
15/02/2021	<1	100
22/02/2021	<2	100
27/02/2021	<2	100
28/02/2021	<1	100
01/03/2021	<2	100
02/03/2021	<2	100
03/03/2021	<2	100
04/03/2021	<2	100
05/03/2021	<2	100

valeurs calculées en Aval		
Date	<i>Naegleria fowleri</i> Nf/L	Seuil réglementaire
06/03/2021	<2	100
07/03/2021	<2	100
08/03/2021	<3	100
09/03/2021	<3	100
10/03/2021	<3	100
11/03/2021	<3	100
12/03/2021	<2	100
13/03/2021	<2	100
14/03/2021	<2	100
15/03/2021	<1	100
16/03/2021	<1	100
17/03/2021	<1	100
18/03/2021	<1	100
19/03/2021	<1	100
20/03/2021	<1	100
21/03/2021	<2	100
22/03/2021	<2	100
23/03/2021	<2	100
24/03/2021	<2	100
29/03/2021	<2	100
02/04/2021	<3	100
03/04/2021	<3	100
04/04/2021	<3	100
05/04/2021	<3	100
06/04/2021	<3	100
07/04/2021	<3	100
08/04/2021	<3	100
09/04/2021	<3	100
10/04/2021	<3	100
11/04/2021	<3	100
12/04/2021	3	100
13/04/2021	<3	100
14/04/2021	<3	100
15/04/2021	<3	100
16/04/2021	3	100
17/04/2021	<4	100
18/04/2021	<3	100
19/04/2021	<3	100
20/04/2021	<2	100
21/04/2021	<2	100
22/04/2021	<2	100
23/04/2021	<2	100
24/04/2021	<4	100
25/04/2021	<5	100

valeurs calculées en Aval		
Date	<i>Naegleria fowleri</i> Nf/L	Seuil réglementaire
26/04/2021	<4	100
27/04/2021	<4	100
28/04/2021	<5	100
29/04/2021	<5	100
30/04/2021	<4	100
01/05/2021	<4	100
02/05/2021	<4	100
03/05/2021	<4	100
04/05/2021	<4	100
05/05/2021	<4	100
06/05/2021	<3	100
07/05/2021	<2	100
08/05/2021	<2	100
09/05/2021	<2	100
10/05/2021	<2	100
11/05/2021	<2	100
12/05/2021	<2	100
13/05/2021	<1	100
14/05/2021	<2	100
15/05/2021	<2	100
16/05/2021	<2	100
17/05/2021	<2	100
18/05/2021	<1	100
19/05/2021	<1	100
20/05/2021	<1	100
21/05/2021	<1	100
22/05/2021	<2	100
23/05/2021	<2	100
24/05/2021	<2	100
25/05/2021	<1	100
26/05/2021	<2	100
27/05/2021	<2	100
28/05/2021	<1	100
29/05/2021	<2	100
30/05/2021	<2	100
31/05/2021	<2	100
01/06/2021	<2	100
02/06/2021	<2	100
03/06/2021	<3	100
04/06/2021	<2	100
05/06/2021	<2	100
06/06/2021	<3	100
07/06/2021	<2	100
08/06/2021	<3	100

valeurs calculées en Aval		
Date	<i>Naegleria fowleri</i> Nf/L	Seuil réglementaire
09/06/2021	<3	100
10/06/2021	<3	100
11/06/2021	<3	100
12/06/2021	<3	100
13/06/2021	<4	100
14/06/2021	<4	100
15/06/2021	<4	100
16/06/2021	<5	100
17/06/2021	<5	100
18/06/2021	<6	100
19/06/2021	<5	100
20/06/2021	<5	100
21/06/2021	<5	100
22/06/2021	<3	100
23/06/2021	<3	100
24/06/2021	<2	100
25/06/2021	<2	100
26/06/2021	<2	100
27/06/2021	<3	100
28/06/2021	<3	100
29/06/2021	<2	100
30/06/2021	<2	100
01/07/2021	<2	100
02/07/2021	<2	100
03/07/2021	<2	100
04/07/2021	<3	100
05/07/2021	<3	100
06/07/2021	<2	100
07/07/2021	<2	100
08/07/2021	<2	100
09/07/2021	<2	100
10/07/2021	<2	100
11/07/2021	2	100
12/07/2021	<3	100
13/07/2021	<3	100
14/07/2021	<1	100
15/07/2021	<1	100
16/07/2021	<1	100
17/07/2021	<1	100
18/07/2021	<1	100
19/07/2021	<1	100
20/07/2021	<1	100
21/07/2021	<1	100
22/07/2021	<2	100
23/07/2021	<2	100
24/07/2021	<2	100
25/07/2021	<2	100

valeurs calculées en Aval		
Date	<i>Naegleria fowleri</i> Nf/L	Seuil réglementaire
26/07/2021	<2	100
27/07/2021	<2	100
28/07/2021	2	100
29/07/2021	<2	100
30/07/2021	<2	100
31/07/2021	<3	100
01/08/2021	<3	100
02/08/2021	<3	100
03/08/2021	2	100
04/08/2021	<3	100
05/08/2021	<2	100
06/08/2021	<2	100
07/08/2021	<2	100
08/08/2021	<2	100
09/08/2021	<2	100
10/08/2021	<2	100
11/08/2021	<3	100
12/08/2021	<3	100
13/08/2021	<3	100
14/08/2021	<3	100
15/08/2021	<4	100
16/08/2021	<4	100
17/08/2021	<4	100
18/08/2021	4	100
19/08/2021	<5	100
20/08/2021	<5	100
21/08/2021	<5	100
22/08/2021	4	100
23/08/2021	<4	100
24/08/2021	<3	100
25/08/2021	<4	100
26/08/2021	<4	100
27/08/2021	<5	100
28/08/2021	<5	100
29/08/2021	<4	100
30/08/2021	<5	100
31/08/2021	<5	100
01/09/2021	<4	100
02/09/2021	<5	100
03/09/2021	<6	100
04/09/2021	<6	100
05/09/2021	<6	100
06/09/2021	<4	100
07/09/2021	<5	100
08/09/2021	<5	100
09/09/2021	<6	100
10/09/2021	<5	100

valeurs calculées en Aval		
Date	<i>Naegleria fowleri</i> Nf/L	Seuil réglementaire
11/09/2021	<6	100
12/09/2021	<6	100
13/09/2021	<6	100
14/09/2021	<4	100
15/09/2021	<5	100
16/09/2021	<4	100
17/09/2021	<5	100
18/09/2021	<6	100
19/09/2021	7	100
20/09/2021	<7	100
21/09/2021	<5	100
22/09/2021	<6	100
23/09/2021	<6	100
24/09/2021	<6	100
25/09/2021	<5	100
26/09/2021	<6	100
27/09/2021	<6	100
28/09/2021	7	100
29/09/2021	<6	100
30/09/2021	<6	100
01/10/2021	<7	100
02/10/2021	<7	100
03/10/2021	<6	100
04/10/2021	<6	100
05/10/2021	<7	100
06/10/2021	<5	100
07/10/2021	<6	100
08/10/2021	<5	100
09/10/2021	<5	100
10/10/2021	<6	100
11/10/2021	<6	100
12/10/2021	<6	100
13/10/2021	<5	100
14/10/2021	<5	100
15/10/2021	<6	100
16/10/2021	<6	100
17/10/2021	<7	100
18/10/2021	<7	100
19/10/2021	6	100
20/10/2021	<6	100
21/10/2021	<6	100
22/10/2021	<4	100
23/10/2021	<4	100
24/10/2021	<5	100
25/10/2021	<5	100
26/10/2021	<5	100
27/10/2021	<6	100

valeurs calculées en Aval

valeurs calculées en Aval

valeurs mesurées en Aval

Date	<i>Naegleria fowleri</i> Nf/L	Seuil réglementaire
28/10/2021	<6	100
29/10/2021	<6	100
30/10/2021	<5	100
31/10/2021	<5	100
01/11/2021	<5	100
02/11/2021	<3	100
03/11/2021	<2	100
04/11/2021	<2	100
05/11/2021	<2	100
06/11/2021	<2	100
07/11/2021	<2	100
08/11/2021	<3	100
09/11/2021	<3	100
10/11/2021	<3	100
11/11/2021	<4	100
12/11/2021	<3	100
13/11/2021	<4	100
14/11/2021	<4	100
15/11/2021	<3	100
16/11/2021	<2	100
17/11/2021	<2	100
18/11/2021	<3	100
19/11/2021	<2	100
20/11/2021	<4	100
21/11/2021	<5	100
22/11/2021	<4	100
23/11/2021	<3	100
24/11/2021	<3	100
25/11/2021	<5	100
26/11/2021	<4	100
27/11/2021	<5	100
28/11/2021	<5	100
29/11/2021	<3	100
30/11/2021	<2	100
01/12/2021	<2	100
02/12/2021	<2	100
03/12/2021	<1	100
04/12/2021	<1	100
05/12/2021	<1	100
06/12/2021	<1	100
07/12/2021	<1	100
08/12/2021	<1	100
09/12/2021	<1	100
10/12/2021	<1	100
11/12/2021	<1	100
12/12/2021	<1	100
13/12/2021	<1	100
14/12/2021	<1	100
15/12/2021	<1	100
16/12/2021	<1	100
17/12/2021	<1	100

Date	<i>Naegleria fowleri</i> Nf/L	Seuil réglementaire
18/12/2021	<1	100
19/12/2021	<1	100
20/12/2021	<1	100
21/12/2021	<1	100
22/12/2021	<1	100
23/12/2021	<1	100
24/12/2021	<2	100
25/12/2021	<3	100
26/12/2021	<2	100
27/12/2021	<1	100
28/12/2021	<1	100
29/12/2021	<1	100
30/12/2021	<1	100

Date	<i>Naegleria fowleri</i> Nf/L	Seuil réglementaire
12/01/2021	<2	100
12/02/2021	<2	100
13/03/2021	<2	100
13/04/2021	<2	100
18/05/2021	<2	100
05/06/2021	<2	100
20/07/2021	<2	100
03/08/2021	<2	100
11/09/2021	<2	100
12/10/2021	<2	100
09/11/2021	<2	100
04/12/2021	<2	100

Point de prélèvement retenue du Mirgenbach	
Date	Naegleria fowleri Nf/L
01/01/2021	<19
02/01/2021	<19
03/01/2021	<19
04/01/2021	<19
05/01/2021	<19
06/01/2021	<19
07/01/2021	<19
08/01/2021	<19
09/01/2021	<19
10/01/2021	<19
11/01/2021	<19
12/01/2021	<19
15/01/2021	<19
16/01/2021	<19
17/01/2021	<19
18/01/2021	<19
19/01/2021	<19
20/01/2021	<19
21/01/2021	<19
22/01/2021	19
23/01/2021	<19
24/01/2021	38
25/01/2021	<19
26/01/2021	<19
27/01/2021	<19
28/01/2021	<19
29/01/2021	<19
30/01/2021	<19
31/01/2021	<19
01/02/2021	<19
02/02/2021	19
03/02/2021	<19
04/02/2021	<19
05/02/2021	<19
06/02/2021	<19
07/02/2021	<19
08/02/2021	<19
09/02/2021	<19
11/02/2021	<19
12/02/2021	<19
13/02/2021	<19
14/02/2021	<19
15/02/2021	<19
22/02/2021	<19
27/02/2021	<19
28/02/2021	<19

Point de prélèvement retenue du Mirgenbach	
Date	Naegleria fowleri Nf/L
01/03/2021	<19
02/03/2021	<19
03/03/2021	<19
04/03/2021	<19
05/03/2021	<19
06/03/2021	<19
07/03/2021	<19
08/03/2021	<19
09/03/2021	<19
10/03/2021	<19
11/03/2021	19
12/03/2021	<19
13/03/2021	19
14/03/2021	<19
15/03/2021	<19
16/03/2021	<19
17/03/2021	<19
18/03/2021	<19
19/03/2021	<19
20/03/2021	<19
21/03/2021	<19
22/03/2021	<19
23/03/2021	<19
24/03/2021	<19
29/03/2021	<19
02/04/2021	<19
03/04/2021	<19
04/04/2021	<19
05/04/2021	<19
06/04/2021	<19
07/04/2021	<19
08/04/2021	<19
09/04/2021	<19
10/04/2021	<19
11/04/2021	<19
12/04/2021	<19
13/04/2021	<19
14/04/2021	<19
15/04/2021	<19
16/04/2021	<19
17/04/2021	<19
18/04/2021	<19
19/04/2021	<19
20/04/2021	<19
21/04/2021	<19
22/04/2021	<19

Point de prélèvement retenue du Mirgenbach	
Date	Naegleria fowleri Nf/L
23/04/2021	<19
24/04/2021	<19
25/04/2021	<19
26/04/2021	<19
27/04/2021	<19
28/04/2021	<19
29/04/2021	<19
30/04/2021	<19
01/05/2021	<19
02/05/2021	<19
03/05/2021	<19
04/05/2021	<19
05/05/2021	<19
06/05/2021	<19
07/05/2021	<19
08/05/2021	<19
09/05/2021	<19
10/05/2021	19
11/05/2021	<19
12/05/2021	<19
13/05/2021	<19
14/05/2021	<19
15/05/2021	<19
16/05/2021	<19
17/05/2021	<19
18/05/2021	<19
19/05/2021	<19
20/05/2021	<19
21/05/2021	<19
22/05/2021	<19
23/05/2021	<19
24/05/2021	<19
25/05/2021	<19
26/05/2021	<19
27/05/2021	<19
28/05/2021	<19
29/05/2021	<19
30/05/2021	<19
31/05/2021	<19
01/06/2021	<19
02/06/2021	<19
03/06/2021	<19
04/06/2021	<19
05/06/2021	<19
06/06/2021	<19
07/06/2021	<19

Point de prélèvement retenue du Mirgenbach	
Date	Naegleria fowleri Nf/L
08/06/2021	<19
09/06/2021	<19
10/06/2021	<19
11/06/2021	<19
12/06/2021	<19
13/06/2021	<19
14/06/2021	<19
15/06/2021	<19
16/06/2021	<19
17/06/2021	<19
18/06/2021	<19
19/06/2021	<19
20/06/2021	<19
21/06/2021	<19
22/06/2021	<19
23/06/2021	<19
24/06/2021	<19
25/06/2021	<19
26/06/2021	<19
27/06/2021	<19
28/06/2021	<19
29/06/2021	<19
30/06/2021	<19
01/07/2021	<19
02/07/2021	<19
03/07/2021	<19
04/07/2021	<19
05/07/2021	<19
06/07/2021	<19
07/07/2021	<19
08/07/2021	<19
09/07/2021	<19
10/07/2021	<19
11/07/2021	<19
12/07/2021	<19
13/07/2021	<19
14/07/2021	<19
15/07/2021	<19
16/07/2021	<19
17/07/2021	<19
18/07/2021	<19
19/07/2021	<19
20/07/2021	<19
21/07/2021	<19
22/07/2021	<19
23/07/2021	<19

Point de prélèvement retenue du Mirgenbach	
Date	Naegleria fowleri Nf/L
24/07/2021	<19
25/07/2021	<19
26/07/2021	<19
27/07/2021	<19
28/07/2021	<19
29/07/2021	<19
30/07/2021	<19
31/07/2021	<19
01/08/2021	<19
02/08/2021	<19
03/08/2021	<19
04/08/2021	<19
05/08/2021	<19
06/08/2021	<19
07/08/2021	<19
08/08/2021	<19
09/08/2021	<19
10/08/2021	<19
11/08/2021	<19
12/08/2021	<19
13/08/2021	<19
14/08/2021	<19
15/08/2021	<19
16/08/2021	<19
17/08/2021	<19
18/08/2021	<19
19/08/2021	<19
20/08/2021	<19
21/08/2021	<19
22/08/2021	<19
23/08/2021	<19
24/08/2021	<19
25/08/2021	<19
26/08/2021	<19
27/08/2021	<19
28/08/2021	<19
29/08/2021	<19
30/08/2021	<19
31/08/2021	<19
01/09/2021	<19
02/09/2021	<19
03/09/2021	<19
04/09/2021	<19
05/09/2021	<19
06/09/2021	<19
07/09/2021	<19

Point de prélèvement retenue du Mirgenbach	
Date	Naegleria fowleri Nf/L
08/09/2021	<19
09/09/2021	<19
10/09/2021	<19
11/09/2021	<19
12/09/2021	<19
13/09/2021	<19
14/09/2021	<19
15/09/2021	19
16/09/2021	<19
17/09/2021	<19
18/09/2021	<19
19/09/2021	<19
20/09/2021	<19
21/09/2021	<19
22/09/2021	<19
23/09/2021	<19
24/09/2021	<19
25/09/2021	<19
26/09/2021	<19
27/09/2021	<19
28/09/2021	<19
29/09/2021	<19
30/09/2021	<19
01/10/2021	<19
02/10/2021	<19
03/10/2021	<19
04/10/2021	<19
05/10/2021	<19
06/10/2021	<19
07/10/2021	<19
08/10/2021	<19
09/10/2021	<19
10/10/2021	<19
11/10/2021	<19
12/10/2021	<19
13/10/2021	<19
14/10/2021	<19
15/10/2021	19
16/10/2021	<19
17/10/2021	<19
18/10/2021	<19
19/10/2021	<19
20/10/2021	19
21/10/2021	<19
22/10/2021	38
23/10/2021	<19

Point de prélèvement retenue du Mirgenbach	
Date	Naegleria fowleri Nf/L
24/10/2021	<19
25/10/2021	<19
26/10/2021	<19
27/10/2021	<19
28/10/2021	<19
29/10/2021	<19
30/10/2021	<19
31/10/2021	<19
01/11/2021	19
02/11/2021	<19
03/11/2021	<19
04/11/2021	<19
05/11/2021	<19
06/11/2021	<19
07/11/2021	<19
08/11/2021	<19
09/11/2021	<19
10/11/2021	<19
11/11/2021	<19
12/11/2021	<19
13/11/2021	<19
14/11/2021	<19
15/11/2021	<19
16/11/2021	<19
17/11/2021	<19
18/11/2021	<19
19/11/2021	<19
20/11/2021	<19
21/11/2021	<19
22/11/2021	<19
23/11/2021	<19
24/11/2021	<19
25/11/2021	<19
26/11/2021	<19
27/11/2021	<19
28/11/2021	<19
29/11/2021	<19
30/11/2021	<19
01/12/2021	<19
02/12/2021	<19
03/12/2021	<19
04/12/2021	<19
05/12/2021	<19
06/12/2021	<19

Point de prélèvement retenue du Mirgenbach	
Date	Naegleria fowleri Nf/L
07/12/2021	<19
08/12/2021	<19
09/12/2021	<19
10/12/2021	<19
11/12/2021	<19
12/12/2021	<19
13/12/2021	<19
14/12/2021	<19
15/12/2021	<19
16/12/2021	<19
17/12/2021	<19
18/12/2021	<19
19/12/2021	<19
20/12/2021	<19
21/12/2021	<19
22/12/2021	<19
23/12/2021	<19
24/12/2021	<19
25/12/2021	<19
26/12/2021	<19
27/12/2021	<19
28/12/2021	<19
29/12/2021	<19
30/12/2021	<19

Valeurs mesurées en Amont	
Date	Naegleria fowleri Nf/L
12/01/2021	<2
12/02/2022	<2
13/03/2021	<2
13/04/2021	<2
18/05/2021	<2
05/06/2021	<2
20/07/2021	<2
03/08/2021	<2
11/09/2021	<2
12/10/2021	<2
09/11/2021	<2
04/12/2021	<2

Point de prélèvement Rejet	
Date	Naegleria fowleri Nf/L
01/01/2021	<19
02/01/2021	<19
03/01/2021	<19
04/01/2021	<19
05/01/2021	<19
06/01/2021	<19
07/01/2021	<19
08/01/2021	<19
09/01/2021	<19
10/01/2021	<19
11/01/2021	<19
12/01/2021	<19
15/01/2021	19
16/01/2021	<19
17/01/2021	<19
18/01/2021	<19
19/01/2021	19
20/01/2021	<19
21/01/2021	<19
22/01/2021	19
23/01/2021	<19
24/01/2021	<19
25/01/2021	<19
26/01/2021	<19
27/01/2021	<19
28/01/2021	<19
29/01/2021	<19
30/01/2021	<19
31/01/2021	<19
08/02/2021	<19
09/02/2021	<19
11/02/2021	<19
12/02/2021	<19
13/02/2021	<19
14/02/2021	<19
15/02/2021	<19
22/02/2021	<19
27/02/2021	<19
28/02/2021	<19
01/03/2021	<19
02/03/2021	<19
03/03/2021	<19
04/03/2021	<19
05/03/2021	<19
06/03/2021	<19
07/03/2021	<19
08/03/2021	<19

Point de prélèvement Rejet	
Date	Naegleria fowleri Nf/L
09/03/2021	<19
10/03/2021	<19
11/03/2021	<19
12/03/2021	<19
13/03/2021	<19
14/03/2021	<19
15/03/2021	<19
16/03/2021	<19
17/03/2021	<19
18/03/2021	<19
19/03/2021	<19
20/03/2021	<19
21/03/2021	<19
22/03/2021	<19
23/03/2021	<19
24/03/2021	<19
29/03/2021	<19
02/04/2021	<19
03/04/2021	<19
04/04/2021	<19
05/04/2021	<19
06/04/2021	<19
07/04/2021	<19
08/04/2021	<19
09/04/2021	<19
10/04/2021	<19
11/04/2021	<19
12/04/2021	19
13/04/2021	<19
14/04/2021	<19
15/04/2021	<19
16/04/2021	19
17/04/2021	<19
18/04/2021	<19
19/04/2021	<19
20/04/2021	<19
21/04/2021	<19
22/04/2021	<19
23/04/2021	<19
24/04/2021	<19
25/04/2021	<19
26/04/2021	<19
27/04/2021	<19
28/04/2021	<19
29/04/2021	<19
30/04/2021	<19
01/05/2021	<19

Point de prélèvement Rejet	
Date	Naegleria fowleri Nf/L
02/05/2021	<19
03/05/2021	<19
04/05/2021	<19
05/05/2021	<19
06/05/2021	<19
07/05/2021	<19
08/05/2021	<19
09/05/2021	<19
10/05/2021	<19
11/05/2021	<19
12/05/2021	<19
13/05/2021	<19
14/05/2021	<19
15/05/2021	<19
16/05/2021	<19
17/05/2021	<19
18/05/2021	<19
19/05/2021	<19
20/05/2021	<19
21/05/2021	<19
22/05/2021	<19
23/05/2021	<19
24/05/2021	<19
25/05/2021	<19
26/05/2021	<19
27/05/2021	<19
28/05/2021	<19
29/05/2021	<19
30/05/2021	<19
31/05/2021	<19
01/06/2021	<19
02/06/2021	<19
03/06/2021	<19
04/06/2021	<19
05/06/2021	<19
06/06/2021	<19
07/06/2021	<19
08/06/2021	<19
09/06/2021	<19
10/06/2021	<19
11/06/2021	<19
12/06/2021	<19
13/06/2021	<19
14/06/2021	<19
15/06/2021	<19
16/06/2021	<19
17/06/2021	<19

Point de prélèvement Rejet	
Date	Naegleria fowleri Nf/L
06/11/2021	<19
07/11/2021	<19
08/11/2021	<19
09/11/2021	<19
10/11/2021	<19
11/11/2021	<19
12/11/2021	<19
13/11/2021	<19
14/11/2021	<19
15/11/2021	<19
16/11/2021	<19
17/11/2021	<19
18/11/2021	<19
19/11/2021	<19
20/11/2021	<19
21/11/2021	<19
22/11/2021	<19
23/11/2021	<19
24/11/2021	<19
25/11/2021	<19
26/11/2021	<19
27/11/2021	<19
28/11/2021	<19
29/11/2021	<19
30/11/2021	<19
01/12/2021	<19
02/12/2021	<19
03/12/2021	<19
04/12/2021	<19
05/12/2021	<19
06/12/2021	<19
07/12/2021	<19
08/12/2021	<19
09/12/2021	<19
10/12/2021	<19
11/12/2021	<19
12/12/2021	<19
13/12/2021	<19
14/12/2021	<19
15/12/2021	<19
16/12/2021	<19
17/12/2021	<19
18/12/2021	<19
19/12/2021	<19
20/12/2021	<19
21/12/2021	<19
22/12/2021	<19

Point de prélèvement Rejet	
Date	Naegleria fowleri Nf/L
23/12/2021	<19
24/12/2021	<19
25/12/2021	<19
26/12/2021	<19
27/12/2021	<19
28/12/2021	<19
29/12/2021	<19
30/12/2021	<19

Point de prélèvement retenue du Mirgenbach	
Date	Naegleria fowleri Nf/L
01/01/2021	<19
02/01/2021	<19
03/01/2021	<19
04/01/2021	<19
05/01/2021	<19
06/01/2021	<19
07/01/2021	<19
08/01/2021	<19
09/01/2021	<19
10/01/2021	<19
11/01/2021	<19
12/01/2021	<19
15/01/2021	<19
16/01/2021	<19
17/01/2021	<19
18/01/2021	<19
19/01/2021	<19
20/01/2021	<19
21/01/2021	<19
22/01/2021	19
23/01/2021	<19
24/01/2021	38
25/01/2021	<19
26/01/2021	<19
27/01/2021	<19
28/01/2021	<19
29/01/2021	<19
30/01/2021	<19
31/01/2021	<19
01/02/2021	<19
02/02/2021	19
03/02/2021	<19
04/02/2021	<19
05/02/2021	<19
06/02/2021	<19
07/02/2021	<19
08/02/2021	<19
09/02/2021	<19
11/02/2021	<19
12/02/2021	<19
13/02/2021	<19
14/02/2021	<19

Point de prélèvement retenue du Mirgenbach	
Date	Naegleria fowleri Nf/L
01/03/2021	<19
02/03/2021	<19
03/03/2021	<19
04/03/2021	<19
05/03/2021	<19
06/03/2021	<19
07/03/2021	<19
08/03/2021	<19
09/03/2021	<19
10/03/2021	<19
11/03/2021	19
12/03/2021	<19
13/03/2021	19
14/03/2021	<19
15/03/2021	<19
16/03/2021	<19
17/03/2021	<19
18/03/2021	<19
19/03/2021	<19
20/03/2021	<19
21/03/2021	<19
22/03/2021	<19
23/03/2021	<19
24/03/2021	<19
29/03/2021	<19
02/04/2021	<19
03/04/2021	<19
04/04/2021	<19
05/04/2021	<19
06/04/2021	<19
07/04/2021	<19
08/04/2021	<19
09/04/2021	<19
10/04/2021	<19
11/04/2021	<19
12/04/2021	<19
13/04/2021	<19
14/04/2021	<19
15/04/2021	<19
16/04/2021	<19
17/04/2021	<19
18/04/2021	<19

Point de prélèvement retenue du Mirgenbach	
Date	Naegleria fowleri Nf/L
23/04/2021	<19
24/04/2021	<19
25/04/2021	<19
26/04/2021	<19
27/04/2021	<19
28/04/2021	<19
29/04/2021	<19
30/04/2021	<19
01/05/2021	<19
02/05/2021	<19
03/05/2021	<19
04/05/2021	<19
05/05/2021	<19
06/05/2021	<19
07/05/2021	<19
08/05/2021	<19
09/05/2021	<19
10/05/2021	19
11/05/2021	<19
12/05/2021	<19
13/05/2021	<19
14/05/2021	<19
15/05/2021	<19
16/05/2021	<19
17/05/2021	<19
18/05/2021	<19
19/05/2021	<19
20/05/2021	<19
21/05/2021	<19
22/05/2021	<19
23/05/2021	<19
24/05/2021	<19
25/05/2021	<19
26/05/2021	<19
27/05/2021	<19
28/05/2021	<19
29/05/2021	<19
30/05/2021	<19
31/05/2021	<19
01/06/2021	<19
02/06/2021	<19
03/06/2021	<19

15/02/2021	<19	19/04/2021	<19	04/06/2021	<19
22/02/2021	<19	20/04/2021	<19	05/06/2021	<19
27/02/2021	<19	21/04/2021	<19	06/06/2021	<19
28/02/2021	<19	22/04/2021	<19	07/06/2021	<19

Suivi hydrobiologique de la Moselle au droit du CNPE de Cattenom - Synthèse 2021 -



PEMA – Groupe PINGAT
86, rue aux arènes – 57000 METZ
06.28.83.84.36 – evelyne.arce@pingat.com



EDF – CNPE de Cattenom
BP 41
57570 CATTENOM

1. INTRODUCTION

Le Centre Nucléaire de Production d'Electricité (CNPE) de Cattenom est implanté sur la commune de Cattenom (57570) en Moselle, au sein de la région Grand Est. Ce CNPE, composé de quatre Réacteurs à Eau Pressurisée (REP) de 1300 MWe chacun, a été mis en service entre 1986 et 1991. Il est situé sur la rive gauche de la Moselle qui fournit l'eau nécessaire à son fonctionnement. Il est également dépendant de la retenue industrielle du Mirgenbach qui sert à la fois de tampon thermique pour les eaux de refroidissement avant leur rejet dans la Moselle et de réserve de sécurité pour la source froide en cas de perte d'alimentation en eau de la Moselle.

