



■

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

2019

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

SOMMAIRE

| | |
|---|-----------|
| Partie I - Le Centre Nucléaire de Production d'Electricité de CATTENOM en 2019 | 4 |
| I. Contexte | 4 |
| II. Le CNPE de Cattenom | 4 |
| III. Modifications apportées au voisinage du CNPE de Cattenom | 5 |
| IV. Évolutions scientifiques susceptibles de modifier l'étude d'impact | 5 |
| V. Bilan des incidents de fonctionnement et des événements significatifs pour l'environnement | 6 |
| Partie II - Prélèvements d'eau | 9 |
| I. Milieu de prélèvement : La MOSELLE | 10 |
| Compensation par le Vieux pré : | 12 |
| II. Prélèvement d'eau potable : | 13 |
| Partie III - Restitution d'eau | 14 |
| Partie IV - Rejets d'effluents | 15 |
| I. Rejets d'effluents à l'atmosphère | 16 |
| II. Rejets d'effluents liquides | 23 |
| III. Rejets thermiques | 40 |
| Partie V - Prévention du risque microbiologique | 42 |
| I. Bilan annuel des colonisations en circuit | 42 |
| II. Synthèse des traitements biocides et rejets associés | 43 |
| Partie VI - Surveillance de l'environnement | 45 |
| I. Surveillance de la radioactivité dans l'environnement | 45 |
| II. Physico-chimie des eaux souterraines | 51 |
| III. Chimie et physico-chimie des eaux de surface | 52 |
| IV. Hydrobiologie de la Moselle | 62 |
| V. Physico-chimie et hydrobiologie de la retenue artificielle du Mirgenbach : | 63 |

| | |
|--|------------|
| VI. Acoustique environnementale | 67 |
| <i>Partie VII - Évaluation de l'impact environnemental et sanitaire des rejets de l'installation</i> | |
| <i>68</i> | |
| <i>Partie VIII - Gestion des déchets</i> | <i>72</i> |
| VII. Les déchets radioactifs | 72 |
| VIII. Les déchets conventionnels | 77 |
| <i>ANNEXE 1 : Résultats microbiologiques aux bassins froids en tranche</i> | <i>80</i> |
| <i>ANNEXE 2 : Résultats microbiologiques en amont/aval du CNPE de Cattenom et à la retenue du Mirgenbach</i> | <i>84</i> |
| <i>ANNEXE 3 : Synthèse du Suivi hydrobiologique de la Moselle au droit du CNPE de Cattenom</i> | |
| <i>86</i> | |
| <i>ANNEXE 4 : Synthèse du suivi hydrobiologique de la retenue industrielle du Mirgenbach</i> | <i>89</i> |
| <i>ANNEXE 5 : Rapport du suivi radioécologique annuel 2018</i> | <i>92</i> |
| <i>ABREVIATIONS</i> | <i>185</i> |

Partie I - Le Centre Nucléaire de Production d'Electricité de CATTENOM en 2019

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 2019 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 2019 | 32.6 TWh |
| Effectif total | 1352 salariés EDF et 730 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 2019, 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 2019.

| Typologie | Date de l'évènement | Date de déclaration de l'évènement | Évènement | Impact sur l'environnement | Principales actions correctives |
|-----------|---------------------|---|--|---|--|
| ESE 9 | 22/01/2019 | 24/01/2019 | Défaut de gestion des effluents SEK sans impact significatif pour l'environnement | <p>A l'intérieur du site : Transfert d'effluents potentiellement chargés en huile dans les réservoirs de stockage SEK.</p> <p>A l'extérieur du site : Aucune, les mesures d'hydrocarbures au rejet SEO respectent nos décisions locales.</p> | <p>Réaliser un retour d'expérience parc sur les bonnes pratiques et difficultés rencontrées dans la gestion du puisard SEK sur les autres sites ;</p> <p>Mettre en place de façon définitive une mesure de niveau dans le puisard SEK et un stat de niveau dans la rétention du déshuileur SEK ;</p> <p>Réaliser une analyse de nocivité sur la présence des pompes provisoires issues de l'état des lieux ;</p> <p>Tracer la présence des pompes provisoires ;</p> <p>Modifier les fiches d'alarmes SEK pour prendre en compte le risque environnemental lié au débordement du puisard SEK.</p> |
| ESE 2 | 27/02/2019 | 19/03/2019 | Dépassements des limites réglementaires sur les rejets de la STEP | <p>A l'intérieur du site : dépassement des limites réglementaires en DCO, DBO5, MES et NTK concentrations et flux 24 à l'émissaire A1 (STEP).</p> <p>A l'extérieur du site : aucun en raison des importants effets de la dilution. Les résultats d'analyse en MES, DCO et DBO5 du prélèvement au rejet principal (émissaire C1) du 04 mars 2019 ne montre pas de valeur inhabituelle.</p> | Intégrer la conduite à tenir en mode dégradé dans le référentiel de conception et d'exploitation de la station d'épuration. |
| ESE 6 | 04/07/2019 | 09/07/2019 | Emission de 214 kg de fluide frigorigène R423a de type HFC sur le groupe 3DEG032GF | <p>A l'intérieur du site : aucun.</p> <p>A l'extérieur du site : émission de 214 de fluide frigorigène R423a correspondant à 487,92 tonnes d'équivalent en CO2.</p> | Démanteler et remplacer les groupes frigorigènes concernés. |
| ESE 6 | 13/08/2019 | 29/08/2019 - Montée d'indice le 28/01/2020 pour prise en compte de toutes les émissions inférieures à 100 kg | Dépassement de plus de 100kg en cumul de fluide frigorigène émis strictement inférieur à 100 kg depuis le 1er janvier 2019 | Emission de 190,50 kg de fluide frigorigène - gaz contribuant au réchauffement climatique - correspondant à 326,3 tonnes d'équivalent en CO2. | Démanteler et remplacer les groupes frigorigènes concernés. |

2. Bilan des incidents de fonctionnement

Le CNPE de Cattenom a eu, durant l'année 2019, des matériels indisponibles tels que :

- l'équipement de retransmission SOFREL - équipement permettant la transmission du débit de la Moselle à la station d'Uckange. Son indisponibilité s'est produite le 22/09/2019 de 07h00 TU à 13h00 TU, période durant laquelle il y a eu rejet d'une bache KER, qui a commencé avant le début de l'indisponibilité. Le rejet a été stoppé dès détection de l'anomalie (13h00 TU). Il n'y a pas eu d'incidence sur l'environnement dans la mesure où pour le tritium, le débit d'activité en valeur moyenne sur 24 h a été respecté et l'analyse de l'aliquote 24 h sur les jours suivants ont donné des valeurs inférieures à la limite réglementaire.
- Le préleveur d'aérosol de la station AS4 dû à un mauvais serrage d'un bornier dans l'onduleur – suite à travaux - ne permettant plus de fournir l'alimentation électrique aux composants de la station. Cette indisponibilité a été évaluée à 28 h, du 26/11/2019 08h00 au 27/11/2019 12h00. Cela n'a entraîné aucun impact sur l'environnement dans la mesure où il n'y a pas eu de rejet concerté durant l'indisponibilité.

Plusieurs débordements des déshuileurs xSEK011DH avec sollicitation de la rétention ultime SEK se sont produits en 2019, consécutifs à une production importante d'effluents SEK durant les arrêts de tranche. Le délai de pompage de 48 h a toujours été respecté. Aucun impact sur l'environnement n'a été observé dans la mesure où les résultats des analyses « rejet SEO » étaient conformes.

Il a aussi été détecté la présence d'effluents radioactifs dans les caniveaux du Bâtiments de Traitements des Effluents au local QB0565. Ces caniveaux correspondent à une rétention ultime. Aucun impact sur l'environnement n'a été détecté dans la mesure où la rétention est étanche.

Un dépassement en flux 24 h ajouté en cuivre et en zinc a été détecté en janvier 2019, suite à des travaux sur les dégrilleurs des pompes de prélèvement en Moselle (SEM) d'une durée de trois semaines. Ce dépassement, sans impact pour l'environnement, est considéré comme non avéré car il est inférieur à 10 % de la limite réglementaire. Les travaux avaient nécessité un arrêt du pompage en journée en Moselle et donc une recirculation partielle sur la retenue du Mirgenbach entraînant une concentration plus importante des espèces chimiques dans la retenue.

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,
- alimenter les circuits de lutte contre les incendies,
- alimenter les installations sanitaires et les équipements de restauration des salariés.

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.

Le CNPE de Cattenom fonctionne avec un circuit en partie fermé. Le refroidissement de l'eau chaude issue du condenseur se fait par échange avec de l'air froid dans une grande tour réfrigérante atmosphérique appelée « aéroréfrigérant ». Une partie de l'eau est vaporisée sous forme d'un panache visible, quand la CNPE fonctionne, au sommet de la tour. Le reste de l'eau refroidie retourne dans le condenseur. Avec ce système, le prélèvement en eau est beaucoup moins important, seulement de l'ordre de 2 m³ par seconde.

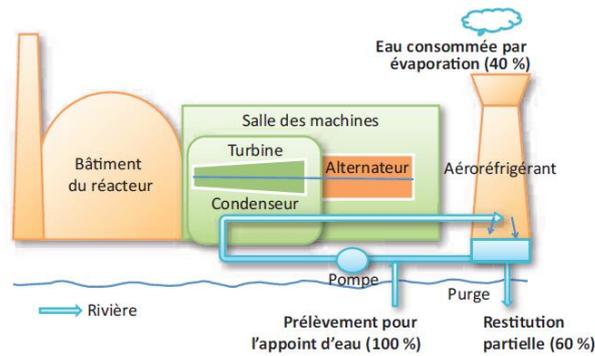


Figure 1 : Schéma d'un CNPE avec un circuit de refroidissement fermé (Source : EDF)

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 très grande majorité de l'eau prélevée est restituée à sa source, c'est-à-dire au milieu naturel à proximité du point de prélèvement.

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

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

I. Milieu de prélèvement : La 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.

1. Cumul mensuel

Le tableau ci-dessous détaille le cumul mensuel du prélèvement dans la Moselle en 2019.

| | Prélèvement d'eau (en millions de m ³) |
|---|--|
| Janvier | 23,8 |
| Février | 17,8 |
| Mars | 26,0 |
| Avril | 19,2 |
| Mai | 26,0 |
| Juin | 18,2 |
| Juillet | 18,6 |
| Août | 22,2 |
| Septembre | 11,7 |
| Octobre | 20,3 |
| Novembre | 22,8 |
| Décembre | 22,8 |
| TOTAL (en millions de m³) | 249,3 |

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 744 940 m³.

2. Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel des prélèvements d'eau pour 2019

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de prélèvement des années 2017 à 2019 avec la valeur du prévisionnel 2019.

| Année | Milieu | Volume | Unité |
|-------------------|---------|--------|----------------------------|
| 2017 | Moselle | 262 | Millions de m ³ |
| 2018 | | 236 | |
| 2019 | | 249 | |
| Prévisionnel 2019 | | 265 | |

Commentaires : Le volume annuel d'eau prélevé est cohérent au prévisionnel qui avait été défini pour l'année 2019, compte tenu du temps effectif de fonctionnement des tranches.

3. 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.

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

Commentaires : La valeur maximale observée est inférieure à la limite autorisée.

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 2019.

| | Volume des lâchures en millions de m ³ |
|---|--|
| Janvier | 0 |
| Février | 0 |
| Mars | 0 |
| Avril | 0 |
| Mai | 0 |
| Juin | 0,24 |
| Juillet | 6,3 |
| Août | 3,38 |
| Septembre | 4,05 |
| Octobre | 0,94 |
| Novembre | 0 |
| Décembre | 0 |
| TOTAL en millions de m³ | 14,67 |

4. Principales opérations de maintenance intervenues sur les équipements et ouvrages de prélèvements en « Moselle »

Durant l'année 2019 les différentes bathymétries réalisées au niveau de la station de pompage en Moselle n'ont pas conduit à réaliser des opérations de dragage.

5. Opérations exceptionnelles de prélèvements en « Moselle »

Le CNPE de Cattenom n'a pas réalisé d'opération exceptionnelle de prélèvement d'eau en Moselle en 2019.

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 2019.

| | Prélèvement d'eau en m ³ |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| Janvier | 4903 |
| Février | 4519 |
| Mars | 4923 |
| Avril | 4000 |
| Mai | 5066 |
| Juin | 5917 |
| Juillet | 6097 |
| Août | 5936 |
| Septembre | 5799 |
| Octobre | 4995 |
| Novembre | 6805 |
| Décembre | 4469 |
| TOTAL en m³ | 63429 |

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.

Partie III - Restitution d'eau

La restitution d'eau dans le milieu correspond à la différence entre la quantité d'eau prélevée et la consommation. La restitution d'eau du CNPE de Cattenom pour l'année 2019 est présentée dans le tableau ci-dessous.

| | Restitution d'eau (en millions de m3) |
|--|---------------------------------------|
| Janvier | 17,36 |
| Février | 12,64 |
| Mars | 20,39 |
| Avril | 12,72 |
| Mai | 20,77 |
| Juin | 12,20 |
| Juillet | 12,96 |
| Août | 17,97 |
| Septembre | 7,36 |
| Octobre | 14,52 |
| Novembre | 16,64 |
| Décembre | 16,08 |
| TOTAL (en millions de m3) | 181,61 |
| Pourcentage de restitution d'eau par rapport au prélèvement | 73% |

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 radioactifs à l'atmosphère

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 décision 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-après est un rappel du spectre de référence des rejets radioactifs à l'atmosphère.

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

c. Cumul mensuel

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

| | Volumes rejetés (m ³) | Activités gaz rares (GBq) | Activité Tritium (GBq) | Activité Carbone 14 calculée (GBq) | Activités Iodes (GBq) | Activités Autres PF et PA (GBq) |
|---------------------|-----------------------------------|---------------------------|------------------------|------------------------------------|-----------------------|---------------------------------|
| Janvier | 6,99E+08 | 6,92E+01 | 3,00E+02 | 8,05E+01 | 5,20E-03 | 5,55E-04 |
| Février | 6,43E+08 | 4,95E+01 | 2,62E+02 | 6,14E+01 | 4,81E-03 | 5,89E-04 |
| Mars | 7,03E+08 | 7,93E+01 | 2,35E+02 | 6,35E+01 | 9,06E-03 | 5,71E-04 |
| Avril | 6,56E+08 | 7,71E+01 | 1,97E+02 | 7,07E+01 | 5,66E-03 | 5,53E-04 |
| Mai | 7,02E+08 | 6,35E+01 | 2,26E+02 | 5,91E+01 | 3,07E-03 | 5,52E-04 |
| Juin | 6,73E+08 | 8,25E+01 | 2,71E+02 | 5,46E+01 | 2,33E-03 | 6,66E-04 |
| Juillet | 7,21E+08 | 1,05E+02 | 3,49E+02 | 5,34E+01 | 2,62E-03 | 7,80E-04 |
| Août | 7,46E+08 | 1,52E+02 | 3,61E+02 | 3,97E+01 | 2,85E-03 | 7,50E-04 |
| Septembre | 6,84E+08 | 1,94E+02 | 3,24E+02 | 4,39E+01 | 3,90E-03 | 6,54E-04 |
| Octobre | 6,97E+08 | 1,36E+02 | 2,57E+02 | 6,20E+01 | 3,03E-03 | 6,78E-04 |
| Novembre | 6,61E+08 | 1,29E+02 | 2,11E+02 | 7,40E+01 | 3,42E-03 | 5,27E-04 |
| Décembre | 6,70E+08 | 1,02E+02 | 1,67E+02 | 8,15E+01 | 2,27E-03 | 5,13E-04 |
| TOTAL ANNUEL | 8,26E+09 | 1,24E+03 | 3,16E+03 | 7,45E+02 | 4,82E-02 | 7,39E-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 2019 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2019 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 |
| 2017 | 2,02E+03 | 3,54E+03 | 8,78E+02 | 1,60E-01 | 8,02E-03 |
| 2018 | 2,27E+03 | 3,19E+03 | 7,45E+02 | 8,20E-02 | 8,12E-03 |
| 2019 | 1,24E+03 | 3,16E+03 | 7,44E+02 | 4,82E-02 | 7,39E-03 |
| Prévisionnel 2019 | 7,80E+02 | 3,30E+03 | 8,30E+02 | 8,00E-02 | 9,00E-03 |

Commentaires :

Les rejets radioactifs à l'atmosphère sont cohérents avec les valeurs du prévisionnel 2019 excepté pour :

- les gaz rares : les rejets ont été plus élevés que ceux initialement prévus suite à une augmentation de l'activité Xénon 133 liée à la tranche 2, déclarée en présomption de défaut de gainage depuis le 20 mars 2019.
- les d'iodes gazeux : les rejets en iodes gazeux ont été moins élevés que ceux prévus suite à l'identification de la vanne non-étanche en tranche 3 et de sa réparation lors de l'arrêt programmé et de la quasi absence d'impact du défaut de gainage en tranche 2 sur les rejets d'iodes à l'atmosphère.

e. Comparaison aux valeurs limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2019 avec les valeurs limites de rejets fixées par la décision 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 | / | 1,24E+03 |
| | Cheminée n° 1 | Débit instantané (Bq/s) | 2,50E+07 | 3,98E+05 | / |
| | Cheminée n° 2 | Débit instantané (Bq/s) | 2,50E+07 | 3,80E+05 | / |
| | Cheminée n° 3 | Débit instantané (Bq/s) | 2,50E+07 | 2,82E+05 | / |
| | Cheminée n° 4 | Débit instantané (Bq/s) | 2,50E+07 | 2,47E+05 | / |
| Carbone 14 | Installation | Activité annuelle rejetée (GBq) | 2,80E+03 | / | 7,44E+02 |
| Tritium | Installation | Activité annuelle rejetée (GBq) | 1,00E+04 | / | 3,16E+03 |
| | Cheminée n° 1 | Débit instantané (Bq/s) | 2,50E+06 | 6,04E+04 | / |
| | Cheminée n° 2 | Débit instantané (Bq/s) | 2,50E+06 | 4,44E+04 | / |
| | Cheminée n° 3 | Débit instantané (Bq/s) | 2,50E+06 | 5,10E+04 | / |
| | Cheminée n° 4 | Débit instantané (Bq/s) | 2,50E+06 | 3,32E+04 | / |

| | | | | | |
|---|---------------|---------------------------------|----------|----------|----------|
| Iodes | Installation | Activité annuelle rejetée (GBq) | 1,60E+00 | / | 4,82E-02 |
| | Cheminée n° 1 | Débit instantané (Bq/s) | 2,50E+02 | 5,93E-01 | / |
| | Cheminée n° 2 | Débit instantané (Bq/s) | 2,50E+02 | 2,13E+00 | / |
| | Cheminée n° 3 | Débit instantané (Bq/s) | 2,50E+02 | 4,61E+00 | / |
| | Cheminée n° 4 | Débit instantané (Bq/s) | 2,50E+02 | 1,58E+00 | / |
| Autres produits de fission et produits d'activation | Installation | Activité annuelle rejetée (GBq) | 0,2 | / | 7,39E-03 |
| | Cheminée n° 1 | Débit instantané (Bq/s) | 2,50E+02 | 2,06E-01 | / |
| | Cheminée n° 2 | Débit instantané (Bq/s) | 2,50E+02 | 6,00E-02 | / |
| | Cheminée n° 3 | Débit instantané (Bq/s) | 2,50E+02 | 2,98E-01 | / |
| | Cheminée n° 4 | Débit instantané (Bq/s) | 2,50E+02 | 8,17E-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 2019.

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.

| | Rejets de vapeur du circuit secondaire en MBq | Rejets au niveau des événements des réservoirs d'entreposage des effluents liquides Ex, T et S ainsi que des réservoirs d'eau de refroidissement des piscines en MBq |
|---------------------|---|--|
| Janvier | 7,74E+01 | 2,18E+02 |
| Février | 0,00E+00 | 2,30E+02 |
| Mars | 0,00E+00 | 2,84E+02 |
| Avril | 1,03E+03 | 1,41E+02 |
| Mai | 9,15E+02 | 1,54E+02 |
| Juin | 0,00E+00 | 9,37E+01 |
| Juillet | 0,00E+00 | 1,41E+02 |
| Août | 0,00E+00 | 9,15E+01 |
| Septembre | 9,35E+02 | 1,46E+02 |
| Octobre | 3,44E+02 | 1,37E+02 |
| Novembre | 0,00E+00 | 1,83E+02 |
| Décembre | 2,03E+02 | 2,06E+02 |
| TOTAL ANNUEL | 3,50E+03 | 2,03E+03 |

3. Rejets diffus d'effluents non radioactifs à l'atmosphère

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 gazoil 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 frigorigène. Ces émissions sont

réglementairement déclarées et comptabilisées et des actions sont prises pour remédier à la situation.

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

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

La quantité annuelle évaluée d'oxyde de soufre (SOx) rejetée dans l'atmosphère lors du fonctionnement périodique des 8 groupes électrogènes de secours (moteurs Diesels) ayant fonctionné pendant 302 heures, la turbines à combustion (TAC) ayant fonctionné pendant 138 heures et les 2 diesels d'ultime secours (DUS) ayant fonctionné pendant 670 heures, au total sur les 4 tranches pour 2019 est de :

| Paramètre | Unité | Groupes électrogènes | TAC | DUS (essais d'endurance et de qualification avant mise en exploitation) | TOTAL |
|-----------|-------|----------------------|-----|---|-------|
| SOx | kg | 1 | 0 | 10 | 11 |

b. Rejets de formaldéhyde et de monoxyde de carbone

En 2019, 8 m³ de calorifuges en laine de verre (pouvant émettre des vapeurs formolées) dans les enceintes des bâtiments réacteurs des tranches 1 et 2 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 | 1,32 E-3 | 2,99 E-5 |
| | | Monoxyde de carbone | 1,23 E-3 | 2,79 E-5 |

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

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

| Paramètre | Unité | TOTAL |
|------------|-------|-------|
| Ammoniac | kg | 356,6 |
| Morpholine | | 180,5 |

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 | Unité | TOTAL |
|--------------------------------------|-------|--------|
| Chloro-fluoro-carbone (CFC) | Kg | 0 |
| Hydrogéo-chloro-fluor-carbone (HCFC) | | 0 |
| Hydrogéo-fluoro-carbone (HFC) | | 405,21 |
| Hexafluorure de soufre (SF6) | | 99,5 |

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

L'année 2019 n'a pas été concernée par des actions de maintenance (hors maintenance programmée) et aucune intervention ou opération de maintenance anticipée n'a été nécessaire.

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

Le CNPE de CATTENOM n'a pas réalisé d'opération exceptionnelle de rejets d'effluents à l'atmosphère en 2019.

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, chimique, planchers, servitudes), le traitement de ces effluents, approprié à leurs caractéristiques physico-chimiques, peut se faire:

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

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

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

a. Règles spécifiques de comptabilisation

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

La deuxième règle fondamentale consiste à déclarer obligatoirement une activité rejetée pour les radionucléides appartenant à ces différents « spectres de référence ». Les radionucléides dont l'activité mesurée est inférieure au seuil de décision 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 | ^3H |
| Carbone 14 | ^{14}C |
| Iodes | ^{131}I |
| Produits de fission et d'activation | ^{54}Mn |
| | ^{63}Ni |
| | ^{58}Co |
| | ^{60}Co |
| | $^{110\text{m}}\text{Ag}$ |
| | $^{123\text{m}}\text{Te}$ |
| | ^{124}Sb |
| | ^{125}Sb |
| | ^{134}Cs |
| | ^{137}Cs |

c. Cumul mensuel

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

| | Volumes rejetés (m ³) | Activité Tritium (GBq) | Activité Carbone 14 (GBq) | Activités Iodes (GBq) | Activités Autres PF et PA (GBq) |
|-------------------------|---|------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|--|
| Janvier | 2,04E+04 | 1,28E+04 | 4,35E+00 | 1,89E-03 | 1,09E-01 |
| Février | 1,57E+04 | 1,71E+04 | 3,20E+00 | 2,38E-03 | 1,14E-01 |
| Mars | 2,13E+04 | 2,08E+04 | 6,21E+00 | 2,18E-03 | 8,14E-02 |
| Avril | 3,14E+04 | 1,00E+04 | 5,84E+00 | 2,12E-03 | 6,75E-02 |
| Mai | 4,19E+04 | 9,90E+03 | 4,03E+00 | 2,12E-03 | 1,01E-01 |
| Juin | 1,95E+04 | 3,91E+03 | 1,57E+00 | 2,83E-03 | 1,34E-01 |
| Juillet | 2,00E+04 | 1,65E+03 | 8,66E-01 | 5,13E-04 | 1,46E-02 |
| Août | 1,80E+04 | 1,68E+03 | 6,17E-01 | 1,31E-03 | 2,39E-02 |
| Septembre | 2,09E+04 | 1,33E+03 | 2,75E-01 | 1,58E-03 | 4,83E-02 |
| Octobre | 3,02E+04 | 6,37E+03 | 2,04E+00 | 4,97E-03 | 2,22E-01 |
| Novembre | 2,19E+04 | 1,49E+04 | 3,68E+00 | 2,70E-03 | 1,31E-01 |
| Décembre | 2,45E+04 | 1,62E+04 | 6,44E+00 | 2,69E-03 | 8,01E-02 |
| TOTAL ANNUEL | 2,86E+05 | 1,17E+05 | 3,91E+01 | 2,73E-02 | 1,13E+00 |

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

Commentaires :

La présence de tritium avec une activité volumique comprise entre 400 et 4 000 Bq/L dans les rejets en provenance des réservoirs Ex (SEK) est liée à la teneur élevée dans le circuit secondaire de la tranche 2.

d. Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejet de l'année 2019 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2019.

| | Rejets par catégorie de radionucléides | | | |
|----------------------|--|---------------------|-------------|--------------------------|
| | Tritium (GBq) | Carbone 14 (GBq) | Iodes (MBq) | Autres PA et PF (MBq) |
| 2017 | 9,65E+04 | 3,30E+01 | 2,02E+01 | 5,56E+02 |
| 2018 | 9,89E+04 | 4,62E+01 | 2,18E+01 | 8,06E+02 |
| 2019 | 1,17E+05 | 3,91E+01 | 2,73E+01 | 1,13E+03 |
| Prévisionnel 2019 | 1,10E+05 | 5,00E+01 | 2,30E+01 | 8,00E+02 |

Commentaires :

Les rejets radioactifs en tritium liquides sont cohérents avec les valeurs du prévisionnel 2019. L'évolution pluriannuelle est en légère augmentation du fait de l'application de la doctrine tritium, visant à favoriser les rejets en tritium liquides. Les déconcentrations en tritium sur

tranche sont réalisées en fonction des quantités présentes dans le circuit primaire et des contraintes réglementaires en termes de rejets de tritium liquides.

Les rejets en iodes liquides sont légèrement supérieurs au prévisionnel en raison de volumes d'effluents KER produits plus conséquents en octobre suite aux rinçages fortuits des lignes APG (aléa chantier NPGV en Tranche 1) et de l'application par convention de la valeur égale au seuil de décision.

Les rejets en PF/ PA liquides sont supérieurs au prévisionnel en partie pour les mêmes raisons :

- des volumes d'effluents KER produits plus conséquents en octobre suite aux rinçages fortuits des lignes APG (aléa chantier NPGV en Tranche 1),
- de quelques réservoirs KER plus marqués que d'ordinaire suite à quelques aléas sur le circuit de traitement TEU résiduaires au premier semestre.
-

e. Comparaison aux limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2019 avec les valeurs limites de rejets fixées par la décision ASN n° 2014-DC-0416 du 16 janvier 2014.

| Paramètres | Limites annuelles de rejet | | Rejet |
|-----------------|----------------------------|--------------|-----------------------|
| | Prescriptions | Valeur (GBq) | Valeur Annuelle (GBq) |
| Tritium | Activité annuelle rejetée | 1,40E+05 | 1,17E+05 |
| Carbone 14 | Activité annuelle rejetée) | 3,80E+02 | 3,91E+01 |
| Iodes | Activité annuelle rejetée | 2,00E-01 | 2,73E-02 |
| Autres PA et PF | Activité annuelle rejetée | 2,00E+01 | 1,13E+00 |

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 2019 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 2019 | Valeur maximale mesurée en 2019 | Limite réglementaire | Valeur moyenne mesurée en 2019 | Valeur maximale mesurée en 2019 | Limite réglementaire | |
| Eau filtrée | Activité bêta globale | 3,17 ^{E-1} Bq/L | 5,08 ^{E-1} Bq/L | 2 Bq/L | - | - | - |
| | Tritium | 55,3 Bq/L | 98,2 Bq/L | 280 Bq/L | 44,4 Bq/L | 88,8 Bq/L | 140 ⁽¹⁾ /100 ⁽²⁾ Bq/L |
| | Potassium | 6,8 mg/L | 10,6 mg/L | - | - | - | - |
| Matières en suspension | Activité bêta globale | 5,11 ^{E-2} Bq/L | 1,25 ^{E-1} 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 2019 sont cohérentes avec les valeurs attendues du fait des rejets d'effluents autorisés du CNPE. Les mesures d'activité bêta globale et de l'activité en tritium dans l'eau sont très inférieures aux limites réglementaires.

2. Rejets d'effluents liquides chimiques

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

Ces rejets d'effluents chimiques sont issus :

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

Les principales substances utilisées sont :

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

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

Les autres rejets chimiques réglementés ont pour origine l'installation de production d'eau déminéralisée, le traitement des eaux vannes et usées, dans la station d'épuration, ainsi que le traitement des eaux potentiellement huileuses issues de la salle des machines, des transformateurs principaux. Les rejets des eaux pluviales 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, un traitement contre le tartre et un traitement biocide sont 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.

Il existe également des rejets chimiques résultant du traitement biocide 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 et des sous-produits associés

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

Les principaux effets connus sont également rappelés ci-après.

- La morpholine a des propriétés irritantes (respiratoire, oculaire et cutané) et corrosives. Une Valeur Toxicologique de Référence (VTR) chronique par voie orale de 0,12 mg/kg/j a été établie par l'ANSES en 2019. Une mise à jour de l'évaluation de risque sanitaire suite à la prise en compte de cette VTR pour la morpholine a été réalisée. Elle conclut à une absence de risque sanitaire pour les populations riveraines et à des concentrations ajoutées faibles dans l'environnement.
- Les produits de dégradation 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 issues 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 identifiée depuis le dernier rapport, formée à partir de la réaction de nitrosation d'un sous-produit de la morpholine, la pyrrolidine. Une VTR chronique par voie orale pour la N-nitrosopyrrolidine de 2,1 (mg/kg/j)-1 a été établie par l'US EPA en 1987. Une mise à jour de l'évaluation de risque sanitaire suite à la prise en compte de cette substance a été réalisée. Elle conclut à une absence de risque sanitaire pour les populations riveraines et à des concentrations ajoutées faibles dans l'environnement.