Le suivi hydroécologique de la Moselle répond aux prescriptions [EDF-CAT-106] à [EDF-CAT-110] de la décision n° 2014-DC-0415 de l'Autorité de Sûreté Nucléaire du 16 janvier 2014 et s'inscrit dans la continuité des suivis hydroécologiques menés depuis les années 1970. Il a pour objectif de connaître la concentration dans l'eau des substances chimiques rejetées par le CNPE de Cattenom et de suivre l'évolution naturelle du milieu récepteur afin de détecter une évolution anormale qui proviendrait du fonctionnement du CNPE.

2. MATERIEL ET METHODES

L'étude de la qualité physico-chimique, du phytoplancton, des diatomées, des macrophytes et des macroinvertébrés benthiques est réalisée sur deux stations situées respectivement 2,2 km en amont du rejet du CNPE de Cattenom dans la Moselle (MOS1) et 17,1 km en aval (MOS4). La qualité physico-chimique du rejet du CNPE est également étudiée (MOS2). L'étude de l'ichtyofaune est réalisée au niveau d'Uckange (15,6 km en amont du CNPE) et de Berg-sur-Moselle (9,4 km en aval). En 2021, la situation sanitaire liée au COVID19 n'a pas impacté la réalisation du suivi de la Moselle en amont et en aval du CNPE de Cattenom.

Le suivi de la **qualité physico-chimique** de l'eau de la Moselle et du rejet du CNPE et des sédiments de la Moselle est réalisé mensuellement, trimestriellement ou semestriellement suivant les paramètres. Les données sont acquises par le laboratoire du CNPE de Cattenom.

La **biomasse phytoplanctonique** est étudiée mensuellement. Les prélèvements sont réalisés suivant la norme XP T 90-719¹ par le bureau PEMA. Les échantillons sont analysés par la méthode dite « ALATOX » qui fournit les valeurs des concentrations en chlorophylle a et en phéopigments, par le bureau d'étude F.P. Environnement.

Les **communautés de diatomées** sont étudiées 2 fois par an. Les prélèvements (bureau d'étude PEMA) et le traitement des échantillons (bureau d'étude F.P. Environnement) sont réalisés suivant la norme NF T90-354² et fournissent une note IBD (Indice Biologique Diatomées²) et une note IPS (Indice de Polluo-Sensibilité³).

Les **macrophytes** sont étudiés une fois par an. Les relevés floristiques sont réalisés par le bureau d'étude Aquascop suivant les normes NF T90-395⁴ et NF EN 14184⁵ et donnent lieu au calcul de la note IBMR (Indice Biologique Macrophytes Rivière).

Les **communautés macrobenthiques** sont étudiées par PEMA trimestriellement par colonisation de pièges IQBP⁶ et par prélèvement d'invertébrés en grand cours d'eau (norme XP T90-337⁷). Le tri et la détermination des invertébrés suivent la norme XP T90-388⁸ et le guide GA T90-788⁹. Les résultats fournissent une note IQBP (Indice de Qualité Biologique Potentielle) et une note MGCE¹⁰ (Macroinvertébrés Grands Cours d'Eau).

Les **peuplements piscicoles** sont étudiés par PEMA deux fois par an, en juin et en septembre, par pêche partielle (Echantillonnage Ponctuel d'Abondance) suivant le protocole de la norme XP T90-383¹¹. La note IPR (Indice Poisson Rivière) est calculée suivant la norme NF T90-344¹², ainsi que l'IPR+ suivant Pont *et al.* (2013)¹³.

L'ensemble des paramètres et des indices est interprété suivant l'arrêté du 27 juillet 2018¹⁴ lorsque des limites de classe d'état sont disponibles.

3. PRINCIPAUX RESULTATS

Suivi de la qualité physico-chimique. En 2021, les paramètres réglementaires étudiés classent les deux stations de la Moselle en bonne voire très bonne qualité. Aucun paramètre ne présente de différence entre la station amont (MOS1) et la station aval (MOS4) du fait d'une dilution du rejet par la Moselle. Les concentrations en cuivre dans les sédiments sont plus élevées en aval qu'en amont du rejet du CNPE traduisant un stockage du métal en amont du barrage d'Apach malgré une baisse des concentrations en cuivre dans l'eau depuis 2014.

Suivi de la biomasse phytoplanctonique. En 2021, les différences de concentrations en chlorophylle *a* et en phéopigments sont faibles entre l'amont (MOS1) et l'aval (MOS4) du CNPE de Cattenom. L'évolution de l'activité photosynthétique est surtout liée à l'évolution naturelle des conditions abiotiques (débit, température de l'eau).

Suivi des communautés de diatomées. Les communautés de diatomées sont diversifiées, avec des effectifs équilibrés, sur les deux stations d'étude. Les espèces dominantes sont caractéristiques des milieux à faible vitesse de courant et tolérantes à une eutrophisation moyenne à forte de leur environnement. La classe d'état définie par l'élément de qualité « diatomée » est moyenne pour les deux stations d'étude et les deux campagnes effectuées en 2021. Les notes IBD obtenues mettent en avant le caractère mésotrophe du milieu.

Suivi des macrophytes. Les peuplements de macrophytes des stations MOS1 et MOS4 présentent de fortes similitudes en termes de structure et de composition. Le cortège végétal est composé majoritairement d'espèces plutôt ubiquistes ou inféodées aux milieux eutrophes. Une espèce protégée en Lorraine est identifiée (*Vallisneria spiralis*). La note IBMR des deux stations est très faible (niveau trophique très élevé). Elle classe la Moselle au droit du CNPE de Cattenom dans une classe d'état écologique moyen pour l'élément de qualité « Macrophytes ».

Suivi des communautés macrobenthiques. Les communautés d'invertébrés sont dominées par les mollusques, les crustacés, les oligochètes et les diptères sur les deux stations d'étude. Il s'agit de taxons majoritairement polluo-tolérants. Les taxons invasifs sont très présents (9 taxons observés en 2021) et limitent l'installation de taxons autochtones plus sensibles. Les notes IQBP varient de 1 à 5/20 traduisant une qualité médiocre à mauvaise en 2021. Ces résultats sont liés à la présence des taxons invasifs, en particulier *Corophium* et *Dikerogammarus*, qui ont une capacité de colonisation des pièges importante mais qui ne sont pas pris en compte dans le calcul de l'indice. D'un point de vue réglementaire, les notes MGCE sont très comparables entre les deux stations d'étude et varient de 5 à 10/20. Aucune classe d'état ne peut être attribuée pour l'élément « macroinvertébrés benthiques » (aucune référence disponible pour la Moselle très grands cours d'eau).

Suivi de l'ichtyofaune. En 2021, la structure et la composition des peuplements piscicoles échantillonnés au niveau de la station aval (MOS4) et de la station amont (MOS1) sont très comparables avec une nette domination des effectifs par les gobies à tâche noire (*Neogobius melanostomus*). Cette espèce invasive induit une pression de compétition (habitat et nourriture) importante et peut limiter le développement de certaines espèces [la grémille (*Gymnocephalus cernua*), les petites perches (*Perca fluviatilis*), le goujon (*Gobio gobio*) et la loche franche (*Barbatula barbatula*)]. Parmi les 20 espèces inventoriées, 4 sont des espèces patrimoniales faisant l'objet de mesures de protections particulières (l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*), la bouvière (*Rhodeus amarus*), la loche de rivière (*Cobitis taenia*) et le brochet (*Esox lucius*). L'évaluation de l'état sanitaire des peuplements piscicoles échantillonnés rapporte une prévalence élevée de dépigmentation du corps chez les gobies à tâche noire. Aucune des deux stations n'est conforme aux valeurs théoriques selon l'IPR dont les notes sont associées à une classe d'état mauvaise en 2021. L'IPR+ en revanche, du fait des améliorations qui ont été apporté à l'indice en termes de prise en compte des écosystèmes de type « grands et très grands cours d'eau », traduit une meilleure classe d'état pour la Moselle sur les deux stations (Bon à Moyen).

4. CONCLUSION

En 2021, sur la Moselle en amont et en aval du CNPE de Cattenom, les analyses physico-chimiques traduisent une bonne qualité du milieu et l'absence d'impact du fonctionnement du CNPE de Cattenom sur la qualité de la Moselle. Les communautés étudiées traduisent la forte anthropisation du milieu qui limite l'installation de taxons polluo-sensibles et favorise les organismes tolérants ainsi que le développement des espèces allochtones pouvant présenter un caractère invasif. Les différences observées entre les communautés des deux stations d'étude sont faibles et souvent expliquées par des différences hydromorphologiques locales entre les stations. Dans ce contexte et compte tenu de la position des stations d'étude sur le réseau hydrographique (potamon), aucune influence du fonctionnement du CNPE de Cattenom sur la biocénose de la Moselle n'est établie en 2021.

Références

- ¹ AFNOR (2017). Norme XP T 90-719 - Qualité de l'eau - Échantillonnage du phytoplancton dans les eaux intérieures.
- ² AFNOR (2016). Norme NF T90-354 – Qualité de l'eau – Échantillonnage, traitement et analyse de diatomées benthiques en cours d'eau et canaux. 119 p.
- ³ AGENCE DE L'EAU ARTOIS-PICARDIE & CEMAGREF (2012). Guide méthodologique pour la mise en œuvre de l'indice biologique diatomées. Agences de l'Eau, 134 p.
- ⁴ AFNOR (2003). Norme NF T 90-395 – Qualité de l'eau – Détermination de l'indice biologique macrophytique en rivière (IBMR). 28 p.
- ⁵ AFNOR (2014). Norme NF EN 14184 – Guide pour l'étude des macrophytes aquatiques dans les cours d'eau. 24 p.
- ⁶ VERNEAUX J., FAESSEL B. & MALESIEUX G. (1976). Note préliminaire à la proposition de nouvelles méthodes de détermination de la qualité des eaux courantes. I - Utilisation de substrats artificiels standards II - Échantillonnage différentiel et identification des habitats prospectés III - Interprétation des analyses faunistiques : l'Indice de Qualité Biologique Globale (IQBG) - l'Indice de qualité biologique potentielle (IQBP). CTGREF Paris et Centre d'Hydrobiologie de l'Université de Besançon. 14 p.
- ⁷ AFNOR (2019). Norme XP T90-337 - Qualité de l'eau - Prélèvements des macro-invertébrés aquatiques en rivières profondes et canaux. 58 p.
- ⁸ AFNOR (2020). Norme NF T 90-388 – Qualité de l'eau – Traitement au laboratoire d'échantillons contenant des macro-invertébrés de cours d'eau. 21 p.
- ⁹ AFNOR (2015). Guide d'application GA T90-788 – Qualité de l'eau – Guide d'application de la Norme expérimentale XP T90-388 (Traitement des échantillons d'invertébrés au laboratoire). 43 p.
- ¹⁰ AFNOR (2004). Norme NF T 90-350 – Qualité de l'eau – Détermination de l'indice biologique global normalisé (IBGN). 16 p.
- ¹¹ AFNOR (2008). Norme XP T 90-383 – Qualité de l'eau – Échantillonnage de poissons à l'électricité dans le cadre de réseaux de suivi. 30 p.
- ¹² AFNOR (2011). Norme NF T 90-344 – Qualité de l'eau – Détermination de l'indice poisson rivière (IPR). 16 p.
- ¹³ PONT D., DELAIGUE O., BELLIARD J., MARZIN A., & LOGEZ M. (2013). Programme IPR+ - Révision de l'indice poisson rivière pour l'application de la DCE. Partenariat Onema/Irstea, 208 p.
- ¹⁴ MINISTERE DE LA TRANSITION ECOLOGIQUE ET SOLIDAIRE (MTES) (2018). Arrêté du 27 juillet 2018 modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement. Journal Officiel de la République Française du 30 août 2018, Texte 4 sur 112, 76 p.

Suivi hydrobiologique de la retenue industrielle du Mirgenbach

- Synthèse 2021 -



PEMA – Groupe PINGAT

86, rue aux Arènes – 57000 METZ

06.28.83.84.36 – evelyne.arce@pingat.com



EDF – CNPE de Cattenom

BP 41

57570 CATTENOM

1. INTRODUCTION

Le Centre Nucléaire de Production d'Electricité (CNPE) de Cattenom est implanté sur la commune de Cattenom (57570) dans le département de la Moselle, au sein de la région Grand Est. Ce CNPE, composé de quatre Réacteurs à Eau Pressurisée (REP) de 1300 MWe chacun, est situé sur la rive gauche de la Moselle qui fournit l'eau nécessaire à son fonctionnement. Il est également dépendant de la retenue industrielle du Mirgenbach, créée par barrage du ruisseau du Mirgenbach en 1985. Cette retenue sert à la fois de tampon thermique pour les eaux de refroidissement avant leur rejet dans la Moselle et de réserve de sécurité pour la source froide en cas de perte d'alimentation en eau de la Moselle.

Un suivi hydroécologique est mis en place sur la retenue industrielle du Mirgenbach depuis 35 ans. En 2021, ce programme répond aux prescriptions [EDF-CAT-106] à [EDF-CAT-109] de la Décision n° 2014-DC-0415, applicable depuis 2014.

2. MATERIEL ET METHODES

Le suivi de la **qualité physico-chimique** de l'eau et des sédiments de la retenue industrielle du Mirgenbach et du ruisseau du Mirgenbach est réalisé mensuellement, trimestriellement ou semestriellement suivant les paramètres. Les données sont acquises par le laboratoire du CNPE de Cattenom. Au total, 20 paramètres sont analysés.

La **biomasse phytoplanctonique** est étudiée mensuellement au niveau de deux stations situées en pleine eau, P1 et ST3, respectivement situées à proximité de l'ouvrage de rejet et de l'ouvrage de prise d'eau. Les prélèvements d'eau sont réalisés à la bouteille de type Von Dorn à trois profondeurs (surface, milieu et fond de la colonne d'eau). Les échantillons sont analysés par la méthode ALATOX qui fournit les valeurs des concentrations en chlorophylle a et phéopigments.

Les **communautés macrobenthiques** sont étudiées trimestriellement au niveau de trois stations situées en bordure de la retenue, de façon à être représentatives des différents types d'habitats des berges. Des pièges, constitués d'une brique plate et de galets conditionnés dans un panier à grosses mailles et de branchages, sont installés sur chaque station pour être colonisés pendant un mois. Le tri et la détermination des individus suivent les normes NF EN 17136 (AFNOR, 2019) et NF T 90-388 (AFNOR, 2020).

Les **peuplements piscicoles** sont étudiés deux fois dans l'année. Au printemps, une pêche à l'électricité est réalisée sur 12 zones du littoral à raison de 8 points de pêche par zone. A l'automne, une pêche aux filets maillant est réalisée suivant la norme NF EN 14757 (AFNOR, 2015). Vingt-quatre filets benthiques et quatre filets pélagiques sont posés, en deux fois, en fin de journée sur l'ensemble de la retenue et relevés le matin. Les deux méthodes couplées permettent d'optimiser la représentativité des peuplements de la retenue industrielle du Mirgenbach.

3. PRINCIPAUX RESULTATS

Suivi de la qualité physico-chimique. La retenue du Mirgenbach est un système artificiel qui ne répond à aucune norme ou arrêté définissant des seuils de qualité. La majorité des paramètres physico-chimiques relevés en 2021 sur la retenue industrielle du Mirgenbach et sur le ruisseau du Mirgenbach s'inscrivent dans les chroniques établies depuis 2014 et 2016. Cependant, l'année 2021 a montré des pics d'augmentation de concentration ponctuels en matières azotées (ammonium et nitrites) et en métaux (zinc dissous dans l'eau et dans les matières en suspension). Globalement, l'évolution des paramètres physico-chimiques répond à des contraintes saisonnières, aux fluctuations des paramètres de la Moselle ou est fonction des process industriels du CNPE de Cattenom. Le ruisseau du Mirgenbach est influencé par la qualité de la retenue, ses caractéristiques étant liées aux eaux de surverse issues de débordements de la retenue ou aux eaux de drainage de cette dernière, ainsi qu'aux apports du bassin versant.

Suivi de la biomasse phytoplanctonique. Du fait d'un brassage permanent de la retenue, peu de différences de concentration en chlorophylle *a* et en phéopigments sont observées entre les stations P1 et ST3 ainsi qu'entre les différentes strates, excepté lors des pics de production, en mai et en juin. L'évolution du phytoplancton sur l'année 2021 correspond à une variation saisonnière naturelle liée aux variations de conditions abiotiques (ensoleillement, température) qui favorisent un pic de production au printemps et en été. La réduction de la production de phéopigments observée depuis 2014 est confirmée en 2021 et pourrait être corrélée avec une diminution de l'effet phytocide du cuivre (remplacement des condenseurs en laiton par du titane achevé en 2019).

Suivi des communautés macrobenthiques. En 2021, 35 taxons pour 4334 individus ont été identifiés en bordure de la retenue industrielle du Mirgenbach. Les communautés sont dominées par des taxons ubiquistes tels que le diptère Chironomidae et les oligochètes, par des odonates ou par des taxons allochtones, en particulier le crustacé *Dikerogammarus* qui supplante *Gammarus*. La dominance de ces espèces tolérantes met en avant l'adaptation des communautés aux conditions particulières de la retenue industrielle du Mirgenbach, milieu artificiel soumis à de fortes pressions anthropiques (eaux échauffées, rejet de métaux, conductivité élevée). L'augmentation des effectifs de mollusques gastéropodes observée depuis 2011 et confirmée en 2020, pouvant être liée à une levée progressive de la contrainte liée aux rejets de cuivre, n'est plus marquante en 2021. Ce phénomène pourrait être lié aux caractéristiques du lac, notamment le taux d'oxygène présent au niveau des sédiments. Les traits bio-écologiques associés aux communautés traduisent le caractère mésotrophe de la retenue.

Suivi de l'ichtyofaune. En 2021, 1150 individus appartenant à 12 espèces piscicoles ont été échantillonnés représentant une biomasse totale de 118 kg. En 2021, la composition et la structure du peuplement piscicole de la retenue industrielle du Mirgenbach s'inscrivent dans l'évolution temporelle observée depuis 2005. Lors de la mise en place de la retenue, le gardon (*Rutilus rutilus*) et la perche commune (*Perca fluviatilis*) dominaient le peuplement piscicole du Mirgenbach. Progressivement, leur déclin a profité aux brèmes bordelières (*Blicca bjoerkna*) et aux sandres (*Sander lucioperca*). Ainsi, en 2021, la perche commune n'est quasiment plus représentée mais le gardon montre un regain d'effectif au sein du peuplement. La brème bordelière est l'espèce majoritairement dominante en termes d'effectifs, accompagnée du sandre, de la brème commune (*Abramis brama*) et du gardon. Cette évolution semble traduire la mise en place d'un état de stabilisation des peuplements depuis une dizaine d'années. Si elles ne dominent pas les peuplements, les espèces invasives sont bien présentes. La population de perches soleil (*Lepomis gibbosus*), qui dominait les effectifs au début des années 2010, est toujours présente mais sa régression, observée depuis 4 ans, se poursuit. Au contraire, la population de gobie à tâche noire (*Neogobius melanostomus*), apparu dans la retenue en 2017, progresse et est accompagnée du gobie fluviatile (*Neogobius fluviatilis*) qui avait disparu depuis 2018. Trois individus de gobie demi-lune (*Proterorhinus semilunaris*) ont de nouveau été capturés cette année.

4. CONCLUSION

Les résultats du suivi hydrobiologique de la retenue industrielle du Mirgenbach en 2021 s'inscrivent dans l'évolution de l'écosystème observé depuis la mise en place du suivi. Les conditions artificielles du milieu, en particulier l'échauffement de l'eau et la conductivité élevée, conditionnent les réponses des communautés en place. La diminution des concentrations en cuivre et en zinc, observée depuis 2014 en particulier dans l'eau et les MES, résultant du remplacement des condenseurs en laiton par du titane, ne semble pas remettre en question l'état de stabilité des peuplements de la retenue industrielle du Mirgenbach. Néanmoins, le recul est encore faible sur cette évolution récente des conditions abiotiques et devra continuer de faire l'objet d'une surveillance particulière.

5. REFERENCES

- AFNOR (2020). Norme NF T 90-388 – Qualité de l'eau – Traitement au laboratoire d'échantillons contenant des macro-invertébrés de cours d'eau. 21 p.
- AFNOR (2019). NF EN 17136 – Qualité de l'eau – Guide sur les procédures de terrain et de laboratoire pour l'analyse quantitative et l'identification des macro-invertébrés des eaux de surface continentales et Guide sur les modes opératoires de terrain et de laboratoire pour l'analyse quantitative et d'identification des macro-invertébrés des eaux de surface intérieures.
- AFNOR (2015). NF EN 14757 – Qualité de l'eau – Echantillonnage des poissons à l'aide de filets maillants. 30 p.

ANNEXE 5 : Suivi radio écologique annuel de l'environnement proche du centre nucléaire de production d'électricité de Cattenom pour l'année 2020



RAPPORT

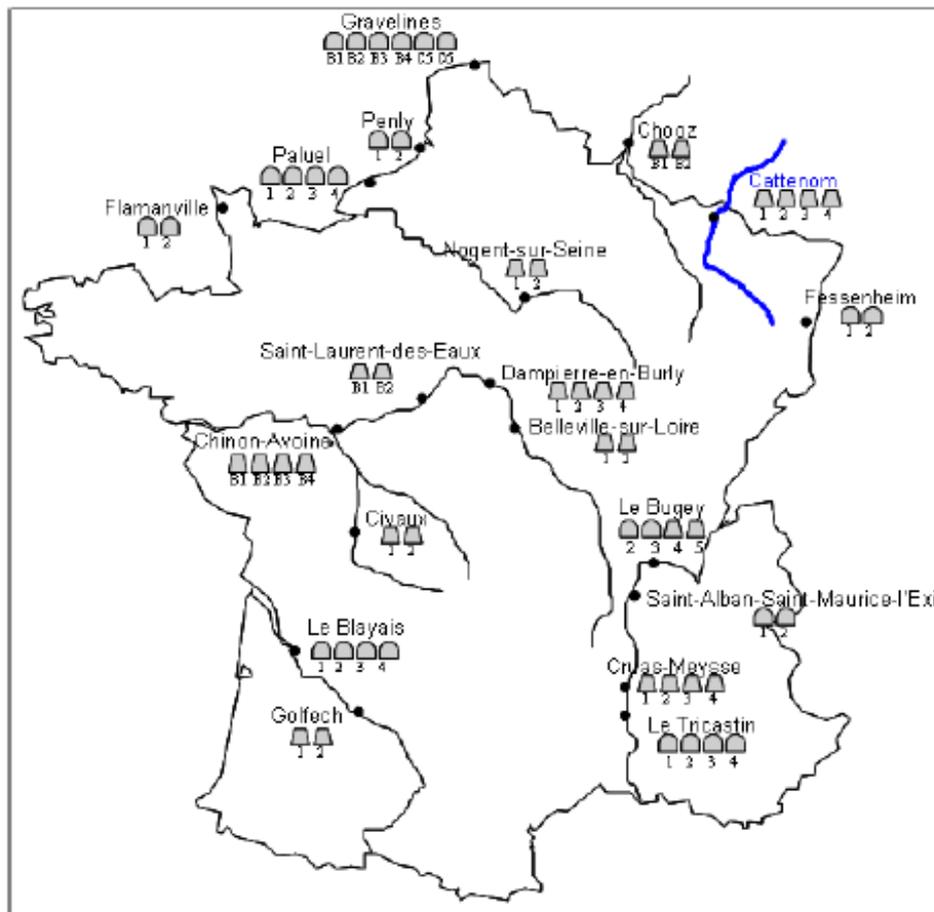
**SUIVI RADIOÉCOLOGIQUE
ANNUEL DE L'ENVIRONNEMENT
PROCHE DU CENTRE NUCLÉAIRE
DE PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ
DE CATTENOM**

ANNÉE 2020

Pôle Santé et Environnement

Rapport IRSN N° 2022-00075

Suivi radioécologique annuel du CNPE de Cattenom - Année 2020



RÉSUMÉ

Mots clés :

L'objectif du suivi radioécologique du CNPE de Cattenom est de caractériser les niveaux de radioactivité dans l'environnement proche de ce site dans quelques matrices des compartiments terrestre et aquatique. Il s'agit d'identifier les sources, passées ou présentes, à l'origine des radionucléides observés dans l'environnement et d'analyser l'évolution temporelle de leurs activités dans les matrices.

Dans l'environnement terrestre du CNPE de Cattenom, en 2020, le ^{137}Cs est détecté dans le sol et les légumes. Lorsqu'il est détecté, les niveaux en ^{137}Cs sont comparables à ceux des années précédentes. Ce radionucléide artificiel est issu des retombées des essais nucléaires aériens et de l'accident de Tchernobyl. Il n'est pas possible de distinguer une éventuelle contribution des rejets atmosphériques en ^{137}Cs du CNPE de Cattenom. Les activités mesurées en tritium libre et en tritium organiquement lié sont proches des valeurs attendues hors apport industriel local. Le résultat de la mesure en ^{14}C dans le lait est supérieur au bruit de fond et met en évidence une contribution des rejets atmosphériques de l'installation.

Dans le milieu aquatique, en 2020, le ^{58}Co est détecté dans les échantillons de sédiments et de phanérogames prélevés à l'aval du CNPE de Cattenom. Le ^{60}Co et ^{110m}Ag sont détectés dans l'échantillon de sédiments prélevé à l'aval. Ces résultats mettent en évidence le marquage par les rejets d'effluents liquides du CNPE de Cattenom déjà observés les années précédentes. Les activités en tritium libre des phanérogames et des poissons et celles en TOL et ^{14}C des poissons, tous prélevés à l'aval du site, sont supérieures au bruit de fond radiologique en milieu aquatique, ce qui confirme le marquage de cet environnement par les rejets d'effluents liquides du CNPE de Cattenom.