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

b. Règles spécifiques de comptabilisation

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

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

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) | Détergents (kg) | Azote (kg) | Phosphates (kg) | Sodium (kg) | Chlorures (kg) | Métaux totaux (kg) | Sulfates (kg) | Cuivre (kg) | Zinc (kg) | DCO (kg) |
|---------------|--------------------|-----------------|----------------|-----------------|------------|-----------------|-------------|----------------|--------------------|---------------|-------------|-----------|----------|
| Janvier | 1,40E+03 | 4,14E+01 | 7,59E-02 | 6,60E-01 | 2,28E+02 | 8,70E+01 | 1,90E+04 | 3,07E+04 | 1,50E+01 | 8,08E+05 | 7,70E+02 | 4,80E+02 | 3,00E+02 |
| Février | 9,28E+02 | 1,69E+01 | 6,45E-02 | 2,39E+00 | 1,96E+02 | 1,18E+02 | 1,28E+04 | 2,07E+04 | 9,70E+00 | 7,24E+05 | 3,30E+02 | 2,20E+02 | 2,40E+02 |
| Mars | 1,89E+03 | 3,07E+01 | 8,73E-02 | 4,04E+00 | 2,21E+02 | 6,98E+01 | 1,68E+04 | 2,77E+04 | 2,00E+01 | 7,70E+05 | 3,00E+02 | 2,00E+02 | 3,50E+02 |
| Avril | 1,62E+03 | 8,82E+01 | 1,64E-01 | 2,12E+00 | 2,15E+02 | 4,65E+01 | 1,65E+04 | 2,69E+04 | 2,00E+01 | 9,74E+05 | 2,00E+02 | 2,00E+02 | 4,70E+02 |
| Mai | 2,06E+03 | 1,19E+02 | 3,07E-01 | 7,00E-01 | 2,42E+02 | 6,70E+01 | 3,17E+04 | 5,13E+04 | 2,90E+01 | 8,93E+05 | 4,00E+02 | 2,00E+02 | 6,30E+02 |
| Juin | 5,65E+02 | 7,53E+01 | 9,39E-02 | 6,37E+00 | 2,20E+02 | 6,41E+01 | 3,15E+04 | 4,98E+04 | 1,10E+01 | 1,00E+06 | 3,00E+02 | 2,00E+02 | 2,90E+02 |
| Juillet | 4,39E+01 | 6,04E+01 | 5,85E-02 | 3,49E+00 | 2,60E+02 | 6,37E+01 | 3,16E+04 | 4,88E+04 | 2,50E+01 | 9,89E+05 | 3,00E+02 | 2,00E+02 | 3,00E+02 |
| Août | 3,77E+01 | 5,94E+01 | 4,93E-02 | 1,30E+00 | 2,22E+02 | 7,23E+01 | 2,73E+04 | 4,45E+04 | 9,90E+00 | 7,16E+05 | 2,00E+02 | 1,00E+02 | 2,70E+02 |
| Septembre | 5,04E+02 | 8,69E+01 | 8,68E-02 | 4,91E-01 | 2,18E+02 | 6,29E+01 | 2,61E+04 | 4,21E+04 | 9,90E+00 | 7,58E+05 | 1,00E+02 | 1,00E+02 | 3,10E+02 |
| Octobre | 3,52E+03 | 1,16E+02 | 1,09E-01 | 8,12E-01 | 3,14E+02 | 7,17E+01 | 1,45E+04 | 2,48E+04 | 1,30E+01 | 7,66E+05 | 1,00E+02 | 2,00E+02 | 4,60E+02 |
| Novembre | 2,86E+03 | 6,89E+01 | 5,50E-02 | 6,50E-01 | 2,51E+02 | 7,60E+01 | 1,66E+04 | 2,72E+04 | 7,60E+00 | 8,50E+05 | 2,00E+02 | 1,00E+02 | 3,30E+02 |
| Décembre | 1,26E+03 | 9,42E+01 | 9,65E-02 | 7,20E-01 | 3,16E+02 | 6,50E+01 | 2,01E+04 | 3,32E+04 | 2,20E+01 | 8,39E+05 | 1,00E+02 | 1,00E+02 | 2,30E+02 |
| TOTAL ANNUUEL | 1,67E+04 | 8,57E+02 | 1,25E+00 | 2,37E+01 | 2,90E+03 | 8,64E+02 | 2,64E+05 | 4,28E+05 | 1,92E+02 | 1,01E+07 | 3,30E+03 | 2,30E+03 | 4,18E+03 |

Comparaison pluriannuelle et au prévisionnel

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets d'effluents non radioactifs liquides de l'année 2019 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2019.

| Substances | Unité | 2017 | 2018 | 2019 | Prévisionnel 2019 |
|---------------|-------|----------|----------|----------|-------------------|
| Acide borique | kg | 1,42E+04 | 1,24E+04 | 1,67E+04 | 1,82E+04 |
| Morpholine | kg | 5,86E+02 | 6,45E+02 | 8,57E+02 | 6,20E+02 |
| Hydrazine | kg | 6,45E-01 | 8,70E-01 | 1,25E+00 | 9,00E-01 |
| Détergents | kg | 7,58E+00 | 5,01E+01 | 2,37E+01 | 5,00E+01 |
| Azote | kg | 1,81E+03 | 1,88E+03 | 2,90E+03 | 1,80E+03 |
| Phosphates | kg | 6,48E+02 | 8,49E+02 | 8,64E+02 | 8,50E+02 |
| Sodium | kg | 2,46E+05 | 1,92E+05 | 2,64E+05 | 3,00E+05 |
| Chlorures | kg | 6,09E+05 | 3,19E+05 | 4,28E+05 | 4,80E+05 |
| Métaux totaux | kg | 1,91E+02 | 2,24E+02 | 1,92E+02 | 2,00E+02 |
| Sulfates | kg | 1,04E+07 | 1,02E+07 | 1,01E+07 | 10 800 000 |
| Cuivre | kg | 4,50E+03 | 4,50E+03 | 3,30E+03 | 4,30E+03 |
| Zinc | kg | 2,90E+03 | 2,80E+03 | 2,30E+03 | 2,70E+03 |

Les quantités d'Hydrazine et d'azote totale rejetées sont supérieures au prévisionnel en raison :

- du conditionnement à haut pH des circuits secondaires des tranches,
- de volumes d'effluents SEK produits plus conséquents liés aux arrêts de tranche fortuits.

La quantité de morpholine rejetée est également supérieure au prévisionnel pour les mêmes raisons auxquelles s'ajoutent de nombreuses purges APG liées à l'aléa du chantier NPGV en Tranche 1.

La quantité de détergents produite est plus faible que celle prévue pour 2019. Le prévisionnel est établi sur le REX, mais les rejets sont fortement dépendants du nombre de personnes présentes sur site, pondéré par le passage en Everest du site.

| | Limite | Rejet | Limite | Rejet | Limite | Rejet | Limite | Rejet |
|---------------|---------------------------------------|---------------------------------|---------------|-------------------------------|--------------|-------------------------------|-------------------------|---------------------|
| Substances | Concentration maximale ajoutée (mg/l) | Valeur maximale calculée (mg/l) | Flux 24h (kg) | Valeur maximale calculée (kg) | Flux 2h (kg) | Valeur maximale calculée (kg) | Flux annuel ajouté (kg) | Flux annuel calculé |
| Acide borique | 3,90E+01 | 9,30E-01 | 2,60E+03 | 5,00E+02 | 6,60E+02 | 4,70E+01 | 3,00E+04 | 1,67E+04 |
| Morpholine | 2,30E+00 | 2,00E-01 | 1,70E+01 | 1,40E+01 | | | 1,50E+03 | 8,57E+02 |
| Hydrazine | 5,00E-02 | 5,20E-04 | 1,50E+00 | 3,70E-02 | | | 2,50E+01 | 1,25E+00 |
| Détergents | 1,70E+00 | 3,00E-03 | 2,20E+02 | 1,40E+00 | 3,00E+01 | 1,50E-01 | 4,50E+03 | 2,37E+01 |
| Azote | 4,20E+00 | 1,70E+00 | 1,00E+02 | 3,50E+01 | | | 1,20E+04 | 2,90E+03 |
| Phosphates | 5,80E+00 | 3,20E-01 | 2,20E+02 | 1,47E+01 | 1,00E+02 | 1,20E+00 | 2,20E+03 | 8,64E+02 |
| Sodium | 1,55E+02 | 1,04E+01 | 6,15E+03 | 2,32E+03 | | | 3,10E+05 | 2,64E+05 |
| Chlorures | 2,03E+02 | 1,65E+01 | 9,35E+03 | 5,27E+03 | | | 5,75E+05 | 4,28E+05 |
| Cuivre | 1,10E-01 | 4,50E-02 | 2,30E+01 | 2,43E+01 | | | 6,20E+03 | 3,30E+03 |
| Zinc | 8,00E-02 | 2,80E-02 | 1,60E+01 | 1,68E+01 | | | 3,80E+03 | 2,30E+03 |
| Métaux totaux | 1,20E+00 | 8,80E-02 | 9,50E+01 | 5,37E+01 | | | 1,45E+04 | 1,92E+02 |
| Sulfates | 4,82E+02 | 2,46E+01 | 1,00E+05 | 4,51E+04 | | | 25 000 000 | 1,01E+07 |
| MES | 1,00E+00 | 5,30E-02 | 2,00E+02 | 1,25E+02 | | | | |

Les rejets de cuivre et de zinc sont moins importants que ceux estimés. Le prévisionnel prenait en compte le solde en fin d'année 2019 des travaux de rénovation des condenseurs en laiton (cuivre et zinc) par du titane ainsi que le stock en cuivre et en zinc que constitue de la retenue du Mirgenbach par laquelle transitent les eaux de purges des circuits de refroidissement. La contribution de cette retenue est difficilement prévisible à ce jour et justifie les écarts observés.

Comparaison aux limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2019 avec les valeurs limites de rejets fixées par la décision ASN n° 2014-DC-0416 du 16 janvier 2014.

L'article 5.3.1 de la décision ASN n°2017-DC-0588 demande une évaluation de la quantité annuelle de lithine rejetée. En 2019, la quantité de lithine rejetée par le CNPE de CATTENOM est évaluée à 4,8 kg.

Commentaires : Dépassement du flux 24 h en cuivre et en zinc au mois de janvier 2019 : Déclaration d'un EIE3 code 355 le 12/02/19.

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 en 2021, ont amené le site à demander 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 un stock en métaux qui occasionnera 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 des substances chimiques uniquement liés au traitement biocide du CNPE de Cattenom pour l'année 2019 ;

Les substances chlorures et sodium issues des traitements antitartre et biocide ainsi que de la station de déminéralisation sont présentées dans le paragraphe c) ci-dessus.

Cumul mensuel

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

| | AOX | CRT | Ammonium | Nitrites | Nitrates |
|---------------------|---------------|------------|---------------|---------------|-----------------|
| Janvier | 0 | 0 | 0 | 23,6 | 22699,1 |
| Février | 3,0 | 0 | 0 | 28,8 | 18229,1 |
| Mars | 10,7 | 0 | 0 | 0 | 22110,5 |
| Avril | 44,0 | 0 | 0 | 0 | 20021,0 |
| Mai | 35,2 | 4,1 | 2513,0 | 0 | 40507,5 |
| Juin | 27,2 | 0 | 0 | 0 | 42807,3 |
| Juillet | 3,4 | 0 | 0 | 0 | 41160,2 |
| Août | 315,8 | 2,6 | 69,9 | 173,6 | 33213,6 |
| Septembre | 299,9 | 0 | 11,7 | 626,0 | 30371,7 |
| Octobre | 204,8 | 0 | 0 | 467,8 | 15864,2 |
| Novembre | 240,0 | 0 | 0 | 0 | 20993,1 |
| Décembre | 75,3 | 0 | 206,2 | 10,6 | 24237,5 |
| TOTAL ANNUEL | 1259,3 | 6,7 | 2800,8 | 1330,4 | 332214,8 |

Commentaires : Les variations mensuelles s'expliquent par le nombre de tranche à traiter ainsi que par le nombre de jours de traitement nécessaire.

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 2019 avec les valeurs des années précédentes et celles du prévisionnel 2019.

| Paramètres | Unité | 2017 | 2018 | 2019 | Prévisionnel N |
|------------|--------|-------|-------|------|----------------|
| AOX | kg | 279 | 429 | 1259 | 700 |
| CRT | kg | 8,6 | 22,5 | 7 | 40 |
| Ammonium | kg | 2002 | 4 | 2801 | 870 |
| Nitrites | kg | 2611 | 2097 | 1330 | 4000 |
| Nitrates | tonnes | 297,2 | 215,6 | 332 | 320 |

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 aussi tributaires du nombre de jours de fonctionnement des tranches et des matériaux constituant les circuits de refroidissement. De plus la méthodologie appliquée pour la comptabilisation des flux impacte fortement les bilans annuels.

Les prévisionnels AOX et ammonium ont été dépassés, ceux en nitrites et CRT surestimés.

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.

Comparaison aux limites

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

| Paramètres | Limite | Rejet | | Limite | Rejet | Limite | Rejet |
|------------|--|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|------------------|
| | Concentration maximale ajoutée au rejet (mg/L) | Valeur maximale | Valeur moyenne | Flux 24h ajouté (kg) | Valeur maximale (kg) | Flux annuel ajouté (kg) | Flux annuel (kg) |
| AOX | 0,12 / 0,15* | 0,097 | 0,011 | 25 / 30* | 26,4 | 1570 | 1259 |
| CRT | 0,063 / 0,1* | 6,88 ^{E-3} | 3,32 ^{E-5} | 13 / 21* | 4,10 | 2500 | 7 |
| Ammonium | 0,48 | 0,93 | 0,035 | 100 | 340,1 | / | 2801 |
| Nitrites | 0,22 / 1,4** | 0,197 | 0,018 | 45 / 290** | 53,9 | / | 1330 |
| Nitrates | 14,9 / 17,8* | 6,19 | 2,28 | 3100 / 3700* | 1920 | / | 332215 |

* En cas de traitement renforcé

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

Commentaires :

La mise en œuvre des traitements est dépendante des valeurs microbiologiques mesurées dans les circuits des tranches en fonctionnement et les flux chimiques peuvent donc fluctuer pour permettre la maîtrise des colonisations 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 2014-DC-0416.

En ce qui concerne le flux ajouté au rejet en nitrites, un dépassement de la valeur de 45 kg/j a été enregistré à 53,9 kg le 14 octobre ; pour rappel le seuil 1 de 45 kg est à respecter dans 90% des cas sans toutefois dépasser le seuil 2 de 290 kg. Durant les périodes de traitement, le nombre de jours de dépassement du seuil 1 autorisé par la décision ASN n°2014-DC-0415 est de 72 jours.

Pour information, la concentration ajoutée et le flux 24h mesuré en ammonium le 2/05/2019 ont fait l'objet d'information à l'autorité compétente ; les valeurs avaient été déterminées comme des valeurs aberrantes du fait du nombre de tranches en traitement et des taux d'injections réalisées durant ces périodes. L'origine du flux mesuré au rejet n'est pas due au traitement biocide ; ces valeurs ne sont donc pas à considérer comme des dépassements réglementaires.

La stratégie de traitement biocide mise en œuvre tout le long de l'année 2019 a été adaptée et n'a entraîné aucun dépassement des limites.

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 | 37,1 | 6,5 ^{E-2} | 7,96 ^{E-2} |
| CRT | 41 | 22,9 | 8,9 ^{E-2} | 4,90 ^{E-2} |
| Ammonium | 120 | 96,3 | 0,260 | 0,206 |

Commentaires :

Un dépassement des limites en AOX (flux 24h et concentration ajoutée à la retenue) a eu lieu le 21/01/19. Celui-ci a engendré, comme prévu dans la décision n°2014-DC-0415, une surveillance renforcée de la retenue. Cette dernière, consistant à effectuer des mesures quotidiennes, n'a montré aucune augmentation des substances mesurées dans la retenue.

Aucun autre dépassement n'a eu lieu durant le reste de l'année 2019.

e. Rejets d'effluents liquides chimiques via « l'émissaire C2 » (La Tenche)

Surveillance mensuelle

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

| | MES (mg /L) | Hydrocarbures (mg /L) |
|------------------|----------------|--------------------------|
| Janvier | 13 | <0,1 |
| Février | 4,2 | <0,1 |
| Mars | 20 | <0,1 |
| Avril | <2 | <0,1 |
| Mai | <2 | <0,1 |
| Juin | 2,9 | 0,24 |
| Juillet | 49,1 | <0,1 |
| Août | 4,3 | <0,1 |
| Septembre | <2 | <0,1 |
| Octobre | <2 | <0,1 |
| Novembre | 13 | <0,1 |
| Décembre | 4,2 | <0,1 |

Comparaison aux limites

Le tableau ci-dessous permet un comparatif des valeurs de rejets de l'année 2019 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 | 49,1 |
| Hydrocarbures | 5 mg/L | 0,24 |

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

Commentaires :

Dans le but de poursuivre nos actions sur la réduction des quantités d'hydrazine rejetées, le remplacement de l'intégralité des pompes doseuses débuté en 2018 s'est soldé au second semestre 2019. Les pompes doseuses à piston initialement installées présentaient un taux de fuite important inhérent à leur technologie. Elles ont été remplacées par des pompes à double membranes.

Le site a entrepris des travaux de réfection complète de certains réservoirs. En 2019, la bêche 0 KER 013 BA a été rénovée complètement. Fin 2019, la rénovation interne complète de 0 SEK 011 BA après enlèvement des boues a également débuté.

En 2019, a eu lieu le redémarrage d'une de nos deux chaînes d'évaporation 0 TEU 551 EV. Ce chantier avait débuté en 2012, car la partie inférieure de l'appareil était prise en bore. Il y a donc eu un enlèvement du bore sur la partie basse de l'appareil et un remplacement à neuf de la boîte à eau inférieure. En fin de premier semestre, une épreuve hydraulique pour requalifier l'appareil a été effectuée avant sa remise en service.

4. Surveillance complémentaire des eaux de surface

Il n'y a pas eu de surveillance complémentaire mise en place sur le CNPE de Cattenom en 2019.

5. 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 2019.

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 aérateur 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'aérateurs. Dans un aérateur, 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'aérateur 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 2019 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 | 6,1 | 2,9 | 4,7 | 0,7 | 0,1 | 0,4 | 6,3 | 3,0 | 4,9 |
| Février | 8,4 | 3,5 | 5,8 | 0,2 | 0,0 | 0,1 | 8,2 | 3,4 | 5,8 |
| Mars | 9,5 | 7,7 | 8,9 | 0,3 | 0,0 | 0,1 | 14,3 | 7,7 | 8,9 |
| Avril | 16,3 | 9,7 | 12,8 | 0,3 | 0,1 | 0,2 | 16,4 | 9,9 | 12,8 |
| Mai | 19,3 | 12,4 | 15,8 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 19,9 | 12,1 | 15,9 |
| Juin | 27,6 | 19,0 | 22,2 | 0,5 | -0,6 | 0,1 | 27,6 | 18,8 | 22,2 |
| Juillet | 27,7 | 21,4 | 24,3 | 0,8 | -0,1 | 0,4 | 27,3 | 22,3 | 24,7 |
| Août | 25,3 | 20,9 | 22,9 | 0,8 | 0,0 | 0,4 | 25,3 | 21,2 | 23,2 |
| Septembre | 24,4 | 16,3 | 19,3 | 1,0 | 0,4 | 0,7 | 24,6 | 16,9 | 19,9 |
| Octobre | 23,2 | 11,2 | 14,6 | 0,9 | 0,1 | 0,4 | 24,2 | 11,6 | 14,8 |
| Novembre | 12,4 | 6,1 | 8,7 | 0,6 | 0,1 | 0,4 | 12,3 | 6,3 | 8,9 |
| Décembre | 8,5 | 5,1 | 6,9 | 0,4 | 0,0 | 0,1 | 8,5 | 5,4 | 7,0 |

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 2019.

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

Durant l'année 2019 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 2019 en *Legionella pneumophila* mesurées en bassin froid des tranches et en *Naegleria fowleri* mesurées ou calculées en aval dans le fleuve sont détaillées dans le tableau ci-dessous.

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

Les résultats en *Naegleria fowleri* en aval Moselle (mesurés et calculés) et le suivi de la concentration en *Naegleria fowleri* mesurées dans la retenue du Mirgenbach sont détaillés en annexe 2.

| Paramètre | Valeur maximale observée en 2019 | Seuil d'action |
|--|----------------------------------|--------------------------|
| <i>Legionella pneumophila</i> | 77 000 | 10 000 UFC / L |
| <i>Naegleria fowleri</i> en aval Moselle (calculé ou mesuré) | <12 | 100 <i>N.fowleri</i> / L |

Pendant toute la durée du suivi microbiologique, la concentration en *Naegleria fowleri* calculée en Moselle après dilution du rejet n'a jamais atteint la valeur limite de 100 Nf/L.

Le seuil d'action de 10 000 UFC/L en *Legionella pneumophila* a été atteint à 3 reprises sur la tranche 3 avant le retubage total du condenseur en titane réalisé à mi-année, mais aucun dépassement de valeur de 100 000 UFC/L n'a été mesuré.

Bilan des dépassements du seuil d'action observés sur le bassin froid de la tranche 3 en 2019 avant le retubage total en titane :

| Paramètre | Dépassements | Actions curatives et correctives engagées | Efficacité des mesures mises en œuvre |
|------------------------|---------------------------|---|---|
| Legionella pneumophila | 77 000 UFC/L le 2 janvier | Traitement à la monochloramine à 0,25 mg/l en sortie condenseur du 9 janvier au 5 février | Traitement biocide efficace colonisation maîtrisée / la valeur suivante est à 1400 UFC/L le 12/01 |
| Legionella pneumophila | 15 000 UFC/L le 5 février | Traitement à la monochloramine à 0,25 mg/l en sortie condenseur du 16 février au 5 avril | Traitement biocide efficace colonisation maîtrisée / la valeur suivante est à 400 UFC/L le 17/02 |
| Legionella pneumophila | 70 000 UFC/L le 15 avril | Traitement à la monochloramine à 0,25 mg/l en sortie condenseur du 25 avril au 18 juillet | Traitement biocide efficace colonisation maîtrisée / la valeur suivante est <100 UFC/L le 28/04 |

La concentration maximale mesurée au niveau de la retenue du Mirgenbach n'a jamais dépassée la valeur du seuil de détection soit 19 Nf/L ; elle est donc restée bien en deçà de la valeur de 100 Nf/L conformément à la réglementation applicable au site de Cattenom.

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 biocide 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 de 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 la retenue du Mirgenbach.

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 2019 :

| Paramètres | Périodes de traitement par unités de production | | | |
|---|--|--|--|---|
| | Tranche 1 | Tranche 2 | Tranche 3 | Tranche 4 |
| Déclenchement du traitement sur critère Amibes | du 18 au 28 janvier du 12 au 22 février du 14 au 27 mars du 4 au 14 avril du 22 avril au 10 mai du 20 septembre au 10 octobre du 13 octobre au 1 ^{er} novembre du 16 novembre au 8 décembre du 13 décembre au 31 décembre | du 19 au 28 janvier du 12 au 27 février du 28 mars au 9 avril du 19 au 25 avril du 21 mai au 28 septembre du 3 au 9 octobre du 27 novembre au 8 décembre du 22 au 31 décembre | du 28 décembre au 31 décembre | du 1 ^{er} au 16 janvier du 2 mai au 7 juin du 13 juin au 27 septembre du 24 octobre au 10 novembre Du 18 novembre au 6 décembre du 28 décembre au 31 décembre |
| Déclenchement du traitement sur critères Légionelles | | | du 9 janvier au 5 février du 16 février au 5 avril du 25 avril au 19 juillet | |
| Date d'arrêt de Tranche | du 10 mai au 15 septembre | du 26 avril au 19 mai | du 19 juillet au 8 novembre | du 19 janvier au 10 avril (et 7 au 12 juin : fortuit) |
| Nombre de jour de traitement continu | 141 | 219 | 165 | 200 |
| Date de mise en œuvre du traitement renforcé | Le 12/08/2019 | | | |
| Nombre de jours de Chloration massive | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CRT moyen sortie condenseur (mg/L) | 0,257 | 0,259 | 0,239 | 0,250 |
| Consommation réelle d'eau de Javel (m3) | 2226,1 | | | |
| Consommation réelle d'ammoniaque (m3) | 425,5 | | | |

Aucune chloration massive n'a été réalisée sur l'année 2019 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 radio écologie.

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, environ 5000 analyses dont les résultats sont transmis à l'administration et publiés par EDF sur le site internet du CNPE <https://www.edf.fr/groupe-edf/producteur-industriel/carte-des-implantations/centrale-nucleaire-de-cattenom/surete-et-environnement>. Les résultats des mesures de radioactivité réalisées dans le cadre de la surveillance réglementaire de l'environnement sont également

accessible en ligne gratuitement sur le site internet du Réseau National de Mesures de la radioactivité de l'environnement (RNM - <http://www.mesure-radioactivite.fr>).

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

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

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

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

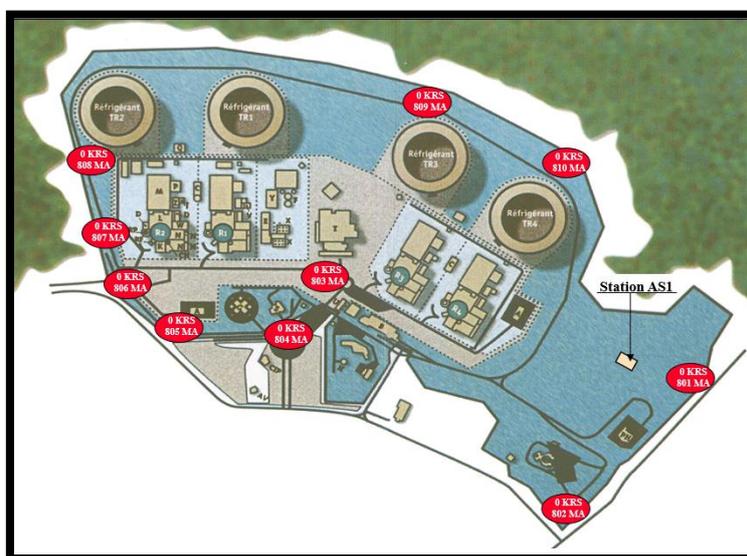
Les stations de prélèvements sont choisies en fonction de la rose des vents locale, des conditions hydrologiques, de la répartition de la population et de la disponibilité des échantillons dans l'environnement du CNPE. Les prélèvements collectés dans l'environnement terrestre sont répartis en distinguant 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

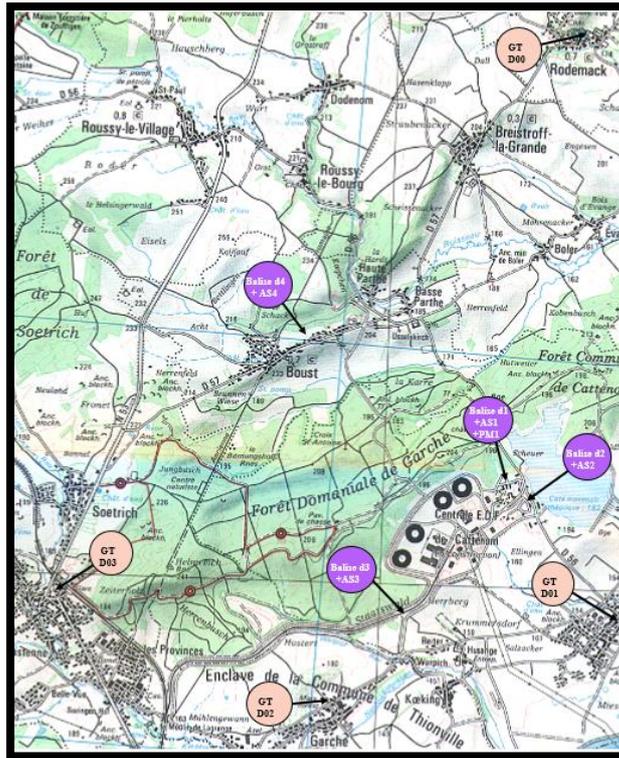
constitue la principale composante de la radioactivité dans l'environnement, et que la radioactivité artificielle provient majoritairement d'une rémanence des retombées des essais nucléaires atmosphériques et de l'accident de Tchernobyl. Du fait de l'éloignement de ces événements anciens et des efforts 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

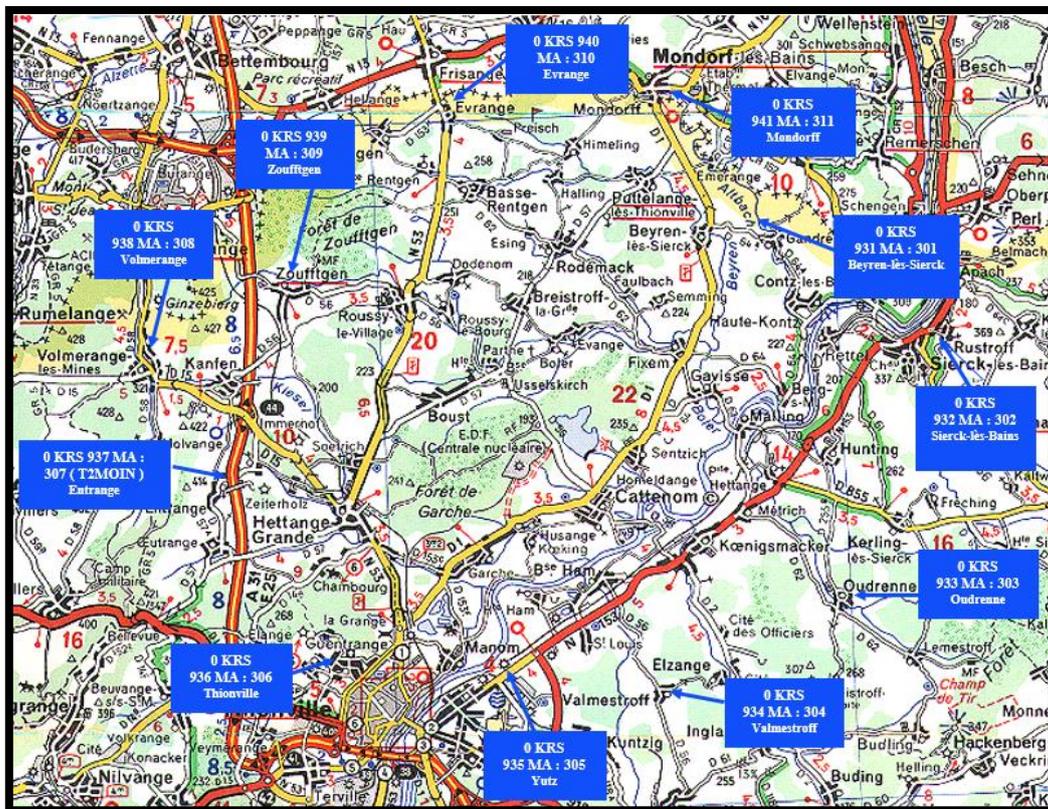
Le système de surveillance de la radioactivité ambiante s'articule autour de 4 réseaux de balises radiamétriques (clôture, à 1 km, à 5 km et à 10 km) via la mesure en continu du débit de dose gamma ambiant. Les balises de chaque réseau sont implantées à intervalle régulier de façon à réaliser des mesures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



Réseau clôture de site



Réseau 1 Km et 5 KM



Réseau 10 Km

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 2019 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 2019 (nSv/h) | Débit de dose max année 2019 (nSv/h) | Débit de dose moyen année 2018 (nSv/h) | Débit de dose moyen année 2017 (nSv/h) |
|------------------|--|--------------------------------------|--|--|
| Clôture | 172 | 715 | 175 | 172 |
| 1 km | 136 | 299 | 135 | 134 |
| 5 km | 118 | 234 | 118 | 127 |
| 10 km | 170 | 263 | 173 | 171 |

Commentaires : Pour les quatre réseaux, les débits de dose moyens enregistrés pour l'année 2019 sont de l'ordre de grandeur du bruit de fond et cohérents avec les résultats des années antérieures.