TABLE DES MATIÈRES

0. OBJECTIFS	13
1. MÉTHODOLOGIE DU SUIVI RADIOÉCOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT PROCHE DES CENTRES NUCLÉAIRES DE PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ FRANÇAIS.....	13
2. ORIGINE DE LA RADIOACTIVITÉ DANS L'ENVIRONNEMENT DU CNPE DE CATTENOM	13
2.1. RADIONUCLÉIDES D'ORIGINE NATURELLE	14
2.1.1. ORIGINE TELLURIQUE	14
2.1.2. RAYONNEMENT COSMIQUE ET COMPORTEMENT DU TRITIUM ET DU ¹⁴ C.....	14
2.2. RADIONUCLÉIDES D'ORIGINE ARTIFICIELLE	15
2.2.1. RETOMBÉES DES ESSAIS AÉRIENS D'ARMES NUCLÉAIRES ET DES CHUTES DE SATELLITES.....	15
2.2.2. RETOMBÉES DE L'ACCIDENT DE TCHERNOBYL	17
2.2.3. RETOMBÉES DE L'ACCIDENT DE FUKUSHIMA-DAIICHI.....	19
2.2.4. INSTALLATIONS NUCLÉAIRES EXPLOITÉES PAR EDF.....	20
2.2.5. AUTRES ACTIVITÉS.....	20
3. CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL ET GÉOGRAPHIQUE	22
3.1. CLIMATOLOGIE	22
3.2. GÉOLOGIE ET HYDROGÉOLOGIE.....	22
3.3. HYDROGRAPHIE ET HYDROLOGIE	22
4. ÉTAT RADIOÉCOLOGIQUE DU CNPE DE CATTENOM.....	23
4.1. GÉNÉRALITÉS ET CHRONOLOGIE DES ÉTUDES RADIOÉCOLOGIQUES ANTÉRIEURES	23
4.2. ETAT RADIOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT TERRESTRE	24
4.2.1. STRATÉGIE D'ÉCHANTILLONNAGE	24

4.2.2.	RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION.....	29
4.2.2.1.	RADIONUCLÉIDES ÉMETTEURS GAMMA	29
4.2.2.2.	RADIONUCLÉIDES ÉMETTEURS BÊTA.....	29
4.3.	ETAT RADIOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT AQUATIQUE	30
4.3.1.	STRATÉGIE D'ÉCHANTILLONNAGE.....	30
4.3.2.	RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION.....	33
4.3.2.1.	RADIONUCLÉIDES ÉMETTEURS GAMMA	33
4.3.2.2.	RADIONUCLÉIDES ÉMETTEURS BÊTA.....	34
5.	CONCLUSION SUR L'ÉTAT RADIOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT DU CNPE DE CATTENOM....	35
6.	TABLEAUX DE RÉSULTATS.....	36
7.	BIBLIOGRAPHIE	55
8.	ANNEXES.....	57
8.1.	Choix des stations de prélèvements.....	60
8.2.	Choix des matrices prélevées.....	60
8.2.1.	Domaine terrestre	61
8.2.2.	Domaine aquatique	62
8.3.	Choix des fréquences d'analyses.....	62
8.4.	Choix des analyses	62
8.5.	Méthode de prélèvements sur le terrain	62
8.5.1.	Domaine terrestre	62
8.5.2.	Domaine aquatique continental.....	63
8.6.	Préparation et conditionnement des échantillons	64
8.6.1.	Domaine terrestre	64
8.6.2.	Domaine aquatique continental.....	65
8.7.	Techniques d'analyses.....	66
8.7.1.	Détermination de la teneur en matière organique et de la granulométrie des sols et des sédiments.....	66
8.7.2.	Identification des espèces vivantes	67
8.7.3.	Mesure du tritium libre	67
8.7.4.	Mesure du tritium organiquement lié.....	67

8.7.5. Mesure du ^{14}C	68
8.7.6. Spectrométrie γ	68
8.8. Expression des résultats et unités utilisées	69
8.9. Radionucléides dans l'environnement	71
8.9.1. Radioactivité d'origine naturelle	71
8.9.2. Radioactivité d'origine artificielle	72
8.9.3. Sources de ^3H	73
8.9.4. Sources de ^{14}C	74
8.10. Laboratoires d'analyses	75

TABLE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Figures

Figure 1 – Activités de ^3H dans l'eau de pluie d'après [1].	16
Figure 2 – Évolution de l'activité spécifique du ^{14}C dans l'hémisphère nord depuis 1950 (tirée de [1]).	17
Figure 3 – 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 [11], sur le bassin versant de la zone d'étude, et la localisation des sites détenant des radionucléides dans le bassin versant de la Moselle.	18
Figure 4 – Évolution des activités des principaux radionucléides artificiels mesurés dans l'air en France et en Allemagne au cours des 60 dernières années (tirée de [1]).	19
Figure 5 – Localisation des établissements détenant des radionucléides sur le bassin versant de la zone d'étude du CNPE de Cattenom.	21
Figure 6 – Chronologie des principales études radioécologiques conduites dans l'environnement du CNPE de Cattenom.	24
Figure 7 – Localisation des stations de prélèvement terrestre et aquatique et rose des vents pour le suivi radioécologique 2020.	26
Figure 8 – Démarche utilisée pour la réalisation du suivi radioécologique annuel de chaque site.	59
Figure 9 – Chronique d'une incinération : montée en température et paliers en fonction du temps.	65
Figure 10 – Teneur en ^{40}K et en radionucléides des familles du ^{232}Th et du ^{238}U dans les sols métropolitains (1er et 3ème quartiles, 1er et 9ème déciles, minimum et maximum).	71
Figure 11 – Teneur en ^{238}U dans les sédiments métropolitains.	72

Tableaux

Tableau 1 - Identification des échantillons analysés dans l'environnement terrestre du CNPE de Cattenom lors du suivi radioécologique de 2020 et analyses réalisées.	27
Tableau 2 - Identification des échantillons prélevés dans le domaine aquatique continental lors du suivi radioécologique de l'environnement du CNPE de Cattenom en 2020.	31
Tableau 3 - Activités massiques en radionucléides émetteurs γ des échantillons de sols collectés dans l'environnement terrestre du site de Cattenom lors des études radioécologiques de 2010 à 2020.	36
Tableau 4 - Activités massiques en radionucléides émetteurs γ des échantillons de mousses collectés dans l'environnement terrestre du site de Cattenom lors des études radioécologiques de 2010 à 2020.	37
Tableau 5 - Activités massiques en radionucléides émetteurs γ et β des échantillons d'herbe de prairie collectés dans l'environnement terrestre du site de Cattenom lors des études radioécologiques de 2010 à 2020.	38

Tableau 6 - Activités massiques en radionucléides émetteurs β des échantillons de végétaux spontanés (lierre) collectés dans l'environnement terrestre du site de Cattenom lors des études radioécologiques de 2015 à 2018.....	39
Tableau 7 - Activités massiques en radionucléides émetteurs γ et β des échantillons de légumes collectés dans l'environnement terrestre du site de Cattenom lors des études radioécologiques de 2010 à 2020.....	40
Tableau 8 - Activités volumiques en radionucléides émetteurs γ et β des échantillons de lait collectés dans l'environnement terrestre du site de Cattenom lors des études radioécologiques de 2010 à 2020.....	41
Tableau 9 - Activités volumiques en radionucléides émetteurs β des échantillons d'eau de boisson collectés dans l'environnement terrestre du site de Cattenom lors des études radioécologiques de 2010 à 2020.....	42
Tableau 10 - Activités massiques en radionucléides émetteurs γ d'origine naturelle des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site de Cattenom lors du suivi radioécologique en 2020 (Bq.kg ⁻¹ sec pour les sols et les végétaux).....	43
Tableau 11 - Activités massiques et en radionucléides émetteurs γ d'origine artificielle des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site de Cattenom lors du suivi radioécologique en 2020 (Bq.kg ⁻¹ sec pour les sols et les végétaux).....	44
Tableau 12 – Activités massiques et volumiques en tritium libre dans les échantillons prélevés dans l'environnement terrestre du site de Cattenom en 2020.....	45
Tableau 13 – Activités massiques et volumiques en tritium organiquement lié dans les échantillons prélevés dans l'environnement terrestre du site de Cattenom en 2020.....	46
Tableau 14 - Activités en ¹⁴ C dans les échantillons prélevés dans l'environnement terrestre du site de Cattenom dans le cadre du suivi radioécologique 2020.....	47
Tableau 15 - Activités massiques en radionucléides émetteurs γ des échantillons de sédiments collectés dans l'environnement aquatique du site de Cattenom lors des études radioécologiques de 2010 à 2020.....	48
Tableau 16 - Activités massiques et volumiques en radionucléides émetteurs γ et β des échantillons de végétaux (phanérogames immergées) collectés dans l'environnement aquatique du site de Cattenom lors des études radioécologiques de 2010 à 2020 (excepté en 2017*).....	49
Tableau 17 - Activités massiques et volumiques en radionucléides émetteurs γ et β des échantillons de poissons (muscle) collectés dans l'environnement aquatique du site de Cattenom lors des études radioécologiques de 2010 à 2020.....	50
Tableau 18 - Activités massiques en radionucléides émetteurs γ d'origine naturelle des échantillons collectés dans l'environnement aquatique en amont et en aval du site de Cattenom lors du suivi radioécologique en 2020 (Bq.kg ⁻¹ sec pour les sédiments et les végétaux, Bq.kg ⁻¹ frais pour les poissons).....	51
Tableau 19 - Activités massiques en radionucléides émetteurs γ d'origine artificielle des échantillons collectés dans l'environnement aquatique en amont et en aval du site de Cattenom lors du suivi radioécologique en 2020 (Bq.kg ⁻¹ sec pour les sédiments et les végétaux, Bq.kg ⁻¹ frais pour les poissons).....	52

Tableau 20 - Activités massiques et volumiques en tritium libre dans les échantillons prélevés dans l'environnement aquatique en amont et en aval du site de Cattenom lors du suivi radioécologique annuel de 2020.	53
Tableau 21 - Activités massiques et volumiques en tritium organiquement lié dans les échantillons prélevés dans l'environnement aquatique en amont et en aval du site de Cattenom lors du suivi radioécologique annuel de 2020.	53
Tableau 22 - Activités en ¹⁴ C dans les échantillons prélevés dans l'environnement aquatique en amont et en aval du site de Cattenom lors du suivi radioécologique annuel de 2020.	54

0. OBJECTIFS

Électricité de France (EDF) a sollicité l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) pour effectuer un suivi radioécologique annuel de l'environnement proche du Centre Nucléaire de Production d'Électricité (CNPE) de Cattenom.

L'objectif de cette étude est de caractériser, chaque année, les niveaux de radioactivité dans l'environnement proche du CNPE de Cattenom dans un grand nombre de matrices du compartiment terrestre et aquatique et pour un large spectre de radionucléides. Il s'agit d'identifier les différentes sources, passées ou présentes, à l'origine des radionucléides observés dans l'environnement, et d'analyser l'évolution des radionucléides 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 prélèvement et d'analyse définie par EDF est commune à l'ensemble des sites. Des contraintes supplémentaires peuvent localement modifier le point de collecte, le nombre ou la nature des 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 prélèvements 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 8.2 Erreur ! Source du renvoi introuvable. et Annexe 8.5). Elles correspondent également pour la plupart, aux espèces prélevées lors de l'état de référence. 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 8.3), 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 (Annexes 8.6, 8.7, 8.8 et 8.9). Dans certaines matrices, des analyses supplémentaires peuvent être réalisées (Annexe 8.4). 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 (Annexes 8.5, 8.6 et 8.7).

2. ORIGINE DE LA RADIOACTIVITÉ DANS L'ENVIRONNEMENT DU CNPE DE CATTENOM

La présence de radionucléides artificiels dans l'environnement aquatique et terrestre du CNPE de Cattenom résulte des retombées atmosphériques globales liées aux essais nucléaires dans l'atmosphère, des rentrées

atmosphériques de satellites artificiels, des utilisations médicales de sources radioactives et des rejets d'effluents des installations, ainsi que des retombées atmosphériques des accidents de Tchernobyl et de Fukushima Daiichi (Figure 3 page 18).

2.1. RADIONUCLÉIDES D'ORIGINE NATURELLE

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

2.1.1. ORIGINE TELLURIQUE

Les radionucléides d'origine tellurique sont principalement le ^{40}K et les produits des chaînes de désintégration de l' ^{238}U , de l' ^{235}U et du ^{232}Th . Présents dans l'écorce terrestre, ces radionucléides sont persistants dans les divers compartiments de l'environnement du fait de leur période radioactive très longue, jusqu'à plusieurs milliards d'années. Leurs niveaux d'activité usuels sont indiqués dans le bilan de l'état radiologique de l'environnement français de 2018 à 2020 [1].

2.1.2. RAYONNEMENT COSMIQUE 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 de 2018 à 2020 [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 [1]. 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 CO $_2$ atmosphérique. Contrairement au milieu terrestre, 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 180 et 220 Bq.kg $^{-1}$ C [1].

2.2. RADIONUCLÉIDES D'ORIGINE ARTIFICIELLE

2.2.1. RETOMBÉES DES ESSAIS AÉRIENS D'ARMES NUCLÉAIRES 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 aériens d'armes nucléaires, l'essentiel de la puissance ayant été libéré entre 1954 et 1958, puis en 1961 et 1962 [3]. 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 des essais, l'hémisphère nord a reçu la majorité des retombées radioactives issues de ces essais. En France métropolitaine, les retombées de ces essais ont été globalement homogènes et constituent la principale source de radioactivité artificielle dans l'environnement.

En termes d'activité, les dépôts les plus importants concernent les radionucléides à vie courte. Ainsi, en France, les dépôts d' ^{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 [3]. Le ^{137}Cs , le ^{90}Sr , le ^{238}Pu , le $^{239,240}\text{Pu}$ et l' ^{241}Am sont détectés encore 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 [3]. Dans une moindre mesure, la désintégration de onze satellites artificiels lors de leur entrée dans l'atmosphère, entre 1964 et 1996, a provoqué la dispersion dans l'atmosphère terrestre de ^{238}Pu , d' ^{235}U et de leurs produits de fission, puis leurs retombées sur l'ensemble de la planète. Pour ces radionucléides, l'activité rémanente des retombées anciennes constitue, dans le cadre de la présente étude, un bruit de fond radiologique dont les valeurs sont présentées dans le bilan de l'état radiologique de l'environnement français [1] et plus brièvement ci-dessous. En 2018, sur la majeure partie de la France, les activités rémanentes en ^{137}Cs des retombées des essais aériens étaient comprises entre 1 400 et 2 000 Bq.m⁻² [4], compte tenu de la seule décroissance radioactive du ^{137}Cs . Elles ont été augmentées par les retombées de l'accident de Tchernobyl (voir 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 aériens d'armes nucléaires. De plus de 500 Bq.L⁻¹ dans les eaux de pluie analysées à Thonon-les-Bains ou à Vienne dans les années 1960, l'activité volumique a décliné à moins de 10 Bq.L⁻¹ dès la fin des années 1970. Depuis la fin des années 1990, elle est inférieure à 2 Bq.L⁻¹ [1, 5, 6] (Figure 1 page 16).

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

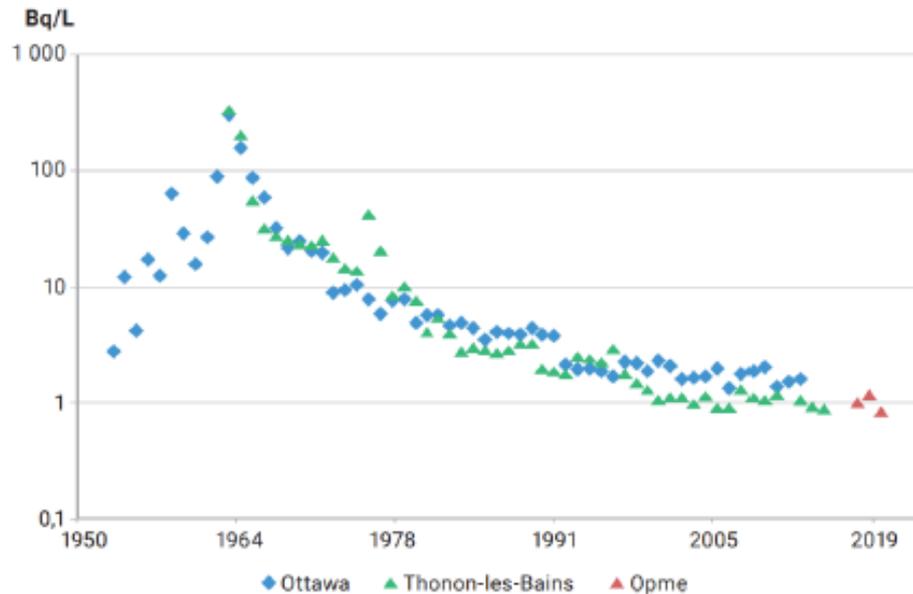


Figure 1 – Activités de ^3H dans l'eau de pluie d'après [1].

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 ($1,4 \pm 0,4 \text{ Bq.L}^{-1}$) [7]. Le tritium produit lors des essais aériens est quantifiable aujourd'hui sous les formes libres (HTO et TED exprimées en Bq.L^{-1} d'eau de dessiccation, ED) et liée à la matière organique (TOL, exprimée en Bq.L^{-1} de combustion, EC). Hors influence industrielle locale, les formes libres (HTO et TED) sont à l'équilibre avec les activités atmosphériques actuelles. 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 $0,39$ à $1,9 \text{ Bq.L}^{-1}$ pour le TOL, et de $0,5$ à 2 Bq.L^{-1} pour l'HTO d'après [3]) pour les matrices annuelles, proche des activités en tritium libre de la vapeur d'eau atmosphérique.

Les essais aériens d'armes nucléaires 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 [8]. En 1999, l'activité spécifique dans le milieu terrestre s'élevait à $255 \pm 7 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$ [9]. En 2020, elle est de $224 \pm 7 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$ [1] et est semblable à l'activité spécifique atmosphérique antérieure aux premiers essais aériens ($226,0 \pm 1,1 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$) [1] (Figure 2 page 17).

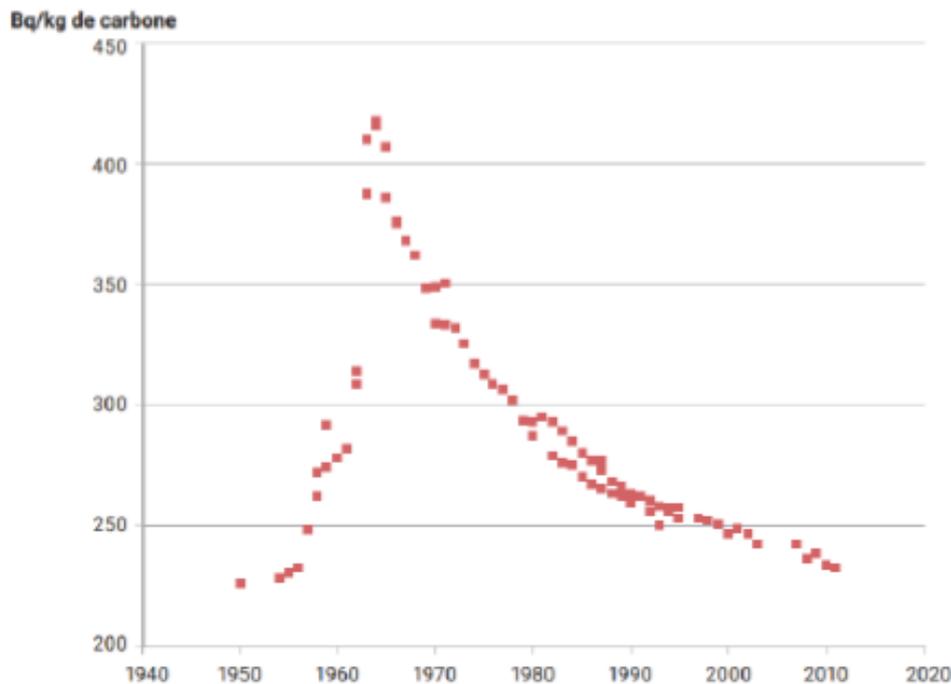


Figure 2 – Évolution de l'activité spécifique du ^{14}C dans l'hémisphère nord depuis 1950 (tirée de [1]).

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 180 et 220 $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}\text{C}$ [1].

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

2.2.2. RETOMBÉES DE L'ACCIDENT DE TCHERNOBYL

Le 26 avril 1986, le réacteur n°4 de la centrale de Tchernobyl (Ukraine), en service depuis 3 ans, explose accidentellement lors de la réalisation d'un essai technique. L'énergie libérée par l'explosion entraîne l'émission dans l'atmosphère de produits de fission et d'activation jusqu'à plus de 1 200 mètres de hauteur. Pendant dix jours, près de 10^7 TBq sont libérés dans l'environnement, la majorité des radionucléides émis ayant une période radioactive inférieure à un mois. Jusqu'à la mi-mai 1986, la dispersion du panache radioactif dissémine divers radionucléides sur la plupart des pays d'Europe. La dispersion du panache radioactif s'accompagne d'une dilution de l'activité volumique des radionucléides artificiels au sein de celui-ci. Ainsi, l'activité mesurée au sein du

panache au voisinage du réacteur accidenté, de l'ordre de 10^7 Bq/m³, n'était plus que de quelques dizaines de Bq/m³ lorsque le panache a atteint la France métropolitaine durant la première semaine de mai 1986. Les événements pluvieux concomitants ont favorisé le dépôt des particules. Dix-neuf radionucléides ont été détectés dans les retombées de l'accident de Tchernobyl et sept ont principalement été mis en évidence sur le territoire français (¹⁰³Ru, ¹⁰⁶Ru/Rh, ^{110m}Ag, ¹³¹I, ¹³²Te, ¹³⁴Cs et ¹³⁷Cs). Les retombées atmosphériques de l'accident de Tchernobyl ont affecté l'ensemble du territoire et, plus particulièrement, la moitié est de la France. La carte de la Figure 3 page 18 présente la répartition estimée des activités surfaciques en ¹³⁷Cs sur le bassin versant de la Moselle, issues de la rémanence des retombées des essais aériens d'armes nucléaires, ainsi que celles consécutives à l'accident de Tchernobyl. De nos jours, seul le ¹³⁷Cs est encore mesurable [10].

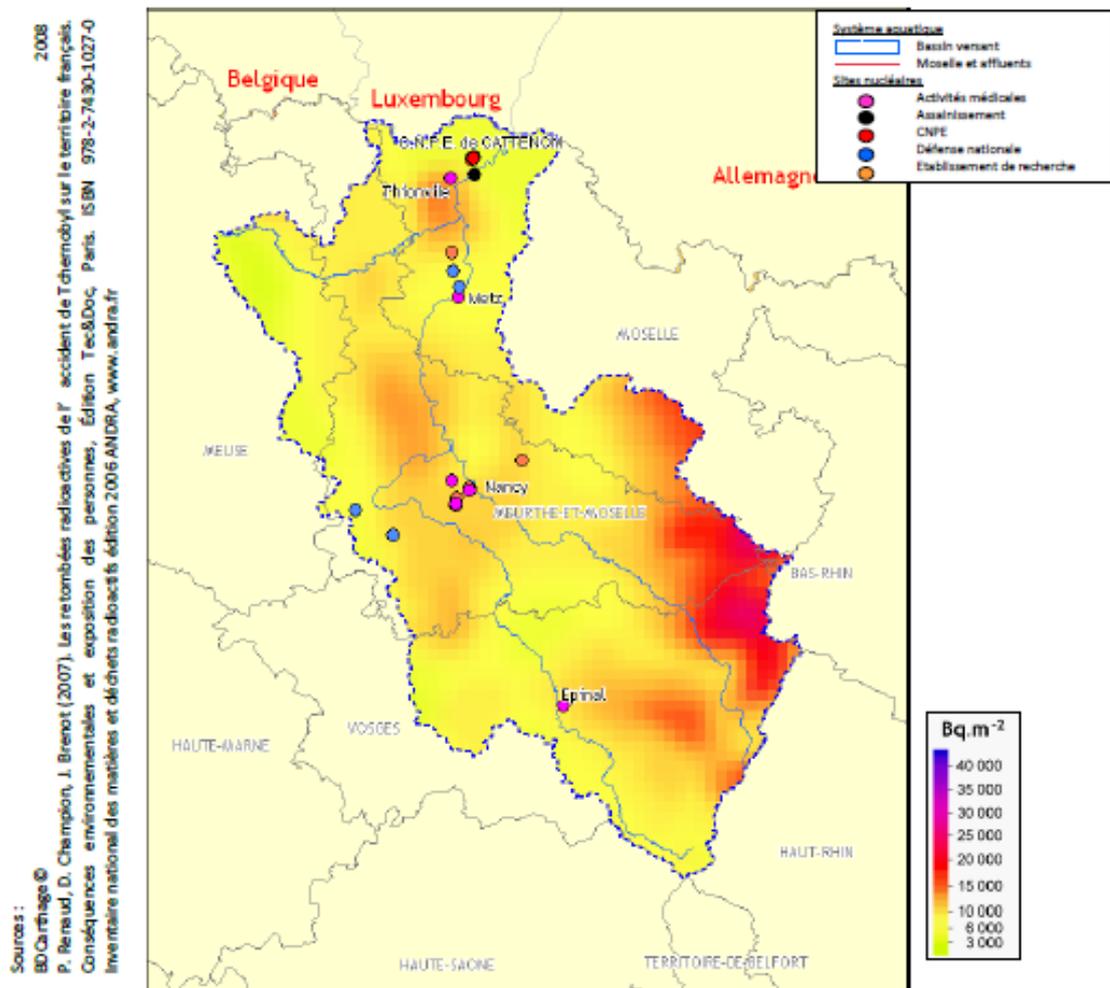


Figure 3 – Activités surfaciques de ¹³⁷Cs, calculées pour l'année 2010, issues des retombées atmosphériques des essais aériens et de l'accident de Tchernobyl à partir de [11], sur le bassin versant de la zone d'étude, et la localisation des sites détenant des radionucléides dans le bassin versant de la Moselle.

2.2.3. RETOMBÉES DE L'ACCIDENT DE FUKUSHIMA-DAIICHI

Les dépôts issus des retombées atmosphériques de l'accident de Fukushima Daiichi survenus le 11 mars 2011 ont été de 500 à plus de 1000 fois inférieurs à ceux mesurés début mai 1986 en France après l'accident de Tchernobyl (Figure 4 page 19). Les résultats d'analyse réalisés sur le territoire métropolitain par l'IRSN et par les exploitants nucléaires ont montré la présence de ^{131}I , de ^{137}Cs et de ^{134}Cs [12]. L' ^{131}I , du fait de sa courte période radioactive (8 jours), 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 (2,34 ans), a pu être attribué à cet accident. En revanche, les résultats de ^{137}Cs sont difficilement imputables à ce seul évènement compte-tenu de la rémanence de ce radionucléide dans le bassin versant de la Moselle.

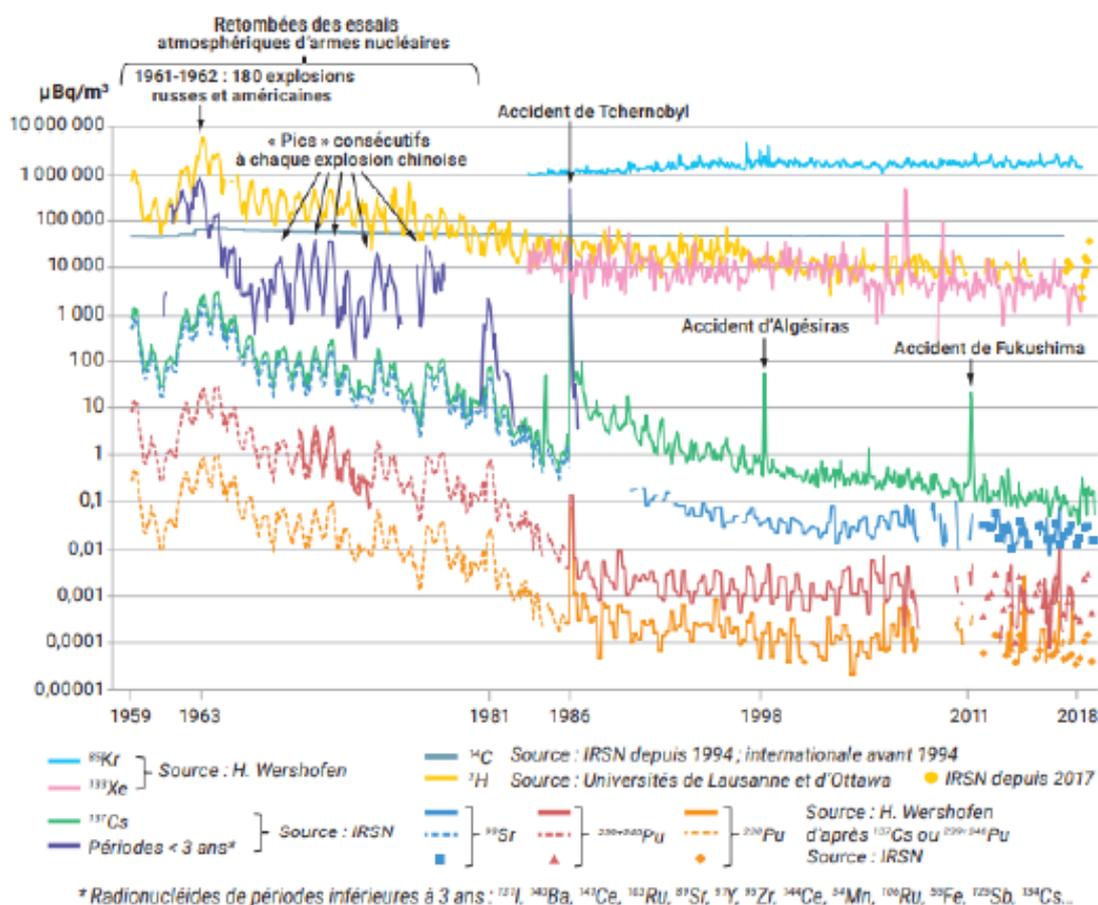


Figure 4 – Évolution des activités des principaux radionucléides artificiels mesurés dans l'air en France et en Allemagne au cours des 60 dernières années (tirée de [1]).