2. Surveillance du compartiment atmosphérique

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

Un dispositif de prélèvement du tritium atmosphérique par barbotage est également implanté sous les vents dominants à la station dite AS1. L'analyse du tritium atmosphérique piégé est réalisée pour chacune des périodes définies réglementairement (du 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 de l'activités bêta globale et tritium sont réalisées.

Les résultats des mesures réalisées sur le compartiment atmosphérique pour l'année 2019 sont donnés dans le tableau suivant.

| Compartiment | Paramètres | | Moyenne annuelle | Valeur minimale mesurée | Valeur maximale mesurée | Limite réglementaire (pour chaque analyse) |
|--|----------------------------------|-------------------|---|--|--|--|
| Poussières atmosphériques Stations AS | Bêta globale | | <6,14 ^{E-4} Bq/m ³ | < 1,04 ^{E-4} Bq/m ³ | 2,76 ^{E-3} Bq/m ³ | 0,01 Bq/m ³ |
| | Spectrométrie gamma (mBq/Nm3) | ⁵⁸ Co | <1,12 ^{E-2} | <6,7 ^{E-3} | <1,8 ^{E-2} | - |
| | | ⁶⁰ Co | <7,82 ^{E-3} | < 3,6 ^{E-3} | < 1,2 ^{E-2} | - |
| | | ¹³⁴ Cs | <7,18 ^{E-3} | <3,7 ^{E-3} | <1,4 ^{E-5} | - |
| | | ¹³⁷ Cs | <7,02 ^{E-3} | <2,6 ^{E-3} | <9,8 ^{E-3} | - |
| | | ⁴⁰ K | <1,91 ^{E-1} | <1,3 ^{E-1} | <0,3 | - |
| Tritium atmosphérique (Bq/m3) | | | < 0,167 | <0,084 | < 0,209 | 50 Bq/m ³ |
| Eau de pluie | Bêta globale (Bq/L) | | < 0,139 | <0,079 | 0,234 | - |
| | Tritium (Bq/L) | | < 6,05 | <5,43 | <6,97 | - |

Commentaires : Les mesures de surveillance du compartiment atmosphérique pour l'année 2019 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 2019 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 limites de détection sont présentées.

| Nature du prélèvement | Élément mesuré | | Moyenne annuelle | Valeur minimale mesurée | Valeur maximale mesurée | Périodicité |
|-----------------------|------------------------------------|-------------------|--|-------------------------|-------------------------|-------------|
| Végétaux terrestres | Spectrométrie gamma (Bq/kg sec) | ¹³⁷ Cs | <0,317 | <0,250 | 0,620 | Mensuelle |
| Lait | Spectrométrie gamma | - | Aucun radionucléide d'origine artificielle n'a été détecté | | | Mensuelle |

Commentaires :

Les résultats des mesures annuelles réalisées sur le compartiment terrestre ainsi que leur interprétation pour l'année 2018 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 2018 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 sur 9 piézomètres, dont les résultats sont présentés dans le tableau suivant.

| Paramètres | Valeur maximale mesurée | Unité |
|-----------------|-------------------------|-------|
| Tritium | 15,6 | Bq/L |
| Bêta global | 0,78 | Bq/L |
| Bêta global MES | 0,98 | Bq/L |

II. Physico-chimie des eaux souterraines

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

| Paramètres | Unité | Valeur maximale mesurée |
|----------------------|---------------------------|-------------------------|
| pH | - | 11,1 |
| Conductivité | $\mu\text{S} / \text{cm}$ | 4640 |
| Hydrocarbures totaux | mg / l | 0,46 |
| DCO | | 18 |
| NTK | | 2,90 |
| Phosphates | | 14 |
| Nitrates | | 12 |
| Chlorures | | 270 |
| Sodium | | 453 |
| Potassium | | 18 |
| Aluminium | | <0,1 |
| Arsenic | | 0,005 |
| Cadmium | | <0,0001 |
| Cuivre | | 0,0873 |
| Chrome | | 0,00749 |
| Zinc | | 0,015 |
| Mercure | | 0,004 |
| Nickel | | 0,0051 |
| Plomb | | <0,005 |

Commentaires :

Valeur pH = 11,1 sur 0SEZ023PZ : Les valeurs de pH sur ce piézomètre sont systématiquement et naturellement supérieures au seuil 2 de 9,5. Un suivi de tendance est réalisé.

Valeur de conductivité = 4640 $\mu\text{S/cm}$ sur 0SEZ092PZ : Les valeurs de conductivité sur ce piézomètre sont systématiquement et naturellement supérieures au seuil 2 de 4000 $\mu\text{S/cm}$. Un suivi de tendance est réalisé.

Valeur en phosphates = 14 mg/L sur 0SEZ002PZ le 19/08/19: Valeurs supérieure au seuil 2 de 2,5. La valeur du prélèvement suivant, effectué le 03/09/19, était à nouveau inférieure au seuil de détection, soit <0,10 mg/L. Ce dépassement n'a pas fait objet de déclaration car il est hors responsabilité du site, cependant une information à l'ASN a été réalisée.

III. Chimie et physico-chimie des eaux de surface

1. Physico-chimie en continu

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

Les tableaux suivants présentent les résultats du suivi sur l'année 2019 pour les stations amont, rejet et aval.

| Station amont | Température (°C) | pH | Oxygène dissous (mg/L) | Conductivité (µS/cm) |
|---------------|------------------|------|------------------------|----------------------|
| Janvier | 4,7 | 7,95 | 11,1 | 1616 |
| Février | 5,8 | 7,98 | 11,0 | 1467 |
| Mars | 8,9 | 7,92 | 10,0 | 1506 |
| Avril | 12,8 | 8,06 | 10,5 | 1685 |
| Mai | 15,8 | 7,94 | 7,9 | 1554 |
| Juin | 22,2 | 8,05 | 8,9 | 1561 |
| Juillet | 24,3 | 8,00 | 8,8 | 1517 |
| Août | 22,9 | 7,99 | 8,7 | 1581 |
| Septembre | 19,3 | 7,83 | 7,4 | 1531 |
| Octobre | 14,6 | 7,57 | 7,1 | 1600 |
| Novembre | 8,7 | 7,78 | 9,1 | 1553 |
| Décembre | 6,9 | 7,98 | 10,6 | 1506 |

| Station rejet | Température (°C) | pH | Oxygène dissous (mg/L) | Conductivité (µS/cm) |
|---------------|------------------|------|------------------------|----------------------|
| Janvier | 10,6 | 7,98 | 11,0 | 2380 |
| Février | 8,9 | 7,99 | 11,5 | 1826 |
| Mars | 12,2 | 8,01 | 10,5 | 1917 |
| Avril | 15,8 | 8,08 | 9,6 | 2171 |
| Mai | 17,8 | 8,15 | 8,2 | 2283 |
| Juin | 22,8 | 8,08 | 8,1 | 2118 |
| Juillet | 25,5 | 7,86 | 7,7 | 2347 |
| Août | 24,2 | 7,86 | 7,9 | 2206 |
| Septembre | 22,0 | 7,80 | 8,0 | 2157 |
| Octobre | 18,0 | 7,82 | 9,1 | 2228 |
| Novembre | 13,9 | 8,03 | 10,0 | 2144 |
| Décembre | 12,1 | 8,26 | 10,4 | 2131 |

| Station aval | Température (°C) | pH | Oxygène dissous (mg/L) | Conductivité (µS/cm) |
|--------------|------------------|------|------------------------|----------------------|
| Janvier | 4,9 | 7,92 | 11,5 | 1634 |
| Février | 5,8 | 8,02 | 11,7 | 1422 |
| Mars | 8,9 | 7,98 | 10,6 | 1445 |
| Avril | 12,8 | 8,10 | 10,4 | 1614 |
| Mai | 15,9 | 7,92 | 8,7 | 1554 |
| Juin | 22,2 | 8,01 | 8,3 | 1641 |
| Juillet | 24,7 | 8,13 | 9,5 | 1653 |
| Août | 23,2 | 8,11 | 9,0 | 1776 |
| Septembre | 19,9 | 8,12 | 8,6 | 1558 |
| Octobre | 14,8 | 7,73 | 7,9 | 1649 |
| Novembre | 8,9 | 7,96 | 9,8 | 1600 |
| Décembre | 7,0 | 7,99 | 11,1 | 1496 |

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) | 5,2 | 4,1 | 9,0 | 12,6 | 13,5 | 22,7 | 24,1 | 24,3 | 24,1 | 16,2 | 12,0 | 7,7 |
| pH | 7,8 | 7,8 | 7,9 | 8,0 | 7,8 | 8,2 | 7,9 | 8,4 | 8,0 | 7,5 | 7,6 | 7,8 |
| O2 (mg/L) | 10,2 | 11,8 | 10,6 | 12,0 | 9,9 | 12,3 | 8,0 | 11,0 | 8,1 | 6,4 | 9,0 | 11,2 |
| Conductivité (mS/cm) | 1,74 | 1,42 | 1,66 | 1,54 | 1,75 | 1,67 | 1,68 | 1,94 | 1,25 | 1,75 | 1,52 | 1,51 |
| TAC (°F) | 14 | 15 | 13 | 15 | 14 | 15 | 14 | 12 | 18 | 11 | 10 | 10 |
| TACI (°F) | 67 | 47 | 61 | 64 | 70 | 72 | 68 | 78 | 44 | 73 | 66 | 61 |
| Turbidité (FTU) | 6 | 29 | 16 | 4 | 2 | 4 | 1 | 5 | 7 | 1 | 8 | 16 |
| COD (mg/L) | 3,0 | 3,9 | 3,0 | 2,2 | 2,7 | 3,0 | 2,7 | 2,9 | 3,2 | 3,2 | 3,5 | 3,1 |
| Sulfates (mg/L) | 110 | 79 | 92 | 98 | 110 | 120 | 150 | 130 | 130 | 130 | 91 | 83 |
| Ammonium (mg/L) | 0,27 | 0,17 | 0,37 | <0,01 | 0,08 | 0,12 | 0,21 | 0,15 | 0,26 | 0,13 | 0,14 | 0,17 |
| Nitrites (mg/L) | 0,170 | 0,110 | 0,110 | 0,068 | 0,069 | 0,051 | 0,091 | 0,027 | 0,040 | 0,074 | 0,070 | 0,099 |
| Nitrates (mg/L) | 20 | 34 | 15 | 12 | 8 | 7 | 2 | 2 | 3 | 4 | 7 | 14 |
| Phosphates (mg/L) | 0,23 | 0,25 | 0,25 | 0,10 | 0,13 | 0,12 | 0,26 | 0,24 | 0,24 | 0,33 | 0,23 | 0,17 |
| MES (mg/L) | 2,3 | 18,0 | 8,3 | 2,0 | <2,0 | 5,7 | 3,9 | 2,3 | 7,3 | 3,1 | <2,0 | 6,2 |
| Chlorures (mg/L) | 405 | 296 | 372 | 372 | 457 | 436 | 383 | 466 | 230 | 407 | 361 | 345 |
| Sodium (mg/L) | 120 | 81 | 120 | 120 | 140 | 130 | 150 | 230 | 120 | 200 | 120 | 92 |
| Silice (mg/L) | 8 | 11 | 5 | 5 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 9 | 10 |
| DCO (mgO2/L) | 11 | 14 | 8 | 9 | 8 | 12 | 10 | 13 | 13 | 11 | 17 | 13 |
| DBO5 (mgO2/L) | <3 | <3 | <3 | <3 | <3 | 3 | <3 | <3 | <3 | <3 | <3 | <3 |
| Azote total (mgN/L) | 4,8 | 7,8 | 3,7 | 2,7 | 1,8 | 1,7 | 0,7 | 0,5 | 0,9 | 1,1 | 1,8 | 3,3 |
| Cyanure (µg/L) | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 |
| Azote Kjeldhal (mgN/L) | <0,5 | 1,0 | 0,6 | <0,5 | 1,2 | 0,7 | 0,8 | <0,5 | 1,7 | <0,5 | 1,0 | 0,6 |
| Calcium (mg/L) | 160 | 150 | 160 | 170 | 170 | 160 | 130 | 130 | 88 | 130 | 130 | 140 |
| Magnésium (mg/L) | 14 | 11 | 13 | 15 | 16 | 17 | 21 | 21 | 19 | 17 | 11 | 11 |
| Phosphore total (mgP/L) | 0,09 | 0,19 | 0,12 | 0,04 | 0,05 | 0,07 | 0,10 | 0,09 | 0,12 | 0,10 | 0,10 | 0,09 |
| TH (°F) | 46 | 42 | 46 | 49 | 49 | 47 | 41 | 41 | 30 | 39 | 37 | 40 |
| Potassium (mg/L) | 5,7 | 5,3 | 5,6 | 4,9 | 6,7 | 6,3 | 7,8 | 9,1 | 6,7 | 8,6 | 6,3 | 5,5 |

| Station MOS2 (rejet) | Janv | Fév | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Aou | Sep | Oct | Nov | Déc |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Température (°C) | 12,7 | 8,0 | 13,0 | 14,9 | 16,2 | 21,7 | 26,0 | 25,4 | 24,9 | 19,1 | 16,2 | 13,4 |
| pH | 7,9 | 7,9 | 8,0 | 8,1 | 8,1 | 7,9 | 7,8 | 7,9 | 8,0 | 7,7 | 7,9 | 7,9 |
| O2 (mg/L) | 10,1 | 11,1 | 10,6 | 10,5 | 10,3 | 9,0 | 8,1 | 8,1 | 8,1 | 8,3 | 9,6 | 10,5 |
| Conductivité (mS/cm) | 2,74 | 1,86 | 2,12 | 2,06 | 2,69 | 2,20 | 2,36 | 2,57 | 2,10 | 2,20 | 2,24 | 2,39 |
| TAC (°F) | 12 | 13 | 13 | 19 | 18 | 14 | 14 | 15 | 14 | 19 | 9 | 10 |
| TACI (°F) | 123 | 77 | 81 | 86 | 115 | 119 | 100 | 111 | 84 | 99 | 89 | 94 |
| Turbidité (FTU) | 13 | 22 | 10 | 7 | 11 | 18 | 6 | 7 | 11 | 8 | 8 | 10 |
| COD (mg/L) | 5,8 | 4,2 | 3,4 | 3,3 | 3,9 | 4,0 | 3,6 | 3,1 | 4,1 | 4,2 | 4,4 | 4,4 |
| Sulfates (mg/L) | 330 | 160 | 180 | 170 | 260 | 200 | 270 | 290 | 240 | 260 | 220 | 220 |
| Ammonium (mg/L) | 0,26 | 0,14 | 0,27 | <0,01 | 0,14 | 0,14 | 0,18 | 0,29 | 0,25 | 0,16 | 0,12 | 0,14 |
| Nitrites (mg/L) | 0,170 | 0,150 | 0,084 | 0,072 | 0,069 | 0,064 | 0,047 | 0,049 | 0,045 | 0,100 | 0,100 | 0,100 |
| Nitrates (mg/L) | 31 | 33 | 25 | 24 | 20 | 16 | 9 | 2 | 4 | 7 | 11 | 22 |
| Phosphates (mg/L) | 0,46 | 0,33 | 0,35 | 0,22 | 0,28 | 0,26 | 0,37 | 0,40 | 0,25 | 0,29 | 0,39 | 0,43 |
| MES (mg/L) | 17,1 | 34,9 | 13,8 | 10,3 | 4,3 | 21,0 | 13,4 | 7,6 | <2 | 13,5 | 2,2 | 9,2 |
| Chlorures (mg/L) | 636 | 449 | 486 | 494 | 689 | 640 | 553 | 609 | 456 | 512 | 511 | 554 |
| Sodium (mg/L) | 280 | 130 | 150 | 150 | 200 | 160 | 210 | 280 | 240 | 260 | 200 | 170 |
| Silice (mg/L) | 12 | 12 | 10 | 9 | 6 | 7 | 5 | 5 | 3 | 4 | 9 | 12 |
| DCO (mgO2/L) | 19 | 16 | 11 | 12 | 13 | 16 | 13 | 15 | 15 | 14 | 15 | 16 |
| DBO5 (mgO2/L) | <3 | <3 | <3 | <3 | <3 | <3 | <3 | <3 | <3 | <3 | <3 | <3 |
| Azote total (mgN/L) | 7,3 | 7,6 | 5,9 | 5,5 | 4,7 | 3,7 | 2,1 | 0,8 | 1,1 | 1,6 | 2,6 | 5,1 |
| Cyanure (µg/L) | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 |
| Azote Kjeldhal (mgN/L) | 0,6 | 0,6 | 0,5 | <0,5 | 1,4 | 0,9 | 0,7 | <0,5 | 1,0 | <0,5 | 0,8 | 0,6 |
| Calcium (mg/L) | 300 | 200 | 220 | 240 | 240 | 280 | 190 | 200 | 160 | 170 | 170 | 220 |
| Magnésium (mg/L) | 25 | 16 | 18 | 17 | 24 | 21 | 29 | 31 | 28 | 29 | 19 | 20 |
| Phosphore total (mgP/L) | 0,17 | 0,23 | 0,12 | 0,09 | 0,12 | 0,15 | 0,14 | 0,40 | 0,13 | 0,15 | 0,13 | 0,12 |
| TH (°F) | 85 | 57 | 68 | 67 | 70 | 79 | 59 | 63 | 52 | 54 | 50 | 63 |
| Potassium (mg/L) | 6,4 | 7,8 | 7,6 | 6,4 | 16,2 | 7,9 | 9,9 | 11,8 | 11,4 | 11,2 | 10,5 | 9,5 |

| Station MOS4 (aval) | Janv | Fév | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Aou | Sep | Oct | Nov | Déc |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Température (°C) | 5,6 | 4,3 | 9,0 | 12,5 | 13,4 | 21,6 | 24,6 | 24,3 | 23,7 | 16,7 | 12,0 | 7,0 |
| pH | 7,8 | 7,8 | 7,8 | 7,9 | 7,9 | 7,9 | 8,1 | 8,3 | 8,3 | 7,8 | 7,8 | 7,8 |
| O2 (mg/L) | 10,5 | 12,1 | 10,9 | 10,7 | 9,9 | 9,4 | 7,9 | 11,0 | 7,7 | 7,2 | 9,3 | 11,1 |
| Conductivité (mS/cm) | 1,68 | 1,46 | 1,55 | 1,54 | 1,78 | 1,78 | 1,82 | 2,06 | 1,64 | 1,85 | 1,53 | 1,38 |
| TAC (°F) | 16 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 19 | 18 | 16 | 12 | 11 |
| TACI (°F) | 68 | 51 | 58 | 61 | 70 | 74 | 72 | 84 | 62 | 78 | 63 | 58 |
| Turbidité (FTU) | 3 | 21 | 11 | 3 | 1 | 2 | 4 | 3 | 6 | 4 | 10 | 8 |
| COD (mg/L) | 3,2 | 3,7 | 2,1 | 2,2 | 2,6 | 3,1 | 3,0 | 3,2 | 3,4 | 3,5 | 4,1 | 3,3 |
| Sulfates (mg/L) | 120 | 82 | 99 | 100 | 120 | 130 | 180 | 190 | 170 | 200 | 110 | 76 |
| Ammonium (mg/L) | 0,29 | 0,20 | 0,25 | <0,01 | 0,08 | 0,16 | 0,18 | 0,18 | 0,26 | 0,13 | 0,23 | 0,17 |
| Nitrites (mg/L) | 0,150 | 0,120 | 0,081 | 0,056 | 0,065 | 0,041 | 0,037 | 0,039 | 0,037 | 0,055 | 0,069 | 0,100 |
| Nitrates (mg/L) | 21 | 34 | 18 | 15 | 10 | 8 | 4 | 1 | <0,5 | 5 | 13 | 16 |
| Phosphates (mg/L) | 0,25 | 0,54 | 0,17 | 0,13 | 0,16 | 0,21 | 0,26 | 0,18 | 0,16 | 0,24 | 0,27 | 0,22 |
| MES (mg/L) | 4,4 | 32,0 | 14,3 | 1,8 | <2,0 | 3,1 | 11,9 | 4,9 | <2 | 5,7 | <2,0 | <2,0 |
| Chlorures (mg/L) | 399 | 296 | 354 | 357 | 452 | 462 | 398 | 475 | 341 | 411 | 326 | 311 |
| Sodium (mg/L) | 120 | 83 | 110 | 110 | 130 | 130 | 160 | 220 | 170 | 200 | 110 | 86 |
| Silice (mg/L) | 7 | 10 | 5 | 5 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 10 | 11 |
| DCO (mgO2/L) | 11 | 15 | 8 | 9 | 9 | 12 | 12 | 15 | 14 | 12 | 15 | 15 |
| DBO5 (mgO2/L) | <3 | 3 | <3 | <3 | <3 | <3 | <3 | <3 | <3 | <3 | <3 | <3 |
| Azote total (mgN/L) | 5,0 | 7,9 | 4,3 | 3,4 | 2,3 | 1,9 | 1,1 | 0,4 | 0,3 | 1,3 | 3,1 | 3,8 |
| Cyanure (µg/L) | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 |
| Azote Kjeldhal (mgN/L) | <0,5 | 0,8 | <0,5 | <0,5 | 1,2 | 0,7 | 0,7 | 0,5 | 0,9 | <0,5 | 0,8 | 0,6 |
| Calcium (mg/L) | 170 | 150 | 160 | 170 | 170 | 170 | 140 | 140 | 120 | 140 | 120 | 130 |
| Magnésium (mg/L) | 15 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 25 | 24 | 21 | 22 | 15 | 12 |
| Phosphore total (mgP/L) | 0,08 | 0,12 | 0,12 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,12 | 0,09 | 0,11 | 0,10 | 0,10 | 0,17 |
| TH (°F) | 49 | 43 | 46 | 49 | 49 | 50 | 45 | 45 | 39 | 44 | 36 | 37 |
| Potassium (mg/L) | 5,8 | 5,8 | 5,8 | 4,9 | 6,9 | 6,2 | 7,8 | 9,5 | 8,0 | 9,2 | 6,5 | 10,0 |

Commentaires : RAS

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 | <4 | 4 | 4,1 | <1 | 1 | 1,1 | 20 | 44 | 22 | <4,5 | <4,5 | <4,5 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| Fev | <4 | <4 | <4 | <1 | <1 | <1 | 19 | 22 | 20 | <4,5 | <4,5 | <4,5 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| Mar | <4 | <4 | <4 | <1 | <1 | <1 | <10 | 30 | 11 | <4,5 | <4,5 | <4,5 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| Avr | <4 | <4 | <4 | <1 | <1 | <1 | 17 | 19 | 27 | <4,5 | <4,5 | <4,5 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| Mai | <4 | <4 | <4 | <1 | <1 | <1 | 21 | 28 | 24 | <4,5 | <4,5 | <4,5 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| Juin | <4 | <4 | <4 | <1 | <1 | <1 | 67 | 18 | 19 | <4,5 | <4,5 | <4,5 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| Juil | <4 | <4 | <4 | <1 | <1 | <1 | <10 | 15 | 10 | <4,5 | <4,5 | <4,5 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| Aou | <4 | <4 | <4 | <1 | <1 | <1 | 35 | 62 | 28 | <4,5 | <4,5 | <4,5 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| Sep | <4 | <4 | <4 | <1 | <1 | <1 | 20 | 41 | 33 | <4,5 | <4,5 | <4,5 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| Oct | <4 | <4 | <4 | <1 | <1 | <1 | 30 | 48 | 26 | <4,5 | <4,5 | <4,5 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| Nov | <14 | <14 | <14 | <2 | <2 | <2 | 25 | 54 | 15 | <20,5 | <20,5 | <20,5 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| Dec | <14 | <14 | <14 | <2 | <2 | <2 | 31 | 32 | 18 | <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 2019.

| Paramètres Station amont | | Unité | 15/01/19 | 13/05/19 | 08/07/19 | 07/10/19 | |
|--------------------------|---------|-------|--------------|----------|----------|----------|-------|
| Hydrazine | | mg/L | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 | |
| Morpholine | | | <0,77 | <0,25 | <0,05 | <0,59 | |
| Détergents | | | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,0220 | |
| Bore | | | <0,1 | 0,14 | 0,17 | 0,12 | |
| Hydrogénocarbonates | | | 150 | 180 | 180 | 150 | |
| Hydrocarbures | | | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | |
| Aluminium | total | µg/L | 386 | <5 | 38 | 41 | |
| | dissous | | 37 | <5 | 8 | <5 | |
| Chrome | total | | 2 | 2 | 1 | <5 | |
| | dissous | | 2 | 2 | <1 | 2 | |
| Cuivre | total | | 5 | 3 | 6 | <5 | |
| | dissous | | 2 | 2 | 1 | 2 | |
| Fer | total | | 849 | <10 | 100 | 75 | |
| | dissous | | 48 | <10 | <10 | <0,01 | |
| Manganèse | total | | 118 | <3 | 32 | 32 | |
| | dissous | | <3 | <3 | <3 | <3 | |
| Nickel | total | | 3 | 2 | 2 | <5 | |
| | dissous | | 1 | <1 | 2 | 5 | |
| Plomb | total | | 4 | <0,4 | 8 | 3 | |
| | dissous | | <0,3 | <0,4 | <0,3 | <0,3 | |
| Zinc | total | | 25 | 7 | 14 | 14 | |
| | dissous | | 4 | 2 | 2 | 7 | |
| Cuivre dans les MES | | | (mg/g de MS) | 0,12 | <0,02 | 0,12 | <0,16 |
| Zinc dans les MES | | | | 0,8 | <0,56 | 0,3 | 0,4 |

| Paramètres Station rejet | | Unité | 15/01/19 | 13/05/19 | 08/07/19 | 07/10/19 | |
|--------------------------|---------|-------|--------------|----------|----------|----------|------|
| Hydrazine | | mg/L | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 | |
| Morpholine | | | <1,25 | <0,25 | <0,05 | <1,43 | |
| Détergents | | | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,011 | |
| Bore | | | 0,13 | 0,20 | 0,20 | 0,22 | |
| Hydrogénocarbonates | | | 150 | 170 | 180 | 120 | |
| Hydrocarbures | | | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | |
| Aluminium | total | µg/L | 193 | <5 | 175 | 300 | |
| | dissous | | 37 | <5 | 8 | <5 | |
| Chrome | total | | 2 | 2 | <1 | <5 | |
| | dissous | | 2 | 2 | <1 | 2 | |
| Cuivre | total | | 43 | 15 | 30 | 22 | |
| | dissous | | 21 | 10 | 8 | 3 | |
| Fer | total | | 427 | <10 | 252 | 260 | |
| | dissous | | 27 | <10 | <10 | <0,01 | |
| Manganèse | total | | 97 | 12 | 52 | 60 | |
| | dissous | | 13 | <3 | <3 | <3 | |
| Nickel | total | | 4 | 2 | 3 | <5 | |
| | dissous | | 3 | 1 | 2 | 5 | |
| Plomb | total | | 2 | <0,4 | 1 | 4 | |
| | dissous | | <0,3 | <0,4 | <0,3 | <0,3 | |
| Zinc | total | | 42 | 10 | 22 | 30 | |
| | dissous | | 22 | 5 | 6 | 6 | |
| Cuivre dans les MES | | | (mg/g de MS) | 1,24 | <0,6 | 0,54 | 0,50 |
| Zinc dans les MES | | | | 1,1 | <0,66 | 0,4 | 0,6 |

| Paramètres Station aval | | Unité | 15/01/19 | 13/05/19 | 08/07/19 | 07/10/19 | |
|-------------------------|---------|-------|--------------|----------|----------|----------|------|
| Hydrazine | | mg/L | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 | |
| Morpholine | | | <0,83 | <0,25 | <0,05 | <1,11 | |
| Détergents | | | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,010 | |
| Bore | | | 0,12 | 0,15 | 0,17 | 0,13 | |
| Hydrogénocarbonates | | | 160 | 220 | 200 | 150 | |
| Hydrocarbures | | | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | |
| Aluminium | total | µg/L | 258 | <5 | 96 | 38 | |
| | dissous | | 44 | <5 | 9 | <5 | |
| Chrome | total | | 2 | 2 | <1 | <5 | |
| | dissous | | 2 | 2 | <1 | 1 | |
| Cuivre | total | | 6 | 2 | 7 | <5 | |
| | dissous | | 5 | 1 | 6 | 3 | |
| Fer | total | | 49 | <10 | 135 | 64 | |
| | dissous | | 41 | <10 | <10 | <0,01 | |
| Manganèse | total | | 70 | <3 | 42 | 23 | |
| | dissous | | 8 | <3 | <3 | <3 | |
| Nickel | total | | 2 | 1 | 2 | <5 | |
| | dissous | | 1 | <1 | 1 | 4 | |
| Plomb | total | | 2,4 | <0,4 | 2,3 | 2,0 | |
| | dissous | | <0,3 | <0,4 | 1 | <0,3 | |
| Zinc | total | | 24 | 3 | 5 | 12 | |
| | dissous | | 15 | 2 | 4 | 6 | |
| Cuivre dans les MES | | | (mg/g de MS) | 0,04 | 0,09 | 0,03 | <1,3 |
| Zinc dans les MES | | | | 0,31 | 0,05 | 0,03 | 0,16 |

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

| Station | 03/06/2019 | | | 04/12/2019 | | |
|----------------------|------------|-------|-------|------------|-------|--------|
| | Amont | Rejet | Aval | Amont | Rejet | Aval |
| Aluminium (mg/kg MS) | 34000 | 35000 | 33000 | 43000 | 26000 | 29000 |
| Fer (mg/kg MS) | 38000 | 43000 | 35000 | 44000 | 41000 | 280000 |
| Cuivre (mg/kg MS) | 46 | 210 | 1700 | 79 | 190 | 100 |
| Manganèse (mg/kg MS) | 950 | 530 | 450 | 720 | 800 | 1100 |
| Plomb (mg/kg MS) | 38 | 38 | 29 | 74 | 50 | 46 |
| zinc (mg/kg MS) | 370 | 480 | 960 | 650 | 430 | 260 |
| Nickel (mg/kg MS) | 25 | 26 | 25 | 49 | 30 | 29 |
| Chrome (mg/kg MS) | 48 | 45 | 38 | 60 | 50 | 49 |

IV. 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.

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 2019, 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 2019, 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 hydrobiologique.

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 | 12,6 | 10,2 | 14,0 | 16,0 | 15,9 | 22,5 | 26,2 | 25,9 | 25,4 | 19,9 | 16,2 | 13,2 |
| pH | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 8,2 | 8,1 | 7,8 | 7,8 | 7,7 | 7,8 | 7,7 | 7,8 | 7,9 |
| Sulfates (mg/l) | 350 | 190 | 230 | 190 | 290 | 220 | 260 | 310 | 280 | 310 | 240 | 290 |
| Ammonium (mg/l) | 0,20 | 0,13 | 0,17 | <0,01 | 0,11 | 0,13 | 0,11 | <0,01 | 0,39 | 0,07 | 0,18 | 0,16 |
| Nitrites (mg/l) | 0,09 | 0,13 | 0,08 | <0,01 | 0,07 | 0,02 | 0,05 | 0,01 | 0,06 | 0,01 | 0,15 | 0,11 |
| Nitrates (mg/l) | 32 | 32 | 35 | 28 | 24 | 18 | 16 | 3 | 3 | 8 | 12 | 27 |
| MES (mg/l) | 6 | 12 | 29 | 4 | <2,0 | <2,0 | 3 | 11 | 2 | 8 | <2,0 | <2 |
| Chlorures (mg/l) | 672 | 553 | 543 | 535 | 731 | 605 | 557 | 627 | 545 | 540 | 534 | 564 |
| Sodium (mg/l) | 260 | 170 | 180 | 160 | 220 | 170 | 220 | 280 | 270 | 270 | 220 | 170 |
| Azote total (mg N / L) | 7,4 | 7,4 | 8,1 | 6 | 5,5 | 4,2 | 3,7 | 0,6 | 0,9 | 1,9 | 2,9 | 6,3 |
| Cuivre dans l'eau (µg/L) | 54 | 36 | 37 | 29 | 32 | 27 | 21 | 21 | 16 | 17 | 11 | 9 |
| Cuivre dans les MES (mg/g MS) | <1,3 | 0,0 | <2,0 | 0,7 | 0,3 | 0,3 | <2,8 | 0,1 | 0,2 | 0,6 | <1,2 | <0,3 |
| Zinc dans l'eau (µg/L) | 36 | 31 | 29 | 27 | 23 | 21 | 17 | 29 | 18 | 18 | 17 | 18 |
| Zinc dans les MES (mg/g MS) | <0,6 | 0,0 | <2,0 | 0,9 | 0,3 | 0,2 | <2,3 | 0,3 | 0,3 | 0,5 | 0,6 | <0,4 |

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) | 16 | 63 | 58 |
| Acides chloroacétiques (µg/L) | <20,5 | <20,5 | <20,5 |
| Chore Résiduel Total (mg/L) | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| THM (µg/L) | <4 | <4 | <4 |
| Nitrites (mg/L) | <0,01 | 0,23 | 0,12 |
| Nitrates (mg/L) | <0,27 | 34,40 | 17,08 |

Enfin, des analyses de métaux sont effectuées annuellement dans les sédiments de la retenue. Pour 2019, les résultats sont les suivants :

| Date | 03/06/2019 |
|----------------------|------------|
| Aluminium (mg/kg MS) | 41000 |
| Fer (mg/kg MS) | 37000 |
| Cuivre (mg/kg MS) | 94 |
| Manganèse (mg/kg MS) | 630 |
| Plomb (mg/kg MS) | 37 |
| zinc (mg/kg MS) | 340 |
| Nickel (mg/kg MS) | 27 |
| Chrome (mg/kg MS) | 46 |

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. Suivi complémentaire de la retenue en période de faibles débits de la Moselle

Conformément au courrier, de juin 2013, définissant les conditions de gestion des accès à la retenue du Mirgenbach. La retenue a été fermée au public depuis le 25 juillet 2019, suite à l'obtention du critère de débit Moselle inférieur à 18.5 m³/s sur 6 jours consécutifs.

Quand le débit Moselle est inférieur à 18.5 m³/s, la centrale de Cattenom limite ses prélèvements en sollicitant davantage le stock d'eau de la retenue, augmentant ainsi la recirculation en son sein de l'eau utilisée pour refroidir nos installations. Afin de surveiller l'impact de la recirculation sur l'écosystème de la retenue, le CNPE a mis en place un suivi hydrobiologique complémentaire durant toute la période de fermeture de la retenue (du 26 juillet au 10 octobre).

Ce suivi a été réalisé par la société PEMA et les résultats ont montré que le fonctionnement en recirculation a eu un faible impact sur l'écosystème de la retenue.

4. 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 | 14/01/2019 | 05/04/2019 | 03/07/2019 | 09/10/2019 |
|--|------------|------------|------------|------------|
| Chlorures (mg/L) | 508 | 256 | 301 | 243 |
| Sodium (mg/L) | 180 | 52 | 55 | 59 |
| Cuivre dans l'eau (ug/L) | 20 | <5 | <5 | <5 |
| Zinc dans l'eau (ug/L) | 17 | 5 | 6 | <5 |
| Sulfates dans l'eau (mg/L) | 250 | 100 | 140 | 100 |
| MES (mg/L) | 3,1 | 21,2 | 6,7 | 42,4 |
| Cuivre dans les MES (mg/g M.S.) | <0,1 | N.C. | N.C. | N.C. |
| Zinc dans les MES (mg/g M.S.) | <0,08 | N.C. | N.C. | N.C. |
| Cuivre dans les sédiments (mg/kg M.S.) | 110 | 47 | 21 | 23 |
| Zinc dans les sédiments (mg/kg M.S.) | 240 | 92 | 86 | 85 |

N.C. = Non calculable

Commentaires :

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) |
|------------|------------|------------|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 05/03/2019 | <0,05 | <10 | <4,5 | 0,12 | <0,03 | 0,75 |
| 18/06/2019 | <0,05 | 19 | <4,5 | 0,16 | <0,03 | 1,16 |
| 10/09/2019 | <0,05 | 21 | <4,5 | 0,11 | <0,03 | 1,08 |
| 10/12/2019 | <0,05 | 13 | <20,5 | 0,06 | <0,01 | 1,1 |

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.

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 des niveaux très faibles de radioactivité artificielle dans l'environnement du CNPE dont la majeure partie trouve son 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 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-2015-2017.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 :

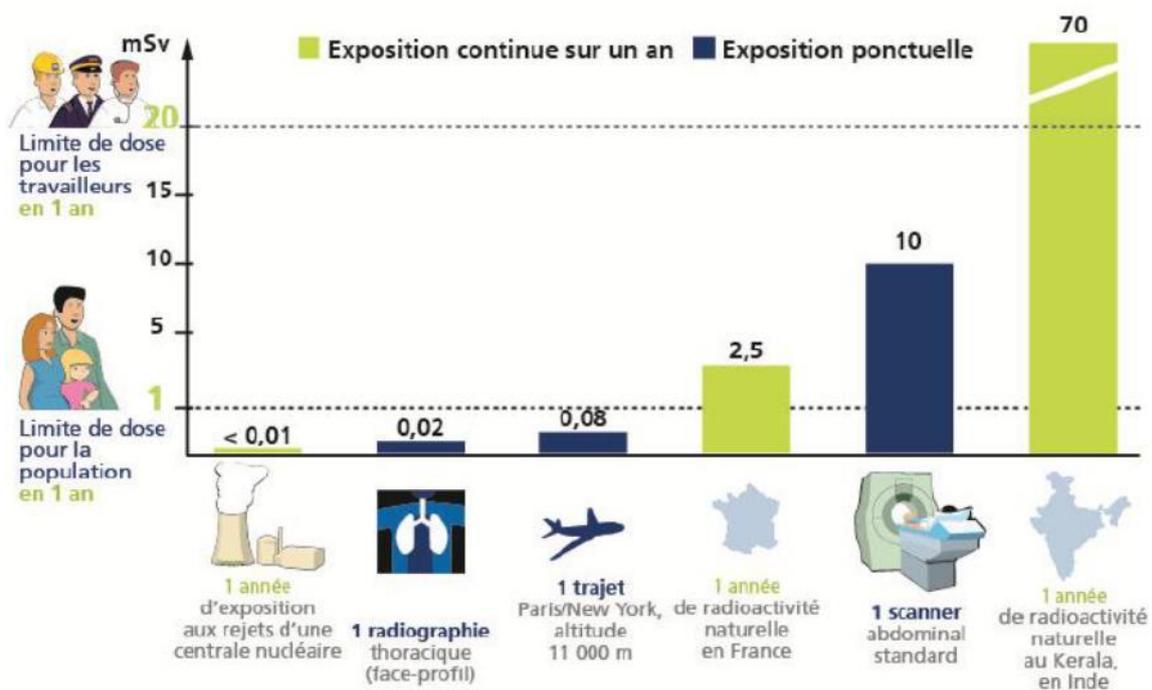
- les habitants consomment pour partie des aliments produits dans l'environnement proche du CNPE ;
- ils vivent toute l'année sur leur lieu d'habitation (non prise en compte de leurs périodes d'absence pour le travail, les vacances...)

¹ La **dose efficace** est la somme des doses absorbées par tous les tissus, pondérée d'un facteur radiologique W_R (W_R = Radiation Weighting factor) facteur de pondération du rayonnement pour tenir compte de la qualité du rayonnement (α , β , γ ...) et d'un facteur de pondération tissulaire W_T (W_T = Tissu Weighting factor) correspondant à la radiosensibilité relative du tissu exposé. La dose efficace a pour objectif d'apprécier le risque total et s'exprime en sievert (Sv). Elle est appelée communément « **dose** ».

- 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.

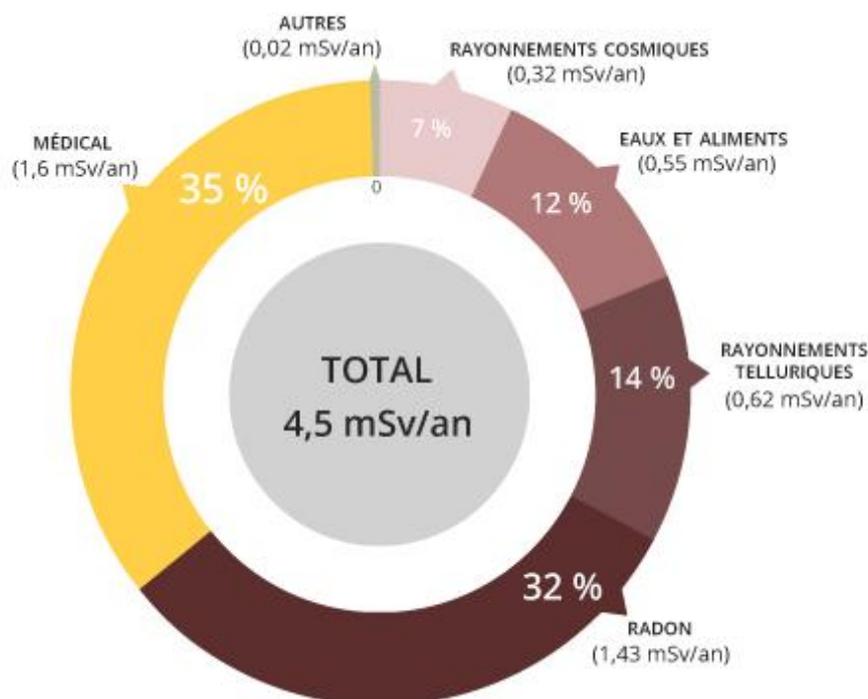
Les principaux facteurs d'incertitudes dans le calcul de dose sont associés essentiellement à quelques données et paramètres difficiles à acquérir sur le terrain, tels que certaines caractéristiques de l'environnement et comportements précis des populations riveraines (les rations alimentaires par exemple).

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



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 3 ci-après.



Part relative des différentes sources d'expositions de la population française aux rayonnements ionisants (Source : Bilan IRSN 2015)

Le tableau suivant fournit les valeurs de dose efficace totale calculées à partir des rejets radioactifs réels de l'année 2019 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 | 1,8E-07 | 5,9E-06 | 6,0E-06 |
| Rejets d'effluents liquides | 7,3E-05 | 6,3E-03 | 6,4E-03 |
| Total | 7,3E-05 | 6,3E-03 | 6,4E-03 |

| ENFANT DE 10 ANS | Exposition externe (mSv) | Exposition interne (mSv) | Total (mSv) |
|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------|
| Rejets d'effluents à l'atmosphère | 1,8E-07 | 5,5E-06 | 5,7E-06 |
| Rejets d'effluents liquides | s.o. | 7,6E-03 | 7,6E-03 |
| Total | 1,8E-07 | 7,6E-03 | 7,6E-03 |

| ENFANT DE 1 AN | Exposition externe (mSv) | Exposition interne (mSv) | Total (mSv) |
|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------|
| Rejets d'effluents à l'atmosphère | 1,7E-07 | 7,5E-06 | 7,6E-06 |
| Rejets liquides | s.o. | 9,3E-03 | 9,3E-03 |
| Total | 1,7E-07 | 9,3E-03 | 9,3E-03 |

Les valeurs de doses calculées sont inférieures à 1.10^{-2} mSv/an pour l'adulte, 1.10^{-2} mSv/an pour l'enfant de 10 ans et 1.10^{-2} mSv/an pour l'enfant de 1 an.

Les valeurs de doses calculées pour l'adulte, l'enfant de 10 ans et l'enfant de 1 an, attribuables aux rejets d'effluents radioactifs de l'année 2019 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 nucléaires 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.

VII. 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.

5. Les catégories de déchets nucléaires

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.

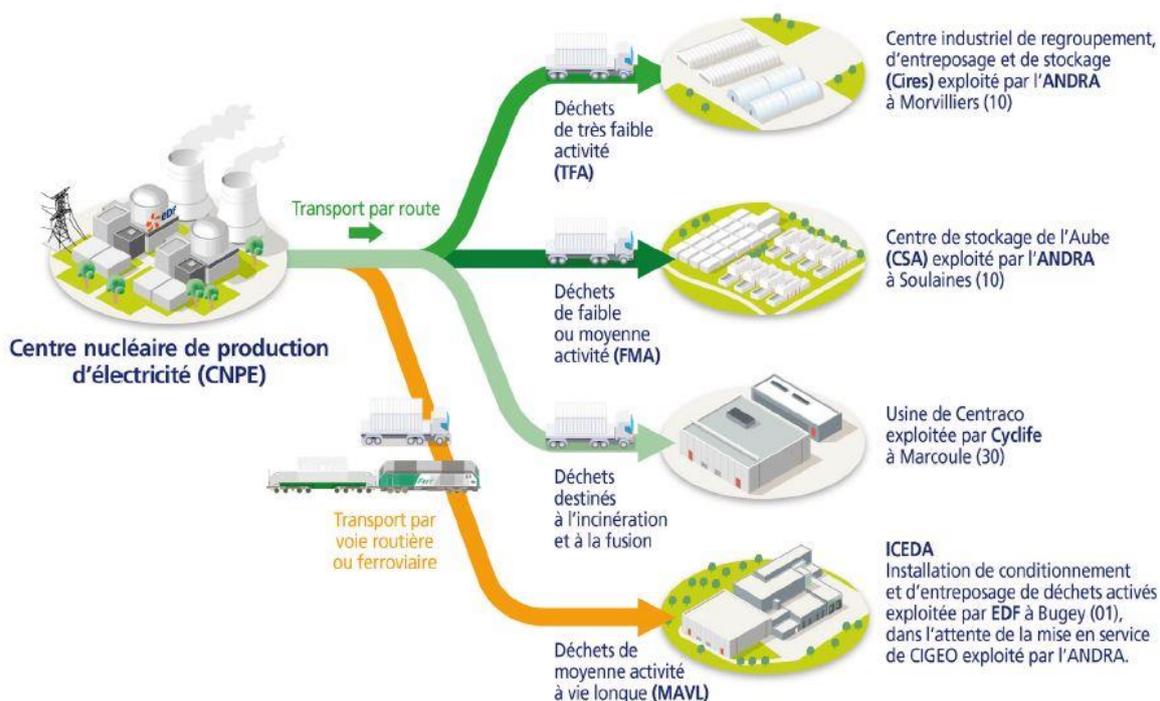
| Types déchet | Niveau d'activité | Durée de vie | Classification | Conditionnement |
|--|--------------------------------|--------------------|--|---|
| Filtres d'eau et résines primaires | Faible et Moyenne | Courte <31 ans | FMA-VC (faible et moyenne activité à vie courte) | Fûts, coques |
| Filtres 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 > 31 ans | 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) |

6. Le transport des déchets

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

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

DE LA CENTRALE AUX CENTRES DE TRAITEMENT ET DE STOCKAGE



Transport des déchets radioactifs (Source : EDF)

7. Les quantités de déchets entreposées au 31/12/2019

Le tableau suivant présente les quantités de déchets en attente de conditionnement (fiches suiveuses) au 31 décembre 2019 pour les 4 réacteurs en fonctionnement du CNPE de Cattenom.

| Catégorie déchet | Quantité entreposée au 31/12/2019 | Commentaires |
|------------------|-----------------------------------|---|
| TFA | 283,18 kg | 2 fûts piège à iode entreposés au BTE |
| FMAVC (Liquides) | 17,25 tonnes | Effluents du lessivage chimique, huiles, solvants, concentrats |
| FMAVC (Solides) | 278,28 tonnes | Localisation Bâtiment des Auxiliaires Nucléaire et Bâtiment Traitement des Effluents (BTE) |
| MAVL | 255 objets | Concerne les grappes et les étuis dans les piscines de désactivation (déchets technologiques, galette inox, bloc béton et chemise graphite) |

Le tableau suivant présente les quantités de déchets conditionnés en attente d'expédition (fiche colis) au 31 décembre 2019 pour les 4 réacteurs en fonctionnement du CNPE de Cattenom.

| Catégorie déchet | Quantité entreposée au 31/12/2019 | Type d'emballage |
|------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
| TFA | 90 colis | Tous types d'emballages confondus |
| FMAVC (Liquides) | 68 colis | Coques béton |
| FMAVC (Solides) | 436 colis | Fûts (métalliques, PEHD) |
| FAVL | 30 colis | Autres (caissons, pièces massives...) |

Le tableau suivant présente le nombre de colis évacués et les sites d'entreposage en 2019 pour les 4 réacteurs en fonctionnement du CNPE de Cattenom.

| Site destinataire | Nombre de colis évacués |
|--------------------------|-------------------------|
| Cires à Morvilliers (10) | 123 |
| CSA à Soulaines (10) | 1155 |
| Centraco à Marcoule (30) | 3050 |

En 2019, 4328 colis ont été évacués vers les différents sites de traitement ou de stockage appropriés (Centraco et Andra).

VIII. Les déchets conventionnels

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 (DnDnl), 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 2019 par les INB d'EDF.

| Quantités 2019 en tonnes | Déchets dangereux | | Déchets non dangereux non inertes | | Déchets inertes | | Total | |
|-----------------------------|-------------------|-----------|-----------------------------------|-----------|-----------------|-----------|----------|-----------|
| | Produits | Valorisés | Produits | Valorisés | Produits | Valorisés | Produits | Valorisés |
| Sites en exploitation | 7931 | 6405 | 40126 | 37030 | 54293 | 54287 | 102350 | 97722 |
| Sites en déconstruction | 70 | 19 | 405 | 356,5 | 435,5 | 425,5 | 910,5 | 801 |

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.

Sur le CNPE de Cattenom, la production de déchets inertes a été historiquement conséquente en 2017 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 internes 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 2019, les 4 unités de production du CNPE de Cattenom ont produit 14180 tonnes de déchets conventionnels : 95 % de ces déchets ont été valorisés ou recyclés.

ANNEXE 1 : Résultats microbiologiques aux bassins froids en tranche

| | Tranche 1 | | | | Tranche 2 | | | | Tranche 3 | | | | Tranche 4 | | | | |
|------------|-------------------------|--|-----------------|---|-------------------------|--|------|---|-------------------------|--|--------------|--|-------------------------|--|----------------|--------------|--|
| | Puissance de la tranche | Résultats d'analyse microbiologiques au bassin froid | | | Puissance de la tranche | Résultats d'analyse microbiologiques au bassin froid | | | Puissance de la tranche | Résultats d'analyse microbiologiques au bassin froid | | | Puissance de la tranche | Résultats d'analyse microbiologiques au bassin froid | | | |
| | | %Pn | [Iq] (en UFC/L) | [NF] (en NF/L) | | Commentaires | %Pn | [Iq] (en UFC/L) | | [NF] (en NF/L) | Commentaires | %Pn | | [Iq] (en UFC/L) | [NF] (en NF/L) | Commentaires | %Pn |
| 01/01/2019 | 100 | | | | 56 | | | | 99 | | | | 100 | | | | Traitement démarré en décembre 2018 sur critère tp |
| 02/01/2019 | 99 | 400 | | | 90 | 200 | | | 100 | 77 000 | | | 99 | 200 | | | |
| 03/01/2019 | 100 | | | | 99 | | | | 99 | | | | 99 | | | | |
| 04/01/2019 | 99 | | | | 99 | | | | 99 | | | | 98 | | | | |
| 05/01/2019 | 99 | | | | 99 | | | | 99 | | | | 98 | | | | |
| 06/01/2019 | 99 | | | | 99 | | | | 99 | | | | 98 | | | | |
| 07/01/2019 | 99 | | <51 | | 99 | | <51 | | 100 | | <51 | | 100 | | | <51 | |
| 08/01/2019 | 98 | | | | 99 | | | | 99 | | | | 98 | | | | |
| 09/01/2019 | 98 | | | | 100 | | | | 99 | | | Démarrage du traitement sur tp à 77 000 UFC/L le 02/01 | 97 | | | | |
| 10/01/2019 | 100 | | | | 99 | | | | 98 | | | | 98 | | | | |
| 11/01/2019 | 100 | | | | 99 | | | | 99 | | | | 98 | | | | |
| 12/01/2019 | 98 | | | | 98 | | | | 98 | 1 400 | | | 100 | | | | |
| 13/01/2019 | 99 | | | | 99 | | | | 96 | | | | 100 | | | | |
| 14/01/2019 | 100 | | 718 | | 99 | | 2571 | | 99 | | <51 | | 99 | | | <51 | |
| 15/01/2019 | 100 | <100 | | | 100 | <100 | | | 99 | <100 | | | 100 | <100 | | | |
| 16/01/2019 | 100 | | | | 100 | | | | 99 | | | | 99 | | | | Arrêt du traitement |
| 17/01/2019 | 100 | | | | 79 | | | | 99 | | | | 98 | | | | |
| 18/01/2019 | 100 | | <51 | | 49 | | 718 | | 99 | | <51 | | 97 | | | <51 | |
| 19/01/2019 | 100 | | <51 | Démarrage du traitement suite à NF à 718 NF/L en tranche 1 le 14/01 et Rejet à 38 NF/L le 14/01/19. | 58 | | <51 | Démarrage du traitement suite à NF à 2571 NF/L en tranche 2 et Rejet à 38 NF/L le 14/01/19. | 97 | | <51 | Poursuite du traitement suite à NF Rejet à 38 NF/L le 14/01/19. | 92 | | | <51 | |
| 20/01/2019 | 100 | | <51 | | 100 | | <51 | | 99 | | <51 | | 0 | | | | Tranche à l'arrêt |
| 21/01/2019 | 100 | | <51 | | 75 | | <51 | | 100 | | <51 | | 0 | | | | |
| 22/01/2019 | 100 | | <51 | | 100 | | <51 | | 99 | 1 200 | <51 | | 0 | | | | |
| 23/01/2019 | 100 | | <51 | | 99 | | <51 | | 99 | | <51 | | 0 | | | | |
| 24/01/2019 | 100 | | <51 | | 99 | | <51 | | 100 | | <51 | | 0 | | | | |
| 25/01/2019 | 100 | | <51 | | 98 | | 51 | | 99 | | <51 | | 0 | | | | |
| 26/01/2019 | 99 | | <51 | | 98 | | <51 | | 99 | | <51 | | 0 | | | | |
| 27/01/2019 | 99 | | <51 | | 98 | | <51 | | 98 | | <51 | | 0 | | | | |
| 28/01/2019 | 98 | | <51 | Arrêt du traitement | 99 | | <51 | Arrêt du traitement | 99 | | <51 | | 0 | | | | |
| 29/01/2019 | 100 | <100 | | | 99 | <100 | | | 100 | <100 | | | 0 | | | | |
| 30/01/2019 | 99 | | | | 99 | | | | 100 | | | | 0 | | | | |
| 31/01/2019 | 100 | | | | 99 | | | | 100 | | | | 0 | | | | |
| 01/02/2019 | 99 | | | | 100 | | | | 100 | | | | 0 | | | | |
| 02/02/2019 | 99 | | | | 99 | | | | 99 | | | | 0 | | | | |
| 03/02/2019 | 100 | | | | 99 | | | | 98 | | | | 0 | | | | |
| 04/02/2019 | 100 | | | | 100 | | | | 100 | | | | 0 | | | | |
| 05/02/2019 | 100 | <100 | | | 99 | <100 | | | 99 | 15 000 | | Arrêt du traitement Flore interférente | 0 | | | | |
| 06/02/2019 | 100 | | | | 100 | | | | 99 | | | | 0 | | | | |
| 07/02/2019 | 97 | | | | 99 | | | | 99 | | | | 0 | | | | |
| 08/02/2019 | 99 | | | | 99 | | | | 99 | | <51 | | 0 | | | | |
| 09/02/2019 | 98 | | 169 | | 98 | | 106 | | 98 | | <51 | | 0 | | | | |
| 10/02/2019 | 98 | | 324 | | 98 | | 51 | | 98 | | <51 | | 0 | | | | |
| 11/02/2019 | 98 | | 240 | | 98 | | 393 | | 98 | | <51 | | 0 | | | | |
| 12/02/2019 | 98 | | 718 | | 99 | | 718 | | 99 | | <51 | | 0 | | | | |
| 13/02/2019 | 99 | | 550 | Démarrage du traitement suite à NF=100 NF/L le 08/02/19. | 100 | | <51 | Démarrage du traitement suite à NF=100 NF/L le 08/02/19. | 99 | | 550 | | 0 | | | | |
| 14/02/2019 | 100 | | <51 | | 100 | | <51 | | 99 | | <51 | | 0 | | | | |
| 15/02/2019 | 99 | | <51 | | 99 | | <51 | | 99 | | <51 | | 0 | | | | |
| 16/02/2019 | 91 | | <51 | | 98 | | 106 | | 99 | | <51 | | 0 | | | | |
| 17/02/2019 | 95 | | <51 | | 98 | | 51 | | 99 | | <51 | Démarrage du traitement suite à valeur NF à 550 NF/L le 12/02 et 15 000 UFC/L en tp le 05/02 | 0 | | | | |
| 18/02/2019 | 94 | | <51 | | 99 | | <51 | | 99 | 400 | <51 | | 0 | | | | |
| 19/02/2019 | 95 | | <51 | | 98 | | <51 | | 99 | | <51 | | 0 | | | | |
| 20/02/2019 | 95 | 100 | <51 | | 99 | <100 | <51 | | 99 | 400 | <51 | | 0 | | | | |
| 21/02/2019 | 96 | | <51 | | 99 | | <51 | | 99 | | <51 | | 0 | | | | |
| 22/02/2019 | 96 | | <51 | | 100 | | <51 | | 99 | | <51 | | 0 | | | | |
| 23/02/2019 | 95 | | <51 | Arrêt du traitement | 98 | | <51 | | 98 | | <51 | | 0 | | | | |
| 24/02/2019 | 96 | | | | 99 | | <51 | | 99 | | | | 0 | | | | |
| 25/02/2019 | 96 | | | | 99 | | <51 | | 99 | | <51 | | 0 | | | | |
| 26/02/2019 | 95 | | <51 | | 98 | | <51 | | 98 | | <51 | | 0 | | | | |
| 27/02/2019 | 95 | | | | 98 | | <51 | Arrêt du traitement | 99 | 5 000 | | | 0 | | | | |
| 28/02/2019 | 95 | | | | 98 | | | | 99 | | | | 0 | | | | |
| 01/03/2019 | 99 | | | | 71,9 | | | | 100,0 | | | | 0 | | | | |
| 02/03/2019 | 100 | | | | 0,0 | | | | 100,0 | | | | 0 | | | | |
| 03/03/2019 | 100 | | | | 0,0 | | | | 100,0 | | | | 0 | | | | |
| 04/03/2019 | 100 | | | | 0,0 | | | | 100,0 | | | | 0 | | | | |
| 05/03/2019 | 100 | | <51 | | 71,6 | | <51 | | 100,0 | | <51 | | 0 | | | | |
| 06/03/2019 | 100 | <100 | | | 59,2 | <100 | | | 100,0 | 2 000 | | | 0 | | | | |
| 07/03/2019 | 100 | | | | 72,7 | | | | 100,0 | | | | 0 | | | | |
| 08/03/2019 | 100 | | | | 100,0 | | | | 100,0 | | | | 0 | | | | |
| 09/03/2019 | 100 | | 226 | | 100,0 | | <51 | | 10,3 | | <51 | | 0 | | | | |
| 10/03/2019 | 100 | | | | 100,0 | | | | 100,0 | | | | 0 | | | | |
| 11/03/2019 | 100 | | | | 100,0 | | | | 100,0 | | | Prolongement du traitement jusqu'à la prochaine valeur de tp (Dernières valeurs tp à 5 000 UFC/L et 2 000 UFC/L) | 0 | | | | |
| 12/03/2019 | 100 | | 240 | | 100,0 | | <51 | | 100,0 | <100 | <51 | | 0 | | | | |
| 13/03/2019 | 100 | | | | 96,3 | | | | 100,0 | | | | 0 | | | | |
| 14/03/2019 | 100 | | 393 | Démarrage du traitement suite à valeur NF > 100 NF/L le 12/03/2019. | 100,0 | | | | 100,0 | | | | 0 | | | | |
| 15/03/2019 | 100 | | 51 | | 95,2 | | | | 100,0 | | | | 0 | | | | |
| 16/03/2019 | 100 | | <51 | | 95,1 | | | | 100,0 | | | | 0 | | | | |
| 17/03/2019 | 100 | | <51 | | 50,5 | | | | 100,0 | | | | 0 | | | | |
| 18/03/2019 | 100 | | <51 | | 100,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | | 0 | | | | |
| 19/03/2019 | 100 | <100 | <51 | | 100,0 | <100 | | | 100,0 | <100 | | | 0 | | | | |
| 20/03/2019 | 100 | | <51 | | 100,0 | | | | 100,0 | | | | 0 | | | | |
| 21/03/2019 | 100 | | <51 | | 100,0 | | | | 100,0 | | | | 0 | | | | |
| 22/03/2019 | 100 | | <51 | | 100,0 | | | | 100,0 | | | | 0 | | | | |
| 23/03/2019 | 100 | | <51 | | 100,0 | | | | 100,0 | | | | 0 | | | | |
| 24/03/2019 | 100 | | <51 | | 100,0 | | | | 100,0 | | | | 0 | | | | |
| 25/03/2019 | 100 | | <51 | | 99,7 | | 502 | | 100,0 | | <51 | | 0 | | | | |
| 26/03/2019 | 100 | | | | 95,4 | | | | 100,0 | | | | 0 | | | | |
| 27/03/2019 | 100 | | | Arrêt du traitement | 97,8 | | | | 100,0 | | | | 0 | | | | |
| 28/03/2019 | 100 | | | | 98,3 | | <51 | Démarrage du traitement suite à valeur NF=100 NF/L le 25/03/19. | 100,0 | | | | 0 | | | | |
| 29/03/2019 | 100 | | | | 97,9 | | 51 | | 100,0 | | | | 0 | | | | |
| 30/03/2019 | 100 | | | | 94,5 | | 51 | | 100,0 | | | | 0 | | | | |
| 31/03/2019 | 100 | | | | 92,6 | | <51 | | 100,0 | | | | 0 | | | | |