2.2.4. INSTALLATIONS NUCLÉAIRES EXPLOITÉES PAR EDF

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

Les rejets d'effluents radioactifs atmosphériques des CNPE comprennent notamment le tritium, le ^{14}C , l' ^{41}Ar , les xénons 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 ^{142}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 le 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 d'évènements intéressants l'environnement pour l'année 2020 ayant pu avoir une conséquence mesurable sur les niveaux d'activité des échantillons analysés dans le cadre du suivi.

2.2.5. AUTRES ACTIVITÉS

Le CNPE de Cattenom est la plus en aval des installations nucléaires recensées sur le bassin versant de la Moselle, en France. De nombreuses installations médicales et de recherche, des unités de la défense nationale (Armée de Terre, de l'Air et Gendarmerie) entreposent ou utilisent des produits radioactifs (Figure 3 page 18 et Figure 5, page 21). Parmi les principaux radionucléides utilisés en médecine nucléaire, le $^{99\text{m}}\text{Tc}$ (en diagnostic fonctionnel, période radioactive de 6,0067 heures [2]) et l' ^{131}I (en thérapie métabolique, période radioactive de 8,0233 jours [2]) représentent à eux seuls près de 99% de la radioactivité utilisée par les services de médecine nucléaire [13]. 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 aquatiques.

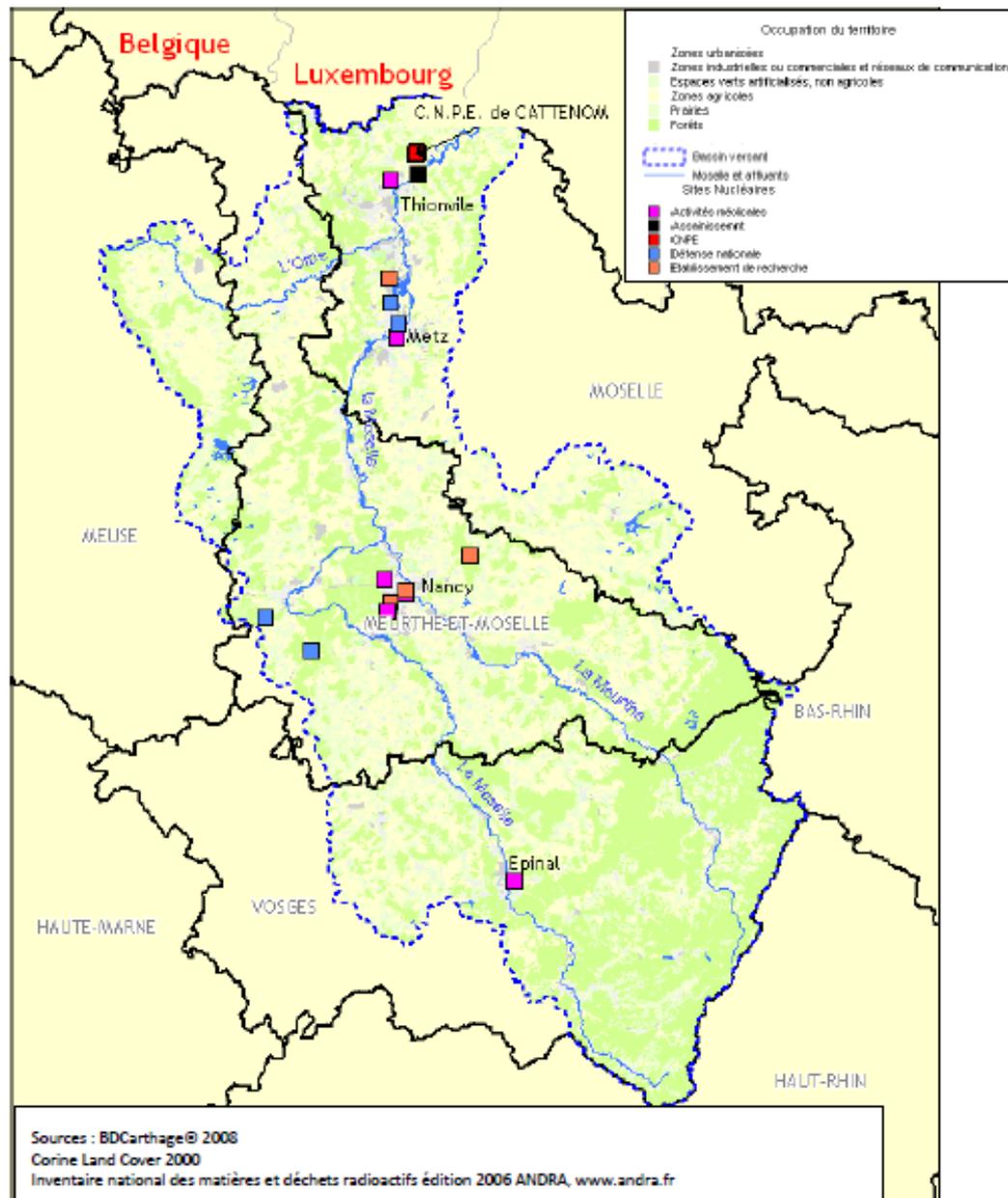


Figure 5 – Localisation des établissements détenant des radionucléides sur le bassin versant de la zone d'étude du CNPE de Cattenom.

3. CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL ET GÉOGRAPHIQUE

La zone d'étude est couverte à 39 % par de la forêt, 36 % par des terrains cultivés et à 19 % par des prairies (Source : Corine Land Cover, 2006). Les zones anthropisées représentent 6 % de la surface totale. La Lorraine est l'une des régions les plus boisées de France métropolitaine et présente la particularité d'être majoritairement composée de forêts domaniales publiques. La variété des forêts lorraines en fait également sa richesse : forêts denses de plaine ou forêts de montagne, présence de nombreux lacs et plans d'eau sont autant d'écosystèmes divers et variés. Le bassin versant de la Moselle traverse les départements des Vosges, de la Meurthe-et-Moselle, de la Meuse et de la Moselle.

3.1. CLIMATOLOGIE

Le climat lorrain est océanique dégradé à influence continentale. Les saisons sont contrastées et bien marquées, mais, en fonction des vents dominants, peuvent se succéder du jour au lendemain des périodes de précipitations (influence océanique) ou de fortes amplitudes thermiques (influence continentale). Les précipitations annuelles moyennes sont d'environ 700 mm, réparties sur 200 jours de pluie. La zone des Vosges reçoit entre 1 000 et 2 000 mm de précipitations par an. Le brouillard est observé environ 60 jours par an, l'insolation moyenne se situant autour de 1600 heures (valeur parmi les plus faibles de France).

3.2. GÉOLOGIE ET HYDROGÉOLOGIE

La Lorraine est marquée par une succession de côtes séparées par des plaines qui ne sont que le reflet d'une succession de formations géologiques à dominante carbonatée argilo-marneuse. Ces ensembles donnent lieu à des réservoirs aquifères de perméabilité et d'importances très différentes, partiellement drainés par la Moselle. C'est ainsi que l'on peut distinguer des nappes d'eau souterraines d'importance régionale intéressantes (Ouest du bassin versant de la Moselle à l'aval de Nancy) ou d'importance locale (département des Vosges).

3.3. HYDROGRAPHIE ET HYDROLOGIE

La Moselle prend sa source dans le massif des Vosges et s'écoule pendant 314 km en France. Son bassin versant français a une superficie de 11 500 km². La Meurthe et l'Orne en sont les principaux affluents. La Moselle poursuit son parcours en Allemagne où elle rejoint le Rhin.

La Moselle a un régime hydrologique marqué par un étiage en fin d'été-début d'automne (50 m³.s⁻¹ à Uckange) et une période de hautes eaux durant l'hiver (230-260 m³.s⁻¹ à Uckange). Son débit de crue décennale est de 1600 m³.s⁻¹ à Uckange (données banque HYDRO). La qualité des eaux est caractérisée par une salinité importante, liée aux apports de la Meurthe (effluents des soudières) et de la Seille (traversées de terrains salinifères).

4. ÉTAT RADIOÉCOLOGIQUE DU CNPE DE CATTENOM

4.1. GÉNÉRALITÉS ET CHRONOLOGIE DES ÉTUDES RADIOÉCOLOGIQUES ANTÉRIEURES

Le CNPE de Cattenom est situé à 3 km de la rivière Moselle en rive gauche et à 8 km au nord-est de Thionville (Figure 7 page 26). Il se compose de quatre tranches de 1300 MWe de la filière des réacteurs à eau pressurisée (REP), couplées au réseau de 1986 à 1991. Le CNPE de Cattenom est implanté dans le vallon de Tenchebach, petit affluent de la Moselle. En bordure est du site se trouve la retenue de Mirgenbach, construite sur le ruisseau portant le même nom. Les bassins versants de ces rivières sont réduits, correspondant aux collines marneuses surplombant le site. La dispersion des rejets d'effluents dans l'environnement est contrainte par les conditions météorologiques et hydrologiques propres au site. Les vents provenant des directions sud-ouest et nord-est sont les plus fréquents sur ce site.

La chronologie des principales études radioécologiques conduites dans l'environnement du CNPE est exposée sur la Figure 6, page 24.

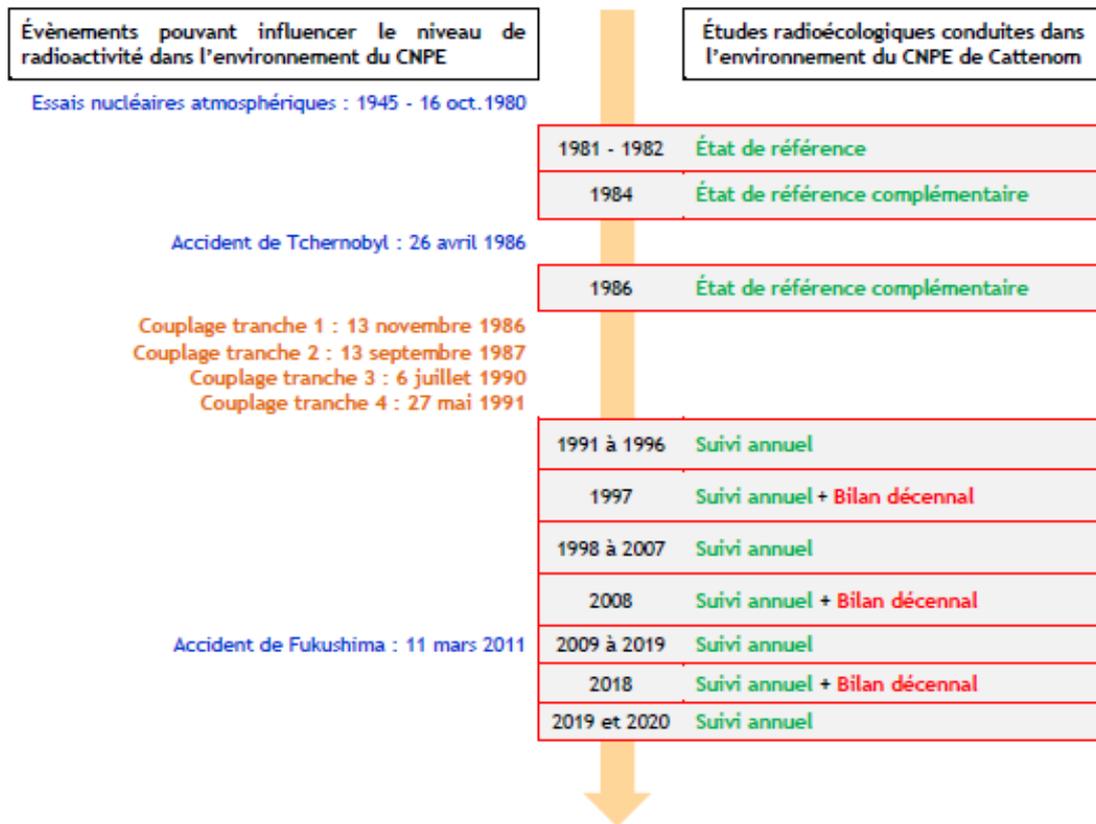


Figure 6 – Chronologie des principales études radioécologiques conduites dans l’environnement du CNPE de Cattenom.

4.2. ETAT RADIOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT TERRESTRE

4.2.1. STRATÉGIE D'ÉCHANTILLONNAGE

La localisation des stations de prélèvement et la nature des échantillons collectés sont reportées sur la Figure 7 page 26. Les caractéristiques (dates de prélèvement, stations, natures, espèces, fractions, types de mesure, rapports de poids...) identifiant chaque échantillon analysé sont répertoriées dans le tableau 1 page 27 et suivante.

Pour l'essentiel, la stratégie de prélèvement et d'analyse est commune à l'ensemble des sites (Annexes). Le choix des stations et de la nature des prélèvements permet la comparaison des résultats avec ceux des études antérieures. Les sols échantillonnés sont des sols non cultivés sur lesquels les cultures, pluriannuelles, ne demandent aucun remaniement (pâturages). Ce type de sol est privilégié dans l'objectif de mesurer l'accumulation potentielle des dépôts atmosphériques sur plusieurs années. Les échantillons sont, en dehors des

indicateurs végétaux (mousses terricoles et herbe), des vecteurs directs ou indirects de radioactivité vers l'homme : le lait et des légumes-feuilles comme les salades. Les végétaux cultivés (salade et herbe) sont communs sur l'ensemble du territoire français. Leur cycle végétatif annuel et leur grande surface d'interception en font d'assez bons indicateurs de marquage. De l'eau de boisson et du lait de vache sont collectés, 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, un lait et une eau de boisson sont prélevés sous les vents dominants (ZI). Hors vents (ZNI), une mousse, un sol de prairie, de l'herbe et une production agricole sont collectés. Des contraintes supplémentaires peuvent localement modifier la position, le nombre ou les analyses réalisées. Compte tenu de l'absence de production maraîchère à Boler, il a été décidé de prélever en 2020 à Cattenom (les Jardins d'Husange) grâce à une reprise d'activité maraîchère professionnelle.

En 2020, du fait de la crise sanitaire mondiale, l'IRSN a été contraint de réduire la stratégie d'échantillonnage aux seules analyses réglementaires, en accord avec l'exploitant et l'ASN. Ainsi, aucune mousse n'a été prélevée et plusieurs mesures en ^{14}C , TOL, ^{59}Fe et ^{63}Ni , ainsi qu'en ^{131}I n'ont pas été réalisées.

Les stations de prélèvements ont été définies en fonction du régime éolien local, généralement dominé par les vents de secteur nord-est à sud-ouest de l'installation. Les échantillons sous les vents dominants sont prélevés à Cattenom, Thionville, Breistroff-la-Grande et Basse-Ham-Saint-Louis. La localisation des stations et la nature des prélèvements permettent la comparaison des résultats avec ceux des années précédentes.

L'eau de boisson prélevée provient d'un réseau d'eau potable. L'ouvrage est à 500 mètres de la Moselle, il pompe dans la nappe d'accompagnement à 6 mètres de profondeur. Le CNPE est situé sur le bassin versant de cette nappe d'accompagnement de la Moselle. L'eau de boisson est exceptionnellement traitée dans le milieu terrestre, car en période de basses eaux de la Moselle, l'eau sous le site du CNPE pourrait alimenter les champs captants.

Les échantillons analysés ont fait l'objet d'une mesure par spectrométrie gamma, à l'exception de l'herbe de prairie et du lait prélevés en aval du site. Concernant la zone influencée, des mesures de tritium libre (HTO), de tritium organiquement lié (TOL) et de ^{14}C ont été réalisées sur les deux échantillons de salades. Le lait a été analysé en HTO et ^{14}C . L'herbe de prairie a été analysée en HTO et TOL. L'eau de boisson a été mesurée en tritium libre.

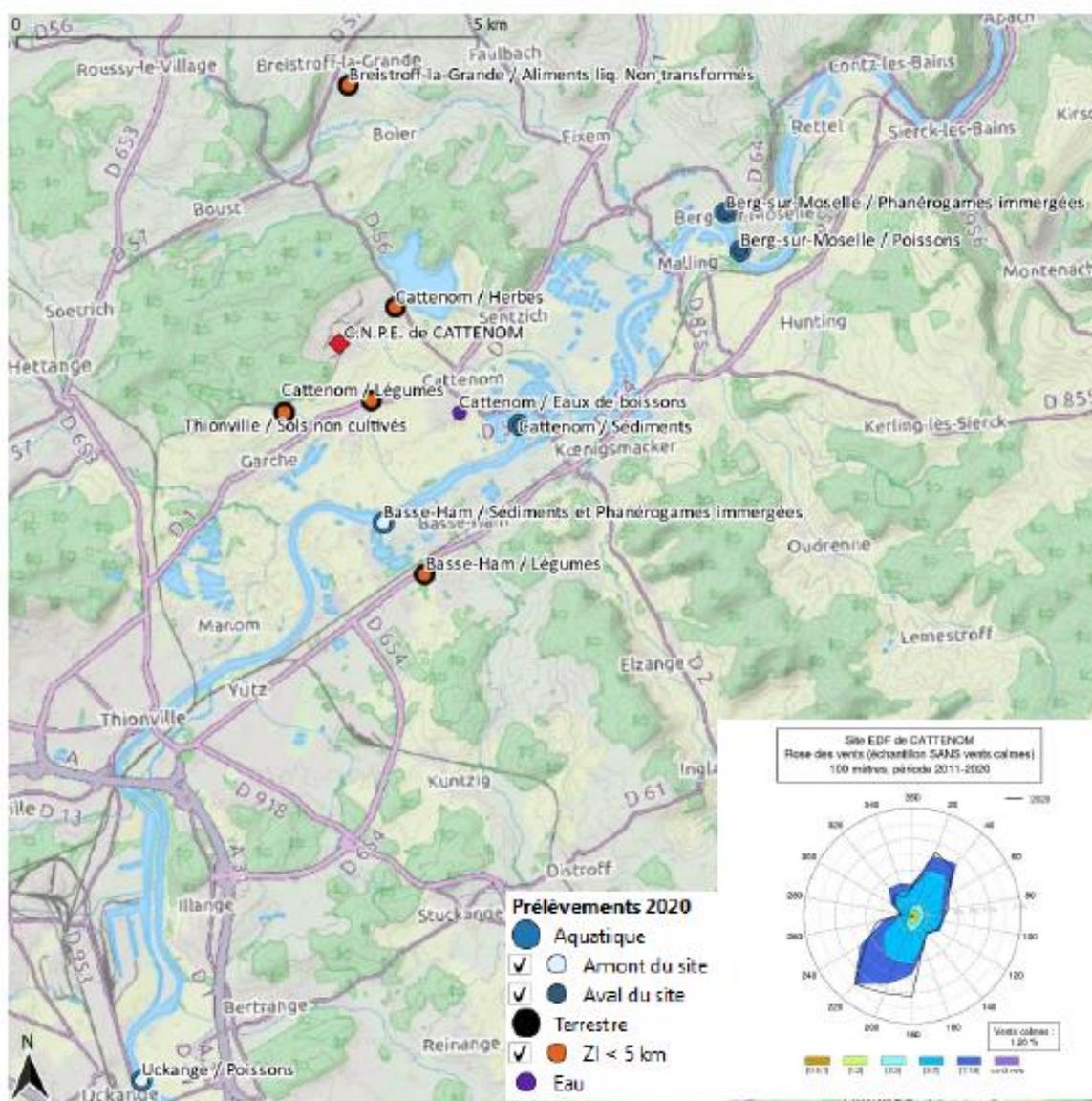


Figure 7 – Localisation des stations de prélèvement terrestre et aquatique et rose des vents pour le suivi radioécologique 2020.

Tableau 1 - Identification des échantillons analysés dans l'environnement terrestre du CNPE de Cattenom lors du suivi radioécologique de 2020 et analyses réalisées.

Situation par rapport au C.N.P.E.	Chronique	Commune	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction Prélèvé/Analysée	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
1,1 km SE	Cattenom - Zone Influencée proche (< 5 km)	Cattenom	06,22308	49,40477	Légumes	Laine, batavia, romaine <i>Lactuca sativa L.</i>	entier/eau	21/07/2020	H-3 libre (Liquide)	15,11	-
1,1 km SE	Cattenom - Zone Influencée proche (< 5 km)	Cattenom	06,22308	49,40477	Légumes	Laine, batavia, romaine <i>Lactuca sativa L.</i>	entier/res	21/07/2020	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	15,11	-
1,1 km SE	Cattenom - Zone Influencée proche (< 5 km)	Cattenom	06,22308	49,40477	Légumes	Laine, batavia, romaine <i>Lactuca sativa L.</i>	entier/res	21/07/2020	H-3 lié (Sec)	15,11	-
1,1 km SE	Cattenom - Zone Influencée proche (< 5 km)	Cattenom	06,22308	49,40477	Légumes	Laine, batavia, romaine <i>Lactuca sativa L.</i>	entier/res	21/07/2020	C élémentaire (Sec)	15,11	-
1,1 km SE	Cattenom - Zone Influencée proche (< 5 km)	Cattenom	06,22308	49,40477	Légumes	Laine, batavia, romaine <i>Lactuca sativa L.</i>	entier/res	21/07/2020	C-14 par SL (Benzène) (Sec)	15,11	-
1,1 km SE	Cattenom - Zone Influencée proche (< 5 km)	Cattenom	06,22308	49,40477	Légumes	Laine, batavia, romaine <i>Lactuca sativa L.</i>	entier/res	21/07/2020	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	15,11	-
1,1 km SE	Cattenom - Zone Influencée proche (< 5 km)	Cattenom	06,22308	49,40477	Légumes	Laine, batavia, romaine <i>Lactuca sativa L.</i>	Parties aériennes	21/07/2020	Gamma (Cendre)	20,14	4,43
1,12 km ENE	Cattenom - Zone Influencée proche (< 5 km)	Cattenom	06,22959	49,41872	Herbes	Herbe de prairie permanente	entier/eau	20/07/2020	H-3 libre (Liquide)	2,61	-
1,12 km ENE	Cattenom - Zone Influencée proche (< 5 km)	Cattenom	06,22959	49,41872	Herbes	Herbe de prairie permanente	entier/res	20/07/2020	H-3 lié (Sec)	2,61	-
1,12 km ENE	Cattenom - Zone Influencée proche (< 5 km)	Cattenom	06,22959	49,41872	Herbes	Herbe de prairie permanente	entier/res	20/07/2020	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	2,61	-
1,5 km SO	Cattenom - Zone Influencée proche (< 5 km)	Thionville	06,20294	49,40335	Sols non cultivés	Sol de pâturage ou de prairie	Produits de tamisage (retenu sur tamis)	20/07/2020	Gamma (Sec)	1,17	-
4,16 km SSE	Cattenom - Zone sous les vents à plus 5 km	Basse-Ham	06,23384	49,37802	Légumes	Laine, batavia, romaine <i>Lactuca sativa L.</i>	entier/eau	21/07/2020	H-3 libre (Liquide)	14,23	-
4,16 km SSE	Cattenom - Zone sous les vents à plus 5 km	Basse-Ham	06,23384	49,37802	Légumes	Laine, batavia, romaine <i>Lactuca sativa L.</i>	entier/res	21/07/2020	C-14 par SL (Benzène) (Sec)	14,23	-
4,16 km SSE	Cattenom - Zone sous les vents à plus 5 km	Basse-Ham	06,23384	49,37802	Légumes	Laine, batavia, romaine <i>Lactuca sativa L.</i>	entier/res	21/07/2020	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	14,23	-
4,16 km SSE	Cattenom - Zone sous les vents à plus 5 km	Basse-Ham	06,23384	49,37802	Légumes	Laine, batavia, romaine <i>Lactuca sativa L.</i>	entier/res	21/07/2020	C élémentaire (Sec)	14,23	-



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

27/74

Rapport IRSN N° 2022-00075

Situation par rapport au C.N.P.E.	Chronique	Commune	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction Prélèvé/Analysée	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
4,16 km SSE	Cattenom - Zone sous les vents à plus 5 km	Basse-Ham	06,23384	49,37802	Légumes	Laine, batavia, romaine <i>Lactuca sativa L.</i>	entier/res	21/07/2020	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	14,23	-
4,16 km SSE	Cattenom - Zone sous les vents à plus 5 km	Basse-Ham	06,23384	49,37802	Légumes	Laine, batavia, romaine <i>Lactuca sativa L.</i>	entier/res	21/07/2020	H-3 lié (Sec)	14,23	-
4,16 km SSE	Cattenom - Zone sous les vents à plus 5 km	Basse-Ham	06,23384	49,37802	Légumes	Laine, batavia, romaine <i>Lactuca sativa L.</i>	Parties aériennes	21/07/2020	Gamma (Cendre)	15,11	6,06
4,37 km N	Cattenom - Zone sous les vents à plus 5 km	Breistroff-la-Grande	06,22085	49,45283	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	entier/eau	21/07/2020	H-3 libre (Liquide)	7,52	-
4,37 km N	Cattenom - Zone sous les vents à plus 5 km	Breistroff-la-Grande	06,22085	49,45283	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	entier/res	21/07/2020	C-14 par SL (Benzène) (Sec)	7,52	-
4,37 km N	Cattenom - Zone sous les vents à plus 5 km	Breistroff-la-Grande	06,22085	49,45283	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	entier/res	21/07/2020	C élémentaire (Sec)	7,52	-
4,37 km N	Cattenom - Zone sous les vents à plus 5 km	Breistroff-la-Grande	06,22085	49,45283	Aliments liq. Non transformés	Lait de vache	entier/res	21/07/2020	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	7,52	-

Situation par rapport au C.N.P.E.	Chronique	Commune	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction Prélèvé/Analysée	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
2,29 km ESE	Moselle en aval de Cattenom	Cattenom	06,24275	49,40237	Eaux boisson	Eau d'adduction publique	entier/pdt/filtr	20/07/2020	H-3 libre (Liquide)	-	-

- : absence de traitement.

Dans les tableaux des pages suivantes pour le milieu terrestre :

Prélèvements hors vents dominants de l'installation
Prélèvements sous les vents dominants de l'installation
Prélèvements sous les vents secondaires de l'installation ou à plus de 5km
Prélèvements d'eau



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

28/74

4.2.2. RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

4.2.2.1. RADIONUCLÉIDES ÉMETTEURS GAMMA

Les résultats d'analyse par spectrométrie γ sont reportés dans le Tableau 10 page 43 pour la radioactivité d'origine naturelle et le Tableau 11 page 44 pour la radioactivité d'origine artificielle. L'évolution de 2010 à 2020 des activités massiques en radionucléides émetteurs γ des sols, des mousses, de l'herbe, du lierre, des légumes et du lait est présentée dans les Tableaux 3 à Tableau 8, page 36 et suivantes.