| Date | Tranche 1 | | | | Tranche 2 | | | | Tranche 3 | | | | Tranche 4 | | | |
|------------|-------------------------|--|-----------------|---|-------------------------|--|-----|------------------------------|-------------------------|--|----------------|------------------------------|-------------------------|--|-----------------|---|
| | Puissance de la tranche | Résultats d'analyse microbiologiques au bassin froid | | Commentaires | Puissance de la tranche | Résultats d'analyse microbiologiques au bassin froid | | Commentaires | Puissance de la tranche | Résultats d'analyse microbiologiques au bassin froid | | Commentaires | Puissance de la tranche | Résultats d'analyse microbiologiques au bassin froid | | Commentaires |
| | | %Pn | [Iq] (en UFC/L) | | | [NF] (en NF/L) | %Pn | | | [Iq] (en UFC/L) | [NF] (en NF/L) | | | %Pn | [Iq] (en UFC/L) | |
| 01/04/2019 | 100 | | 106 | | 95,1 | | <51 | | 100,0 | | <51 | | 0,0 | | | |
| 02/04/2019 | 100 | | | | 96,5 | | <51 | | 100,0 | | | | 0,0 | | | |
| 03/04/2019 | 100 | <100 | | | 100,0 | <100 | <51 | | 100,0 | 400 | | | 0,0 | | | |
| 04/04/2019 | 100 | | 51 | Démarrage du traitement suite à valeur NF > 100 NF/L le 01/04/2019. | 100,0 | | <51 | | 100,0 | | | Arrêt du traitement | 0,0 | | | |
| 05/04/2019 | 100 | | <51 | | 100,0 | | <51 | | 100,0 | | | | 0,0 | | | |
| 06/04/2019 | 100 | | <51 | | 95,8 | | <51 | | 100,0 | | | | 0,0 | | | |
| 07/04/2019 | 100 | | <51 | | 95,8 | | <51 | | 100,0 | | | | 0,0 | | | |
| 08/04/2019 | 100 | | <51 | | 96,2 | | <51 | | 100,0 | | <51 | | 0,0 | | <51 | |
| 09/04/2019 | 100 | | <51 | | 94,2 | | <51 | Arrêt du traitement | 100,0 | | | | 0,0 | | | |
| 10/04/2019 | 100 | | <51 | | 95,9 | | <51 | | 100,0 | | | | 3,8 | | | |
| 11/04/2019 | 100 | | <51 | | 98,9 | | <51 | | 100,0 | | | | 7,3 | | | |
| 12/04/2019 | 100 | | <51 | | 100,0 | | <51 | | 100,0 | | | | 8,0 | | | |
| 13/04/2019 | 100 | | <51 | | 97,5 | | <51 | | 100,0 | | | | 8,2 | | | |
| 14/04/2019 | 100 | | <51 | Arrêt du traitement | 97,3 | | <51 | | 100,0 | | | | 8,4 | | | |
| 15/04/2019 | 100 | 200 | <51 | | 100,0 | 800 | <51 | | 100,0 | 70 000 | <51 | | 11,6 | <100 | <51 | |
| 16/04/2019 | 100 | | <51 | | 100,0 | | 324 | | 100,0 | | <51 | | 39,6 | | <51 | |
| 17/04/2019 | 100 | | <51 | | 100,0 | | 106 | | 100,0 | | <51 | | 46,0 | | <51 | |
| 18/04/2019 | 100 | | <51 | | 94,2 | | 303 | | 100,0 | | <51 | | 76,9 | | <51 | |
| 19/04/2019 | 100 | | 240 | | 92,1 | | <51 | Démarrage traitement estival | 99,5 | | <51 | | 76,9 | | <51 | |
| 20/04/2019 | 100 | | 240 | | 92,5 | | <51 | Valeur NF > 51 NF/L | 99,2 | | <51 | | 97,6 | | <51 | |
| 21/04/2019 | 100 | | 324 | | 95,9 | | <51 | | 100,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | |
| 22/04/2019 | 100 | | <51 | Démarrage traitement estival | 93,1 | | <51 | Valeur NF > 51 NF/L | 100,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | |
| 23/04/2019 | 100 | | <51 | | 91,9 | | <51 | | 100,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | |
| 24/04/2019 | 100 | | <51 | | 93,6 | | 51 | | 100,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | |
| 25/04/2019 | 100 | | <51 | | 94,3 | | <51 | Arrêt de tranche 2 | 100,0 | | <51 | Démarrage traitement estival | 100,0 | | <51 | |
| 26/04/2019 | 100 | | <51 | | 11,1 | | <51 | Arrêt du traitement | 100,0 | | <51 | up>10 000 UFC/L le 15/04/19 | 100,0 | | <51 | |
| 27/04/2019 | 100,0 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | |
| 28/04/2019 | 100,0 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 100,0 | <100 | <51 | | 100,0 | | <51 | |
| 29/04/2019 | 100,0 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | |
| 30/04/2019 | 100,0 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | |
| 01/05/2019 | 100,0 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | |
| 02/05/2019 | 100,0 | 600 | <51 | | 0,0 | | <51 | | 100,0 | 9 600 | <51 | | 100,0 | <100 | <51 | Démarrage traitement estival |
| 03/05/2019 | 100,0 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | NF =19NF/L à la retenue du Mirgenbach le 26/04/19 |
| 04/05/2019 | 100,0 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | |
| 05/05/2019 | 100,0 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | |
| 06/05/2019 | 100,0 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | |
| 07/05/2019 | 100,0 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | |
| 08/05/2019 | 100,0 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | | 99,4 | | <51 | |
| 09/05/2019 | 100,0 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 100,0 | 1 500 | <51 | | 100,0 | | <51 | |
| 10/05/2019 | 87,8 | | <51 | Arrêt du traitement | 0,0 | | <51 | Mise à l'arrêt tranche 1 | 100,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | |
| 11/05/2019 | 1,2 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | | 99,6 | | <51 | |
| 12/05/2019 | 0,0 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | | 85,4 | | <51 | |
| 13/05/2019 | 0,0 | | | | 0,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | | 97,5 | | <51 | |
| 14/05/2019 | 0,0 | | | | 0,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | |
| 15/05/2019 | 0,0 | | | | 0,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | |
| 16/05/2019 | 0,0 | | | | 0,0 | | <51 | | 100,0 | 1 500 | <51 | | 100,0 | 200 | <51 | |
| 17/05/2019 | 0,0 | | | | 0,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | |
| 18/05/2019 | 0,0 | | | | 0,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | | 99,4 | | <51 | |
| 19/05/2019 | 0,0 | | | | 6,5 | | <51 | | 100,0 | | <51 | | 98,1 | | <51 | |
| 20/05/2019 | 0,0 | | | | 20,1 | | <51 | | 100,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | |
| 21/05/2019 | 0,0 | | | | 100,0 | <100 | <51 | Redémarrage tranche 2 | 100,0 | 200 | <51 | | 100,0 | | <51 | Reprise du traitement estival |
| 22/05/2019 | 0,0 | | | | 100,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | | 99,4 | | <51 | |
| 23/05/2019 | 0,0 | | | | 94,3 | | <51 | | 100,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | |
| 24/05/2019 | 0,0 | | | | 93,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | |
| 25/05/2019 | 0,0 | | | | 92,8 | | <51 | | 100,0 | | <51 | | 97,4 | | <51 | |
| 26/05/2019 | 0,0 | | | | 91,4 | | <51 | | 100,0 | | <51 | | 54,2 | | <51 | |
| 27/05/2019 | 0,0 | | | | 92,8 | <100 | <51 | | 100,0 | 200 | <51 | | 88,1 | 200 | <51 | |
| 28/05/2019 | 0,0 | | | | 93,4 | | <51 | | 100,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | |
| 29/05/2019 | 0,0 | | | | 96,3 | | <51 | | 100,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | |
| 30/05/2019 | 0,0 | | | | 93,5 | | <51 | | 100,0 | | <51 | | 90,9 | | <51 | |
| 31/05/2019 | 0,0 | | | | 93,5 | | <51 | | 100,0 | | <51 | | 96,8 | | <51 | |
| 01/06/2019 | 0,0 | | | | 94,8 | | <51 | | 99,4 | | <51 | | 97,0 | | <51 | |
| 02/06/2019 | 0,0 | | | | 96,7 | | <51 | | 99,0 | | <51 | | 66,9 | | <51 | |
| 03/06/2019 | 0,0 | | | | 98,8 | | <51 | | 100,0 | | <51 | | 96,8 | | <51 | |
| 04/06/2019 | 0,0 | | | | 99,9 | <100 | <51 | | 100,0 | | <51 | | 96,5 | | <51 | |
| 05/06/2019 | 0,0 | | | | 95,3 | | <51 | | 100,0 | 700 | <51 | | 96,5 | 100 | <51 | |
| 06/06/2019 | 0,0 | | | | 91,9 | | <51 | | 100,0 | | <51 | | 98,4 | | <51 | |
| 07/06/2019 | 0,0 | | | | 83,8 | | <51 | | 100,0 | | <51 | | 81,6 | | <51 | Arrêt de tranche fortuit |
| 08/06/2019 | 0,0 | | | | 31,1 | | <51 | | 98,9 | | <51 | | 0,0 | | <51 | Arrêt du traitement |
| 09/06/2019 | 0,0 | | | | 42,5 | | <51 | | 100,0 | | <51 | | 0,0 | | <51 | |
| 10/06/2019 | 0,0 | | | | 85,7 | | <51 | | 100,0 | | <51 | | 0,0 | | <51 | |
| 11/06/2019 | 0,0 | | | | 100,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | | 0,0 | | <51 | |
| 12/06/2019 | 0,0 | | | | 94,2 | | <51 | | 100,0 | | <51 | | 23,7 | | <51 | Redémarrage tranche |
| 13/06/2019 | 0,0 | | | | 94,2 | | <51 | | 100,0 | | <51 | | 87,7 | | <51 | Démarrage du traitement |
| 14/06/2019 | 0,0 | | | | 94,6 | | <51 | | 99,8 | | <51 | | 99,7 | | <51 | |
| 15/06/2019 | 0,0 | | | | 99,5 | | <51 | | 99,4 | | <51 | | 96,3 | | <51 | |
| 16/06/2019 | 0,0 | | | | 88,6 | | <51 | | 99,8 | | <51 | | 81,1 | | <51 | |
| 17/06/2019 | 0,0 | | | | 100,0 | | <51 | | 99,4 | | <51 | | 97,1 | | <51 | |
| 18/06/2019 | 0,0 | | | | 99,2 | | <51 | | 96,5 | | <51 | | 95,5 | | <51 | |
| 19/06/2019 | 0,0 | | | | 98,8 | 200 | <51 | | 96,1 | 1 400 | <51 | | 93,3 | <100 | <51 | |
| 20/06/2019 | 0,0 | | | | 99,6 | | <51 | | 96,9 | | <51 | | 100,0 | | <51 | |
| 21/06/2019 | 0,0 | | | | 100,0 | | <51 | | 97,5 | | <51 | | 98,4 | | <51 | |
| 22/06/2019 | 0,0 | | | | 99,9 | | <51 | | 97,1 | | <51 | | 88,8 | | <51 | |
| 23/06/2019 | 0,0 | | | | 57,0 | | <51 | | 96,2 | | <51 | | 76,3 | | <51 | |
| 24/06/2019 | 0,0 | | | | 88,6 | | <51 | | 94,1 | | <51 | | 95,2 | | <51 | |
| 25/06/2019 | 0,0 | | | | 81,6 | | <51 | | 92,4 | | <51 | | 93,1 | | <51 | |
| 26/06/2019 | 0,0 | | | | 93,8 | | <51 | | 92,1 | | <51 | | 8,9 | | <51 | Arrêt de tranche |
| 27/06/2019 | 0,0 | | | | 66,8 | | <51 | | 92,5 | | <51 | | 92,6 | | <51 | Arrêt du traitement |
| 28/06/2019 | 0,0 | | | | 98,1 | | <51 | | 93,7 | | <51 | | 97,8 | | <51 | Reprise du traitement |
| 29/06/2019 | 0,0 | | | | 99,2 | | <51 | | 94,4 | | <51 | | 95,5 | | <51 | |
| 30/06/2019 | 0,0 | | | | 73,2 | | <51 | | 92,3 | | <51 | | 81,7 | | <51 | |

| | Tranche 1 | | | | Tranche 2 | | | | Tranche 3 | | | | Tranche 4 | | | |
|------------|-------------------------|--|-----------------|---|-------------------------|--|-----|---------------------|-------------------------|--|----------------|---|-------------------------|--|-----------------|--|
| | Puissance de la tranche | Résultats d'analyse microbiologiques au bassin froid | | Commentaires | Puissance de la tranche | Résultats d'analyse microbiologiques au bassin froid | | Commentaires | Puissance de la tranche | Résultats d'analyse microbiologiques au bassin froid | | Commentaires | Puissance de la tranche | Résultats d'analyse microbiologiques au bassin froid | | Commentaires |
| | | %Pn | [tp] (en UFC/L) | | | [NF] (en NF/L) | %Pn | | | [tp] (en UFC/L) | [NF] (en NF/L) | | | %Pn | [tp] (en UFC/L) | |
| 01/07/2019 | 0,0 | | | | 99,2 | | <51 | | 88,4 | | <51 | | 91,7 | | <51 | |
| 02/07/2019 | 0,0 | | | | 99,2 | | <51 | | 86,0 | | <51 | | 95,6 | | <51 | |
| 03/07/2019 | 0,0 | | | | 95,7 | 300 | <51 | | 81,9 | 2 300 | <51 | | 96,4 | 200 | <51 | |
| 04/07/2019 | 0,0 | | | | 93,2 | | <51 | | 83,3 | | <51 | | 99,7 | | <51 | |
| 05/07/2019 | 0,0 | | | | 87,2 | | <51 | | 85,2 | | <51 | | 100,0 | | <51 | |
| 06/07/2019 | 0,0 | | | | 94,7 | | <51 | | 92,5 | | <51 | | 96,5 | | <51 | |
| 07/07/2019 | 0,0 | | | | 83,4 | | <51 | | 91,6 | | <51 | | 80,4 | | <51 | |
| 08/07/2019 | 0,0 | | | | 87,6 | | <51 | | 76,4 | | <51 | | 96,4 | | <51 | |
| 09/07/2019 | 0,0 | | | | 93,0 | | <51 | | 89,8 | | <51 | | 96,1 | | <51 | |
| 10/07/2019 | 0,0 | | | | 94,5 | | <51 | | 84,1 | | <51 | | 82,1 | | <51 | |
| 11/07/2019 | 0,0 | | | | 95,0 | | <51 | | 74,2 | | <51 | | 82,3 | | <51 | |
| 12/07/2019 | 0,0 | | | | 93,0 | | <51 | | 84,5 | | <51 | | 60,4 | | <51 | |
| 13/07/2019 | 0,0 | | | | 93,7 | | <51 | | 87,6 | | <51 | | 97,2 | | <51 | |
| 14/07/2019 | 0,0 | | | | 81,4 | | <51 | | 84,3 | | <51 | | 96,0 | | <51 | |
| 15/07/2019 | 0,0 | | | | 90,3 | | <51 | | 88,3 | | <51 | | 90,9 | | <51 | |
| 16/07/2019 | 0,0 | | | | 92,9 | | <51 | | 88,4 | | <51 | | 97,1 | | <51 | |
| 17/07/2019 | 0,0 | | | | 86,5 | <100 | <51 | | 82,6 | <100 | <51 | | 93,8 | <100 | <51 | |
| 18/07/2019 | 0,0 | | | | 94,6 | | <51 | | 88,9 | | <51 | | 100,0 | | <51 | |
| 19/07/2019 | 0,0 | | | | 92,8 | | <51 | | 86,7 | | <51 | Arrêt du traitement Mise à l'arrêt tranche 3 | 98,3 | | <51 | |
| 20/07/2019 | 0,0 | | | | 93,1 | | <51 | | 2,1 | | <51 | | 96,0 | | <51 | |
| 21/07/2019 | 0,0 | | | | 85,7 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 98,7 | | <51 | |
| 22/07/2019 | 0,0 | | | | 91,6 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 77,6 | | <51 | |
| 23/07/2019 | 0,0 | | | | 87,7 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 86,2 | | <51 | |
| 24/07/2019 | 0,0 | | | | 96,7 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 98,8 | | <51 | |
| 25/07/2019 | 0,0 | | | | 95,0 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 99,2 | | <51 | |
| 26/07/2019 | 0,0 | | | | 95,9 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 21,1 | | <51 | |
| 27/07/2019 | 0,0 | | | | 83,6 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 70,8 | | <51 | |
| 28/07/2019 | 0,0 | | | | 88,2 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 98,4 | | <51 | |
| 29/07/2019 | 0,0 | | | | 92,5 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 98,8 | | <51 | |
| 30/07/2019 | 0,0 | | | | 99,0 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 99,4 | | <51 | |
| 31/07/2019 | 0,0 | | | | 92,8 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 96,9 | | <51 | |
| 01/08/2019 | 0,0 | | | | 92,6 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | |
| 02/08/2019 | 0,0 | | | | 94,3 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | |
| 03/08/2019 | 0,0 | | | | 93,8 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 98,0 | | <51 | |
| 04/08/2019 | 0,0 | | | | 92,4 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 95,2 | | <51 | |
| 05/08/2019 | 0,0 | | | | 92,4 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 97,6 | | <51 | |
| 06/08/2019 | 0,0 | | | | 85,7 | <100 | <51 | | 0,0 | | <51 | | 99,3 | <100 | <51 | |
| 07/08/2019 | 0,0 | | | | 93,4 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 96,4 | | <51 | |
| 08/08/2019 | 0,0 | | | | 92,2 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 91,8 | | <51 | |
| 09/08/2019 | 0,0 | | | | 92,9 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 87,4 | | <51 | |
| 10/08/2019 | 0,0 | | | | 54,0 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 30,5 | | <51 | |
| 11/08/2019 | 0,0 | | | | 55,6 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 85,2 | | <51 | |
| 12/08/2019 | 0,0 | | | | 60,3 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 89,9 | | <51 | |
| 13/08/2019 | 0,0 | | | | 84,2 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 95,4 | | <51 | |
| 14/08/2019 | 0,0 | | | | 95,0 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 96,8 | | <51 | |
| 15/08/2019 | 0,0 | | | | 55,7 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 82,9 | | <51 | |
| 16/08/2019 | 0,0 | | | | 92,6 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 96,7 | | <51 | |
| 17/08/2019 | 0,0 | | | | 80,2 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 92,6 | | <51 | |
| 18/08/2019 | 0,0 | | | | 62,3 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 74,0 | | <51 | |
| 19/08/2019 | 0,0 | | | | 66,5 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 97,5 | | <51 | |
| 20/08/2019 | 0,0 | <51 | | | 93,2 | <100 | <51 | | 0,0 | | <51 | | 100,0 | <100 | <51 | |
| 21/08/2019 | 0,0 | <51 | | | 95,4 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 99,2 | | <51 | |
| 22/08/2019 | 0,0 | <51 | | | 93,7 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 96,9 | | <51 | |
| 23/08/2019 | 0,0 | <51 | | | 95,1 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 98,1 | | <51 | |
| 24/08/2019 | 0,0 | <51 | | | 93,4 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 99,2 | | <51 | |
| 25/08/2019 | 0,0 | <51 | | | 93,6 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 99,2 | | <51 | |
| 26/08/2019 | 0,0 | <51 | | | 98,7 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | |
| 27/08/2019 | 0,0 | <51 | | | 98,7 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | |
| 28/08/2019 | 0,0 | <51 | | | 96,4 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 99,6 | | <51 | |
| 29/08/2019 | 0,0 | <51 | | | 95,9 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 99,9 | | <51 | |
| 30/08/2019 | 0,0 | <51 | | | 93,7 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 99,6 | | <51 | |
| 31/08/2019 | 0,0 | <51 | | | 94,5 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 98,8 | | <51 | |
| 01/09/2019 | 0,0 | <51 | | | 93,7 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 99,2 | | <51 | |
| 02/09/2019 | 0,0 | <51 | | | 92,1 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | |
| 03/09/2019 | 0,0 | <51 | | | 95,4 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 99,5 | | <51 | |
| 04/09/2019 | 0,0 | <51 | | | 93,3 | <100 | <51 | | 0,0 | | <51 | | 98,8 | 8 300 | <51 | |
| 05/09/2019 | 0,0 | <51 | | | 95,9 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 97,9 | | <51 | |
| 06/09/2019 | 0,0 | <51 | | | 94,1 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 96,8 | | <51 | |
| 07/09/2019 | 0,0 | <51 | | | 93,1 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 99,4 | | <51 | |
| 08/09/2019 | 0,0 | <51 | | | 92,8 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 99,2 | | <51 | |
| 09/09/2019 | 0,0 | <51 | | | 93,2 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 99,8 | | <51 | |
| 10/09/2019 | 0,0 | <51 | | | 93,7 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 95,6 | | <51 | |
| 11/09/2019 | 0,0 | <51 | | | 95,1 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 89,4 | | <51 | |
| 12/09/2019 | 0,0 | <51 | | | 96,1 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 97,7 | | <51 | |
| 13/09/2019 | 0,0 | <51 | | | 99,0 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 93,3 | | <51 | |
| 14/09/2019 | 0,0 | <51 | | | 94,8 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 100,0 | | <51 | |
| 15/09/2019 | 0,4 | <51 | | | 70,5 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 85,2 | | <51 | |
| 16/09/2019 | 4,8 | <51 | | | 96,0 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 98,5 | | <51 | |
| 17/09/2019 | 7,0 | <51 | | | 98,6 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 97,8 | | <51 | |
| 18/09/2019 | 7,1 | <51 | | | 99,1 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 100,8 | | <51 | |
| 19/09/2019 | 14,8 | <100 | <51 | | 99,1 | <100 | <51 | | 0,0 | | <51 | | 100,8 | <100 | <51 | |
| 20/09/2019 | 45,2 | <51 | | Démarrage du traitement Poursuite traitement estival | 99,1 | <51 | <51 | | 0,0 | | <51 | | 99,3 | | <51 | |
| 21/09/2019 | 47,7 | <51 | | | 99,1 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 97,1 | | <51 | |
| 22/09/2019 | 53,4 | <51 | | | 99,1 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 96,5 | | <51 | |
| 23/09/2019 | 48,5 | <51 | | | 98,8 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 93,5 | | <51 | |
| 24/09/2019 | 59,5 | <51 | | | 98,8 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 39,7 | | <51 | |
| 25/09/2019 | 78,3 | <51 | | | 94,9 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 95,8 | | <51 | |
| 26/09/2019 | 80,5 | <100 | <51 | | 95,3 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 97,0 | | <51 | |
| 27/09/2019 | 98,8 | <51 | <51 | | 88,4 | | <51 | Arrêt du traitement | 0,0 | | <51 | | 88,8 | | <51 | Atteinte des critères d'arrêt du traitement préventif estival Arrêt du traitement |
| 28/09/2019 | 99,7 | <51 | <51 | | 39,7 | | 51 | | 0,0 | | <51 | | 23,2 | | <51 | |
| 29/09/2019 | 99,2 | <51 | <51 | | 34,1 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 6,0 | | <51 | |
| 30/09/2019 | 98,4 | <51 | <51 | | 79,4 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 68,3 | | <51 | |