4.2.2.1.1. Radionucléides émetteurs gamma d'origine naturelle

De manière générale dans le milieu terrestre, la radioactivité d'origine naturelle est principalement due à la présence de ^{40}K et, dans une moindre mesure, aux éléments de la famille de ^{232}Th et de ^{238}U . Les valeurs sont similaires à celles observées en France [1] et du même ordre de grandeur que celle observée depuis 10 ans lors des études précédentes. Ces résultats attestent de l'absence de biais dans les étapes de prélèvement, de préparation et de mesure de l'échantillon.

4.2.2.1.2. Radionucléides émetteurs gamma d'origine artificielle

Le seul radionucléide d'origine artificielle mesuré au-delà du seuil de décision dans l'échantillon de sol et dans les deux échantillons de légumes est le ^{137}Cs . Les activités détectées, cohérentes avec celles mesurées ces 10 dernières années dans ces matrices (Tableau 3 page 36 et Tableau 7 page 40), ne mettent pas en évidence de marquage spécifique de l'environnement lié aux activités du CNPE.

4.2.2.2. RADIONUCLÉIDES ÉMETTEURS BÊTA

L'évolution de 2010 à 2020 des activités massiques en tritium libre (TED), en tritium organiquement lié (TOL) et en ^{14}C dans l'herbe, le lierre, les légumes et dans le lait est présentée dans les Tableaux 5 à Tableau 8, page 38 et suivantes.

4.2.2.2.1 Tritium

Les résultats de mesure du tritium libre et du tritium organiquement lié sont reportés dans le Tableau 12 page 45 et Tableau 13 page 46.

Dans l'eau de boisson, les deux échantillons de salades, l'herbe, ainsi que le lait, les activités volumiques en HTO (de $1,00 \pm 0,60$ à $2,80 \pm 0,70$ Bq.L⁻¹ ED) sont comparables à celles des années précédentes et sont proches de celles mesurées hors influence ($0,5$ à 2 Bq.L⁻¹, d'après [1]). Ces résultats ne mettent pas en évidence de marquage par les rejets d'effluents atmosphériques du CNPE de Cattenom.

Dans la zone sous les vents, les activités en TOL mesurées dans les salades et dans l'herbe (de $1,10 \pm 0,70$ à $2,70 \pm 0,70$ Bq.L⁻¹ EC) sont proches des valeurs attendues hors apport industriel local ($0,39$ à $1,9$ Bq.L⁻¹ d'après [1]). Aucune mesure ne met en évidence de marquage en tritium par les rejets d'effluents atmosphériques du CNPE.

4.2.2.2 Carbone 14

Les résultats de mesure du ^{14}C sont reportés dans le Tableau 14 page 47.

En 2020, les activités en ^{14}C dans les salades (222 ± 11 et 225 ± 11 Bq.kg $^{-1}$ C) se situent dans le bruit de fond, alors que celle du lait (245 ± 12 Bq.kg $^{-1}$ C) est supérieure au bruit de fond (224 ± 7 Bq.kg $^{-1}$ C d'après [1, 14]). Ces résultats sur le lait mettent en évidence une contribution des rejets atmosphériques de l'installation. Cette contribution est par ailleurs attestée par les mesures trimestrielles de ^{14}C dans l'herbe de prairie à Cattenom, qui ont évolué en 2020 de 232 à 258 Bq.kg $^{-1}$ C (Tableau 5 page 38).

4.3. ETAT RADIOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT AQUATIQUE

4.3.1. STRATÉGIE D'ÉCHANTILLONNAGE

La localisation des stations de prélèvements et la nature des échantillons collectés sont indiquées sur la Figure 7 page 26. Les caractéristiques (dates de prélèvement, stations, natures...) identifiant chaque échantillon sont développées dans le Tableau 2 page 31.

La collecte des poissons est réalisée par pêche au filet avec la collaboration d'un pêcheur professionnel. De manière à collecter un nombre suffisant de poissons adultes, d'environ 10 ans d'âge, en amont et en aval de l'installation pour réaliser les analyses, 8 chevesnes d'environ 1 kg en moyenne ont été prélevés à l'amont et 14 autres chevesnes d'environ 900 g en moyenne ont été prélevés à l'aval. 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 stations et la nature des prélèvements permettent la comparaison des résultats avec ceux obtenus lors des études antérieures. Du fait de la présence d'une retenue à l'aval immédiat du dispositif de rejets d'effluents liquides du CNPE, la zone de mélange complet se trouve après cet édifice. Un intérêt particulier est porté sur cette zone de retenue car le renouvellement des eaux est moins rapide que dans la rivière, ce qui permet d'y observer un spectre plus large de radionucléides. Par ailleurs, on y observe régulièrement la présence de pêcheurs. Les prélèvements de sédiments sont réalisés dans la même rive que les rejets.

La stratégie de prélèvement et d'analyse est généralement applicable à tous les sites EDF. Dans la stratégie 2020, des sédiments, des végétaux aquatiques (mousses ou phanérogames) et des poissons doivent être prélevés en amont et en aval du CNPE. Selon cette stratégie, la présence de ^{63}Ni et de ^{59}Fe doit être recherchée dans les végétaux aquatiques. Compte tenu de l'absence de mousses aquatiques à proximité de Cattenom, celles-ci ont été remplacées par des phanérogames. Il n'a pas été possible cette année de prélever des phanérogames de même espèce en amont et en aval du site. Ainsi, du potamot perfolié a été prélevé à Haute-Ham à l'amont, tandis que des myriophylles l'ont été à l'aval à Berg-sur-Moselle. Les poissons font l'objet d'une mesure par spectrométrie γ , de tritium libre, de tritium organiquement lié et de ^{14}C . Des phanérogames aquatiques et des sédiments sont prélevés à l'amont et à l'aval du site. Ils sont mesurés par spectrométrie γ . Les phanérogames prélevées à l'amont et à l'aval font l'objet d'une mesure en tritium libre. Elles n'ont pas été mesurées, avec l'accord d'EDF à cause de la crise sanitaire mondiale, en tritium organiquement lié, en ^{14}C , en ^{131}I , en ^{59}Fe et en ^{63}Ni .

Tableau 2 - Identification des échantillons prélevés dans le domaine aquatique continental lors du suivi radioécologique de l'environnement du CNPE de Cattenom en 2020.

Situation par rapport au C.N.P.E.	Chronique	Commune	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction Prélève/Analyse	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
3,12 km amont	Moselle en amont de Cattenom	Basse-Ham	06,22458	49,38606	Phanérogames Immergées	Potamogeton perfoliatus L.	entier/eau/lyo	21/07/2020	H-3 libre (Liquide)	7,87	-
3,12 km amont	Moselle en amont de Cattenom	Basse-Ham	06,22458	49,38606	Phanérogames Immergées	Potamogeton perfoliatus L.	Parties aériennes	21/07/2020	Gamma (Cendre)	10,33	2,85
3,12 km amont	Moselle en amont de Cattenom	Basse-Ham	06,22458	49,38608	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage (retenu sur tamis)	21/07/2020	Gamma (Sec)	3,58	-
12,9 km amont	Moselle en amont de Cattenom	Uckange	06,16362	49,30278	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	entier/eau/lyo	24/06/2020	H-3 libre (Liquide)	5,12	-
12,9 km amont	Moselle en amont de Cattenom	Uckange	06,16362	49,30278	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	entier/res/lyo	24/06/2020	C-14 par SL (Benzène) (Sec)	5,12	-
12,9 km amont	Moselle en amont de Cattenom	Uckange	06,16362	49,30278	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	entier/res/lyo	24/06/2020	C élémentaire (Sec)	5,12	-
12,9 km amont	Moselle en amont de Cattenom	Uckange	06,16362	49,30278	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	entier/res/lyo	24/06/2020	H-3 lié (Sec)	5,12	-
12,9 km amont	Moselle en amont de Cattenom	Uckange	06,16362	49,30278	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	entier/res/lyo	24/06/2020	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	5,12	-
12,9 km amont	Moselle en amont de Cattenom	Uckange	06,16362	49,30278	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	entier/res/lyo	24/06/2020	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	5,12	-
12,9 km amont	Moselle en amont de Cattenom	Uckange	06,16362	49,30278	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Muscle	24/06/2020	Gamma (Cendre)	4,69	16,49
3,3 km aval	Moselle en aval de Cattenom	Cattenom	06,25690	49,40015	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage (retenu sur tamis)	21/07/2020	Gamma (Sec)	4,15	-
6,82 km aval	Moselle en aval de Cattenom	Berg-sur-Moselle	06,30674	49,43106	Phanérogames Immergées	Myriophyllum spicatum L.	entier/eau/lyo	21/07/2020	H-3 libre (Liquide)	5,36	-
6,82 km aval	Moselle en aval de Cattenom	Berg-sur-Moselle	06,30674	49,43106	Phanérogames Immergées	Myriophyllum spicatum L.	Parties aériennes	21/07/2020	Gamma (Cendre)	6,30	1,44

IRSN

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

31/74

Situation par rapport au C.N.P.E.	Chronique	Commune	Longitude WGS 84	Latitude WGS 84	Nature	Espèce	Fraction Prélève/Analyse	Date de prélèvement	Type de mesure	Frais/Sec	Sec/Cendres
6,88 km aval	Moselle en aval de Cattenom	Berg-sur-Moselle	06,30972	49,42528	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	entier/eau/lyo	23/06/2020	H-3 libre (Liquide)	5,03	-
6,88 km aval	Moselle en aval de Cattenom	Berg-sur-Moselle	06,30972	49,42528	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	entier/res/lyo	23/06/2020	C-14 par SL (Benzène) (Sec)	5,03	-
6,88 km aval	Moselle en aval de Cattenom	Berg-sur-Moselle	06,30972	49,42528	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	entier/res/lyo	23/06/2020	C élémentaire (Sec)	5,03	-
6,88 km aval	Moselle en aval de Cattenom	Berg-sur-Moselle	06,30972	49,42528	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	entier/res/lyo	23/06/2020	H-3 lié (Sec)	5,03	-
6,88 km aval	Moselle en aval de Cattenom	Berg-sur-Moselle	06,30972	49,42528	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	entier/res/lyo	23/06/2020	Pourcentage massique de l'hydrogène (Sec)	5,03	-
6,88 km aval	Moselle en aval de Cattenom	Berg-sur-Moselle	06,30972	49,42528	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	entier/res/lyo	23/06/2020	Rapport relatif C13/C12 (Sec)	5,03	-
6,88 km aval	Moselle en aval de Cattenom	Berg-sur-Moselle	06,30972	49,42528	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Muscle	23/06/2020	Gamma (Cendre)	5,00	15,45

- : absence de traitement.

Dans les tableaux des pages suivantes, pour le milieu aquatique :

Prélèvements en amont du dispositif de rejet des effluents liquides

Prélèvements en aval du dispositif de rejet des effluents liquides

IRSN

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

32/74

4.3.2. RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

4.3.2.1. RADIONUCLÉIDES ÉMETTEURS GAMMA

Les résultats de spectrométrie γ sont reportés dans le Tableau 18 page 51 pour la radioactivité d'origine naturelle et le Tableau 19 page 52 pour la radioactivité d'origine artificielle. L'évolution de 2010 à 2020 des activités massiques en radionucléides émetteurs γ des sédiments, des phanérogames immergées et des poissons est présentée dans les Tableaux 15 à 17, page 48 et suivantes.

4.3.2.1.1. Radionucléides émetteurs gamma d'origine naturelle

D'une manière générale en 2020, la radioactivité d'origine naturelle mise en évidence dans les sédiments et les phanérogames immergées est due principalement au ^{40}K et, dans une moindre mesure, aux éléments de la famille du ^{232}Th , de l' ^{238}U et du ^7Be , de manière similaire à celle observée lors des suivis radioécologiques annuels précédents et en accord avec les valeurs observées en France métropolitaine [1]. La radioactivité d'origine naturelle quantifiable dans les poissons est uniquement due au ^{40}K , avec des activités du même ordre de grandeur que les valeurs attendues pour ces animaux dont la teneur en potassium est physiologiquement régulée (environ 100 Bq.kg^{-1} frais). Enfin, 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

Le ^{137}Cs est détecté dans toutes les matrices échantillonnées, avec des activités massiques proches entre l'amont et l'aval, à des activités du même ordre de grandeur que celles mesurées ces dix dernières années. Le ^{60}Co est détecté dans les échantillons de sédiments et de phanérogames prélevés à l'aval du CNPE de Cattenom ($2,16 \pm 0,38$ et $1,12 \pm 0,26 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$, respectivement). À l'aval du site, les ^{60}Co et $^{110\text{m}}\text{Ag}$ sont détectés dans l'échantillon de sédiment ($8,30 \pm 0,90$ et $1,45 \pm 0,25 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$, respectivement). Des activités du même ordre de grandeur ont été observées par le passé pour ces radionucléides dans ces matrices. Les activités mesurées en 2020 confirment le marquage en radionucléides émetteurs gamma par les rejets d'effluents liquides du CNPE.

4.3.2.2. RADIONUCLÉIDES ÉMETTEURS BÊTA

4.3.2.2.1. Tritium

Les résultats de mesure en tritium libre et en tritium organiquement lié sont reportés dans le Tableau 20 et le Tableau 21 page 53.

Les activités en tritium libre mesurées dans les phanérogames immergées et les poissons sont plus élevées à l'aval (respectivement $73,1 \pm 4,1$ et $4,80 \pm 0,80$ Bq.L⁻¹ ED) qu'à l'amont du site ($1,10 \pm 0,70$ et $1,40 \pm 0,60$ Bq.L⁻¹ ED). De même, les activités en tritium lié mesurées dans les poissons sont plus élevées à l'aval ($21,9 \pm 1,5$ Bq.L⁻¹ EC) qu'à l'amont du site ($0,70 \pm 0,70$ Bq.L⁻¹ EC). De tels résultats, présentant des activités en tritium libre et lié supérieures à celles attendues hors influence d'apports industriels locaux (de l'ordre de 1 Bq.L⁻¹ d'après [1]), ont été observés chacune des dix dernières années en aval du site de Cattenom, et mettent en évidence le marquage par les rejets d'effluents liquides en tritium de ce site sur le milieu aquatique.

4.3.2.2.2. Carbone 14

Les résultats de mesure du ¹⁴C sont reportés dans le Tableau 22 page 54.

Les activités en ¹⁴C dans les poissons prélevés à l'aval du site sont supérieures ($1\,870 \pm 90$ Bq.kg⁻¹ C) aux activités attendues hors influence (moins de 220 Bq.kg⁻¹ C d'après [1]) et mesurées en amont du CNPE (215 ± 11 Bq.kg⁻¹ C). Ces résultats sont systématiquement observés, notamment pour les poissons, ces dix dernières années, ce qui permet de mettre en évidence le marquage chronique en ¹⁴C par les rejets d'effluents liquides du CNPE de Cattenom sur le milieu aquatique.

5. CONCLUSION SUR L'ÉTAT RADIOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT DU CNPE DE CATTENOM

Les niveaux d'activités des radionucléides naturels détectés en 2020 dans l'environnement du CNPE de Cattenom 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. Compte-tenu de l'épisode de contamination au virus de la COVID-19, ainsi que de la rareté de la ressource, il a été décidé de ne pas prélever de mousses ni dans le milieu terrestre, ni dans le milieu aquatique.

Dans le milieu terrestre, les activités mesurées en tritium libre et en tritium organiquement lié sont proches des valeurs attendues hors apport industriel local, ce qui permet de mettre en évidence l'absence de marquage en tritium par les rejets d'effluents atmosphériques du CNPE de Cattenom. Les mesures en ^{14}C dans le lait sont supérieures au bruit de fond et mettent en évidence une contribution des rejets atmosphériques de l'installation. Les mesures gamma menées en milieu terrestre ne révèlent pas de marquage par les radionucléides artificiels émetteurs gamma provenant des rejets atmosphériques du CNPE.

Dans le milieu aquatique, le ^{137}Cs est détecté dans l'ensemble des échantillons. Le ^{60}Co est détecté dans les échantillons de sédiments et de phanérogames prélevés à l'aval du CNPE de Cattenom. Le ^{60}Co et l' $^{110\text{m}}\text{Ag}$ sont détectés dans l'échantillon de sédiment prélevé à l'aval du site. Ces résultats mettent en évidence le marquage par les rejets d'effluents liquides du CNPE de Cattenom, déjà observé les années précédentes. Les activités en tritium libre des phanérogames et des poissons et celles en TOL et ^{14}C des poissons, tous prélevés à l'aval du site, sont supérieures au bruit de fond radiologique en milieu aquatique, ce qui confirme le marquage de cet environnement par les rejets d'effluents liquides du CNPE de Cattenom.

6. TABLEAUX DE RÉSULTATS

Tableau 3 - Activités massiques en radionucléides émetteurs γ des échantillons de sols collectés dans l'environnement terrestre du site de Cattenom lors des études radioécologiques de 2010 à 2020.

Date	juin 2010	juin 2011	mai 2012	juillet 2013	juin 2014	juin 2015	juin 2016	août 2017	avril et juin 2018	juin 2019	Juillet 2020
Émetteurs γ d'origine artificielle (Bq.kg⁻¹.sec)											
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	11-14 (2/2)	11,9-14,5 (2/2)	12,6-18 (2/2)	10,8-11,7 (2/2)	11,6-12 (2/2)	10,4 (2/2)	9,2-10,9 (2/2)	10,2-15,6 (2/2)	3,43-8,2 (6/6)	6,1 (1/1)	8,8 (1/1)
⁵⁹ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁶⁰ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
^{110m} Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁵⁴ Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

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



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

36/74

Tableau 4 - Activités massiques en radionucléides émetteurs γ des échantillons de mousses collectés dans l'environnement terrestre du site de Cattenom lors des études radioécologiques de 2010 à 2020.

Date	juin 2010	juin 2011	mai 2012	avril 2013	mai 2014	avril 2015	avril 2016	avril 2017	avril 2018	avril 2019	2020
Émetteurs γ d'origine artificielle (Bq.kg⁻¹.sec)											
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.
¹³⁷ Cs	2,3-3,7 (2/2)	3-5,7 (2/2)	2,5-4,6 (2/2)	2,9-5,6 (2/2)	4,0-6,6 (2/2)	3,7-4,7 (2/2)	2,8-5,8 (2/2)	1,21-2,92 (2/2)	3,22-9,7 (2/2)	-	n.a.
⁶⁰ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.
⁵⁹ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.
^{110m} Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.
⁵⁴ Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.
¹³¹ I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.

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



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

37/74

Tableau 5 - Activités massiques en radionucléides émetteurs γ et β des échantillons d'herbe de prairie collectés dans l'environnement terrestre du site de Cattenom lors des études radioécologiques de 2010 à 2020.

Date	juin 2010	juin 2011	mai 2012	juillet 2013	juin 2014	avril et juin 2015	avril et juin 2016	avril et août 2017	2018	2019	2020
Nature	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe	herbe
Émetteurs γ d'origine artificielle (Bq.kg⁻¹.sec)											
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.
¹³⁷ Cs	-	0,79 (1/1)	0,11 (1/1)	0,21 (1/1)	-	-	0,049 (1/1)	-	0,078-0,092 (2/3)	-	n.a.
⁶⁰ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.
⁶⁰ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.
^{110m} Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.
⁵⁴ Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	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.
Émetteurs β (³H libre : Bq.L⁻¹ d'eau de dessiccation, TOL : Bq.L⁻¹ d'eau de combustion, ¹⁴C : Bq.kg⁻¹ de C)											
³ H libre	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,4-3,2 (3/3)	2,7 (1/1)	n.a.	n.a.	3,0-4,0 (3/3)	1,10 (1/1)	2,8 (1/1)
TOL	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	3,2 (1/1)	2,1-3,3 (3/3)	1,60 (1/1)	2,7 (1/1)
¹⁴ C	n.a.	n.a.	364 (1/1)	231,3 (1/1)	227 (1/1)	234,2 (1/1)	261,3 (1/1)	243,1 (1/1)	227,9-262 (5/5)	236-267 (4/4)	232-258 (4/4)

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

Tableau 6 - Activités massiques en radionucléides émetteurs β des échantillons de végétaux spontanés (lierre) collectés dans l'environnement terrestre du site de Cattenom lors des études radioécologiques de 2015 à 2018.

Date	2015	2016	2017	2018
Nature	Lierre	Lierre	Lierre	Lierre
Émetteurs β (³H libre : Bq.L⁻¹ d'eau de dessiccation, TOL : Bq.L⁻¹ d'eau de combustion, ¹⁴C : Bq.kg⁻¹ de C)				
³ H libre	n.a.	10,9 (1/1)	3,8 (1/1)	1,8 - 3,2 (2/2)
TOL	n.a.	n.a.	3,6 (1/1)	2,0 - 3,3 (2/2)
¹⁴ C	230-236 (2/2)	232-247 (5/5)	238-250 (4/4)	228,5-250 (3/3)

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

Tableau 7 - Activités massiques en radionucléides émetteurs γ et β des échantillons de légumes collectés dans l'environnement terrestre du site de Cattenom lors des études radioécologiques de 2010 à 2020.

Date	juillet 2010	septembre 2011	mai et août 2012	juillet 2013	juin 2014	juin 2015	septembre 2016	août 2017	juin 2018	juin 2019	Juillet 2020
Nature	salade	salade	salade	légume	salade	salade	légume	légume	légume	légume	légume
Émetteurs γ d'origine artificielle (Bq.kg⁻¹.sec)											
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	0,6-0,8 (2/2)	0,25 (1/2)	-	0,1-0,17 (2/2)	-	0,24-0,54 (2/2)	0,23 (1/2)	0,27 (1/2)	-	0,226 (1/2)	0,23-0,27 (2/2)
⁵⁸ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁶⁰ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
^{110m} Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁵⁶ Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³¹ I	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Émetteurs β (³H libre : Bq.L⁻¹ d'eau de dessiccation, TOL : Bq.L⁻¹ d'eau de combustion, ¹⁴C : Bq.kg⁻¹ de C)											
³ H libre	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,2-1,3 (2/2)	1,2-1,9 (2/2)	1,1-1,5 (2/2)	1,0-2,4 (2/2)	1,8-2,1 (2/2)	1,6-2 (2/2)	1,6-2,2 (2/2)
TOL	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,4-2,7 (2/2)	1-1,9 (2/2)	1,7-1,9 (2/2)	1,1-1,4 (2/2)	2,6-2,65 (2/2)	1,3-2,4 (2/2)	1,1-1,4 (2/2)
¹⁴ C	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	229 (2/2)	218-221 (2/2)	235 (1/1)	n.a.	222-247 (2/2)	238-242 (2/2)	222-225 (2/2)

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

Tableau 8 - Activités volumiques en radionucléides émetteurs γ et β des échantillons de lait collectés dans l'environnement terrestre du site de Cattenom lors des études radioécologiques de 2010 à 2020.

Date	juin 2010	juin 2011	mai 2012	juillet 2013	juin 2014	juin 2015	juin 2016	août 2017	juin 2018	juin 2019	Juillet 2020
Émetteurs γ d'origine artificielle (Bq.L⁻¹)											
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.
¹³⁷ Cs	-	-	-	-	0,0078 (1/1)	-	-	0,0029 (1/1)	-	0,0072 (1/1)	n.a.
⁵⁸ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.
⁶⁰ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.
^{110m} Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.
⁵⁶ Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.a.
Émetteurs β (³H libre : Bq.L⁻¹ d'eau de dessiccation, TOL : Bq.L⁻¹ d'eau de combustion, ¹⁴C : Bq.kg⁻¹ de C)											
³ H libre	1,3 (1/1)	1,3 (1/1)	1,7 (1/1)	3,5 (1/1)	-	-	0,7 (1/1)	-	1,0-1,1 (2/2)	1,3 (1/1)	-
TOL	n.a.	n.a.	1,8 (1/1)	1,3 (1/1)	1,0 (1/1)	1,1 (1/1)	1 (1/1)	-	1,0-2,3 (2/2)	1,4 (1/1)	n.a.
¹⁴ C	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	227-235 (3/3)	243 (1/1)	245 (1/1)

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

Tableau 9 - Activités volumiques en radionucléides émetteurs β des échantillons d'eau de boisson collectés dans l'environnement terrestre du site de Cattenom lors des études radioécologiques de 2010 à 2020.

Date	juin 2010	juin 2011	mai 2012	avril 2013	mai 2014	avril 2015	avril 2016	avril 2017	avril et juin 2018	avril et juin 2019	Juillet 2020
Émetteurs β (Bq.L⁻¹)											
³ H libre	1,1 (1/1)	1,7 (1/1)	-	1,3 (1/1)	0,8 (1/1)	0,7 (1/1)	0,9 (1/1)	1,0 (1/1)	1,0 (1/1)	0,7 (1/1)	1,0 (1/1)

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

Dans les tableaux des pages suivantes, pour le milieu terrestre :

Prélèvements hors vents dominants de l'installation
Prélèvements sous les vents dominants de l'installation
Prélèvements sous les vents dominants à plus de 5km de l'installation
Prélèvements d'eau

Tableau 10 - Activités massiques en radionucléides émetteurs γ d'origine naturelle des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site de Cattenom lors du suivi radioécologique en 2020.

Chronique	Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/Sec	Date de mesure	^{90}K	Familie de ^{238}U				^{210}Po	Unité
										^{226}Ra	^{214}Th	^{214}Pb	^{214}Bi		
Cattenom - zone influencée proche (< 5 km)	Thionville	20/07/2020	Sols	Sol de pâturage ou de prairie	Produits de tamisage (retenu sur tamis)	sec	1,17	21/10/2020	489±42	49,0±6,0	n.a.	34±11	n.a.	± 4,1	Bq.kg ⁻¹ sec
Cattenom - zone influencée à plus de 5 km)	Base-Ham	21/07/2020	Légumes	Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Parties aériennes	cenдре	15,11	09/10/2020	1 650±170	± 0,31	± 0,74	± 9,9	1,75±0,48	25,4±2,5	Bq.kg ⁻¹ sec
Cattenom - zone influencée proche (< 5 km)	Cattenom	21/07/2020	Légumes	Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Parties aériennes	cenدرe	20,14	12/10/2020	2 010±200	0,97±0,36	± 1,6	± 23	± 2,9	25,0±2,9	Bq.kg ⁻¹ sec

n.a. : non analysé.

Tableau 11 - Activités massiques et en radionucléides émetteurs y d'origine artificielle des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site de Cattenom lors du suivi radioécologique en 2020).

Chronique	Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/Sec	Date de mesure	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs	⁶⁰ Co	⁵⁴ Co	¹⁰⁹ Ag	⁹⁰ Mn	¹²⁵ Sb	¹²⁹ I	Unité	
Cattenom - zone influencée proche (< 5 km)	Thionville	20/07/2020	Sols	Sol de pâturage ou de prairie	Produits de tamisage (retenu sur tamis)	seo	1,17	21/10/2020	≤ 0,17	8,80±0,70	≤ 0,37	≤ 0,17	≤ 0,24	≤ 0,21	≤ 0,43	≤ 0,50	n.a	Bq.kg ⁻¹ seo
Cattenom - zone influencée proche (< 5 km)	Basse-Ham	21/07/2020	Légumes	Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Parties aériennes	oendre	15,11	09/10/2020	≤ 0,066	0,226±0,043	≤ 0,15	≤ 0,099	≤ 0,099	≤ 0,08 1	≤ 0,15	≤ 0,17	n.a	Bq.kg ⁻¹ seo
Cattenom - zone influencée proche (< 5 km)	Cattenom	21/07/2020	Légumes	Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Parties aériennes	oendre	20,14	12/10/2020	≤ 0,14	0,268±0,079	≤ 0,34	≤ 0,23	≤ 0,20	≤ 0,18	≤ 0,32	≤ 0,34	n.a	Bq.kg ⁻¹ seo

n.a. : non analysé.

Tableau 12 – Activités massiques et volumiques en tritium libre dans les échantillons prélevés dans l'environnement terrestre du site de Cattenom en 2020.