| Date | Tranche 1 | | | | Tranche 2 | | | | Tranche 3 | | | | Tranche 4 | | | |
|------------|-------------------------|-----------------|--|---|-------------------------|-----------------|--|---|-------------------------|-----------------|--|---|-------------------------|-----------------|--|--|
| | Puissance de la tranche | | Résultats d'analyse microbiologiques au bassin froid | | Puissance de la tranche | | Résultats d'analyse microbiologiques au bassin froid | | Puissance de la tranche | | Résultats d'analyse microbiologiques au bassin froid | | Puissance de la tranche | | Résultats d'analyse microbiologiques au bassin froid | |
| | %Pn | [Lp] (en UFC/L) | [NI] (en NF/L) | Commentaires | %Pn | [Lp] (en UFC/L) | [NI] (en NF/L) | Commentaires | %Pn | [Lp] (en UFC/L) | [NI] (en NF/L) | Commentaires | %Pn | [Lp] (en UFC/L) | [NI] (en NF/L) | Commentaires |
| 01/10/2019 | 99,2 | | <51 | | 87,1 | | <51 | | 0,0 | | | | 83,2 | | <51 | |
| 02/10/2019 | 99,1 | <100 | <51 | | 87,2 | 500 | <51 | | 0,0 | | | | 91,6 | 700 | <51 | |
| 03/10/2019 | 98,6 | | <51 | | 91,5 | | <51 | Démarrage du traitement sur NF à 51NF/L le 28/09 | 0,0 | | | | 96,9 | | <51 | |
| 04/10/2019 | 99,2 | | <51 | | 95,6 | | <51 | | 0,0 | | | | 97,0 | | <51 | |
| 05/10/2019 | 99,4 | | <51 | | 93,0 | | <51 | | 0,0 | | | | 95,2 | | <51 | |
| 06/10/2019 | 98,8 | | <51 | | 91,5 | | <51 | | 0,0 | | | | 94,7 | | <51 | |
| 07/10/2019 | 99,3 | | <51 | | 92,3 | | <51 | | 0,0 | | | | 96,4 | | <51 | |
| 08/10/2019 | 99,8 | | <51 | | 91,7 | | <51 | | 0,0 | | | | 95,4 | | <51 | |
| 09/10/2019 | 99,6 | | <51 | | 93,8 | | <51 | Atteinte des critères d'arrêt du traitement préventif estival | 0,0 | | | | 93,7 | | <51 | |
| 10/10/2019 | 100,0 | | 51 | | 93,2 | | <51 | | 0,0 | | | | 95,5 | | <51 | |
| 11/10/2019 | 99,5 | | 51 | | 85,0 | | <51 | | 0,0 | | | | 88,6 | | <51 | |
| 12/10/2019 | 99,5 | | <51 | Atteinte des critères de traitement à 51 NF/L du 10/10/2019 | 79,8 | | <51 | | 0,0 | | | | 89,6 | | <51 | |
| 13/10/2019 | 99,7 | | <51 | Démarrage du traitement | 83,2 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 75,7 | | <51 | |
| 14/10/2019 | 100,0 | <100 | 51 | | 84,6 | 1000 | <51 | | 0,0 | | <51 | | 98,4 | 5 000 | <51 | |
| 15/10/2019 | 100,0 | | 51 | | 92,2 | | 51 | | 0,0 | <100 | <51 | | 94,9 | | <51 | |
| 16/10/2019 | 100,0 | | <51 | | 94,7 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 97,8 | | <51 | |
| 17/10/2019 | 100,0 | | <51 | | 89,8 | | <51 | | 0,0 | | | | 100,8 | | <51 | |
| 18/10/2019 | 100,0 | | <51 | | 90,4 | | <51 | | 0,0 | | | | 91,3 | | <51 | |
| 19/10/2019 | 100,0 | | 51 | | 98,8 | | 51 | | 0,0 | | | | 97,2 | | <51 | |
| 20/10/2019 | 100,0 | | <51 | | 93,0 | | <51 | | 0,0 | | | | 95,3 | | <51 | |
| 21/10/2019 | 100,0 | | <51 | | 99,3 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 91,1 | | 106 | |
| 22/10/2019 | 100,0 | | <51 | | 99,9 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 89,9 | | 169 | |
| 23/10/2019 | 100,0 | | <51 | | 99,6 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 93,2 | | 51 | Atteinte des critères de traitement en NF à 106 NF/L du 23/10/2019 |
| 24/10/2019 | 100,0 | | <51 | | 99,8 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 96,0 | | <51 | Démarrage du traitement |
| 25/10/2019 | 53,8 | | <51 | | 99,5 | | 51 | | 0,0 | | <51 | | 91,8 | | 106 | |
| 26/10/2019 | 0,0 | | <51 | | 99,3 | | 106 | | 0,0 | | <51 | | 83,3 | | 48 | |
| 27/10/2019 | 0,0 | | <51 | | 100,0 | | 48 | | 0,0 | | <51 | | 95,6 | | <51 | |
| 28/10/2019 | 63,5 | | <51 | | 99,1 | | 51 | | 0,0 | | <51 | | 95,5 | | <51 | |
| 29/10/2019 | 100,0 | | <51 | | 69,7 | | <51 | Atteinte des critères de traitement à 106 NF/L du 26/10/2019 | 0,0 | | <51 | | 93,9 | | <51 | |
| 30/10/2019 | 100,0 | <100 | <51 | | 68,1 | 1900 | <51 | Atteinte démarrage du traitement pour intervention matériel | 0,0 | <100 | <51 | | 99,9 | <100 | <51 | |
| 31/10/2019 | 100,0 | | <51 | | 69,3 | | <51 | | 0,0 | | <51 | | 97,6 | | <51 | |
| 01/11/2019 | 100,0 | | <51 | Arrêt du traitement Atteinte des critères d'arrêt du traitement préventif estival | 69,5 | | <51 | Démarrage du traitement | 0,0 | | <51 | | 96,9 | | <51 | |
| 02/11/2019 | 95,2 | | | | 73,9 | | <51 | | 0,0 | | | | 83,4 | | <51 | |
| 03/11/2019 | 93,4 | | | | 78,7 | | <51 | | 0,0 | | | | 85,7 | | <51 | |
| 04/11/2019 | 81,8 | | <51 | | 49,3 | | <51 | | 0,1 | | <51 | | 89,5 | | <51 | |
| 05/11/2019 | 12,0 | | | | 92,8 | | <51 | | 0,1 | | <51 | | 100,3 | | <51 | |
| 06/11/2019 | 70,8 | <100 | | | 92,8 | <100 | <51 | | 0,1 | <100 | <51 | | 100,5 | <100 | <51 | |
| 07/11/2019 | 100,0 | | | | 91,8 | | <51 | | 0,2 | | <51 | | 100,4 | | <51 | |
| 08/11/2019 | 99,8 | | | | 84,2 | | <51 | | 2,0 | | | | 99,3 | | <51 | |
| 09/11/2019 | 99,9 | | | | 95,1 | | <51 | | 7,1 | | | | 98,0 | | <51 | |
| 10/11/2019 | 100,0 | | | | 98,5 | | <51 | | 9,3 | | | | 96,2 | | <51 | Arrêt du traitement |
| 11/11/2019 | 100,0 | | | | 98,8 | | <51 | | 30,8 | | | | 98,5 | | <51 | |
| 12/11/2019 | 100,0 | | 169 | | 95,8 | | <51 | Arrêt du traitement | 43,5 | | <51 | | 97,8 | | 51 | |
| 13/11/2019 | 99,9 | | <51 | | 98,7 | | <51 | | 65,5 | | <51 | | 100,0 | | <51 | |
| 14/11/2019 | 100,0 | | 169 | | 98,7 | | <51 | | 73,0 | | <51 | | 100,0 | | 51 | |
| 15/11/2019 | 100,0 | | 399 | Atteinte des critères de démarrage à 169 NF/L du 12/11 | 98,2 | | <51 | | 58,0 | | <51 | | 98,5 | | 169 | |
| 16/11/2019 | 99,3 | | 324 | Démarrage du traitement | 97,9 | | <51 | | 71,8 | | <51 | | 100,0 | | 324 | |
| 17/11/2019 | 100,0 | | 51 | | 99,1 | | <51 | | 76,6 | | <51 | | 100,0 | | 324 | Atteinte des critères de démarrage en NF à 106 NF/L du 15/11 |
| 18/11/2019 | 100,0 | | <51 | | 99,5 | | <51 | | 76,2 | | <51 | | 98,0 | | 106 | |
| 19/11/2019 | 98,6 | | <51 | | 88,7 | | <51 | | 69,2 | | <51 | | 97,1 | | <51 | Démarrage du traitement |
| 20/11/2019 | 99,3 | <100 | <51 | | 98,7 | <100 | <51 | | 74,1 | <100 | <51 | | 99,8 | <100 | <51 | |
| 21/11/2019 | 100,0 | | <51 | | 99,3 | | <51 | | 84,6 | | <51 | | 61,2 | | <51 | |
| 22/11/2019 | 100,0 | | <51 | | 99,6 | | 106 | | 99,5 | | <51 | | 99,7 | | <51 | |
| 23/11/2019 | 100,0 | | 51 | | 56,0 | | 214 | | 74,1 | | <51 | | 96,8 | | <51 | |
| 24/11/2019 | 100,0 | | <51 | | 18,2 | | | | 80,3 | | <51 | | 99,8 | | 51 | |
| 25/11/2019 | 100,0 | | <51 | | 99,9 | | 169 | Atteinte des critères de traitement à 106 NF/L du 22/11 | 99,2 | | <51 | | 99,0 | | <51 | |
| 26/11/2019 | 100,0 | | 51 | | 99,4 | | 106 | Atteinte démarrage du traitement pour intervention matériel | 96,2 | | <51 | | 97,4 | | <51 | |
| 27/11/2019 | 100,0 | | 51 | | 98,4 | | 641 | Démarrage du traitement | 97,2 | | <51 | | 96,4 | | <51 | |
| 28/11/2019 | 98,8 | | <51 | | 99,2 | | 51 | | 93,6 | | <51 | | 98,5 | | <51 | |
| 29/11/2019 | 93,3 | | <51 | | 99,1 | | <51 | | 98,6 | | <51 | | 96,0 | | <51 | |
| 30/11/2019 | 100,0 | | <51 | | 99,4 | | <51 | | 100,1 | | <51 | | 94,6 | | <51 | |
| 01/12/2019 | 100 | | <51 | | 98,9 | | <51 | | 99,4 | | <51 | | 95,4 | | <51 | |
| 02/12/2019 | 100 | | <51 | | 98,8 | | <51 | | 99,7 | | <51 | | 99,9 | | <51 | |
| 03/12/2019 | 99,3 | | <51 | Arrêt du traitement pour intervention matériel | 99,2 | | <51 | | 84,5 | | <51 | | 98,0 | | <51 | |
| 04/12/2019 | 99,8 | <100 | <51 | Arrêt du traitement pour intervention matériel | 99,5 | <100 | <51 | | 86,2 | <100 | <51 | | 96,9 | <100 | <51 | |
| 05/12/2019 | 99,8 | | 51 | | 99,3 | | <51 | | 93,1 | | <51 | | 98,4 | | <51 | |
| 06/12/2019 | 99,9 | | <51 | | 99,6 | | <51 | | 99,6 | | <51 | | 98,2 | | <51 | Arrêt du traitement |
| 07/12/2019 | 99,8 | | <51 | | 99,4 | | <51 | | 95,5 | | <51 | | 87,07292569 | | 51 | |
| 08/12/2019 | 100,0 | | | Arrêt du traitement | 99,8 | | <51 | Arrêt du traitement | 96,1 | | <51 | | 46,18780851 | | | |
| 09/12/2019 | 99,2 | | 106 | | 99,7 | | <51 | | 87,5 | | <51 | | 72,59256803 | | | |
| 10/12/2019 | 100,0 | | 106 | | 99,4 | | <51 | | 91,6 | | <51 | | 49,13376778 | | | |
| 11/12/2019 | 100,0 | | <51 | | 99,8 | | <51 | | 96,5 | | <51 | | 98,13715528 | | | |
| 12/12/2019 | 100,0 | | 51 | Atteinte des critères de démarrage à 106 NF/L du 09/12 | 99,5 | | 51 | | 98,8 | | <51 | | 100,2649839 | | <51 | |
| 13/12/2019 | 100,0 | | <51 | Démarrage du traitement | 99,3 | | <51 | | 93,8 | | <51 | | 92,41378637 | | 48 | |
| 14/12/2019 | 98,8 | | <51 | | 98,5 | | <51 | | 96,2 | | <51 | | 68,5526877 | | <51 | |
| 15/12/2019 | 100,0 | | <51 | | 99,9 | | <51 | | 91,1 | | <51 | | 63,19896483 | | 51 | |
| 16/12/2019 | 100,0 | | 51 | | 100,0 | | <51 | | 96,8 | | <51 | | 83,50878119 | | <51 | |
| 17/12/2019 | 100,0 | | 169 | Arrêt du traitement pour intervention matériel | 99,9 | | 51 | | 98,0 | | <51 | | 36,016849 | | 51 | |
| 18/12/2019 | 96,6 | <100 | 101 | | 99,8 | <100 | 169 | | 97,1 | <100 | <51 | | 74,11484253 | <100 | 51 | |
| 19/12/2019 | 99,9 | | 169 | | 99,6 | | 169 | | 100,0 | | <51 | | 75,03912288 | | 106 | |
| 20/12/2019 | 99,7 | | 51 | | 97,8 | | 51 | | 96,6 | | <51 | | 4,112276849 | | 169 | |
| 21/12/2019 | 99,6 | | <51 | | 100,0 | | 240 | Atteinte des critères de traitement à 169 NF/L du 18/12 | 93,8 | | 106 | | 0,20000128 | | <51 | |
| 22/12/2019 | 99,7 | | <51 | | 100,0 | | 160 | Démarrage du traitement | 87,5 | | 106 | | 0,174667785 | | <51 | Atteinte des critères de démarrage à 106 NF/L du 20/12 |
| 23/12/2019 | 99,7 | | <51 | | 99,9 | | 101 | | 78,8 | | 169 | Atteinte des critères de traitement à 106 NF/L du 21/12 | 0,200086751 | | <51 | Traitement indisponible |
| 24/12/2019 | 99,7 | | <51 | | 99,0 | | <51 | | 81,7 | | 324 | Traitement indisponible | 0,20000128 | | <51 | Traitement indisponible |
| 25/12/2019 | 99,7 | | <51 | | 99,5 | | <51 | | 81,2 | | 832 | Traitement indisponible | 0,20004015 | | <51 | Traitement indisponible |
| 26/12/2019 | 99,7 | | <51 | | 99,7 | | <51 | | 84,0 | | 424 | Traitement indisponible | 0,85568773 | | <51 | Traitement indisponible |
| 27/12/2019 | 93,0 | | <51 | | 92,8 | | <51 | | 96,7 | | 393 | Traitement indisponible | 63,2613576 | | <51 | Traitement indisponible |
| 28/12/2019 | 100,0 | | <51 | | 98,5 | | 51 | | 96,3 | | 296 | Démarrage du traitement | 86,05657966 | | <51 | Démarrage du traitement |
| 29/12/2019 | 100,0 | | <51 | | 91,9 | | <51 | | 97,0 | | <51 | | 94,0216292 | | <51 | |
| 30/12/2019 | 100 | | <51 | | 91,2 | | <51 | | 95,7 | | <51 | | 93,66192853 | | <51 | |
| 31/12/2019 | 100 | | <51 | | 99,2 | | <51 | | 94,9 | | 51 | | 94,8660933 | | <51 | |

ANNEXE 2 : Résultats microbiologiques en amont/aval du CNPE de Cattenom et à la retenue du Mirgenbach

| Date | Nf (NPP/L) amont | Nf (NPP/L) Mirgenbach | Nf (NPP/L) rejet | Nf Aval calculé (NPP/L) aval | Nf (NPP/L) mesuré aval |
|----------|------------------|-----------------------|------------------|------------------------------|------------------------|
| 07/01/19 | <2 | <19 | <19 | <3 | <2 |
| 14/01/19 | | <19 | 38 | 3 | |
| 18/01/19 | | <19 | 19 | 1 | |
| 19/01/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 20/01/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 21/01/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 22/01/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 23/01/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 24/01/19 | | <19 | <19 | <1 | |
| 25/01/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 26/01/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 27/01/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 28/01/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 08/02/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 09/02/19 | | <19 | 19 | 2 | |
| 10/02/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 11/02/19 | | <19 | <19 | <1 | |
| 12/02/19 | <2 | 19 | <19 | <1 | <2 |
| 13/02/19 | | <19 | <19 | <1 | |
| 14/02/19 | | <19 | <19 | <1 | |
| 15/02/19 | | <19 | <19 | <1 | |
| 16/02/19 | | <19 | <19 | <1 | |
| 17/02/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 18/02/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 19/02/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 20/02/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 21/02/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 22/02/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 23/02/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 24/02/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 25/02/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 26/02/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 27/02/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 05/03/19 | <2 | <19 | <19 | <2 | <2 |
| 09/03/19 | | <19 | <19 | <2 | <2 |
| 12/03/19 | | <19 | <19 | <1 | |
| 14/03/19 | | <19 | <19 | <1 | |
| 15/03/19 | | <19 | <19 | <1 | |
| 16/03/19 | | <19 | <19 | <1 | |
| 17/03/19 | | <19 | <19 | <1 | |
| 18/03/19 | | <19 | <19 | <1 | |
| 19/03/19 | | <19 | <19 | <1 | |
| 20/03/19 | | <19 | <19 | <1 | |
| 21/03/19 | | <19 | <19 | <1 | |
| 22/03/19 | | <19 | <19 | <1 | |
| 23/03/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 24/03/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 25/03/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 28/03/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 29/03/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 30/03/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 31/03/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 01/04/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 02/04/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 03/04/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 04/04/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 05/04/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 06/04/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 07/04/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 08/04/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 09/04/19 | <2 | <19 | <19 | <2 | <2 |
| 10/04/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 11/04/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 12/04/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 13/04/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 14/04/19 | | <19 | <19 | <3 | |

| Date | Nf (NPP/L) amont | Nf (NPP/L) Mirgenbach | Nf (NPP/L) rejet | Nf Aval calculé (NPP/L) aval | Nf (NPP/L) mesuré aval |
|----------|------------------|-----------------------|------------------|------------------------------|------------------------|
| 15/04/19 | | <19 | <19 | | |
| 16/04/19 | | <19 | <19 | | |
| 17/04/19 | | <19 | <19 | | |
| 18/04/19 | | <19 | <19 | | |
| 19/04/19 | | <19 | <19 | | |
| 20/04/19 | | <19 | <19 | | |
| 21/04/19 | | <19 | <19 | | |
| 22/04/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 23/04/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 24/04/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 25/04/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 26/04/19 | | 19 | <19 | <2 | |
| 27/04/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 28/04/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 29/04/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 30/04/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 01/05/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 02/05/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 03/05/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 04/05/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 05/05/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 06/05/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 07/05/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 08/05/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 09/05/19 | | <19 | <19 | <1 | |
| 10/05/19 | | <19 | <19 | <1 | |
| 11/05/19 | | <19 | <19 | <1 | |
| 12/05/19 | | <19 | <19 | <1 | |
| 13/05/19 | | <19 | <19 | <1 | |
| 14/05/19 | <2 | <19 | <19 | <2 | <2 |
| 15/05/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 16/05/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 17/05/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 18/05/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 19/05/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 20/05/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 21/05/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 22/05/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 23/05/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 24/05/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 25/05/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 26/05/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 27/05/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 28/05/19 | | <19 | <19 | <4 | |
| 29/05/19 | | <19 | <19 | <4 | |
| 30/05/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 31/05/19 | | <19 | <19 | <4 | |
| 01/06/19 | | <19 | <19 | <4 | |
| 02/06/19 | | <19 | <19 | <4 | |
| 03/06/19 | | <19 | <19 | <5 | |
| 04/06/19 | | <19 | <19 | <5 | |
| 05/06/19 | | <19 | <19 | <5 | |
| 06/06/19 | | <19 | <19 | <4 | |
| 07/06/19 | | <19 | <19 | <4 | |
| 08/06/19 | | <19 | <19 | <5 | |
| 09/06/19 | | <19 | <19 | <5 | |
| 10/06/19 | | <19 | <19 | <6 | |
| 11/06/19 | | <19 | <19 | <6 | |
| 12/06/19 | | <19 | <19 | <4 | |
| 13/06/19 | | <19 | <19 | <4 | |
| 14/06/19 | | <19 | <19 | <4 | |
| 15/06/19 | | <19 | <19 | <4 | |
| 16/06/19 | | <19 | <19 | <5 | |
| 17/06/19 | | <19 | <19 | <4 | |
| 18/06/19 | | <19 | <19 | <4 | |
| 19/06/19 | | <19 | <19 | <5 | |

| Date | Nf (NPP/L) amont | Nf (NPP/L) Mirgenbach | Nf (NPP/L) rejet | Nf Aval calculé (NPP/L) aval | Nf (NPP/L) mesuré aval |
|----------|------------------|-----------------------|------------------|------------------------------|------------------------|
| 20/06/19 | | <19 | <19 | <5 | |
| 21/06/19 | | <19 | <19 | <5 | |
| 22/06/19 | <2 | <19 | <19 | <6 | <2 |
| 23/06/19 | | <19 | <19 | <6 | |
| 24/06/19 | | <19 | <19 | <7 | |
| 25/06/19 | | <19 | <19 | <6 | |
| 26/06/19 | | <19 | <19 | <6 | |
| 27/06/19 | | <19 | <19 | <9 | |
| 28/06/19 | | <19 | <19 | <9 | |
| 29/06/19 | | <19 | <19 | <7 | |
| 30/06/19 | | <19 | <19 | <8 | |
| 01/07/19 | | <19 | <19 | <7 | |
| 02/07/19 | | <19 | <19 | <10 | |
| 03/07/19 | | <19 | <19 | <9 | |
| 04/07/19 | | <19 | <19 | <7 | |
| 05/07/19 | | <19 | 19 | 6 | |
| 06/07/19 | | <19 | <19 | <9 | |
| 07/07/19 | | <19 | <19 | <10 | |
| 08/07/19 | | <19 | <19 | <9 | |
| 09/07/19 | <2 | <19 | <19 | <8 | <2 |
| 10/07/19 | | <19 | 19 | 8 | |
| 11/07/19 | | <19 | <19 | <9 | |
| 12/07/19 | | <19 | <19 | <7 | |
| 13/07/19 | | <19 | <19 | <7 | |
| 14/07/19 | | <19 | <19 | <7 | |
| 15/07/19 | | <19 | <19 | <6 | |
| 16/07/19 | | <19 | <19 | <5 | |
| 17/07/19 | | <19 | <19 | <7 | |
| 18/07/19 | | <19 | <19 | <4 | |
| 19/07/19 | | <19 | <19 | <5 | |
| 20/07/19 | | <19 | <19 | <5 | |
| 21/07/19 | | <19 | <19 | <6 | |
| 22/07/19 | | <19 | <19 | <6 | |
| 23/07/19 | | <19 | <19 | <8 | |
| 24/07/19 | | <19 | <19 | <11 | |
| 25/07/19 | | <19 | <19 | <9 | |
| 26/07/19 | | <19 | <19 | <7 | |
| 27/07/19 | | <19 | <19 | <5 | |
| 28/07/19 | | <19 | <19 | <9 | |
| 29/07/19 | | <19 | <19 | <8 | |
| 30/07/19 | | <19 | <19 | <7 | |
| 31/07/19 | | <19 | <19 | <9 | |
| 01/08/19 | | <19 | <19 | <8 | |
| 02/08/19 | | <19 | <19 | <7 | |
| 03/08/19 | | <19 | <19 | <10 | |
| 04/08/19 | | <19 | <19 | <11 | |
| 05/08/19 | | <19 | <19 | <8 | |
| 06/08/19 | | <19 | <19 | <8 | |
| 07/08/19 | | <19 | <19 | <9 | |
| 08/08/19 | | <19 | <19 | <9 | |
| 09/08/19 | | <19 | <19 | <8 | |
| 10/08/19 | | <19 | <19 | <4 | |
| 11/08/19 | | <19 | <19 | <4 | |
| 12/08/19 | | <19 | <19 | <5 | |
| 13/08/19 | <2 | <19 | <19 | <6 | <2 |
| 14/08/19 | | <19 | <19 | <7 | |
| 15/08/19 | | <19 | <19 | <6 | |
| 16/08/19 | | <19 | <19 | <9 | |
| 17/08/19 | | <19 | <19 | <8 | |
| 18/08/19 | | <19 | <19 | <5 | |
| 19/08/19 | | <19 | <19 | <9 | |
| 20/08/19 | | <19 | <19 | <9 | |
| 21/08/19 | | <19 | <19 | <10 | |
| 22/08/19 | | <19 | <19 | <10 | |
| 23/08/19 | | <19 | <19 | <7 | |
| 24/08/19 | | <19 | 19 | 10 | |

| Date | Nf (NPP/L) amont | Nf (NPP/L) Mirgenbach | Nf (NPP/L) rejet | Nf Aval calculé (NPP/L) aval | Nf (NPP/L) mesuré aval |
|----------|------------------|-----------------------|------------------|------------------------------|------------------------|
| 25/08/19 | | <19 | <19 | <9 | |
| 26/08/19 | | <19 | <19 | <8 | |
| 27/08/19 | | <19 | <19 | <8 | |
| 28/08/19 | | <19 | <19 | <10 | |
| 29/08/19 | | <19 | <19 | <9 | |
| 30/08/19 | | <19 | <19 | <8 | |
| 31/08/19 | | <19 | <19 | <12 | |
| 01/09/19 | | <19 | <19 | <8 | |
| 02/09/19 | | <19 | <19 | <9 | |
| 03/09/19 | | <19 | <19 | <11 | |
| 04/09/19 | | <19 | <19 | <10 | |
| 05/09/19 | | <19 | <19 | <11 | |
| 06/09/19 | | <19 | <19 | <7 | |
| 07/09/19 | | <19 | <19 | <6 | |
| 08/09/19 | | <19 | <19 | <8 | |
| 09/09/19 | | <19 | <19 | <7 | |
| 10/09/19 | | <19 | <19 | <7 | |
| 11/09/19 | | <19 | <19 | <7 | |
| 12/09/19 | | <19 | <19 | <8 | |
| 13/09/19 | | <19 | <19 | <7 | |
| 14/09/19 | <2 | <19 | <19 | <7 | <2 |
| 15/09/19 | | <19 | <19 | <8 | |
| 16/09/19 | | <19 | <19 | <6 | |
| 17/09/19 | | <19 | <19 | <6 | |
| 18/09/19 | | <19 | <19 | <7 | |
| 19/09/19 | | <19 | <19 | <7 | |
| 20/09/19 | | <19 | <19 | <7 | |
| 21/09/19 | | <19 | <19 | <6 | |
| 22/09/19 | | <19 | <19 | <4 | |
| 23/09/19 | | <19 | <19 | <6 | |
| 24/09/19 | | <19 | <19 | <7 | |
| 25/09/19 | | <19 | <19 | <6 | |
| 26/09/19 | | <19 | <19 | <7 | |
| 27/09/19 | | <19 | <19 | <6 | |
| 28/09/19 | | <19 | <19 | <7 | |
| 29/09/19 | | <19 | <19 | <7 | |
| 30/09/19 | | <19 | <19 | <7 | |
| 01/10/19 | | <19 | <19 | <7 | |
| 02/10/19 | | <19 | <19 | <4 | |
| 03/10/19 | | <19 | <19 | <5 | |
| 04/10/19 | | <19 | <19 | <4 | |
| 05/10/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 06/10/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 07/10/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 08/10/19 | <2 | <19 | <19 | <3 | <2 |
| 09/10/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 10/10/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 11/10/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 12/10/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 13/10/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 14/10/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 15/10/19 | | <19 | <19 | <4 | |
| 16/10/19 | | <19 | <19 | <4 | |
| 17/10/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 18/10/19 | | <19 | <19 | <4 | |
| 19/10/19 | | <19 | 19 | 3 | |
| 20/10/19 | | 19 | 19 | 3 | |
| 21/10/19 | | 19 | <19 | <2 | |
| 22/10/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 23/10/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 24/10/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 25/10/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 26/10/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 27/10/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 28/10/19 | | <19 | <19 | <4 | |
| 29/10/19 | | <19 | <19 | <4 | |

| Date | Nf (NPP/L) amont | Nf (NPP/L) Mirgenbach | Nf (NPP/L) rejet | Nf Aval calculé (NPP/L) aval | Nf (NPP/L) mesuré aval |
|----------|------------------|-----------------------|------------------|------------------------------|------------------------|
| 30/10/19 | | <19 | <19 | <4 | |
| 31/10/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 01/11/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 02/11/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 03/11/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 04/11/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 05/11/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 06/11/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 07/11/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 08/11/19 | | 19 | <19 | <2 | |
| 09/11/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 10/11/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 11/11/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 12/11/19 | <2 | <19 | <19 | <3 | <2 |
| 13/11/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 14/11/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 15/11/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 16/11/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 17/11/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 18/11/19 | | 19 | <19 | <2 | |
| 19/11/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 20/11/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 21/11/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 22/11/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 23/11/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 24/11/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 25/11/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 26/11/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 27/11/19 | | <19 | <19 | <3 | |
| 28/11/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 29/11/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 30/11/19 | | <19 | <19 | <1 | |
| 01/12/19 | | <19 | <19 | <1 | |
| 02/12/19 | | <19 | <19 | <1 | |
| 03/12/19 | | <19 | <19 | <1 | |
| 04/12/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 05/12/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 06/12/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 07/12/19 | <2 | <19 | <19 | <2 | <2 |
| 08/12/19 | | 19 | <19 | <2 | |
| 09/12/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 10/12/19 | | <19 | <19 | <2 | |
| 11/12/19 | | <19 | <19 | <1 | |
| 12/12/19 | | <19 | <19 | <1 | |
| 13/12/19 | | 19 | <19 | <1 | |
| 14/12/19 | | <19 | <19 | <1 | |
| 15/12/19 | | <19 | <19 | <1 | |
| 16/12/19 | | <19 | <19 | <1 | |
| 17/12/19 | | <19 | <19 | <1 | |
| 18/12/19 | | <19 | <19 | <1 | |
| 19/12/19 | | <19 | <19 | <1 | |
| 20/12/19 | | <19 | <19 | <1 | |
| 21/12/19 | | <19 | <19 | <1 | |
| 22/12/19 | | 19 | <19 | <1 | |
| 23/12/19 | | <19 | <19 | <1 | |
| 24/12/19 | | <19 | <19 | <1 | |
| 25/12/19 | | <19 | 19 | 1 | |
| 26/12/19 | | <19 | <19 | <1 | |
| 27/12/19 | | <19 | <19 | <1 | |
| 28/12/19 | | 19 | <19 | <1 | |
| 29/12/19 | | <19 | <19 | <1 | |
| 30/12/19 | | <19 | <19 | <1 | |
| 31/12/19 | | <19 | <19 | <1 | |

ANNEXE 3 : Synthèse du Suivi hydrobiologique de la Moselle au droit du CNPE de Cattenom



PEMA – Groupe PINGAT

3, rue Paul Michaux – 57000 METZ
06.63.41.58.69 – e.arce@groupe-pingat.fr



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, 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, 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.

Le suivi hydroécologique de la Moselle répond 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 et s'inscrit dans la continuité des suivis hydroécologiques menés depuis les années 1970. Les compartiments biologiques étudiés sont le phytoplancton (via la chlorophylle *a* et les phéopigments), les diatomées, les macrophytes, les macroinvertébrés benthiques et l'ichtyofaune.

2. MATERIEL ET METHODES

L'étude 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). 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).

La **biomasse phytoplanctonique** est étudiée mensuellement. Les prélèvements sont réalisés suivant la norme XP T 90-719. Les échantillons sont analysés par la méthode dite « ALATOX » qui fournit les valeurs des concentrations en chlorophylle *a* et en phéopigments.

Les **communautés de diatomées** sont étudiées 2 fois par an. Les prélèvements et le traitement des échantillons sont réalisés suivant la norme NF T90-354. Les résultats

fournissent une note IBD (Indice Biologique Diatomées) interprétée suivant l'arrêté du 27 juillet 2018, et la note IPS (Indice de Polluo-Sensibilité).

Les **macrophytes** sont étudiées une fois par an. Les relevés floristiques sont réalisés suivant les normes NF T90-395 et NF EN 14184 et donne lieu au calcul de la note IBMR (Indice Biologique Macrophytes Rivière) interprétée suivant l'arrêté du 27 juillet 2018.

Les **communautés macrobenthiques** sont étudiées trimestriellement suivant deux protocoles : le protocole de prélèvement d'invertébrés par colonisation de pièges IQBP et le protocole de prélèvement d'invertébrés en grand cours d'eau IBGA. Le tri et la détermination des invertébrés suivent la norme XP T90-388 complétée par le guide GA T90-788. Les résultats sont exprimés sous forme d'une note IQBP (Indice de Qualité Biologique Potentielle) et d'une note MGCE (Macroinvertébrés Grands Cours d'Eau) interprétée suivant l'arrêté du 27 juillet 2018.

Les **peuplements piscicoles** sont étudiés deux fois dans l'année, en juin et en septembre, par pêche partielle (Echantillonnage Ponctuel d'Abondance) suivant le protocole de la norme XP T90-383. La note IPR (Indice Poisson Rivière) est calculée suivant la norme NF T90-344 et interprétée suivant l'arrêté du 27 juillet 2018.

PRINCIPAUX RESULTATS

Suivi de la biomasse phytoplanctonique. En 2019, les différences de concentrations en chlorophylle *a* et en phéopigments entre l'amont (MOS1) et l'aval (MOS4) du CNPE de Cattenom sont faibles excepté en août où la concentration en chlorophylle *a* est multipliée par 10 et la concentration en phéopigments par 4 au niveau de MOS4 par rapport à MOS1. Ce pic de production est plus probablement lié aux conditions locales de la station située en amont du barrage d'Apach (ralentissement des débits, en particulier en période de basses eaux) qu'au fonctionnement du CNPE de Cattenom. Ce phénomène a déjà été observé régulièrement par le passé.

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 2019. Les notes IBD obtenues mettent en avant le caractère mésotrophe du milieu. La note IPS est globalement plus faible au niveau de la station MOS4 que de la station MOS1 ce qui peut s'expliquer par les caractéristiques plus lenticques de la station MOS4.

Suivi des macrophytes. Les peuplements de macrophytes des stations MOS1 et MOS2 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. Deux espèces protégées en Lorraine sont identifiées (*Vallisneria spiralis* *Potamogeton gramineus*). Trois espèces invasives (*Elodea nuttallii*, *Lemna minuscula* et *Azolla filiculoides*) sont également présentes dans des proportions limitées. La note IBMR des deux stations est très faible (MOS1 : 6,90 ; MOS4 : 6,64) et indique un 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 et les diptères sur les deux stations d'étude. L'abondance totale est globalement plus élevée au niveau de MOS4 du fait d'une surabondance d'oligochètes provenant des vases, substrat plus présent sur cette station. La note IQBP est plus élevée sur la station MOS4, traduisant une qualité moyenne à mauvaise, que sur la station MOS1 (classée en mauvaise qualité en 2019). Ce résultat est lié à la dominance des taxons allochtones sur MOS1, en particulier les crustacés *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 plus faibles de 1 à 2 points à l'aval du CNPE de Cattenom par rapport à l'amont, du fait d'une baisse de la richesse taxonomique au niveau de la station MOS4. Aucune classe d'état ne peut être attribuée pour l'élément « macroinvertébrés benthiques » car aucune référence n'est disponible pour la Moselle dans la catégorie des très grands cours d'eau.