Chronique	Station	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
Cattenom - zone influencée à plus de 5 km	Basse-Ham	21/07/2020	Légumes	Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Eau extraite par lyophilisation	14,23	22/10/2020	1,60±0,70	1,49±0,65	Bq.kg ⁻¹ frais
Cattenom - zone influencée proche (< 5 km)	Cattenom	21/07/2020	Légumes	Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Eau extraite par lyophilisation	15,11	20/10/2020	2,20±0,70	2,05±0,65	Bq.kg ⁻¹ frais
Cattenom - zone influencée proche (< 5 km)	Cattenom	20/07/2020	Herbes	Herbe de prairie permanente non id.	Eau extraite par lyophilisation	2,61	22/10/2020	2,80±0,70	1,73±0,43	Bq.kg ⁻¹ frais
Cattenom - zone influencée à plus de 5 km	Breistroff-la-Grande	21/07/2020	Produits laitiers	Lait de vache	Eau extraite par lyophilisation	7,52	17/09/2020	≤ 0,70	≤ 0,61	Bq.L ⁻¹ d'ECH.
Moselle en aval de cattenom	Cattenom	20/07/2020	Eaux de boisson	Eau d'adduction publique	Produit de filtration (retenu sur filtre)	-	03/09/2020	1,00±0,60	1,00±0,60	Bq.L ⁻¹ d'ECH.

Tableau 13 – Activités massiques et volumiques en tritium organiquement lié dans les échantillons prélevés dans l'environnement terrestre du site de Cattenom en 2020.

Chronique	Station	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
Cattenom - zone influencée à plus de 5 km	Basse-Ham	21/07/2020	Légumes	Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	14,23	21/12/2020	1,10±0,70	0,041±0,026	Bq.kg ⁻¹ frais
Cattenom - zone influencée proche (< 5 km)	Cattenom	21/07/2020	Légumes	Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	15,11	21/12/2020	1,40±0,80	0,049±0,028	Bq.kg ⁻¹ frais
Cattenom - zone influencée proche (< 5 km)	Cattenom	20/07/2020	Herbes	Herbe de prairie permanente non Id.	Résidu sec obtenu après lyophilisation	2,61	21/12/2020	2,70±0,70	0,56±0,15	Bq.kg ⁻¹ frais

n.a. : non analysé.



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

46/74

Tableau 14 - Activités en ¹⁴C dans les échantillons prélevés dans l'environnement terrestre du site de Cattenom dans le cadre du suivi radioécologique 2020.

Chronique	Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure ¹⁴ C	¹⁴ C (Bq.kg ⁻¹ de C)	δ ¹⁴ 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
Cattenom - zone influencée proche (<5 km) hors vents dominants	Basse-Ham	21/07/2020	Légumes	Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	14,23	30/01/2021	225±11	-29,13	100,4±4,9	6,17±0,30	27	Frais
Cattenom - zone influencée proche (< 5 km)	Cattenom	21/07/2020	Légumes	Laitue <i>Lactuca sativa</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	15,11	17/11/2020	222±11	-28,47	98,9±4,9	5,65±0,28	25	Frais
Cattenom - zone sous les vents à plus 5 km	Breistroff-la-Grande	21/07/2020	Produits laitiers	Lait de vache	Résidu sec obtenu après lyophilisation	7,52	16/10/2020	245±12	-23,26	108,0±5,3	16,67±0,82	68	Liquide



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

47/74

Tableau 15 - Activités massiques en radionucléides émetteurs γ des échantillons de sédiments collectés dans l'environnement aquatique du site de Cattenom lors des études radioécologiques de 2010 à 2020.

Date	juin 2010		juin 2011		mai 2012		avril 2013		mai 2014		avril 2015		avril 2016		avril 2017		avril 2018		avril 2019		juillet 2020	
Situation par rapport au site	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval
Émetteurs γ d'origine artificielle (Bq.kg⁻¹.sec)																						
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	14 (1/1)	14-17 (2/2)	11,6 (1/1)	11,1-12 (2/2)	12,8 (1/1)	6,8-12 (2/2)	11,9 (1/1)	10,9-11,2 (2/2)	9,0 (1/1)	9,2-11,4 (2/2)	9,4 (1/1)	9,1-15 (2/2)	8,6 (1/1)	9,7-11,7 (2/2)	10,6 (1/1)	8,0-9,8 (2/2)	11,2 (1/1)	9,7-12,8 (2/2)	9,2 (1/1)	9,6-12,9 (2/2)	8,0 (1/1)	9,20 (1/1)
⁵⁷ Co	-	0,5 (1/2)	-	-	-	0,56 (1/2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,51 (1/2)	-	2,16 (1/1)
⁶⁰ Co	-	1-1,5 (2/2)	-	1,24 (1/2)	-	0,67-2,3 (2/2)	-	0,66-2,7 (2/2)	-	0,46-1,56 (2/2)	-	2 (1/2)	-	0,36-5 (2/2)	-	0,36-2,61 (2/2)	-	0,56-3,18 (2/2)	-	13-14,5 (2/2)	-	8,3 (1/1)
^{110m} Ag	-	0,4 (1/2)	-	-	-	-	-	-	-	0,37 (1/2)	-	1,11 (1/2)	-	-	-	0,89 (1/2)	-	-	-	0,6-5,0 (2/2)	-	1,45 (1/1)
⁵⁴ Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

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

IRSN

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

48/74

Tableau 16 - Activités massiques et volumiques en radionucléides émetteurs γ et β des échantillons de végétaux (phanérogames immergées) collectés dans l'environnement aquatique du site de Cattenom lors des études radioécologiques de 2010 à 2020 (excepté en 2017*).

Date	juin 2010		juin 2011		mai et août 2012		juillet 2013		juin 2014		juin 2015		septembre 2016		juin 2018		juin 2019		juillet 2020	
Situation par rapport au site	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval
Émetteurs γ d'origine artificielle (Bq.kg⁻¹.sec)																				
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	2-17 (7/7)	0,9-6,4 (3/3)	0,38-4,2 (6/7)	0,68-2,9 (3/3)	1-3,2 (4/7)	1,04-1,3 (2/3)	0,91-2,1 (2/2)	0,8-1,08 (3/3)	1,10 (2/2)	0,53-1,07 (3/3)	1-1,48 (2/2)	1,28-2,2 (3/3)	0,54-2,4 (2/2)	1,1-1,93 (3/3)	1,48-2,9 (4/4)	2,16-4,7 (5/5)	3,2-6,2 (2/2)	1,4-3,4 (3/3)	0,21 (1/1)	0,66 (1/1)
⁵⁷ Co	-	-	-	0,15 (1/3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁵⁸ Co	-	1,8-2,9 (3/3)	-	3,5-11,8 (3/3)	-	1-3,8 (2/3)	-	-	-	0,61-4,3 (3/3)	-	0,51-2,1 (3/3)	-	0,81-2,1 (2/3)	-	0,77-7,5 (4/5)	-	5,3-16,7 (3/3)	-	1,12 (1/1)
⁶⁰ Co	-	0,8 (2/3)	-	0,41-0,81 (2/3)	-	1,7 (1/3)	-	-	-	0,18-0,46 (3/3)	-	0,79-5,5 (3/3)	-	0,23-0,62 (3/3)	-	1,44 (1/5)	-	2,34-7,8 (3/3)	-	-
^{110m} Ag	-	-	-	-	-	1,03 (1/3)	-	-	-	-	-	0,57 (1/3)	-	-	-	0,46 (1/5)	-	0,83-2,04 (3/3)	-	-
⁵⁴ Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,24 (1/3)	-	-
^{129m} Te	-	-	-	-	-	0,57 (1/3)	-	-	-	0,16-0,18 (2/3)	-	0,36 (1/3)	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³¹ I (1)	6-130 (7/7)	9 (1/1)	4-164 (6/7)	5 (1/1)	3,1-141 (3/5)	3,8-4,1 (2/2)	12,1 (1/1)	8,4 (1/1)	24 (1/1)	6,6 (1/1)	3,6 (1/1)	2,6 (1/1)	4,2 (1/1)	6,5 (1/1)	4,7-5,5 (2/2)	3,7-4,8 (2/2)	5,6 (1/1)	5,2 (1/1)	n.a.	n.a.
Émetteurs β (HTO : Bq.L⁻¹ d'eau de dessiccation, TOL : Bq.L⁻¹ d'eau de combustion, ¹⁴C : Bq.kg⁻¹ de C)																				
³ H libre	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,5 (1/1)	64 (1/1)	1 (1/1)	5,1 (1/1)	1,3 (1/1)	50,1 (1/1)	1,2 (1/1)	58,2 (1/1)	-	77,8 (1/1)	1,1 (1/1)	73,1 (1/1)
TOL	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.	1,3 (1/1)	31,8 (1/1)	2,5 (1/1)	47,5 (1/1)	n.a.	n.a.
¹⁴ C	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	187,4 (1/1)	881,9 (1/1)	173 (1/1)	969 (1/1)	n.a.	n.a.

- : inférieur au seuil de décision. n.a. : non analysé ; (1) : du fait de sa courte période physique, ¹³¹I n'est mesuré que dans certains échantillons. * Aucun végétal aquatique n'a pu être prélevé en 2017.

IRSN

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

49/74

Tableau 17 - Activités massiques et volumiques en radionucléides émetteurs γ et β des échantillons de poissons (muscle) collectés dans l'environnement aquatique du site de Cattenom lors des études radioécologiques de 2010 à 2020.

Date	juin 2010		juin 2011		juin 2012		juin 2013		septembre 2014		juin 2015		juillet 2016		juillet 2017		juillet 2018		juillet 2019		juin 2020	
	Situation par rapport au site		amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval	amont	aval
Émetteurs γ d'origine artificielle (Bq.kg⁻¹ frais)																						
¹³⁴ Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹³⁷ Cs	0,04 (1/1)	0,06 (1/1)	0,049 (1/1)	0,056 (1/1)	0,042 (1/1)	0,07 (1/1)	0,023 (1/1)	0,037 (1/1)	0,038 (1/1)	0,066 (1/1)	0,048 (1/1)	0,041 (1/1)	0,041 (1/1)	0,042 (1/1)	0,053 (1/1)	0,060 (1/1)	0,0239 (1/1)	0,0155 (1/1)	0,0519 (1/1)	0,0575 (1/1)	0,0392 (1/1)	0,0557 (1/1)
⁵⁸ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁶⁰ Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
^{110m} Ag	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
⁵⁴ Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Émetteurs β (H libre : Bq.L⁻¹ d'eau de dessiccation, TOL : Bq.L⁻¹ d'eau de combustion, ¹⁴C : Bq.kg⁻¹ de C)																						
³ H libre	1,9 (1/1)	51,1 (1/1)	1,3 (1/1)	46 (1/1)	1,6 (1/1)	53,4 (1/1)	0,9 (1/1)	1,0 (1/1)	-	0,7 (1/1)	1,5 (1/1)	27,4 (1/1)	1 (1/1)	50,3 (1/1)	-	8,4 (1/1)	0,9 (1/1)	56,6 (1/1)	1 (1/1)	69,1 (1/1)	1,4 (1/1)	4,8 (1/1)
TOL	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-	34,5 (1/1)	2,0 (1/1)	31,7 (1/1)	1,4 (1/1)	24,7 (1/1)	1,5 (1/1)	23,4 (1/1)	2,6 (1/1)	30 (1/1)	2,8 (1/1)	20,9 (1/1)	1,3 (1/1)	31,7 (1/1)	1,9 (1/1)	36,5 (1/1)	0,7 (1/1)	21,9 (1/1)
¹⁴ C	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	212 (1/1)	758 (1/1)	200,5 (1/1)	2 091 (1/1)	212 (1/1)	1 780 (1/1)	200 (1/1)	1 360 (1/1)	207 (1/1)	1 660 (1/1)	249 (1/1)	2 340 (1/1)	220 (1/1)	2 330 (1/1)	202 (1/1)	2 110 (1/1)	215 (1/1)	1 870 (1/1)

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

Tableau 18 - Activités massiques en radionucléides émetteurs γ d'origine naturelle des échantillons collectés dans l'environnement aquatique en amont et en aval du site de Cattenom lors du suivi radioécologique en 2020.

Chronique	Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Fraib/Sec	Date de mesure	‰	Familie de ²³² Th		Familie de ²³⁸ U		⁷ Be	Unité
										²²⁸ Ac	²²⁸ Th	²³⁴ Pa	²³⁴ Pb		
Moselle en amont de cattenom	Basse-Ham	21/07/2020	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage (retenu sur tamis)	sec	3,58	21/10/2020	510±45	50,0±6,0	n.a.	35±12	n.a.	47,0±5,0	Bq.kg ⁻¹ sec
Moselle en aval de cattenom	Cattenom	21/07/2020	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage (retenu sur tamis)	sec	4,15	19/10/2020	496±43	57,0±7,0	n.a.	≤ 25	n.a.	109±10	Bq.kg ⁻¹ sec
Moselle en amont de cattenom	Basse-Ham	21/07/2020	Phanérogames aquatiques	Potamogeton perfolié Potamogeton perfoliatus L.	Parties aériennes	cedre	10,33	12/10/2020	432±42	10,0±1,4	3,48±0,70	≤ 14	4,35±0,77	8,5±1,6	Bq.kg ⁻¹ sec
Moselle en aval de cattenom	Berg-sur-Moselle	21/07/2020	Phanérogames aquatiques	Myriophyllum non identifié Myriophyllum sp.	Parties aériennes	cedre	6,30	12/10/2020	211±21	19,7±2,6	4,6±1,2	≤ 19	11,3±1,7	21,0±3,2	Bq.kg ⁻¹ sec
Moselle en amont de cattenom	Uckange	24/06/2020	Poissons	Chevesne Leuciscus cephalus	Muscle	cedre	4,69	16/10/2020	109±10	≤ 0,032	≤ 0,090	≤ 1,0	≤ 0,10	≤ 0,19	Bq.kg ⁻¹ frais
Moselle en aval de cattenom	Berg-sur-Moselle	23/06/2020	Poissons	Chevesne Leuciscus cephalus	Muscle	cedre	5,00	16/10/2020	109±10	≤ 0,030	≤ 0,065	≤ 1,0	≤ 0,078	≤ 0,17	Bq.kg ⁻¹ frais

Dans les tableaux pour le milieu aquatique :

Prélèvements en amont du dispositif de rejet des effluents liquides
Prélèvements en aval du dispositif de rejet des effluents liquides

n.a. : non analysé

Tableau 19 - Activités massiques en radionucléides émetteurs γ d'origine artificielle des échantillons collectés dans l'environnement aquatique en amont et en aval du site de Cattenom lors du suivi radioécologique en 2020.

Chronique	Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Qualité	Frais/Sec	Date de mesure	^{137}Cs	^{134}Cs	^{60}Co	^{54}Co	^{109}Ag	^{137}mBa	^{132}I	^{131}I	Unité	
Moselle en amont de cattenom	Basse-Ham	21/07/2020	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage (retenu sur tamis)	sec	3,58	21/10/2020	$\leq 0,19$	$8,00\pm 0,70$	$\leq 0,40$	$\leq 0,21$	$\leq 0,27$	$\leq 0,46$	$\leq 0,50$	n.a	Bq.kg ⁻¹ .sec	
Moselle en aval de cattenom	Cattenom	21/07/2020	Sédiments	Sédiments de milieu dulçaquicole	Produits de tamisage (retenu sur tamis)	sec	4,15	19/10/2020	$\leq 0,19$	$9,20\pm 0,80$	$2,16\pm 0,38$	$8,30\pm 0,90$	$1,45\pm 0,25$	$\leq 0,23$	$\leq 0,47$	$\leq 0,60$	n.a	Bq.kg ⁻¹ .sec
Moselle en amont de cattenom	Basse-Ham	21/07/2020	Phanérogames aquatiques	Potamogeton perfoliatus L.	Parties aériennes	cenbre	10,33	12/10/2020	$\leq 0,11$	$0,207\pm 0,067$	$\leq 0,25$	$\leq 0,15$	$\leq 0,16$	$\leq 0,15$	$\leq 0,25$	$\leq 0,28$	n.a	Bq.kg ⁻¹ .sec
Moselle en aval de cattenom	Berg-sur-Moselle	21/07/2020	Phanérogames aquatiques	Myriophyllum non identifié	Parties aériennes	cenbre	6,30	12/10/2020	$\leq 0,18$	$0,66\pm 0,13$	$1,12\pm 0,26$	$\leq 0,19$	$\leq 0,25$	$\leq 0,22$	$\leq 0,42$	$\leq 0,48$	n.a	Bq.kg ⁻¹ .sec
Moselle en amont de cattenom	Uckange	24/06/2020	Poissons	Chevesne Leuciscus cephalus	Muscle	cenbre	4,69	16/10/2020	$\leq 0,0078$	$0,0392\pm 0,0061$	$\leq 0,023$	$\leq 0,012$	$\leq 0,013$	$\leq 0,010$	$\leq 0,025$	$\leq 0,018$	n.a	Bq.kg ⁻¹ .frats
Moselle en aval de cattenom	Berg-sur-Moselle	23/06/2020	Poissons	Chevesne Leuciscus cephalus	Muscle	cenbre	5,00	16/10/2020	$\leq 0,0065$	$0,0557\pm 0,0065$	$\leq 0,022$	$\leq 0,010$	$\leq 0,012$	$\leq 0,0091$	$\leq 0,021$	$\leq 0,017$	n.a	Bq.kg ⁻¹ .frats

n.a. : non analysé.

IRSN

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

52/74

Tableau 20 - Activités massiques et volumiques en tritium libre dans les échantillons prélevés dans l'environnement aquatique en amont et en aval du site de Cattenom lors du suivi radioécologique annuel de 2020.

Chronique	Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure	^3H libre (Bq.L ⁻¹ d'eau de dessiccation)	^3H libre (Bq.kg ⁻¹ .sec ou frats ou Bq.L ⁻¹)	Unité
Moselle en amont de cattenom	Basse-Ham	21/07/2020	Phanérogames aquatiques	Potamogeton perfoliatus L.	Eau extraite par lyophilisation	7,87	20/10/2020	$1,10\pm 0,70$	$0,96\pm 0,61$	Bq.kg ⁻¹ .frats
Moselle en aval de cattenom	Berg-sur-Moselle	21/07/2020	Phanérogames aquatiques	Myriophyllum non identifié	Eau extraite par lyophilisation	5,36	09/11/2020	$73,1\pm 4,1$	$59,5\pm 3,3$	Bq.kg ⁻¹ .frats
Moselle en amont de cattenom	Uckange	24/06/2020	Poissons	Chevesne Leuciscus cephalus	Eau extraite par lyophilisation	5,12	09/11/2020	$1,40\pm 0,60$	$1,13\pm 0,48$	Bq.kg ⁻¹ .frats
Moselle en aval de cattenom	Berg-sur-Moselle	23/06/2020	Poissons	Chevesne Leuciscus cephalus	Eau extraite par lyophilisation	5,03	22/10/2020	$4,80\pm 0,80$	$3,85\pm 0,64$	Bq.kg ⁻¹ .frats

Tableau 21 - Activités massiques et volumiques en tritium organiquement lié dans les échantillons prélevés dans l'environnement aquatique en amont et en aval du site de Cattenom lors du suivi radioécologique annuel de 2020.

Chronique	Station	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 frats ou Bq.L ⁻¹)	Unité
Moselle en amont de cattenom	Uckange	24/06/2020	Poissons	Chevesne Leuciscus cephalus	Eau extraite par lyophilisation	5,12	02/02/2021	$0,70\pm 0,70$	$0,089\pm 0,089$	Bq.kg ⁻¹ .frats
Moselle en aval de cattenom	Berg-sur-Moselle	23/06/2020	Poissons	Chevesne Leuciscus cephalus	Eau extraite par lyophilisation	5,03	02/02/2021	$21,9\pm 1,5$	$2,76\pm 0,22$	Bq.kg ⁻¹ .frats

n.a. : non analysé.

IRSN

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

53/74

Tableau 22 - Activités en ¹⁴C dans les échantillons prélevés dans l'environnement aquatique en amont et en aval du site de Cattenom lors du suivi radioécologique annuel de 2020.

Chronique	Station	Date de prélèvement	Nature	Espèce	Fraction	Frais/Sec	Date de mesure ¹⁴ C	¹⁴ C (Bq.kg ⁻¹ de C)	δ ¹³ C (‰)	pMC (‰)	¹⁴ C (Bq.kg ⁻¹ frais)	C TOT. (g.kg ⁻¹)
Moselle en amont de cattenom	Uckange	24/06/2020	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	5,12	10/11/2020	215±11	-26,61	95,4±4,9	19,8±1,0	92
Moselle en aval de cattenom	Berg-sur-Moselle	23/06/2020	Poissons	Chevesne <i>Leuciscus cephalus</i>	Résidu sec obtenu après lyophilisation	5,03	10/11/2020	1 870±90	-26,2	829±40	172,0±8,3	92

7. BIBLIOGRAPHIE

1. IRSN, *Bilan de l'état radioécologique de l'environnement français de 2018 à 2020*. 2021, IRSN. 408 p. p.
2. Bé, M., Chisté, V., Dulieu, C., Kellet, M.A., Mougeot, X., Arinc, A., Chechev, V.P., Kuzmenko, N.K., Kibédi, A., et Nichols, A.L. *Table of radionuclides*. Monographie BIPM-5 2016; Accessible à l'adresse: <https://www.bipm.org/en/publications/scientific-output/monographie-ri-5.html>.
3. IRSN, *Les essais atmosphériques d'armes nucléaires : des retombées radioactives à l'échelle planétaire*. Fiche Information de l'Institut de radioprotection et de Sécurité Nucléaire. 2008, IRSN. 24 p.
4. Renaud, P., Champion, D., et Brenot, J., *Les retombées radioactives de l'accident de Tchernobyl sur le territoire français: Conséquences environnementales et exposition des personnes*. Sciences et techniques, ed. E.T. Doc2008, Paris: Lavoisier. 190 p.
5. IAEA/WMO. *Global network of isotopes in precipitation. The GNIP database*. 2013. Accessible à l'adresse: <http://www.iaea.org/water>.
6. Olive, P., Hubert, P., et Ravailleau, S., *Estimation pratique de "l'âge" des eaux souterraines en Europe par le tritium*. Revue des sciences de l'eau, 1996. 4: 523-533 p.
7. Eyrolle-Boyer, F., Claval, D., Antonelli, C., Tournieux, D., et Cossonnet, C., *1963-2013 : Fifty years of anthropogenic tritium in our environment - Focus on the Rhône valley (South east France)*. 10th International Conference on Tritium Science and Technology, "TRITIUM 2013", Nice, 2013 p.
8. Levin, I. et Heshaimer, V., *A unique tracer of global carbon cycle dynamics*. Radiocarbon, 2000. 42(1): 69-80 p.
9. Roussel-Debet, S., Gontier, G., Siclet, F., et Fournier, M., *Distribution of Carbon 14 in the terrestrial environment close to French nuclear power plants*. Journal of Environmental Radioactivity, 2006. 87(3): 246-259 p.
10. Livret de la collection Thématique de l'Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire, *Tchernobyl, 25 ans après*. 2011, Livret de la collection Thématique de l'Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire. 43 p.
11. Renaud, P., Champion, D., et Brenot, J., *Les retombées radioactives de l'accident de Tchernobyl sur le territoire français. Conséquences environnementales et exposition des personnes*. 2007, Paris: Éditions Tec & Doc. Collection Sciences et techniques. Lavoisier.
12. IRSN, *Analyse de l'impact de l'accident de Fukushima en France (métropole et DROM-COM) à partir des résultats de la surveillance renforcée de la radioactivité de l'environnement*. 2011, IRSN. Rapport Rapport DEI/2011-01, 90 p.
13. IRSN. *Expertise de l'IRSN en matière de rejets hospitaliers de médecine nucléaire*. 2018 [cited 2018; Accessible à l'adresse: http://www.irsn.fr/FR/Actualites_presse/Communiqués_et_dossiers_de_presse/Pages/expertise_IRSN_en_matiere_de_rejets_hospitaliers_medicine_nucleaire.
14. Roussel-Debet, S., *Données utiles à l'interprétation des mesures de carbone 14 en milieu terrestre*. Radioprotection, 2014. 49(1): 49-54 p.

15. Blandin, P., *Bioindicateurs et diagnostic des systèmes écologiques*. Bulletin d'écologie, 1986. 17(4) p.
16. Stuiver, M. et Polach, A., *Discussion reporting og 14C data*. Radiocarbon, 1977. 19(3): 355-363 p.
17. Laboratoire national Henri Becquerel, *Arrondissement des résultats de mesure - Nombre de chiffres significatifs*. 2004, Laboratoire national Henri Becquerel. Rapport Note technique LNHB/04-13, 8 p.
18. Vray, F., Debayle, C., et Louvat, D., *Long-term flux of Chernobyl-derived 137Cs from soil to French rivers : a study on sediment and biological indicators*. Journal of Environmental Radioactivity. 2003. 68: 93-114. p.
19. IRSN, *Radionucléides naturels en France*. 2007, IRSN. Rapport Rapport DEI/SESURE n°2007-21, 45 p.
20. Renaud, P. et Louvat, D., *Magnitude of fission product depositions from atmospheric nuclear weapon test fallout in France*. Health Physics, 2004. 86(4): 6 p.
21. ASN, *Livre blanc du tritium*, 2010, ASN. 304 p p.
22. IAEA, *Monitoring isotopes in rivers : creation of the global network of isotopes in rivers (GNIR)*. 2012, IAEA. Rapport IAEA-TECDOC-1673, 258 p.
23. Rank, D., Papesch, W., Heiss, G., et Tesch, R., *Isotopic composition of river water in the danube basin - results from the joint danube survey 2 (2007)*. Austrian Journal of Earth Sciences, 2009. 102(2): 170-180 p.
24. Bailly du Bois, P. et Dumas, F., *Fast hydrodynamic model for medium- and long-term dispersion in seawater in the English Channel and southern North Sea, qualitative and quantitative validation by radionuclide tracers*. Ocean Modelling, 2005. 9(2): 169-210 p.
25. IRSN, *Synthèse du suivi radioécologique 2013 des 19 centres nucléaires de production d'électricité en exploitation*. 2014, IRSN. 132 p.
26. Douville, E., Fiévet, B., Germain, P., et Fournier, M., *Radiocarbon behaviour in seawater and the brown algae *Fucus serratus* in the vicinity of the COGEMA La Hague spent fuel reprocessing plant (Goury) - France*. Journal of Environmental Radioactivity, 2004. 77(3): 355-368 p.
27. Fiévet, B., Voiseux, C., Rozet, M., Masson, M., et Bailly du Bois, P., *Transfer of radiocarbon liquid releases from the AREVA La Hague spent fuel reprocessing plant in the English Channel*. Journal of Environmental Radioactivity, 2006. 90(3): 173-196 p.

8. ANNEXES

Comme pour toute expertise radioécologique de site reposant sur des résultats de mesures, le choix et la mise en place de la stratégie d'échantillonnage sont primordiaux. Il est nécessaire de choisir des lieux de prélèvement et des matrices capables de rendre compte d'un éventuel marquage de l'environnement par les radionucléides émis lors des rejets d'effluents liquides ou atmosphériques des installations étudiées.

Les bryophytes, les phanérogames aquatiques ou les algues sont utilisés comme indicateurs des activités présentes dans les vecteurs de diffusion des rejets (air et eau). Les sols et sédiments sont des matrices d'accumulation des radionucléides. Pour répondre à des besoins de radioprotection, des produits végétaux (légumes-feuilles essentiellement) ou animaux consommables localement (poissons, mollusques, crustacés, lait de vache ou de chèvre) font l'objet d'une surveillance. Les eaux destinées à l'irrigation ou à la consommation sont également intégrées aux plans d'échantillonnage. Afin de rendre les études autour des CNPE français homogènes et d'établir si besoin des comparaisons, les plans d'échantillonnage sont établis de manière standardisée et, autant que possible, reproduits d'un site à l'autre. La figure de la page suivante présente de manière schématique le plan d'échantillonnage avec notamment le type de matrices prélevées. Des prélèvements supplémentaires ou des prélèvements de matrices différentes peuvent être réalisés, en particulier dans le cadre des prescriptions techniques formulées par l'A.S.N., en matière de surveillance de l'environnement. La stratégie d'échantillonnages et d'analyses, fournie par EDF, est mise à jour annuellement par EDF en fonction du retour d'expérience et de l'évolution de la réglementation.

La localisation des prélèvements est définie en fonction du contexte géographique et environnemental de chaque site. Les prélèvements dans l'environnement terrestre sont répartis en fonction de la direction des vents, en distinguant notamment les zones potentiellement influencées par les rejets d'effluents atmosphériques des zones hors vents dominants. Dans l'environnement aquatique continental, on distingue les prélèvements effectués en amont ou en aval des points de rejets des effluents liquides des CNPE, en tenant compte de la présence possible d'une autre installation en amont sur le fleuve. Bien que souvent complexes à définir, les conditions hydrodynamiques locales sont également des facteurs importants à prendre en considération lors des choix des lieux de prélèvements en milieu marin.

La mesure gamma permet de quantifier les activités d'un large spectre de radionucléides naturels et artificiels. C'est la raison pour laquelle elle a été retenue lors des premiers suivis radioécologiques annuels. Une recherche spécifique de l'¹³³I par spectrométrie gamma a été entreprise depuis 1997 sur quelques végétaux terrestres et aquatiques. Outre les mesures des niveaux d'activités des radionucléides émetteurs gamma, les activités en tritium libre (HTO) ont été quantifiées annuellement depuis l'année 2000. L'amélioration des limites de détection et des capacités métrologiques font que, depuis 2009, la quantification des activités en tritium organiquement lié (TOL) et carbone-14 (¹⁴C) est introduite dans la stratégie d'étude.

Toutes les informations concernant l'identification, la localisation, puis les traitements et les mesures effectués sur les échantillons prélevés, sont enregistrées dans la base de données exploitée par l'IRSN. La traçabilité et la qualité des différentes opérations sont ainsi garanties et vérifiables. De plus, cela permet l'archivage et l'exploitation de séries chronologiques ou spatiales de données. Leur exhaustivité et leur homogénéité depuis 1991 permet leur utilisation à tout moment pour une expertise ou une étude particulière. Les étapes détaillées suivies par un échantillon depuis le prélèvement jusqu'à la mesure sont décrites dans « l'appendice méthodologique ».

L'exploitation des résultats repose sur la connaissance nécessaire des différentes sources de radioactivité gamma, tritium et ¹⁴C dans l'environnement.

Sur le territoire français métropolitain, des radionucléides d'origine naturelle tellurique (⁴⁰K, ²³⁸U, ²³²Th et leurs descendants) ou cosmogénique (³H, ⁷Be et ¹⁴C) ainsi que des radionucléides d'origine artificielle (¹³⁷Cs) sont

présents dans l'environnement terrestre. Les activités en radionucléides naturellement présents (^3H , ^{14}C) peuvent être augmentées par les rejets d'effluents de l'industrie nucléaire ou les activités militaires. Les dépôts globaux de ces radionucléides (^3H , ^{14}C et ^{137}Cs) sont liés aux retombées atmosphériques des essais nucléaires aériens pratiqués entre 1945 et 1980, et, pour le ^{137}Cs , au passage en mai 1986 du panache radioactif consécutif à l'accident de Tchernobyl. Les retombées de l'accident de Fukushima Daiichi ont été décelées ponctuellement et à l'état de trace, en France, essentiellement en 2011 et jusqu'en 2013.

Localement, les rejets d'effluents effectués par les installations peuvent conduire à un marquage de certains compartiments de l'environnement en radionucléides artificiels. Les radionucléides émetteurs gamma présents dans les effluents radioactifs peuvent être des produits d'activation neutronique ou des produits de fission. Dans les CNPE, ^{14}C , ^{54}Mn , ^{58}Co , ^{60}Co , $^{110\text{m}}\text{Ag}$ et ^{124}Sb sont par exemple générés par l'activation des matériaux de structure des installations ; ^{134}Cs , ^{137}Cs , et ^{131}I , sont des produits de fission. Le ^3H provient principalement de l'activation neutronique du bore contenu dans le circuit primaire. Il est cependant important de tenir compte des possibles influences liées aux rejets de ces mêmes radionucléides par d'autres installations. Cela concerne par exemple les rejets d'effluents liquides des centres hospitaliers (rejets de ^{131}I). L'industrie horlogère en France et en Suisse a utilisé du tritium jusque dans les années 1990. Les résidus sont encore présents dans le Rhône et le Rhin aujourd'hui. Des centres d'études ou de recherche (C.E.A., instituts, CERN, etc.) contribuent au marquage des écosystèmes aquatiques. Par exemple, les eaux du Rhin, au niveau du CNPE de Fessenheim, peuvent apporter des radionucléides rejetés par les sites nucléaires suisses situés en amont. Les rejets des installations d'ORANO La Hague en Manche sont en partie responsables d'un marquage de l'environnement marin à proximité des CNPE de Flamanville, Paluel, Penly et Gravelines. Les rejets atmosphériques des installations d'ORANO à Marcoule contribuent au marquage de la partie sud de la zone d'étude autour du Tricastin.

L'identification de radionucléides « traceurs » des rejets des différentes installations permet de rechercher les contributions des différentes sources de rejet au marquage de l'environnement. Les produits d'activation hormis les ^3H et ^{14}C (^{24}Mn , ^{57}Co , ^{58}Co , ^{60}Co , $^{110\text{m}}\text{Ag}$) sont caractéristiques de rejets issus d'activité nucléaire. Leur présence dans les matrices de l'environnement traduit donc un marquage par des rejets d'effluents locaux. Pour déterminer les marquages éventuels en ^3H et ^{14}C , il est indispensable d'avoir une référence hors influence.

L'ensemble des techniques utilisées est décrit dans les documents de l'Assurance de la Qualité de l'IRSN. Les principales d'entre elles sont résumées ci-après.

En début de ce chapitre, il paraît nécessaire de donner la définition du terme de bio-indicateur. Blandin [15] donnait du bio-indicateur la définition suivante : « Un indicateur biologique (ou bio-indicateur) est un organisme ou un ensemble d'organismes qui - par référence à des variables biochimiques, cytologiques, physiologiques, éthologiques ou écologiques - permet, de façon pratique et sûre, de caractériser l'état d'un écosystème ou d'un écosystème et de mettre en évidence aussi précocement que possible leurs modifications, naturelles ou provoquées ».

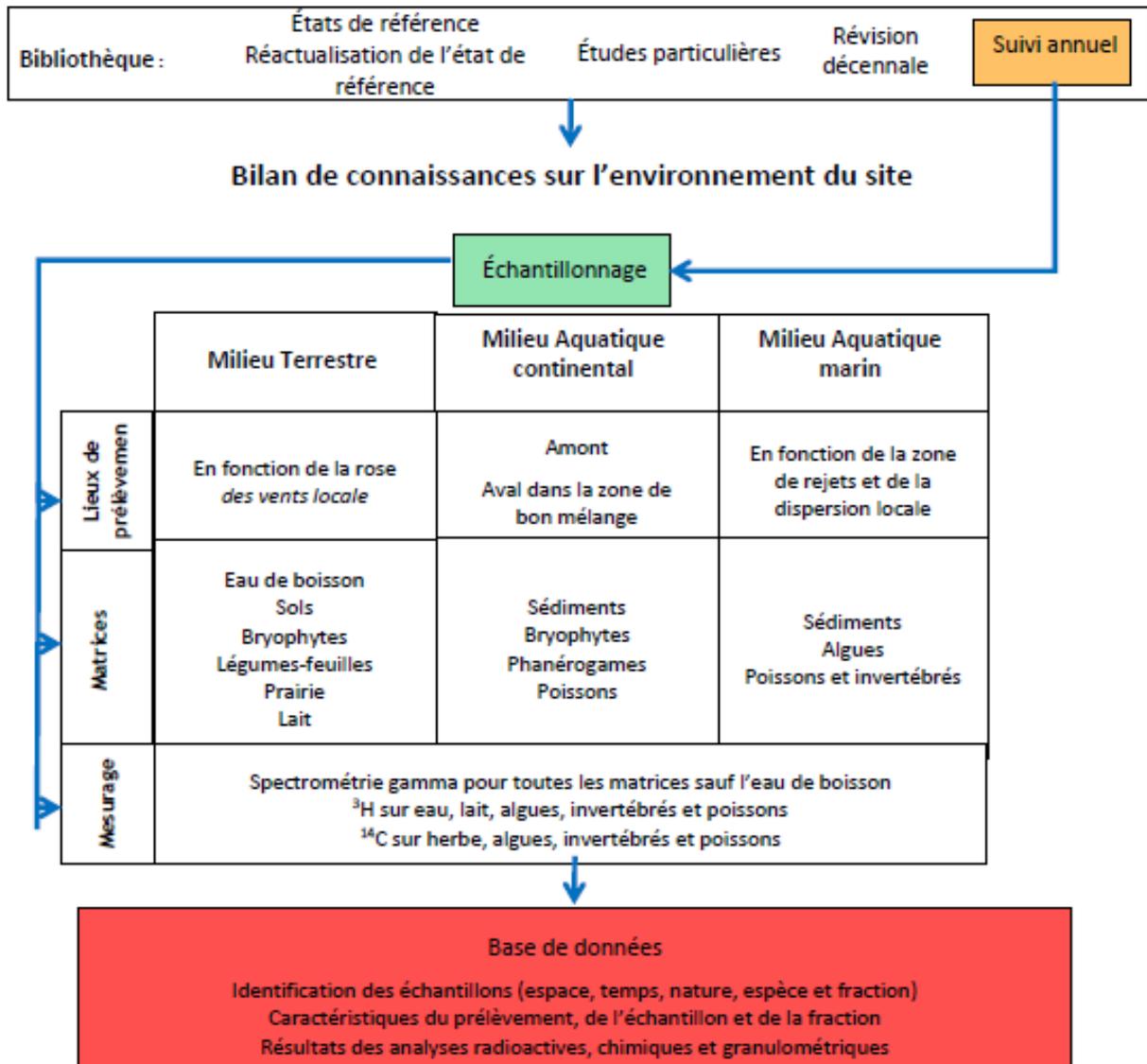


Figure 8 – Démarche utilisée pour la réalisation du suivi radioécologique annuel de chaque site.

8.1. Choix des stations de prélèvements

La localisation des stations de prélèvements suit les demandes EDF exprimées dans le cahier des charges du marché.

8.2. Choix des matrices prélevées

Comme indiqué dans le cahier des charges, « EDF a défini une stratégie de surveillance basée sur la complémentarité des mesures réglementaires et des études radioécologiques d'expertise. Cette stratégie se traduit par un plan de prélèvements et d'analyses tenant compte de nombreux paramètres de façon à obtenir des résultats aussi représentatifs que possible du milieu étudié. Cette représentativité porte sur :

- les échantillons prélevés, dont la représentativité dépend notamment du radionucléide recherché, de la disponibilité dans l'environnement de la matrice échantillonnée, de la fréquence de prélèvement, de la zone de prélèvement, des méthodes de prélèvement et de conservation de l'échantillon...
- les mesures réalisées, dont la représentativité dépend des traitements subis par l'échantillon, du protocole et des contraintes analytiques, de l'appareillage utilisé...

Le choix du type de matrices échantillonnées (bioindicateurs, compartiments d'accumulation, produits de consommation, vecteurs de la radioactivité...) et de la fréquence d'échantillonnage impose des zones de prélèvements dans lesquelles une matrice de ce type est présente et disponible en quantités suffisantes pour supporter la périodicité des prélèvements. Ce critère de disponibilité conditionne le choix d'une espèce en particulier, à laquelle des critères spécifiques en termes d'échantillonnage peuvent être associés, notamment des critères relatifs à la zone de prélèvement (ex. zone dégagée de tout obstacle).

Qu'il s'agisse du milieu terrestre ou des milieux aquatiques (dulçaquicoles ou marins), le choix des points de prélèvement est basé sur une prise d'échantillon double permettant de collecter une matrice, sous et hors influence potentielle des rejets d'effluents atmosphériques ou liquides de chaque installation, et ainsi disposer de valeurs permettant de mettre en évidence et de quantifier une éventuelle influence des rejets des installations. Les études de dispersion et de dilution dans le milieu des rejets d'effluents atmosphériques et liquides permettent d'identifier les zones sous influence potentielle et hors influence des rejets des sites.

Le choix d'une zone de prélèvement pour chaque matrice correspond donc au meilleur compromis possible permettant de répondre au mieux à l'ensemble de ces critères génériques et spécifiques. Une fois la zone de prélèvement déterminée, le choix des points de prélèvement doit tenir compte des aspects liés à la sécurité : les points retenus doivent être aisément accessibles et permettre les prélèvements en toute sécurité.

De plus, le choix des stations de prélèvements est effectué sur la base du retour d'expérience acquis dans le cadre de la surveillance radioécologique des sites et dans l'objectif de pouvoir comparer les résultats obtenus sur le long terme. Ainsi, dans la mesure du possible, les prélèvements seront réalisés aux mêmes points de prélèvements et aux mêmes périodes d'une année sur l'autre de manière à assurer une continuité géographique et temporelle. »

8.2.1. Domaine terrestre

8.2.1.1. Les bryophytes terrestres

Les bryophytes terrestres constituent d'excellents indicateurs des apports atmosphériques. En effet, ne disposant pas de racines, leur principale voie d'absorption est aérienne. Des processus actifs de conduction d'eau par capillarité et d'échanges d'ions par voie extracellulaire permettent aux mousses de piéger les éléments nécessaires à leur croissance. En plus de ce mode d'intégration actif, les phénomènes passifs d'accumulation des poussières atmosphériques par piégeage mécanique contribuent à concentrer la radioactivité du fait d'un important rapport surface/volume. Leur cycle de vie pluriannuel en fait un indicateur pertinent pour l'observation des apports atmosphériques à long terme.

8.2.1.2. Les sols

On distingue les sols cultivés pour lesquels des labours sont réalisés des sols non cultivés sur lesquels les cultures pluriannuelles ne demandent aucun remaniement (pâturages). Les sols non cultivés sont des intégrateurs pluriannuels des retombées atmosphériques. N'ayant pas subi de labourage récent, les radionucléides déposés à leur surface ne sont pas dilués dans la couche de labour.

8.2.1.3. L'herbe

Les prairies naturelles, non cultivées, sont privilégiées afin de rendre compte des transferts de radionucléides à partir d'un sol non remanié depuis plusieurs décennies. La mesure dans l'herbe permet d'évaluer l'activité des radionucléides déposés par voie atmosphérique au cours du cycle végétatif de la prairie échantillonnée (quelques mois) et ceux incorporés par voie racinaire.

8.2.1.4. Les végétaux cultivés

Parmi les végétaux cultivés, les salades sont privilégiées. Elles représentent la catégorie de légumes à feuilles, largement consommée. Seules les parties aériennes, sans contact avec le sol, sont échantillonnées. Leur grande surface d'interception en fait d'assez bons indicateurs des retombées atmosphériques de l'année.

8.2.1.5. Le lait

Les mesures dans le lait permettent de disposer d'échantillons intéressants en matière de radioprotection. La mesure du lait est pertinente pour rendre compte d'un éventuel marquage par les retombées atmosphériques, même très faibles, du fait des grandes surfaces d'herbe consommées pour produire ce lait. En effet la surface d'herbe consommée par une vache pour produire 1 litre de lait est nettement supérieure à la surface d'un prélèvement d'herbe.

8.2.1.6. Les eaux

Les prélèvements sont réalisés préférentiellement dans les réseaux de distribution d'eau potable, sinon dans le réseau de distribution d'eau d'irrigation. Les radionucléides sont recherchés dans la phase dissoute.

8.2.2. Domaine aquatique

8.2.2.1. Les sédiments

Les sédiments de surface intègrent les dernières phases de dépôt du système aquatique et les résultats de mesures sont donc représentatifs des activités rejetées au cours des derniers mois. D'une manière générale, plus les particules sont fines plus elles développent, à masse identique, une surface d'échange importante susceptible de retenir des radionucléides tels que les produits de fission ou d'activation. Les zones de sédimentation des particules fines sont privilégiées, dans la mesure du possible, afin d'optimiser la détection des radionucléides. Les analyses portent sur la fraction inférieure à 2 mm.

8.2.2.2. Les phanérogames

Les phanérogames sont bien représentées sur l'ensemble du territoire français métropolitain. Les espèces immergées sont préférées aux espèces semi-aquatiques pour rendre compte des activités en radionucléides présents sous forme dissoute. Les résultats de mesure dans ces matrices sont représentatifs des niveaux d'activité dans l'eau au cours des quelques semaines précédant le prélèvement. Pour diminuer l'apport de radionucléides par le substrat, les tiges sont coupées au-dessus des racines. Un lavage soigneux permet de diminuer la quantité de matière en suspension retenue à la surface des végétaux.

8.2.2.3. Les poissons, mollusques et crustacés

Seule la partie consommée est analysée dans la majeure partie des cas. Cette fraction est en outre représentative des radionucléides assimilés.

8.3. Choix des fréquences d'analyses

La fréquence des analyses suit les demandes EDF exprimées dans le cahier des charges du marché. Dans le rapport du suivi radioécologique annuel sont exploités les résultats d'analyses sur les prélèvements collectés annuellement et spécifiquement pour le suivi radioécologique annuel. En complément, sont intégrés des résultats d'analyses acquis par l'IRSN pour EDF dans le cadre de la réglementation. Il s'agit en particulier des analyses de ^{14}C sur les végétaux collectés trimestriellement sous les vents des CNPE.

8.4. Choix des analyses

Les analyses réalisées suivent les demandes EDF exprimées dans le cahier des charges du marché. Elles portent sur les radionucléides les plus rejetés par les CNPE : tritium, ^{14}C , produits d'activation ou de fission présents dans les rejets d'effluents liquides (émetteurs gamma comme les ^{24}Mn , ^{58}Co , ^{60}Co , ^{63}Ni , $^{123\text{m}}\text{Te}$, ^{124}Sb , ^{125}Sb , ^{134}Cs ou ^{137}Cs) ou atmosphériques (émetteurs gamma comme les ^{58}Co , ^{60}Co , ^{134}Cs ou ^{137}Cs). Les rejets atmosphériques comprennent aussi des gaz rares et des iodes.

8.5. Méthode de prélèvements sur le terrain

8.5.1. Domaine terrestre

8.5.1.1. Sols

Les sols non caillouteux sont prélevés avec une tarière racinaire de 8 cm de diamètre.

Pour les sols cultivés, le prélèvement est effectué sur une profondeur de 20 cm. Dans le cas des sols non cultivés, le prélèvement est réalisé dans l'horizon superficiel entre 0 et 5 cm ; dans le cas des bilans radioécologiques décennaux, trois prélèvements sont effectués entre 0-5 cm, 5-15 cm et 15-30 cm.

Plusieurs points de prélèvement proches les uns des autres sont réalisés afin d'obtenir un échantillon de 2 à 3 kg qui est placé dans un sachet plastique, préalablement référencé.

8.5.1.2. Végétaux

La quantité de végétal (ou de fraction de végétal) à prélever est déterminée en fonction du rapport de poids frais / poids sec de l'échantillon (estimé a priori) et de la quantité nécessaire pour faire la mesure. L'échantillon est récolté à la main ou à l'aide d'outils tranchants, puis placé dans un sac plastique préalablement référencé et immédiatement fermé. Si l'échantillon doit être soumis à un mesurage du ^{14}C , il est immédiatement mis au frais.

8.5.1.3. Eaux (eau de boisson, eau de nappe)

La réalisation d'une spectrométrie gamma nécessite la collecte de 90 litres d'eau, stockés en bidons plastiques référencés, et acidifiés à l'acide nitrique molaire à raison de 1 mL par litre. Cette acidification est destinée à éviter le développement des micro-algues et à limiter la fixation de radionucléides sur les parois des récipients. La mesure du tritium nécessite la collecte de 80 mL d'eau filtrée à 0,22 μm puis répartie dans deux flacons en verre fermés hermétiquement. Tous les prélèvements d'eau de boisson sont réalisés après avoir fait couler de l'eau durant plusieurs minutes afin de purger la canalisation. Les eaux de nappe sont prélevées à l'aide de pompes pour piézomètres. Ces échantillons sont conservés au frais jusqu'à leur envoi au service de métrologie.

8.5.1.4. Lait

Le lait est prélevé directement à la ferme, chez le producteur. Les 6 à 18 litres nécessaires pour la réalisation d'une spectrométrie gamma, sont stockés dans des flacons référencés. Pour le mesurage du ^3H libre, lié et ^{14}C , 1 à 2 litres est conservé au frais.

8.5.2. Domaine aquatique continental

8.5.2.1. Sédiments

Le sédiment est prélevé de préférence à la pelle, sinon au cône de Berthois, puis déposé dans un récipient plastique à usage unique, fermeture hermétique et référencé. De retour au laboratoire, ces boîtes sont conservées en chambre froide à 4°C en attente du traitement.

8.5.2.2. Végétaux

Les végétaux aquatiques sont prélevés, à raison d'environ 1 kg frais par espèce, à partir de la berge, à la main ou à l'aide de gaffes ou de grappins. Lavés dans le cours d'eau, ils sont ensuite disposés par espèce dans des bacs aérés afin d'éviter tout pourrissement, et traités dès leur arrivée au laboratoire.

8.5.2.3. Poissons

Les pêches sont réalisées au moyen de filets de type monofilament en nylon, de mailles de 10 à 70 mm. Ils sont installés au-dessus de zones profondes. Fixés en un point, ils sont disposés passivement dans le courant. Cette technique est efficace pour assurer la capture d'individus effectuant des migrations transversales et pour

s'assurer de l'obtention d'un lot de poissons de taille homogène. Ces pêches sont réalisées de façon diurne avec une pose n'excédant pas 3 heures.

Une quantité d'environ 12 kg frais par espèce est nécessaire. Les individus capturés sont identifiés, pesés et mesurés sur le terrain. Après éviscération, ces échantillons sont conditionnés en sacs plastiques référencés et conservés à basse température (<4°C) jusqu'à leur arrivée au laboratoire où une dissection permet de séparer les filets du reste du corps (environ 6 kg de chair).

8.6. Préparation et conditionnement des échantillons

8.6.1. Domaine terrestre

8.6.1.1. Eau de boisson

Mesurage des émetteurs gamma

Pour le mesurage des émetteurs gamma, chaque échantillon de 90 litres environ est ramené à un volume de 500 mL par évaporation à 70 °C. L'échantillon concentré est transvasé dans un conteneur pour échantillons liquides (SG500), équivalent de la géométrie 380 mL. Il est alors expédié au laboratoire de métrologie de l'IRSN.

Mesurage du tritium

La préparation pour le mesurage du ³H se fait sur le terrain par filtration sur filtre plan de porosité 0,22 µm de deux échantillons de 40 ml, puis expédiés au laboratoire de métrologie dans des sachets aluminés sous vide.

8.6.1.2. Sols

Après émottage et quartage, 300 g environ sont séchés à l'étuve à une température inférieure à 40 °C, placés dans un sachet, référencés et expédiés, pour l'analyse granulométrique et la détermination de la teneur en matière organique, à la Société du Canal de Provence ou à l'INRA d'Arras. En ce qui concerne les analyses par spectrométrie gamma, 1,5 kg d'échantillon est séché et tamisé à 2 mm. 350 à 500 g de la fraction de terre fine (< 2 mm) ainsi séparés sont broyés puis conditionnés dans une boîte cylindrique en matière plastique (géométrie solide 380 mL), dont les dimensions sont spécifiques aux comptages en spectrométrie γ. Référencée, cette boîte est expédiée au laboratoire de métrologie de l'IRSN.

8.6.1.3. Végétaux

Mesurage des émetteurs gamma

De retour au laboratoire, les échantillons sont immédiatement nettoyés et pesés frais. Ils sont ensuite placés en étuve à moins de 105 °C jusqu'à dessiccation complète (24 à 48 h). Le poids sec de l'échantillon est noté, puis le résidu sec est mis au four. La montée en température s'effectue par paliers successifs afin d'éviter l'inflammation des échantillons (figure ci-après). À la sortie du four, les cendres sont pesées puis broyées jusqu'à obtention d'une poudre, afin de concentrer le maximum de matière dans le minimum de volume. Le conditionnement est réalisé dans des boîtes en matière plastique (géométries) de 17 mL ou de 60 mL, référencées. Le poids du contenu est noté puis la géométrie est expédiée au service de métrologie de l'IRSN afin d'effectuer une spectrométrie γ. Le rapport poids frais / poids sec est déterminé sur chaque aliquote de façon à exprimer l'ensemble des résultats dans la même unité (Bq.kg⁻¹ sec).

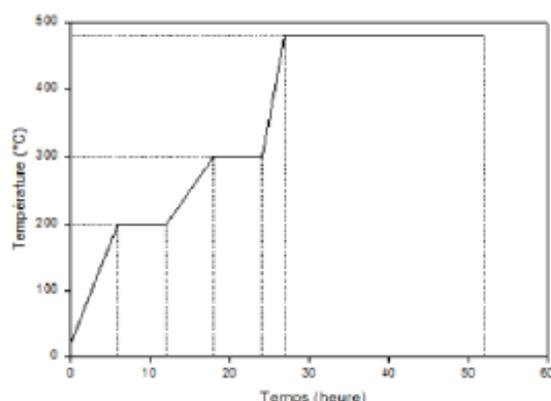


Figure 9 – Chronique d'une incinération : montée en température et paliers en fonction du temps.

Les analyses destinées à la mesure de ^{134}I sont effectuées rapidement, idéalement dans les 8 jours qui suivent le prélèvement. Les échantillons peuvent être mesurés frais (mousses, herbe) ou sec (lait).

Mesurage du tritium et du ^{14}C

L'aliquote mise au frais sur le terrain est immédiatement lyophilisée ou à défaut entreposée au congélateur. Le rapport de poids est calculé et noté, pour s'assurer de la qualité du traitement. Le conditionnement de la matière sèche est réalisé dans des sachets aluminisés sous vide. Le poids du contenu est noté puis la boîte référencée est expédiée au service de métrologie. L'eau de lyophilisation est filtrée sur filtre plan à $0,22\ \mu\text{m}$ puis 40 mL sont conditionnés dans un flacon en verre brun et expédiés au service de métrologie dans des sachets aluminisés sous vide.

8.6.1.4. Lait

Mesurage des émetteurs gamma

De retour au laboratoire, 6 à 18 litres de lait sont évaporés dans une étuve à moins de $105\ ^\circ\text{C}$. Le résidu sec est ensuite incinéré selon le protocole cité précédemment. À la sortie du four, les cendres sont pesées puis broyées jusqu'à obtention d'une poudre. Le conditionnement est réalisé dans des boîtes en plastique (géométries) de 17 mL ou de 60 mL. Le poids du contenu est noté puis la boîte référencée est expédiée au service de métrologie afin d'effectuer une spectrométrie γ .

Mesurage du tritium et du ^{14}C

Un litre de lait est lyophilisé de manière à extraire l'eau contenue dans l'échantillon. L'extrait sec est destiné à mesurer le tritium organiquement lié et du ^{14}C . Le conditionnement de la matière sèche est réalisé dans des sachets aluminisés sous vide. Le poids du contenu est noté puis la boîte référencée est expédiée au service de métrologie. L'eau de lyophilisation est filtrée sur filtre plan à $0,22\ \mu\text{m}$ puis 40 mL sont conditionnés dans un flacon en verre brun et expédiés au service de métrologie dans des sachets aluminisés sous vide.

8.6.2. Domaine aquatique continental

8.6.2.1. Sédiments

Les sédiments sont séchés à moins de $105\ ^\circ\text{C}$, émottés à la main et tamisés à 2 mm. La fraction supérieure à 2 mm est écartée. Une fraction de 200 g, séchée à moins de $40\ ^\circ\text{C}$, est réservée pour la granulométrie et la

détermination de la teneur en matière organique. Une géométrie de comptage de 380 mL est remplie pour effectuer une spectrométrie γ .

8.6.2.2. Végétaux

Mesurage des émetteurs gamma

Après égouttage, le poids frais des végétaux (ou de leur fraction) est noté à titre indicatif. Ces échantillons sont ensuite séchés à 105 °C jusqu'à poids constant. Les produits secs sont pesés, puis incinérés selon un cycle de 52 h jusqu'à 480°C (figure ci-dessus). Les cendres sont pesées et broyées. En fonction du volume de matières préparé, un conteneur 380 mL (sec) ou 17 mL (cendres) est utilisé pour un comptage en spectrométrie γ . Référencée, cette boîte est expédiée au laboratoire de métrologie de l'IRSN.