Suivi de l'ichtyofaune. Les peuplements échantillonnés en juin et en septembre sont proches en termes d'effectifs et de biomasses et les espèces communes aux deux stations sont nombreuses. Parmi les 20 espèces inventoriées, cinq sont des espèces patrimoniales faisant l'objet de mesures de protections particulières (l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*), la bouvière (*Rhodeus amarus*), le brochet (*Esox lucius*), la loche de rivière (*Cobitis taenia*) et la vandoise (*Leuciscus leuciscus*)). Les effectifs de gobie à tâche noire sont importants et peuvent provoquer un déséquilibre des peuplements notamment en limitant le développement de certaines espèces [la grémille (*Gymnocephalus cernua*), les petites perches (*Perca fluviatilis*), le goujon (*Gobio gobio*) et la loche franche (*Barbatula barbatula*)]. 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 juin et moyenne en septembre sur les deux stations.

3. CONCLUSION

Sur la Moselle au droit du CNPE de Cattenom, 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 2019.

ANNEXE 4 : Synthèse du suivi hydrobiologique de la retenue industrielle du Mirgenbach



PEMA – Groupe PINGAT
3, rue Paul Michaux – 57000 METZ
06.63.41.58.69 – e.arce@groupe-pingat.fr



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 32 ans. En 2019, ce programme répond aux prescriptions [EDF-CAT-106] à [EDF-CAT-109] de la Décision n° 2014-DC-0415, applicable depuis 2014. Les compartiments biologiques étudiés sont le phytoplancton (via la chlorophylle *a* et les phéopigments), les macroinvertébrés benthiques et l'ichtyofaune.

2. MATERIEL ET METHODES

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, de galets et de branchages conditionnés dans un panier à grosses mailles, sont installés sur chaque station pour être colonisés pendant un mois. Le tri et la détermination des individus suivent la norme XP T 90-388 (AFNOR, 2010). En août 2019, un piège n'a pas été retrouvé sur une station.

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 biomasse phytoplanctonique. Peu de différence de concentration en chlorophylle *a* et en phéopigments est observée entre les stations P1 et ST3, excepté lors des pics de production, en avril et en août. Le brassage permanent de la retenue entraîne une homogénéisation des eaux qui limite l'impact du rejet d'eau chaude au niveau de la station P1 par rapport à la station ST3, située à proximité de la prise d'eau. L'évolution du phytoplancton sur l'année 2019 correspond à une variation saisonnière naturelle liée aux variations de conditions abiotiques (ensoleillement, température) qui favorisent un pic de production printanière (10,94 µg/L en surface de la station ST3 en avril) et inversement des productions faibles en période hivernale. La réduction de la production de phéopigments observée depuis 2014 est confirmée en 2019 et pourrait être corrélée avec une diminution de l'effet phytocide du cuivre suite au remplacement des condenseurs en laiton au profit du titane.

Suivi des communautés macrobenthiques. En 2019, 21 taxons ont été identifiés en bordure de la retenue industrielle du Mirgenbach. Les communautés sont dominées par des taxons ubiquistes tels que le diptère Chironomidae, 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 est confirmée en 2019 et pourrait être liée à une levée progressive de la contrainte liée aux rejets de cuivre. Les traits bio-écologiques associés aux communautés traduisent le caractère mésotrophe de la retenue.

Suivi de l'ichtyofaune. En 2019, 2289 individus appartenant à 14 espèces piscicoles ont été échantillonnés représentant une biomasse totale de 125,9 kg. Les peuplements sont dominés par la brème bordelière (*Blicca bjoerkna*), qui représente 89 % des effectifs et 32 % de la biomasse échantillonnée ainsi que par le sandre (*Sander lucioperca*) qui présente des effectifs relatifs moindres (5 %) mais une biomasse élevée (41 %). L'association des brèmes et des sandres remplacent progressivement les perches communes (*Perca fluviatilis*) et le gardon (*Rutilus rutilus*) qui étaient dominants lors de la mise en place de la retenue. Cette évolution semble traduire la mise en place d'un état de stabilisation des peuplements depuis une dizaine d'année. Si elles ne dominent pas les peuplements, les espèces invasives sont bien présentes sur la retenue industrielle du Mirgenbach. La population de perches soleil (*Lepomis gibbosus*), qui dominait les effectifs au début des années 2010, est toujours présente mais sa régression, observée depuis 3 ans, se poursuit. Au contraire, la population de gobie à tâche noire (*Neogobius melanostomus*), apparu dans la retenue en 2017, progresse et est accompagné du gobie de Kessler (*Ponticola kessleri*) la première fois en 2019.

4. CONCLUSION

Les résultats du suivi hydrobiologique de la retenue industrielle du Mirgenbach en 2019 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 progressive des concentrations en cuivre et en zinc, résultant du remplacement des condenseurs en laiton par du titane, pourrait remettre en question l'état de stabilité que les peuplements de la retenue industrielle du Mirgenbach semblent atteindre en modifiant la ressource alimentaire ainsi qu'en réduisant l'effet toxique des métaux sur les organismes.

ANNEXE 5 : Rapport du suivi radioécologique annuel 2018

Suivi radioécologique annuel du CNPE de Cattenom

Année 2018

Rapport IRSN/2019-00435

Pôle Santé et Environnement

Service d'expertise et d'étude en radioprotection des
populations et de la radioactivité dans
l'environnement

Suivi radioécologique annuel du CNPE de Cattenom

Année 2018

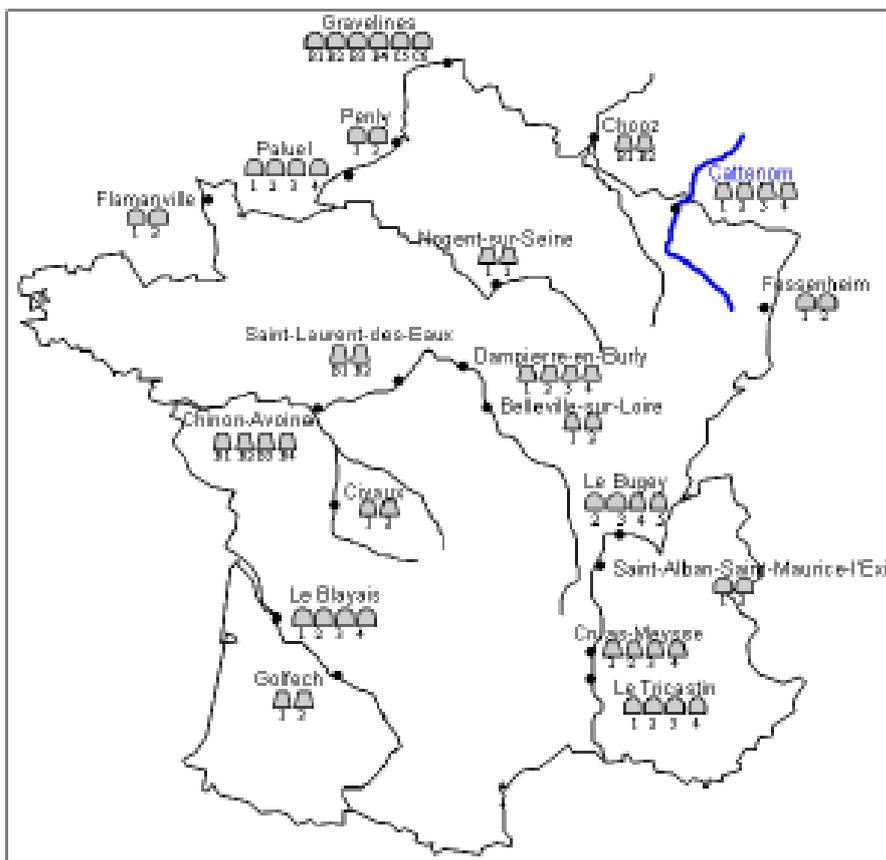


Table des Matières

| | |
|--|----|
| TABLE DES ILLUSTRATIONS ET DES TABLEAUX | 8 |
| RÉSUMÉ..... | 11 |
| 0. OBJECTIFS..... | 12 |
| 1. MÉTHODOLOGIE DU SUIVI RADIOÉCOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT PROCHE DES CENTRES NUCLÉAIRES DE PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ FRANÇAIS | 12 |
| 2. ORIGINE DE LA RADIOACTIVITÉ DANS L'ENVIRONNEMENT DU CNPE DE CATTENOM | 13 |
| 2.1. Radionucléides d'origine naturelle..... | 13 |
| 2.1.1. Origine tellurique | 13 |
| 2.1.2. Origine cosmogénique et comportement du tritium et du ¹⁴ C | 13 |
| 2.2. Radionucléides d'origine artificielle | 14 |
| 2.2.1. Retombées des essais aériens d'armes nucléaires | 14 |
| 2.2.2. Retombées de l'accident de Tchernobyl | 16 |
| 2.2.3. Retombées de l'accident de Fukushima-Daichi..... | 18 |
| 2.2.4. Installations nucléaires exploitées par EDF | 19 |
| 2.2.5. Autres activités | 19 |
| 3. CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL ET GÉOGRAPHIQUE..... | 21 |
| 3.1. Climatologie | 21 |
| 3.2. Géologie et hydrogéologie | 21 |
| 3.3. Hydrographie et hydrologie | 21 |
| 4. ÉTAT RADIOÉCOLOGIQUE DU CNPE DE CATTENOM..... | 22 |
| 4.1. Généralités et chronologie des études radioécologiques antérieures..... | 22 |
| 4.2. État radiologique de l'environnement terrestre | 23 |
| 4.2.1. Stratégie d'échantillonnage | 23 |
| 4.2.2. Résultats et interprétation..... | 27 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 4.3. | État radiologique de l'environnement aquatique | 29 |
| 4.3.1. | Stratégie d'échantillonnage | 29 |
| 4.3.2. | Résultats et interprétation..... | 34 |
| 4.4. | Conclusion sur l'état radiologique de l'environnement du CNPE de Cattenom..... | 39 |
| 4.1. | Tableaux de résultats..... | 40 |
| 5. | BIBLIOGRAPHIE | 62 |
| 6. | ANNEXES | 64 |
| 6.1. | Choix des stations de prélèvements | 67 |
| 6.2. | Choix des matrices prélevées | 67 |
| 6.2.1. | Domaine terrestre | 68 |
| 6.2.2. | Domaine aquatique..... | 68 |
| 6.1. | Choix des fréquences d'analyses | 69 |
| 6.2. | Choix des analyses | 69 |
| 6.3. | Méthode de prélèvements sur le terrain..... | 69 |
| 6.3.1. | Domaine terrestre | 69 |
| 6.3.2. | Domaine aquatique continental | 71 |
| 6.4. | Préparation et conditionnement des échantillons | 71 |
| 6.4.1. | Domaine terrestre | 71 |
| 6.4.2. | Domaine aquatique continental | 73 |
| 6.5. | Techniques d'analyses..... | 74 |
| 6.5.1. | Détermination de la teneur en matière organique et de la granulométrie des sols et des sédiments..... | 74 |
| 6.5.2. | Identification des espèces vivantes..... | 75 |
| 6.5.3. | Mesure du tritium libre | 75 |
| 6.5.4. | Mesure du tritium organiquement lié..... | 75 |
| 6.5.5. | Mesure du ¹⁴ C | 75 |
| 6.5.6. | Spectrométrie γ..... | 76 |
| 6.6. | Expression des résultats et unités utilisées | 77 |
| 6.7. | Radionucléides dans l'environnement..... | 79 |
| 6.7.1. | Radioactivité d'origine naturelle | 79 |

| | | |
|--------|--|----|
| 6.7.2. | Radioactivité d'origine artificielle | 80 |
| 6.7.3. | Sources de ³ H | 81 |
| 6.7.4. | Sources de ¹⁴ C | 82 |
| 6.8. | Laboratoires d'analyses | 83 |

Table des illustrations et des tableaux

Illustrations

| | |
|---|----|
| Figure 1 – Activités de ^3H dans l'eau de pluie à Thionville-Bains, d'après IAEA/WMO 2006. | 15 |
| Figure 2 – Évolution de l'activité spécifique du ^{14}C dans l'hémisphère nord depuis 1950 (tirée de [1]). | 16 |
| Figure 3 - Activités surfaciques de ^{137}Cs , estimées en 2010, sur le bassin versant de la zone d'étude, issues des retombées atmosphériques des essais aériens et de l'accident de Tchernobyl [18], ainsi que la localisation des sites détenant des radionucléides dans le bassin versant de la Moselle. ... | 17 |
| 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])...... | 18 |
| Figure 5 - Localisation des établissements détenant des radionucléides sur le bassin versant de la zone d'étude du CNPE de Cattenom. | 20 |
| Figure 6 - Chronologie des principales études radioécologiques conduites dans l'environnement du CNPE de Cattenom. | 22 |
| Figure 7 - Localisation générale des stations de prélèvement terrestres* et aquatiques** pour le suivi radioécologique 2018. | 24 |
| Figure 8 - Variation temporelle des activités (valeurs minimales à valeurs maximales) des principaux radionucléides d'origine artificielle détectés par spectrométrie γ dans les compartiments de l'écosystème terrestre de la région de Cattenom. | 28 |
| Figure 9 - Variation temporelle des activités (valeurs minimales à valeurs maximales) des principaux radionucléides d'origine artificielle détectés par spectrométrie γ dans les sédiments de l'écosystème aquatique de la région de Cattenom. | 35 |
| Figure 10 - Variation temporelle des activités (valeurs minimales à valeurs maximales) des principaux radionucléides d'origine artificielle détectés par spectrométrie γ dans les poissons de l'écosystème aquatique de la région de Cattenom. | 36 |
| Figure 11 - Variation temporelle des activités (valeurs minimales à valeurs maximales) des principaux radionucléides d'origine artificielle détectés par spectrométrie γ dans les phanérogames immergées de la région de Cattenom. | 37 |
| Figure 12 - Démarche utilisée pour la réalisation du suivi radioécologique annuel de chaque site. | 66 |
| Figure 13 - Chronique d'une incinération : montée en température et peliers en fonction du temps. | 72 |
| Figure 14 - 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). | 79 |
| Figure 15 - Teneur en ^{238}U dans les sédiments métropolitains. | 80 |

TABLEAUX

| | |
|--|----|
| Tableau 1 - Identification des échantillons analysés dans l'environnement du CNPE de Cattenom lors du suivi radiocologique de 2018..... | 25 |
| Tableau 2 - Identification des échantillons prélevés dans le domaine aquatique continental lors du suivi radiocologique de l'environnement du CNPE de Cattenom en 2018..... | 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 radiocologiques de 2008 à 2018..... | 40 |
| Tableau 4 - Activités massiques en radionucléides émetteurs γ des échantillons de mousses collectés dans l'environnement terrestre du site de Cattenom lors des études radiocologiques de 2008 à 2018..... | 41 |
| Tableau 5 - Activités massiques en radionucléides émetteurs γ et β des échantillons de végétaux cultivés (herbe) collectés dans l'environnement terrestre du site de Cattenom lors des études radiocologiques de 2008 à 2018..... | 42 |
| Tableau 6 - Activités massiques en radionucléides émetteur β des échantillons de végétaux spontanés (lierre) collectés dans l'environnement terrestre du site de Cattenom lors des études radiocologiques de 2016 à 2018..... | 43 |
| Tableau 7 - Activités massiques en radionucléides émetteurs γ et β des échantillons de végétaux cultivés (légumes) collectés dans l'environnement terrestre du site de Cattenom lors des études radiocologiques de 2008 à 2018..... | 44 |
| 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 radiocologiques de 2008 à 2018..... | 45 |
| Tableau 9 - Activités volumiques en radionucléides émetteur β des échantillons d'eau de boisson collectés dans l'environnement terrestre du site de Cattenom lors des études radiocologiques de 2008 à 2018..... | 46 |
| Tableau 10 - Teneur en matière organique et granulométrie de l'échantillon de sol récolté dans la région du CNPE de Cattenom lors du suivi radiocologique en 2018..... | 47 |
| Tableau 11 - Activités massiques et volumiques en radionucléides émetteurs γ d'origine naturelle des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site de Cattenom lors du suivi radiocologique en 2018 ($Bq.kg^{-1}.sec$ pour les sols et les végétaux, $Bq.L^{-1}$ pour le lait)..... | 48 |
| Tableau 12 - Activités massiques et volumiques en radionucléides émetteurs γ d'origine artificielle des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site de Cattenom lors du suivi radiocologique en 2018 ($Bq.kg^{-1}.sec$ pour les sols et les végétaux, $Bq.L^{-1}$ pour le lait et l'eau de boisson)..... | 49 |
| Tableau 13 - Activités massiques et volumiques en tritium libre dans les échantillons prélevés dans l'environnement terrestre du site de Cattenom en 2018..... | 50 |
| Tableau 14 - Activités massiques et volumiques en tritium organiquement lié dans les échantillons prélevés dans l'environnement terrestre du site de Cattenom en 2018..... | 51 |
| Tableau 15 - Activités en ^{14}C dans les échantillons prélevés dans l'environnement terrestre du site de Cattenom dans le cadre du suivi radiocologique 2018..... | 52 |
| Tableau 16 - Activités massiques en radionucléides émetteurs γ des échantillons de sédiments collectés dans l'environnement aquatique du site de Cattenom lors des études radiocologiques de 2008 à 2018..... | 53 |

| | |
|--|----|
| Tableau 17 - 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 2008 à 2018 (excepté en 2017*). | 54 |
| Tableau 18 - 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 2008 à 2018. | 55 |
| Tableau 19 - Teneur en matière organique et granulométrie des échantillons de sédiments collectés dans la Moselle en amont et en aval de l'émissaire des rejets du CNPE de Cattenom lors du suivi radioécologique 2018. | 56 |
| Tableau 20 - 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 2018 ($Bq.kg^{-1} sec$ pour les sédiments et les végétaux, $Bq.kg^{-1} frais$ pour les poissons). | 57 |
| Tableau 21 - 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 2018 ($Bq.kg^{-1} sec$ pour les sédiments et les végétaux, $Bq.kg^{-1} frais$ pour les poissons). | 58 |
| Tableau 22 - 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 2018. | 59 |
| Tableau 23 - 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 2018. | 59 |
| Tableau 24 - 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 2018. | 60 |
| Tableau 25 - Activités en ^{63}Ni dans les échantillons prélevés dans l'environnement aquatique en amont et en aval du site de Cattenom lors du suivi radioécologique annuel de 2018. | 61 |
| Tableau 26 - Activités en ^{59}Fe dans les échantillons prélevés dans l'environnement aquatique en amont et en aval du site de Cattenom lors du suivi radioécologique annuel de 2018. | 61 |

Résumé

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, le ^{137}Cs est détecté dans toutes les matrices, à l'exception des échantillons de salade et de lait, à des niveaux comparables à ceux des années précédentes. Ce radionucléide artificiel est issu des retombées des essais nucléaires aériens et de l'accident de Tchernobyl, sans pouvoir distinguer la contribution des rejets d'effluents atmosphériques en ^{137}Cs du CNPE de Cattenom. En 2018, les valeurs mesurées en tritium libre, en tritium organiquement lié et en ^{14}C sont proches de celles mesurées les années passées. Pour les prélèvements d'herbe, les plus proches du site, les activités sont parfois légèrement supérieures au bruit de fond et indiquent, dans ce cas, un marquage de l'herbe par les rejets d'effluents atmosphériques du CNPE de Cattenom.

Dans le milieu aquatique, en 2018, du ^{60}Co est détecté dans les échantillons de phanérogames, du ^{60}Co dans les sédiments prélevés à l'aval. En aval du site de Cattenom, les activités en tritium libre et en tritium organiquement lié, ainsi qu'en ^{14}C , mesurées dans les phanérogames immergées et les poissons sont supérieures au bruit de fond attendu hors influence des rejets industriels et en outre, plus élevées qu'à l'amont de ce site. Ces activités ont été régulièrement observées sur les dix dernières années, ce qui confirme le marquage par les rejets d'effluents liquides du CNPE de Cattenom pour ces radionucléides. En revanche, l' ^{137}Cs est détecté dans les phanérogames prélevées aussi bien à l'amont qu'à l'aval avec des valeurs proches, ce qui ne permet pas de distinguer une éventuelle contribution par les rejets des effluents liquides du CNPE de Cattenom au marquage par d'autres apports en amont.

0. OBJECTIFS

Électricité de France (EDF) a sollicité l'Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN) pour effectuer un bilan radioécologique annuel de l'environnement proche 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 6.1).

Les matrices échantillonnées sont les plus abondantes localement et/ou caractéristiques de l'économie locale (Annexe 6.2 et Annexe 6.3). 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 6.1), 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 6.4, 6.5, 6.6 et 6.7). Dans certaines matrices, des analyses supplémentaires peuvent être réalisées (Annexe 6.2). 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 6.3, 6.4 et 6.5).

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 d'armes nucléaires dans l'atmosphère, des rentrées atmosphériques de satellites artificiels, des utilisations médicales de sources radioactives et des rejets d'effluents des installations (Figure 3 page 17).

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 2015 à 2017 [1].

2.1.2. Origine cosmogénique et comportement du tritium et du ^{14}C

Le rayonnement cosmique en provenance du soleil et de l'espace interagit avec la haute atmosphère terrestre et engendre en permanence la production de radionucléides cosmogéniques, comme le tritium (^3H), le ^{14}C , ^7Be et le ^{22}Na . Leurs niveaux d'activité usuels sont indiqués dans le bilan de l'état radiologique de l'environnement français de 2015 à 2017 [1].

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

En tant qu'isotope de l'hydrogène, le ^3H (période radioactive : 12,312 ans [2]) est intimement lié au cycle de cet élément dans l'environnement. Il peut être présent dans toutes les molécules hydrogénées, être associé aussi bien à l'eau tétraoléaire qu'à la matière organique des végétaux et des animaux. Sous la forme d'eau tritiée (HTO), ce radionucléide est extrêmement mobile dans l'environnement et dans tous les systèmes biologiques et, de ce fait rapidement intégré dans de nombreux cycles de la géosphère et de la biosphère. En situation d'équilibre, il ne s'accumule pas dans tel ou tel composant environnemental ou biologique. Ainsi, les activités en tritium métabolisé dans la matière organique (tritium organiquement lié, TOL) sont généralement à l'équilibre avec les activités en HTO [3-5]. 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 .

2.2. Radionucléides d'origine artificielle

2.2.1. Retombées des essais aériens d'armes nucléaires

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 [6]. 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 de tirs, l'hémisphère nord a reçu la majorité des retombées radioactives issues de ces essais. En France métropolitaine, les retombées de ces essais ont été globalement homogènes et constituent la principale source de radioactivité artificielle dans l'environnement.

En termes d'activité, les dépôts les plus importants concernent les radionucléides à vie courte. Ainsi, en France, les dépôts de ^{137}I , de ^{90}Sr , de $^{140}\text{Ce}/^{140}\text{Pr}$ et de $^{238}\text{Pu}/^{238}\text{U}$ (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, ^{137}Cs , ^{239}Pu et ^{240}Pu , de 432,6, 5 700, 6 561 et 24 100 ans de périodes respectives [2]) ont été comparativement très faibles [6]. Le ^{137}Cs , le ^{90}Sr , le ^{239}Pu , le ^{240}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 [6]. 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' ^{238}U et de leurs produits de fission, puis leurs retombées sur l'ensemble de la planète. Pour ces radionucléides, l'activité résiduelle 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 de 2015 à 2017 [1] et plus brièvement ci-dessous. En 2018, sur la majeure partie de la France, les activités résiduelles en ^{137}Cs des retombées des essais aériens étaient comprises entre 1 400 et 2 000 Bq.m² [7], 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 [8-11] (Figure 1 page 15).

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

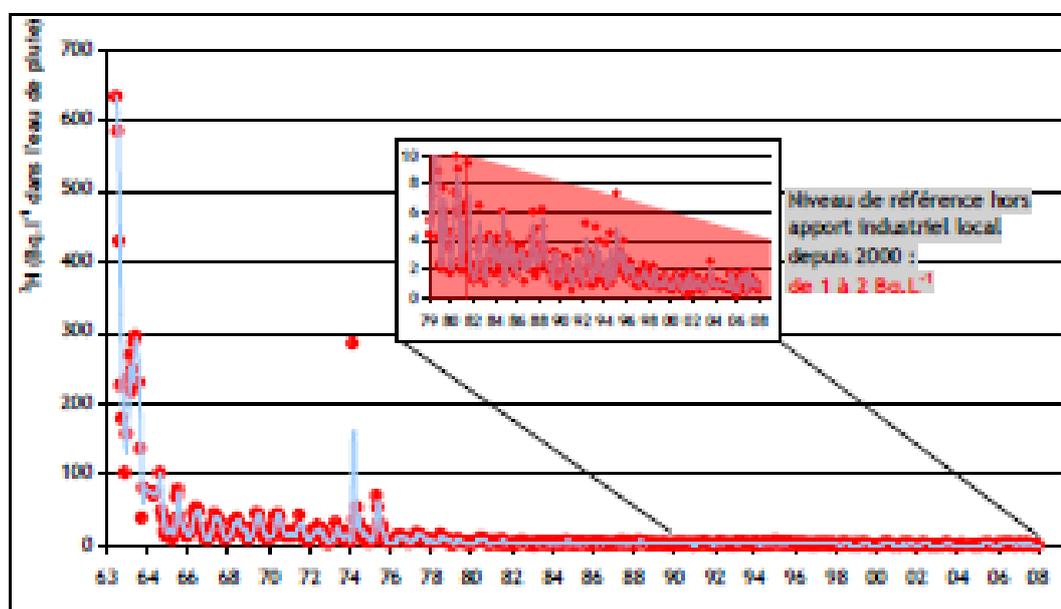


Figure 1 - Activités de ^3H dans l'eau de pluie à Thonon-les-Bains, d'après IAEA/WMO 2006.

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 ($1,4 \pm 0,4 \text{ Bq.L}^{-1}$) [12]. Le tritium produit lors des essais aériens est quantifiable aujourd'hui sous les deux formes, HTO et TOL. En milieu aquatique continental, hors influence industrielle locale, la forme libre (HTO) est 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 $1,4 \pm 1,2 \text{ Bq.L}^{-1}$ en France métropolitaine (mesures de 2007 à 2012 [13]) 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 [14]. En 1999, l'activité spécifique dans le milieu terrestre s'élevait à $255 \pm 7 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$ [15]. En 2018, elle est proche de $230 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$ et se rapproche de l'activité spécifique atmosphérique antérieure aux premiers essais aériens ($226,0 \pm 1,1 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ C}$) [1] (Figure 2 page 16).

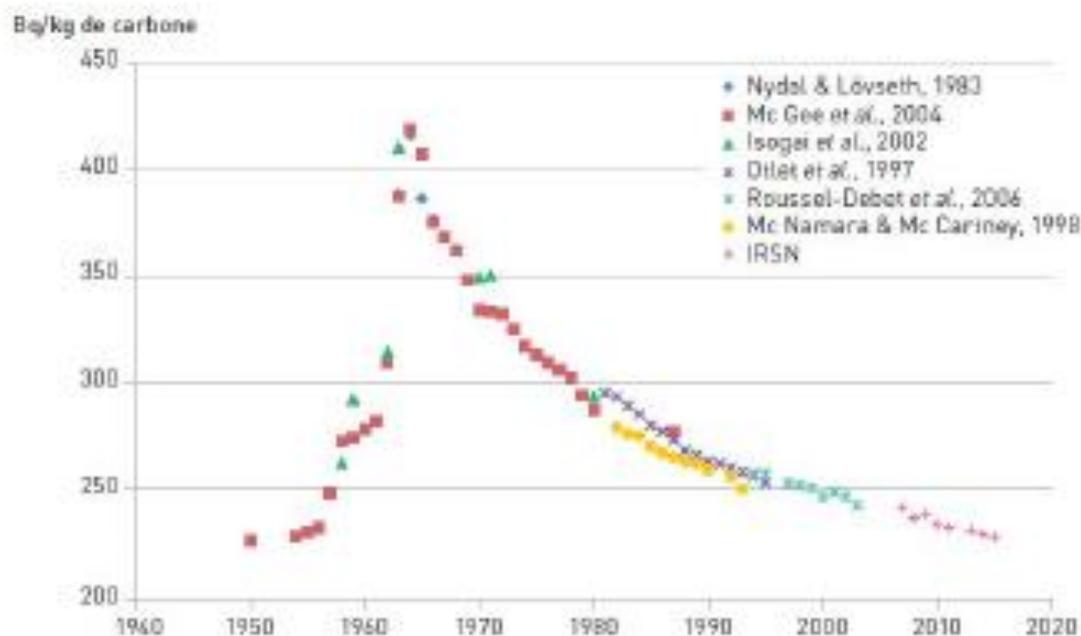


Figure 2 - Évolution de l'activité spécifique du ^{14}C dans l'hémisphère nord depuis 1950 (tirée de [1]).

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 $\text{Bq.kg}^{-1}\text{C}$ [16].

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 disperse divers radionucléides sur la plupart des pays d'Europe. La dispersion du panache radioactif s'accompagne d'une dilution de l'activité volumique des radionucléides artificiels au sein de celui-ci. Ainsi, l'activité mesurée au sein du panache au voisinage du réacteur accidenté, de l'ordre de 10^7 Bq/m^3 , n'était plus

que de quelques dizaines de Bq/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 (¹³⁵Ru, ¹³⁶Ru/Rh, ¹³⁷Ag, 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 17 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 [17].