Le protocole de préparation et de mesurage de l'¹³¹I pour les végétaux terrestres est appliqué, ce type d'analyse étant effectué de préférence sur 2 bryophytes aquatiques ou par défaut, sur 2 phanérogames immergées (un échantillon amont et un aval).

Mesurage du tritium et du ¹⁴C

L'aliquote mise au frais sur le terrain est immédiatement lyophilisée ou à défaut entreposée au congélateur. Le rapport de poids est calculé et noté, pour s'assurer de la qualité du traitement. Le conditionnement de la matière sèche est réalisé dans des sachets aluminisés sous vide. Le poids du contenu est noté puis la boîte référencée est expédiée au service de métrologie.

8.6.2.3. Poissons

Mesurage des émetteurs gamma

La biométrie ayant été réalisée sur le terrain, sur des individus entiers, non éviscérés, les lots de poissons constitués sont disséqués de manière à isoler les filets, susceptibles d'être consommés par l'homme. Comme pour les végétaux, ils sont séchés à poids constant, pesés secs et incinérés. Leurs cendres sont broyées et disposées dans des boîtes de 17 ou 60 mL pour la spectrométrie γ . Référencée, cette boîte est expédiée au service de métrologie de l'IRSN.

Mesurage du tritium et du ¹⁴C

Une aliquote est lyophilisée de manière à extraire l'eau contenue dans l'échantillon. L'extrait sec est destiné à mesurer le tritium organiquement lié et/ou le ¹⁴C. Le conditionnement de la matière sèche est réalisé dans des sachets aluminisés sous vide. Le poids du contenu est noté puis la boîte référencée est expédiée au laboratoire de métrologie. L'eau de lyophilisation est filtrée sur filtre plan à 0,22 μ m puis 40 mL sont conditionnés dans un flacon en verre brun et expédiés au service de métrologie dans des sachets aluminisés sous vide.

8.7. Techniques d'analyses

8.7.1. Détermination de la teneur en matière organique et de la granulométrie des sols et des sédiments

Ces analyses sont réalisées par le Laboratoire d'Analyses des Eaux de la Société du Canal de Provence ou par le laboratoire d'analyse des sols de l'INRA d'Arras.

8.7.1.1. Teneur en matière organique

La matière organique des sédiments et des sols est dosée par calcination. Les échantillons, préalablement séchés à 105 ± 2 °C jusqu'à poids constant, sont calcinés dans un four à moufle porté progressivement jusqu'à une température de 480 °C. La perte de masse permet de connaître directement le pourcentage de matière organique.

8.7.1.2. Granulométrie

La technique d'analyse granulométrique consiste tout d'abord en une attaque de la matière organique par l'eau oxygénée à 20 volumes, qui permet d'éliminer ce liant des particules. Une agitation mécanique dans l'hexamétaphosphate de sodium va disperser les particules dans un flacon à sédimentation.

La séparation des argiles, limons fins et grossiers est réalisée au moyen de prélèvements de 20 ml de cette suspension, en se basant sur la loi de Stokes qui régit la sédimentation des particules dans un liquide à température constante. Des abaques permettent en effet de connaître la profondeur de sédimentation de chacune de ces fractions en un temps donné. Les aliquotes prélevées sont déposées dans des capsules et desséchées à 103 ± 2 °C jusqu'à poids constant.

Le fractionnement des sables se fait par la superposition de tamis de 200 µm et de 50 µm. Le sédiment est tamisé sous un jet d'eau pour éliminer les particules de diamètre inférieur à 50 µm.

8.7.2. Identification des espèces vivantes

Une fraction des échantillons de mousses prélevées est mise à sécher à l'air libre. Leur identification est réalisée selon le besoin. Notamment, les mousses aquatiques qui peuvent être identifiées par le Laboratoire AgroCampus Ouest de Rennes.

Les phanérogames terrestres, aquatiques et semi-aquatiques sont identifiées par nos soins.

La détermination des espèces de poissons est effectuée après capture, lors des mesures de biométrie, par un pêcheur professionnel.

8.7.3. Mesure du tritium libre

La mesure du tritium libre est réalisée par le service de métrologie de l'IRSN Orsay (Essonne).

Il est entendu par « tritium libre » le tritium de la molécule d'eau ou pouvant être recouvré sous forme d'eau par déshydratation d'un échantillon solide (eau interstitielle, eau tissulaire).

Les échantillons d'eau, excepté les eaux de lyophilisation, sont distillés à sec. Les échantillons solides frais sont lyophilisés à froid sous vide, permettant de séparer la fraction eau et la fraction sèche. Dans le cas des produits alcoolisés, une distillation partielle est effectuée sur la fraction liquide recueillie pour isoler l'eau de l'alcool.

8.7.4. Mesure du tritium organiquement lié

Deux méthodes sont utilisées, par scintillation ou par spectrométrie de masse. La mesure par spectrométrie de masse est privilégiée pour les échantillons à faible teneur en matière organique, notamment les sols et sédiments.

Par scintillation, l'échantillon déshydraté subit une combustion en flux d'oxygène et d'argon. Le système de combustion est constitué d'un tube de quartz glissé dans deux fours annulaires. Le premier four est réglable en température, de la température ambiante à 1000°C. Le second four est réglé à une température de 1000 °C. Les

vapeurs d'eau de combustion sont récupérées en sortie de four par un piège froid. L'eau de combustion recueillie est distillée à sec.

Le tritium organiquement lié peut être également déterminé en mesurant par spectrométrie de masse, la quantité d'hélium 3 (^3He), descendant du tritium. L'échantillon est lyophilisé, puis conditionné dans un conteneur, garantissant une étanchéité totale. L'isolement est maintenu le temps nécessaire à la formation de la quantité d' ^3He nécessaire. Ce délai varie généralement entre 3 et 6 mois et dépend de la masse d'échantillon introduite, des performances du spectromètre de masse, de la quantité de tritium attendue et de l'incertitude souhaitée. A l'issue de la période de stockage, le conteneur est monté sur la ligne d'introduction du spectromètre de masse pour la mesure de l'hélium. L'activité en tritium est déterminée par calcul de décroissance.

Les mesures sont effectuées sur un spectromètre VG-3000 de chez Micromass.

8.7.5. Mesure du ^{14}C

Deux méthodes sont utilisées, par scintillation ou par spectrométrie de masse. La mesure par spectrométrie de masse est privilégiée pour les échantillons à faible teneur en matière organique, notamment les sols et sédiments.

Par scintillation, l'échantillon déshydraté subit une combustion en flux d'oxygène et d'argon. Le système de combustion est constitué d'un tube de quartz glissé dans deux fours annulaires. Le premier four est réglable en température, de la température ambiante à 1000°C . Le second four est réglé à une température de 1000°C . Les vapeurs d'eau de combustion sont récupérées en sortie de four par un piège froid. L'eau de combustion recueillie est distillée à sec.

Le tritium organiquement lié peut être également déterminé en mesurant par spectrométrie de masse, la quantité d'hélium 3 (^3He), descendant du tritium. L'échantillon est lyophilisé, puis conditionné dans un conteneur, garantissant une étanchéité totale. L'isolement est maintenu le temps nécessaire à la formation de la quantité d' ^3He nécessaire. Ce délai varie généralement entre 3 et 6 mois et dépend de la masse d'échantillon introduite, des performances du spectromètre de masse, de la quantité de tritium attendue et de l'incertitude souhaitée. A l'issue de la période de stockage, le conteneur est monté sur la ligne d'introduction du spectromètre de masse pour la mesure de l'hélium. L'activité en tritium est déterminée par calcul de décroissance.

Les mesures sont effectuées sur un spectromètre VG-3000 de chez Micromass.

8.7.6. Spectrométrie γ

L'essentiel des mesures par spectrométrie γ est réalisé par le service de métrologie de l'IRSN accrédité COFRAC pour les matrices exploitées dans cette étude. La mesure de l' ^{135}I des échantillons collectés en Manche et mer du Nord sont mesurés au laboratoire d'Octeville de l'IRSN.

L'IRSN dispose d'installations de mesure spécifiques lui permettant de détecter et de quantifier les radionucléides naturels ou artificiels émetteurs γ dans des échantillons de très faibles niveaux de radioactivité comme c'est le cas des échantillons issus de l'environnement.

L'un des objectifs du service de métrologie est de détecter les niveaux de radioactivité les plus bas en jouant sur l'efficacité de la détection, le mouvement propre et le bruit de fond radioactif de l'installation. Un autre objectif est d'assurer que la qualité des résultats reste constante au cours du temps à l'aide d'un programme d'assurance qualité.

Afin de protéger les détecteurs du rayonnement cosmique secondaire, la salle de mesure blindée est en sous-sol, à 6 m de profondeur. Pour augmenter la protection contre ce type de rayonnement, sous-sol et rez-de-chaussée sont séparés par une dalle de béton de 3 m d'épaisseur. Le blindage de la salle est constitué d'un mur de 10 cm de plomb (115 tonnes de plomb) de faible radioactivité. Cependant, les rayonnements cosmiques

induisent une fluorescence X du plomb qui fait apparaître des raies parasites jusqu'à 90 keV. Le mur de la salle blindée a donc été doublé d'une couche interne de 10 mm de cuivre électrolytique qui neutralise cette fluorescence X. De plus, les matériaux utilisés dans la chambre blindée, en particulier les aciers entrant dans les supports des détecteurs, ont été sélectionnés pour leurs faibles niveaux radioactifs. Ces précautions réduisent les sources de radioactivité liées à l'introduction du matériel de mesure. De même, des précautions sont prises pour limiter les effets des sources potentielles de radioactivité naturelle, tels les radionucléides appartenant aux familles radioactives de l'uranium et du thorium comme le ^{40}K , ou artificielles, comme les radionucléides issus des essais nucléaires aériens ou d'accidents nucléaires.

Les détecteurs sont de type Gamma-X Ge System, d'efficacité comprise entre 10 et 23 %, et d'une résolution de 850 eV à 100 keV. Les spectrométries sont réalisées dans la bande d'énergie allant de 20 keV à 3 MeV. La méthode de mesure (acquisition et traitement des spectres) est celle développée par la société Silena et utilisée dans les logiciels Emca Plus et Silgamma.

8.8. Expression des résultats et unités utilisées

Les résultats d'analyse de radioactivité sont rapportés à la date de prélèvement.

Les activités en émetteurs gamma sont reportées en Bq.kg^{-1} de matière sèche pour les résultats dans la plupart des matrices, en Bq.kg^{-1} frais pour les poissons, mollusques et crustacés et en Bq.L^{-1} dans le lait et l'eau. Le ^{137}Cs , émetteur β , donne naissance avec un rendement de 94,6 % au $^{137\text{m}}\text{Ba}$ de période 2,55 minutes et avec un rendement de 5,4 % au ^{137}Ba , stable. Le $^{137\text{m}}\text{Ba}$ conduit au ^{137}Ba , avec émission gamma (rendement de 85 %). Dans le rapport, l'activité gamma mesurée du $^{137\text{m}}\text{Ba}$, sera reportée sous l'intitulé 137Cs usuellement utilisé.

Les activités en tritium sont reportées en Bq.L^{-1} d'eau de cryodessiccation pour le tritium libre mesuré dans le lait et les poissons, en Bq.L^{-1} d'eau filtrée pour les résultats dans les prélèvements d'eau de boisson ou d'irrigation. Les activités en tritium organiquement lié sont reportées en Bq.L^{-1} d'eau de combustion et en Bq.kg^{-1} de matière sèche.

Les activités en ^{14}C sont reportées en Bq.kg^{-1} de carbone ainsi qu'en pMC (pourcentage de carbone moderne). Le pMC est calculé à partir du résultat en Bq.kg^{-1} de carbone (A ci-dessous) et du résultat de la mesure du rapport $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ($\delta^{13}\text{C}$ ci-dessous) :

$$pMC = A \left\{ 1 - \frac{2 \times (25 + \delta^{13}\text{C})}{1000} \right\} \times \frac{100}{226}$$

d'après [16]

Chacun des résultats de mesure du ^{14}C en Bq.kg^{-1} de carbone (BqC ci-dessous) est assorti du résultat de la mesure du carbone total en g.kg^{-1} sec (C ci-dessous) pour permettre l'expression du résultat en Bq.kg^{-1} de matière sèche (BqS ci-dessous) :

$$\text{BqS} = \text{BqC} (C / 1000)$$

Dans les tableaux récapitulatifs concernant les données antérieures relatives à un site, une vision synthétique de l'ensemble des résultats disponibles est donnée par l'utilisation de leur gamme de variation. Ces tableaux comprennent les valeurs minimales et maximales mesurées pour chaque radionucléide décelé, ainsi que leur fréquence de détection (égale au nombre d'échantillons où le radionucléide est détecté de manière significative divisé par le nombre d'échantillons analysés). Lorsqu'aucune valeur significative n'a été obtenue, les données chiffrées sont remplacées par un tiret (-).

Dans les tableaux des résultats de l'année ainsi que dans le texte, les résultats sont accompagnés de l'incertitude statistique, calculée pour un intervalle de confiance de 95 %, et sont présentés dans les tableaux par : « valeur \pm incertitude » ($\pm 2 \sigma$). De 1996 à 2010, ces tableaux indiquaient, en outre, la Limite de Détection (LD)

associée à la mesure des radionucléides non détectés. Depuis 2011, cette LD fait place au Seuil de Décision (SD = LD/2). En outre, le couple « valeur ± incertitude » ainsi que les SD sont arrondis depuis 2011 selon les règles du Laboratoire National Henri Becquerel [17].

Dans le milieu aquatique continental, les résultats de mesure du ^{137}Cs peuvent être normalisés par la granulométrie pour baisser la variabilité naturelle [18]. Ainsi les résultats de chacun des deux prélèvements en aval sont normalisés selon leur granulométrie pour être ramenés à la granulométrie du prélèvement en amont selon la formule :

$$^{137}\text{C}_{S_{ref}} = ^{137}\text{C}_{S_{meas}} \frac{(1.15 \pm 0.20) \cdot \text{CC}_{ref} + (0.43 \pm 0.16) \cdot \text{FSC}_{ref}}{(1.15 \pm 0.20) \cdot \text{CC}_{meas} + (0.43 \pm 0.16) \cdot \text{FSC}_{meas}}$$

Où

$^{137}\text{C}_{S_{ref}}$ = activité massique en ^{137}Cs normalisée (une station aval dans ce document) ;

$^{137}\text{C}_{S_{meas}}$ = activité massique en ^{137}Cs mesurée (une station aval dans ce document) ;

CC_{ref} = teneur en argile du sédiment de référence (station amont dans ce document) ;

CC_{meas} = teneur en argile du sédiment mesuré ;

FSC_{ref} = teneur en limon fin du sédiment de référence (station amont dans ce document) ;

FSC_{meas} = teneur en limon fin du sédiment mesuré.

Cette équation ne doit être utilisée que si la teneur en matière organique est supérieure à 1 %.

8.9. Radionucléides dans l'environnement

8.9.1. Radioactivité d'origine naturelle

La radioactivité naturelle est essentiellement due au ^{40}K , à la famille de l' ^{238}U comprenant 14 descendants, et à celle du ^{232}Th en comprenant 10. Le ^7Be est parfois détecté.

Dans le cas des deux familles du ^{232}Th et de l' ^{238}U , le mesurage est le plus souvent réalisé à l'aide de raies d'émission de plusieurs éléments fils de chacune de ces deux chaînes naturelles :

- pour la famille du ^{232}Th : ^{228}Ac , ^{212}Pb - ^{212}Bi - ^{208}Tl
- pour la famille de l' ^{238}U : ^{234}Pa , ^{234}Th , ^{214}Pb , ^{214}Bi , ^{210}Pb

En fonction de l'énergie d'émission, de l'activité dans l'échantillon et de l'éventuel déséquilibre au sein de la chaîne, le dosage ne s'effectue pas toujours sur les raies d'énergie du même élément fils.

Si les éléments fils du thorium et de l'uranium sont à l'équilibre avec l'élément père, et uniquement dans ce cas précis, alors la radioactivité naturelle peut être calculée selon la formule : $^{40}\text{K} + (14 \times ^{238}\text{U}) + (10 \times ^{232}\text{Th}) + ^7\text{Be}$. L'équilibre dans une chaîne de filiation peut ne pas être respecté en raison d'un apport supplémentaire d'origine naturelle (apport atmosphérique, métabolisme favorisant la concentration d'un élément donné chez les organismes vivants...) et/ou anthropique de l'un des éléments de la chaîne.

Les activités en radionucléides naturels dans les sols et sédiments métropolitains ont fait l'objet de publications dont un rapport IRSN [19].

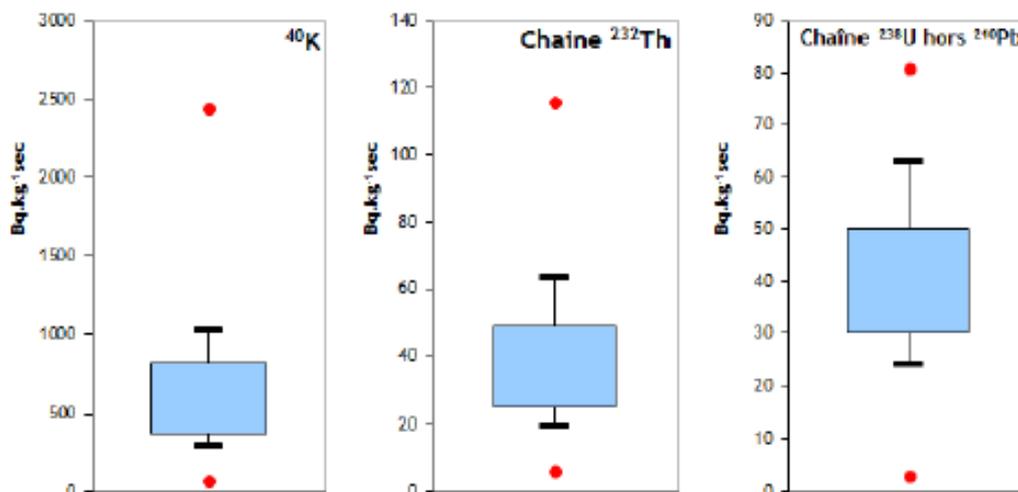
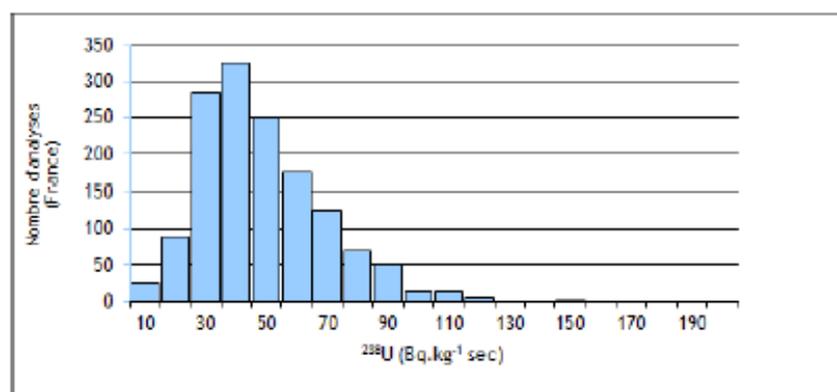


Figure 10 – Teneur en ^{40}K et en radionucléides des familles du ^{232}Th et du ^{238}U dans les sols métropolitains (1er et 3ème quartiles, 1er et 9ème déciles, minimum et maximum).

Figure 11 – Teneur en ^{238}U dans les sédiments métropolitains.

8.9.2. Radioactivité d'origine artificielle

La présence dans la biosphère de radio-isotopes artificiels résulte des apports anthropiques liés à l'utilisation militaire du combustible nucléaire, à son utilisation civile dans les installations nucléaires en fonctionnement normal et aux accidents qui se sont produits.

8.9.2.1. Retombées atmosphériques des essais militaires

Les essais nucléaires atmosphériques, qui se sont déroulés essentiellement de 1945 à 1962, ont libéré en majorité des produits de fission, tels que le ^{134}Cs , le ^{90}Sr et les radio-isotopes 238, 239 et 240 du plutonium. Les retombées ont conduit à un marquage chronique de l'environnement qui perdure depuis l'arrêt des essais américains et soviétiques en août 1963.

Jusqu'au 16 octobre 1980, la Chine a continué à effectuer des essais atmosphériques nucléaires à Lop Nor (40°N, 90°O). Les mesures réalisées consécutivement à ces essais dans des échantillons d'air ou des échantillons biologiques ont montré la présence de ^{144}Ce , ^{141}Ce , ^{137}Cs , ^{54}Mn , ^{57}Co , ^{58}Co , ^{60}Co , ^{103}Ru , ^{106}Ru , ^{95}Zr , ^{95}Nb et ^{125}Sb [20].

8.9.2.2. Retombées dues aux accidents d'installations nucléaires

L'accident ayant entraîné l'émission radioactive quantitativement la plus importante est celui de Tchernobyl, survenu le 26 avril 1986. Cet accident a libéré dans l'atmosphère des radionucléides divers représentatifs du cœur du réacteur, dont les plus abondants sont les $^{134+137}\text{Cs}$, ^{131}I , le ^{132}Te , le ^{140}Ba et les $^{103+106}\text{Ru}$. La progression du nuage a conduit, surtout dans l'est et le sud-est de la France, à partir du 29 avril, à une montée nette de la radioactivité des aérosols. Les dépôts, essentiellement sous forme humide, ont affecté directement et par lessivage des sols, les bassins versants français, tout comme les écosystèmes aquatiques de l'est et du nord de l'Europe.

Les retombées de l'accident de Fukushima Daiichi survenu au Japon au cours de la seconde moitié du mois de mars 2011 ont occasionné en France des détections faibles et fugaces dans les matrices terrestres de ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{131}I et ^{132}Te . Le rapport $^{137}\text{Cs}/^{134}\text{Cs}$ est proche de 1 [12]. Il semblerait que les retombées en France aient été assez homogènes, sans fluctuations spatiales ou temporelles.

8.9.2.3. Effluents liquides et atmosphériques des CNPE en fonctionnement normal

L'exploitation d'un réacteur électronucléaire implique la génération d'isotopes stables et radioactifs issus de la fission des noyaux du combustible (produits de fission), et de l'activation des différents matériaux de structure (produits d'activation). Après traitement, contrôle et dilution, les effluents liquides faiblement radioactifs sont rejetés dans les cours d'eau ou la mer conformément à la législation en vigueur.

Globalement, les principaux radionucléides émetteurs γ émis par les réacteurs à eau pressurisée en fonctionnement normal sont : ^{58}Co , ^{60}Co , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, $^{123\text{m}}\text{Te}$, ^{124}Sb , ^{125}Sb , ^{131}I , ^{54}Mn , ^{134}Cs et ^{137}Cs . Dans l'ensemble, parmi ces dix radionucléides, les réacteurs à eau pressurisée rejettent principalement les ^{58}Co , ^{60}Co et $^{110\text{m}}\text{Ag}$. Les quantités rejetées au cours des années 90 ont diminué d'environ un facteur dix. Cependant, la composition des effluents liquides est variable d'un CNPE à l'autre, en fonction de sa conception, de son mode d'exploitation, de son âge et de l'historique d'exploitation de la tranche.

Les effluents atmosphériques radioactifs sont rejetés dans l'environnement, après traitement des effluents atmosphériques hydrogénés et stockage durant trente jours au minimum.

8.9.2.4. Effluents liquides et atmosphériques d'autres installations

Des centres d'études, des centres militaires ainsi que des centres de traitements ou de stockage du combustible usé peuvent occasionner des marquages avec des signatures plus ou moins proches de celui des CNPE

Les services de médecine nucléaire rejettent du ^{131}I dans les cours d'eau, au travers des stations d'épuration des agglomérations sur lesquelles ils sont implantés.

8.9.3. Sources de ^3H

En dehors des rejets de ^3H liquides et dans l'atmosphère par les CNPE, le ^3H est déjà présent dans l'environnement. Sur l'ensemble du globe, la plus grande part provient très majoritairement des essais atmosphériques d'armes nucléaires. Localement, les sites CEA de Marcoule, ORANO La-Hague, Saclay, Bruyères-le-Châtel et Valduc sont aussi à l'origine d'un net marquage de l'environnement. Les résidus de l'industrie horlogère peuvent augmenter sensiblement les niveaux de radioactivité des systèmes aquatiques.

Avant l'ère nucléaire, les valeurs en ^3H de l'eau de pluie étaient inférieures à 2 Bq.L^{-1} . Le ^3H a été massivement produit lors des essais atmosphériques d'armes nucléaires. De plus de 500 Bq.L^{-1} dans l'eau de pluie dans les années soixante, l'activité volumique à proximité de la zone d'étude est descendue à 10 Bq.L^{-1} en 1980 après le dernier essai aérien. Aujourd'hui, l'activité volumique de l'eau de pluie est proche de 1 Bq.L^{-1} .

Hors influence industrielle locale, les activités en tritium libre sont à l'équilibre entre l'eau atmosphérique et l'eau libre des matrices du milieu terrestre [21]. L'activité en tritium organiquement lié mesurée dans les échantillons biologiques rend compte de l'activité atmosphérique du tritium au cours de la période de croissance de l'échantillon.

En milieu aquatique continental, hors influence industrielle locale, les activités en tritium libre des échantillons sont à l'équilibre avec les activités atmosphériques actuelles [21-23]. Les activités en tritium organiquement lié dans les sédiments sont plus élevées que celles mesurées dans les végétaux et poissons, elles-mêmes supérieures au tritium libre des eaux de surface. Hors influence de toute activité industrielle actuelle, les niveaux observés résultent de l'exposition des organismes aquatiques à deux sources de tritium différenciées par leur forme (libre et organiquement lié) et par leur âge : le tritium libre atmosphérique actuel et le tritium organiquement lié, drainé sur le bassin versant et rémanent d'une époque où les niveaux de tritium libre atmosphérique étaient plus élevés.

En milieu aquatique marin, l'activité du tritium libre est de l'ordre de $0,1 \text{ Bq.L}^{-1}$ dans les eaux marines de surface [24]. Elle est de 5 Bq.L^{-1} le long des côtes de la Manche et de la mer du Nord, principalement du fait des rejets d'effluents liquides effectués par l'usine de traitement du combustible usé ORANO de la Hague.

8.9.4. Sources de ^{14}C

En dehors des rejets autorisés de ^{14}C liquides et atmosphériques par les CNPE, le ^{14}C est déjà présent dans l'environnement.

Les essais nucléaires atmosphériques ont massivement apporté du ^{14}C dans l'atmosphère. L'activité spécifique atmosphérique en ^{14}C est montée jusqu'à 400 Bq.kg^{-1} de carbone. Depuis, l'activité moyenne atmosphérique a décru. Elle est, en 2020, proche de 224 Bq.kg^{-1} de carbone [1].

En milieu aquatique, l'activité spécifique du ^{14}C varie avec sa dilution dans les substances carbonées, en particulier les carbonates anciens issus des roches sédimentaires appauvries en carbone 14. Contrairement au milieu terrestre, le ^{14}C des écosystèmes d'eau douce n'est pas en équilibre avec le CO_2 atmosphérique ; les activités spécifiques dans l'eau et les végétaux, hors influence industrielle locale y sont plus faibles : inférieure à 220 Bq.kg^{-1} de carbone [1, 25].

En milieu marin, le ^{14}C rejeté est en grande majorité sous forme minérale dissoute [26] et peut donc être incorporé ensuite à la matière organique. A proximité des points de rejets, lorsque les variations des quantités rejetées sont rapides et amples, l'état d'équilibre entre les activités spécifiques de la matière organique et de l'eau de mer n'est pas toujours atteint [27]. Les activités mesurées en Manche au Cap de la Hague, site proche du point de rejet de l'usine ORANO, sont par exemple comprises entre 300 et 800 Bq.kg^{-1} de carbone.

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

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

CNPE de CATTENOM
BP 41, CATTENOM
57570

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