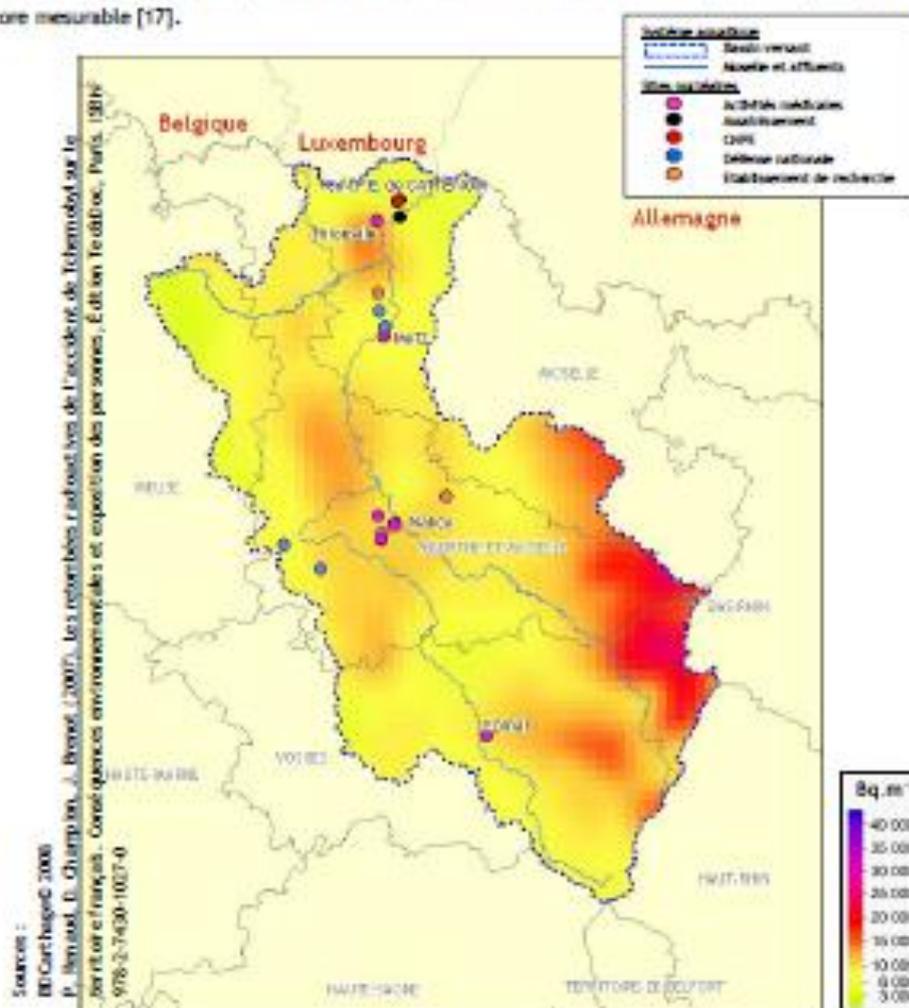


Figure 3 - Activités surfaciques de ¹³⁷Cs, estimées en 2010, sur le bassin versant de la zone d'étude, issues des retombées atmosphériques des essais aériens et de l'accident de Tchernobyl [18], ainsi que la localisation des sites détenant des radionucléides dans le bassin versant de la Moselle.

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 18). Les résultats d'analyse réalisés sur le territoire métropolitain par l'IRSN et par les exploitants nucléaires ont montré la présence de ^{137}Cs , de ^{134}Cs et de ^{136}Cs [19]. L' ^{131}I , du fait de sa courte période radioactive (8 jours), a rapidement disparu de l'environnement. Le ^{137}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 événement compte-tenu de la rémanence de ce radionucléide dans le bassin versant de la Moselle.

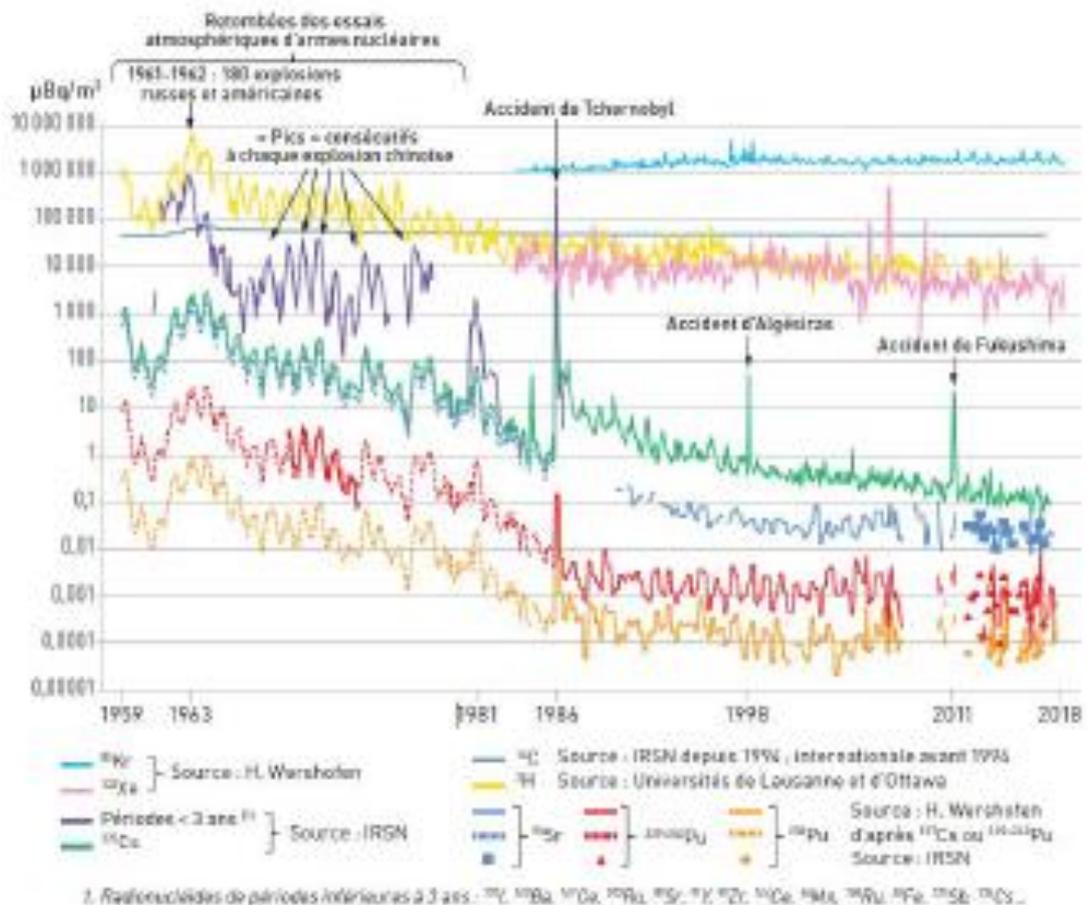


Figure 4 - Évolution des activités des principaux radionucléides artificiels mesurés dans l'air en France et en Allemagne au cours des 60 dernières années (tirée de [1]).

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 composés issus du conditionnement des circuits (produits d'activation). Dans le cadre des décisions de rejets émises par l'ASN, les CHPE 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 CHPE comprennent notamment le tritium, le ^{14}C , l' ^{41}Ar , les xénon métastables 131, 133 et 135, le ^{85}Kr , les ^{131}I et ^{132}I , les ^{58}Co et ^{60}Co et les césiums 134 et 137. Au sein des rejets d'effluents radioactifs liquides, le tritium, le ^{14}C , les cobalts 58 et 60, le ^{63}Ni , les antimoine 142 et 125, les césiums 134 et 137, le ^{54}Mn , l'argent 110 métastable, le ^{129}Te , et l' ^{110}mAg sont prépondérants. Le ^{59}Fe et le l'argent 108 métastable 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'événements intéressant l'environnement pour l'année 2018 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 CHPE 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 17 et Figure 5, page 20). 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 [20]. 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.

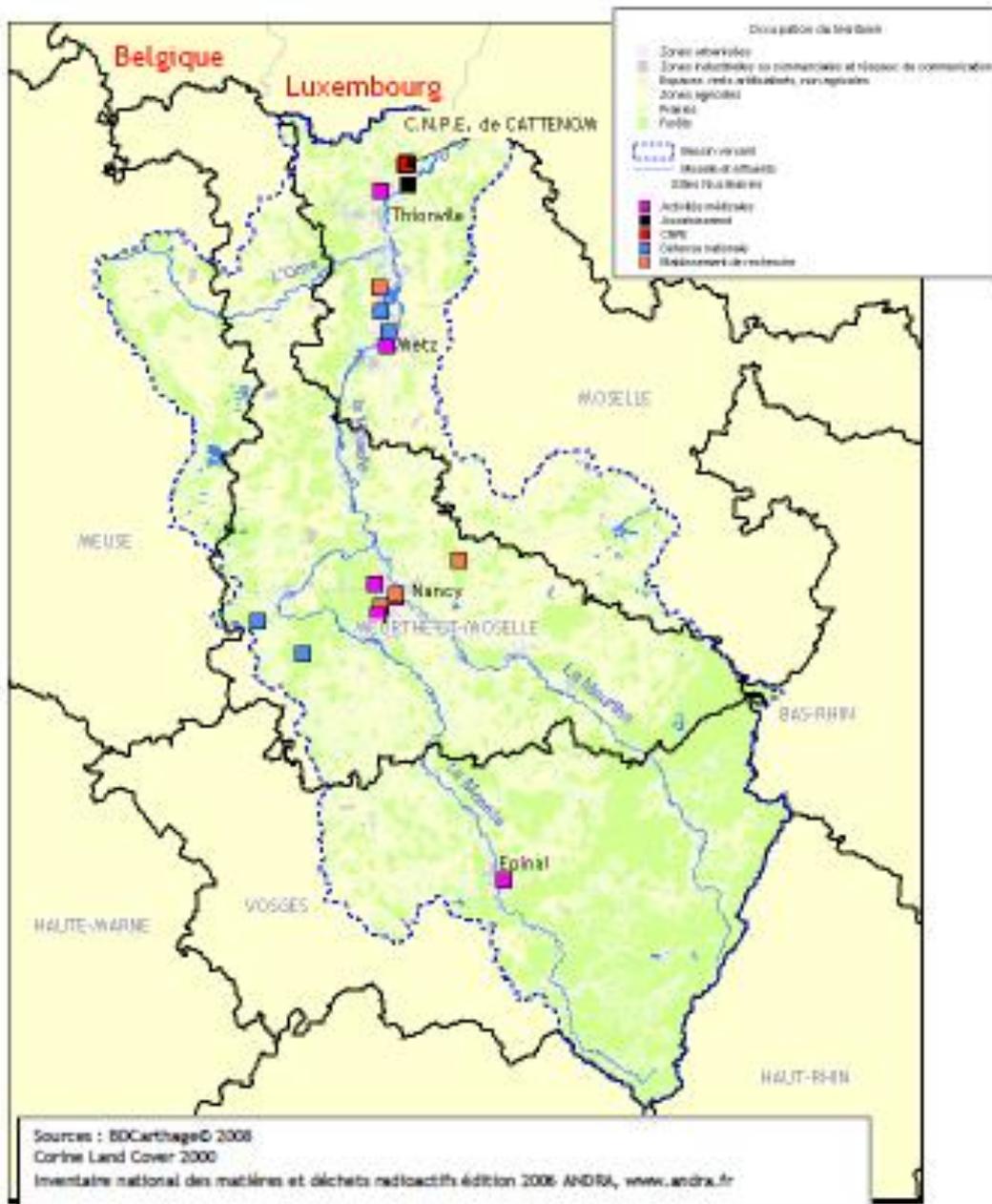


Figure 5 - Localisation des établissements détenant des radionucléides sur le bassin versant de la zone d'étude du CNPE de Cattenom.

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. 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 1000 et 2000 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 ($50 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ à Uckange) et une période de hautes eaux durant l'hiver ($230\text{-}260 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ à Uckange). Son débit de crue décennale est de $1600 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ à Uckange (données banque HYDR0). 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 salifères).

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. 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 Mingenbach, construite sur le ruisseau portant le même nom. Les bassins versants de ces rivières sont réduits, correspondant aux collines mamelonnées surplombant le site. Les conditions d'exécution et les limites des rejets d'effluents, dans le 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'événements intéressant l'environnement pour l'année 2018 ayant pu avoir une conséquence mesurable sur les niveaux d'activité des échantillons analysés dans le cadre du suivi. 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 22.

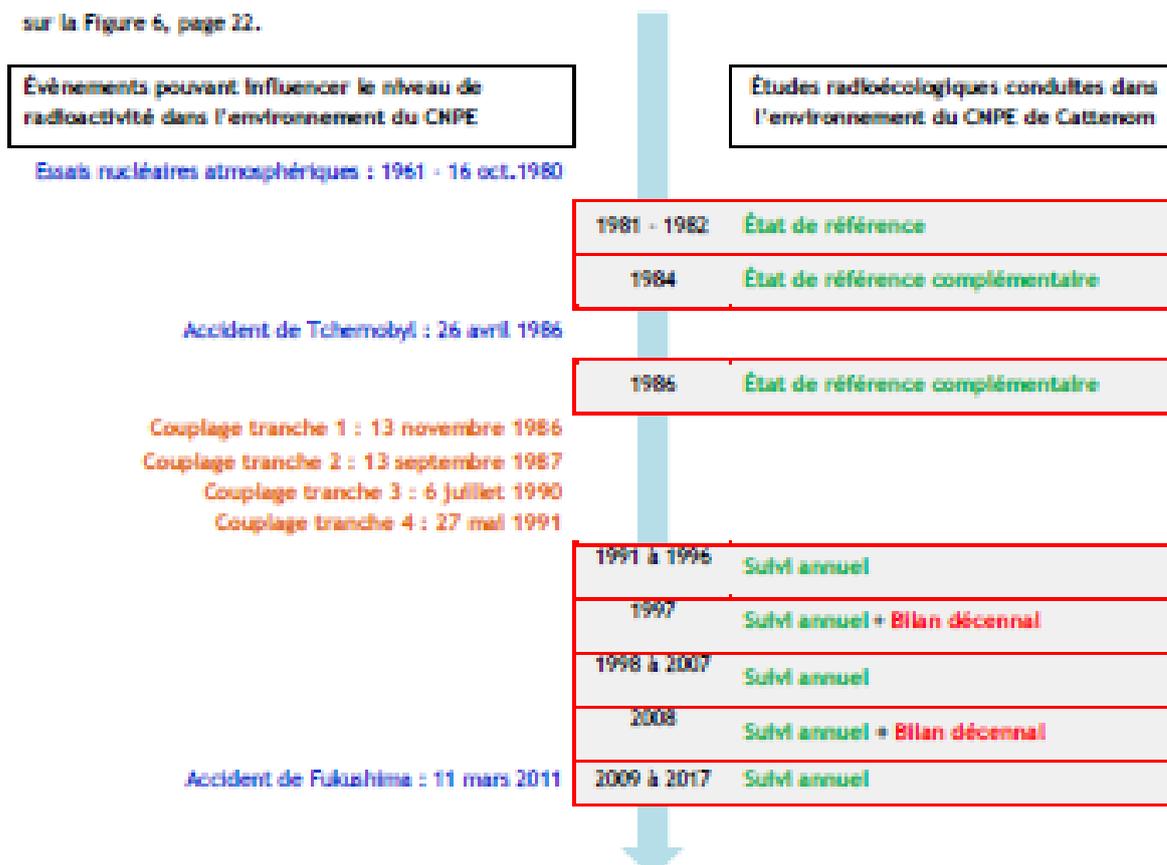


Figure 6 - Chronologie des principales études radioécologiques conduites dans l'environnement du CNPE de Cattenom.

4.2. État 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 24. Les caractéristiques (dates de prélèvement, stations, natures, espèces, fractions, types de mesure, rapports de poids...) identifiant chaque échantillon analysé sont répertoriées dans le figure 7 page 25. La granulométrie et la teneur en matière organique des sols sont présentées dans le figure 7 page 47.

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

Un effort particulier a été fait pour s'affranchir de la variabilité inter-spécifique des mousses terricoles. La prospection a permis de récolter deux échantillons de la même espèce (*Rhizidiodelphus triquetrus*).

Des contraintes supplémentaires peuvent localement modifier la position, le nombre ou les analyses réalisées. Dans la stratégie 2018, une mousse terricole, une production agricole, un sol de prairie, de l'herbe, un lait, une eau de boisson et une eau d'irrigation sont prélevés sous les vents dominants. Hors vents, de l'herbe de prairie et son sol associé sont collectés.

Les échantillons sous les vents dominants sont prélevés au nord-est et au sud-ouest de l'installation (Cattenom, Garche, Boler, Basse-Ham-Saint-Louis). La station, hors vents dominants, est située à Zoufftgen. 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. Les sols sont les substrats des cultures étudiées.

Les échantillons analysés ont fait l'objet d'une mesure par spectrométrie gamma, à l'exception de l'eau de boisson, l'eau d'irrigation, ainsi que l'herbe et le sol de prairie prélevés hors vents dominants. Une recherche de ^{137}I a été effectuée sur la mousse terrestre de la zone influencée. Des mesures de tritium libre, de tritium organiquement lié (TOL) et de ^{14}C ont été réalisées sur le lait, la salade et l'herbe de prairie de la zone influencée. L'eau de boisson et l'eau d'irrigation ont été mesurées en tritium libre.



* en vert : stations avec vents dominants; en jaune : stations sans les vents dominants. ** en bleu clair : amont; en bleu foncé : aval.

Figure 7 - Localisation générale des stations de prélèvement terrestres* et aquatiques** pour le suivi radiocécologique 2018.

Tableau 1 - Identification des échantillons analysés dans l'environnement du CNPE de Cattenom lors du suivi radioécologique de 2018.

| Situation par rapport au CNPE | Station | Longitude WGS 84 | Latitude WGS 84 | Nature | Espèce | Fraction | Date de prélèvement | Type de mesure | Frais/Sec | Sec/Cendres |
|-------------------------------|------------------|------------------|-----------------|--|--|-------------------|---------------------|-------------------------------------|-----------|-------------|
| 2,5 km SO | Garche | 06,20293 | 49,40319 | Sols non cultivés | Sol de pâturage ou de prairie 0 - 5 cm | < 2 mm | 26/06/2018 | Spectrométrie gamma (sec) | 1,40 | - |
| 2,5 km SO | Garche | 06,20293 | 49,40319 | Sols non cultivés | Sol de pâturage ou de prairie 0 - 5 cm | < 2 mm | 26/06/2018 | Granulométrie - MO (sec) | 1,40 | - |
| 2,5 km SO | Garche | 06,20283 | 49,40340 | Prairies | Herbe de prairie permanente | Parties aériennes | 25/06/2018 | Spectrométrie gamma (cendres) | 3,86 | 6,48 |
| 2,5 km SO | Garche | 06,20283 | 49,40340 | Prairies | Herbe de prairie permanente | Parties aériennes | 25/06/2018 | Tritium (s) | 4,12 | - |
| 2,5 km SO | Garche | 06,20283 | 49,40340 | Prairies | Herbe de prairie permanente | Parties aériennes | 25/06/2018 | Tritium libre | 4,12 | - |
| 2,5 km SO | Garche | 06,20283 | 49,40340 | Prairies | Herbe de prairie permanente | Parties aériennes | 25/06/2018 | Hydrogène | 4,12 | - |
| 2,8 km SE | Cattenom | 06,21071 | 49,40319 | Eau douce | Eau de boisson | Filtrat à 0,20 µm | 10/04/2018 | Tritium libre | - | - |
| 2,8 km SE | Cattenom | 06,21180 | 49,40513 | Eau douce | Eau d'irrigation | Filtrat à 0,20 µm | 26/06/2018 | Tritium libre | - | - |
| 2,8 km SE | Cattenom | 06,21180 | 49,40513 | Eau douce | Eau d'irrigation | Filtrat à 0,20 µm | 26/06/2018 | Fe 55 | - | - |
| 2,8 km SE | Cattenom | 06,21180 | 49,40513 | Légumes | Courgette | Entier | 26/06/2018 | Spectrométrie gamma (cendres) | 31,69 | 4,76 |
| 2,8 km SE | Cattenom | 06,21180 | 49,40513 | Légumes | Cucurbita L. | Feuilles | 26/06/2018 | Tritium (s) | 6,91 | - |
| 2,8 km SE | Cattenom | 06,21180 | 49,40513 | Légumes | Poireau | Feuilles | 26/06/2018 | Tritium (s) | 6,91 | - |
| 2,8 km SE | Cattenom | 06,21180 | 49,40513 | Légumes | Allium porrum L. | Feuilles | 26/06/2018 | Tritium libre | 6,91 | - |
| 2,8 km SE | Cattenom | 06,21180 | 49,40513 | Légumes | Poireau | Feuilles | 26/06/2018 | Carbone 14 (sec) | 6,91 | - |
| 2,8 km SE | Cattenom | 06,21180 | 49,40513 | Légumes | Allium ocrum L. | Feuilles | 26/06/2018 | C-13 sur C-12 (sec) | 6,91 | - |
| 2,8 km SE | Cattenom | 06,21180 | 49,40513 | Légumes | Poireau | Feuilles | 26/06/2018 | Hydrogène (sec) | 6,91 | - |
| 2,8 km SE | Cattenom | 06,21180 | 49,40513 | Légumes | Allium porrum L. | Feuilles | 26/06/2018 | Hydrogène (sec) | 6,91 | - |
| 3 km NE | Bols de Cattenom | 06,23462 | 49,41002 | Mousses terricoles | Mousse | Entier | 10/04/2018 | Spectrométrie gamma (frais) + > 121 | 1,05 | - |
| 3 km NE | Boler | 06,21264 | 49,44703 | Produits alimentaires liquides non transformés | Lait de vache | Entier | 26/06/2018 | Spectrométrie gamma (cendres) | 8,15 | 16,36 |
| 3 km NE | Boler | 06,21264 | 49,44703 | Produits alimentaires liquides non transformés | Lait de vache | Entier | 26/06/2018 | Tritium (s) | 7,15 | - |

| Situation par rapport au CAPF | Station | Longitude WGS 84 | Latitude WGS 84 | Nature | Espèce | Fraction | Date de prélèvement | Type de mesure | Fréq./Sec | Sec./Cendres |
|-------------------------------|----------------------|------------------|-----------------|--|---|----------|---------------------|-----------------------------------|-----------|--------------|
| 3 km HNE | Isle | 06,23264 | 49,44703 | Produits alimentaires liquides non transformés | Lait de vache | Entier | 26/06/2018 | Tribitan fibre | 7,55 | - |
| 3 km HNE | Isle | 06,23264 | 49,44703 | Produits alimentaires liquides non transformés | Lait de vache | Entier | 26/06/2018 | Carbone 14 (IAC) | 7,55 | - |
| 3 km HNE | Isle | 06,23264 | 49,44703 | Produits alimentaires liquides non transformés | Lait de vache | Entier | 26/06/2018 | C-13 sur C-12 | 7,55 | - |
| 3 km HNE | Isle | 06,23264 | 49,44703 | Produits alimentaires liquides non transformés | Lait de vache | Entier | 26/06/2018 | Hydrogène (IAC) - mesure en cours | 7,15 | - |
| 5 km S | Baza-Han-Saint-Louis | 06,23497 | 49,37660 | Légumes | Salade Laitue Batavia Lactuco sativa L. | Feuilles | 27/06/2018 | Spectrométrie gamma (pondres) | 16,12 | 3,25 |
| 5 km S | Baza-Han-Saint-Louis | 06,23497 | 49,37660 | Légumes | Salade Laitue Batavia Lactuco sativa L. | Feuilles | 27/06/2018 | Tribitan (M) | 10,91 | - |
| 5 km S | Baza-Han-Saint-Louis | 06,23497 | 49,37660 | Légumes | Salade Laitue Batavia Lactuco sativa L. | Feuilles | 27/06/2018 | Tribitan fibre | 10,91 | - |
| 5 km S | Baza-Han-Saint-Louis | 06,23497 | 49,37660 | Légumes | Salade Laitue Batavia Lactuco sativa L. | Feuilles | 27/06/2018 | Carbone 14 (IAC) | 10,91 | - |
| 5 km S | Baza-Han-Saint-Louis | 06,23497 | 49,37660 | Légumes | Salade Laitue Batavia Lactuco sativa L. | Feuilles | 27/06/2018 | C-13 sur C-12 | 10,91 | - |
| 5 km S | Baza-Han-Saint-Louis | 06,23497 | 49,37660 | Légumes | Salade Laitue Batavia Lactuco sativa L. | Feuilles | 27/06/2018 | Hydrogène | 10,91 | - |

- : absence de traitement. Dans les tableaux pour le milieu terrestre :

| |
|--|
| Prélèvements hors vents dominants de l'installation |
| Prélèvements sous les vents dominants de l'installation |
| Prélèvements en aval du dispositif de rejet des effluents liquides |

4.2.2. Résultats et interprétation

4.2.2.1. Radionucléides émetteurs gamma

Les résultats de spectrométrie γ sont reportés dans le Tableau 11 page 48 pour la radioactivité d'origine naturelle et le Tableau 12 page 49 pour la radioactivité d'origine artificielle. L'évolution de 2008 à 2018 des activités massiques en radionucléides émetteurs γ des sols, des mousses, de l'herbe, des légumes et du lait est présentée dans les Tableaux de résultats

Tableau 3 à Tableau 8, page 40 et suivantes. L'évolution depuis l'état de référence des activités massiques des radionucléides émetteurs γ des sols, des mousses et des végétaux cultivés est représentée graphiquement sur la Figure 8 page 28.

Radionucléides émetteurs gamma d'origine naturelle

De manière générale dans le milieu terrestre, la radioactivité d'origine naturelle est principalement due à la présence du ^{40}K et dans une moindre mesure aux éléments de la famille du ^{232}Th et de ^{238}U et les valeurs sont similaires à celles observées en France et du même ordre de grandeur que celle observée depuis 10 ans lors des études précédentes. Dans les mousses, les activités du ^7Be sont plus élevées que celles du ^{40}K , du fait de l'origine cosmogénique du ^7Be . Dans le lait, le ^{40}K est le seul radionucléide émetteur gamma d'origine naturelle mesuré significativement, autour de 50 Bq.L⁻¹. Ces valeurs sont comparables aux mesures habituelles, quels que soient l'année ou le lieu de prélèvement, car la teneur en ^{40}K du lait est régulée physiologiquement chez l'animal. Enfin, ces résultats attestent de l'absence de biais dans les étapes de prélèvement, de préparation et de mesure de l'échantillon.

Radionucléides émetteurs gamma d'origine artificielle

Le seul radionucléide d'origine artificielle mesuré au-delà du seuil de décision dans l'échantillon de sol, dans les mousses et dans l'herbe, est le ^{137}Cs . Il n'est pas détecté dans les légumes et le lait. L'activité en ^{137}Cs des mousses est inférieure aux seuils de décision. Les activités détectées ne permettent pas de mettre en évidence de marquage spécifique de l'environnement lié aux activités du CNPE.

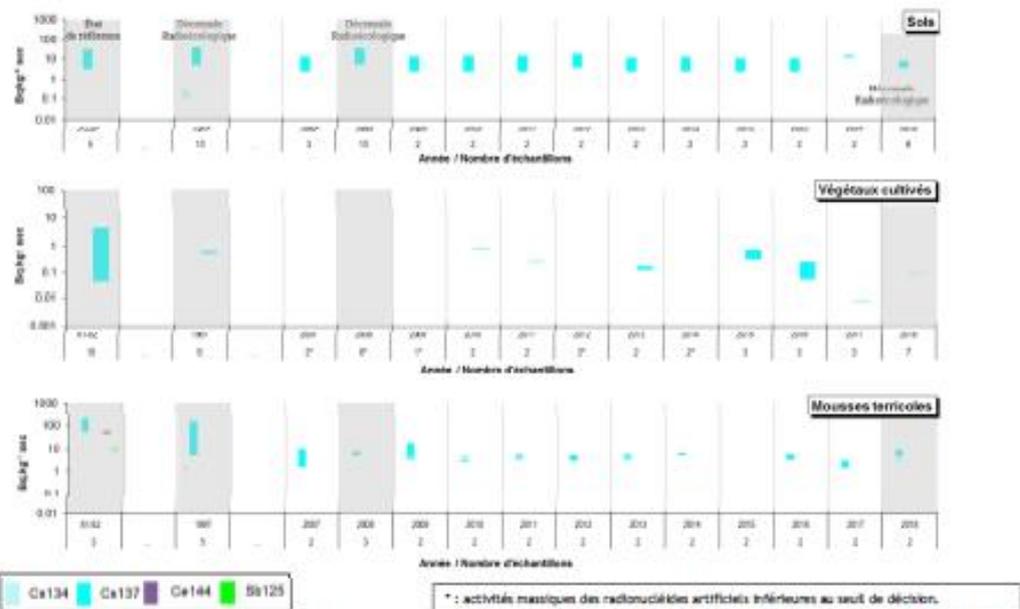


Figure 8 - Variation temporelle des activités (valeurs minimales à valeurs maximales) des principaux radionucléides d'origine artificielle détectés par spectrométrie γ dans les compartiments de l'écosystème terrestre de la région de Cattenom.

4.2.2.2. Radionucléides émetteurs bêta

L'évolution de 2008 à 2018 des activités massiques en tritium libre (HTO), en tritium organiquement lié (TOL) et en ^{14}C dans l'herbe, les légumes et dans le lait est présentée dans les Tableaux 5 à Tableau 8, page 42 et suivantes. L'évolution de 2008 à 2018 des activités massiques en tritium libre dans l'eau de boisson et dans l'eau d'irrigation est présentée dans le Tableau 9 page 46.

4.2.2.2.1. Tritium

Les résultats de mesure du tritium libre et du tritium organiquement lié sont reportés dans le Tableau 13 page 50 et Tableau 14 page 51.

Dans l'eau de boisson et l'eau d'irrigation, ainsi que les laits, les activités volumiques en HTO sont comparables à celles des années précédentes et sont proches de celles mesurées hors influence ($1 \text{ à } 3 \text{ Bq.L}^{-1}$ d'après [1]). Dans la zone sous les vents dominants, alors que l'activité en HTO de la salade est proche du bruit de fond, celle de l'herbe prélevée à Garche est légèrement supérieure ($4,0 \pm 0,7 \text{ Bq.L}^{-1}$ ED) aux valeurs attendues hors apport industriel local. Ces valeurs mesurées en tritium libre sont proches de celles mesurées les années passées et vont dans le sens d'un très léger marquage observé sur l'herbe par les rejets d'effluents atmosphériques du CNPE de Cattenom.

Dans la zone sous les vents dominants, les activités en TOL mesurées dans la salade, dans l'herbe et dans le lait sont proches. Les activités en TOL mesurées dans l'herbe prélevée à Garche est très légèrement supérieure ($3,3 \pm 0,6 \text{ Bq.L}^{-1}$ EC) aux valeurs attendues hors apport industriel local ($1 \text{ à } 3 \text{ Bq.L}^{-1}$ d'après [1]). Cela pourrait, comme pour les mesures en HTO, correspondre à un très léger marquage en tritium de l'herbe par les rejets d'effluents atmosphériques du CNPE.

4.2.2.2.2. Carbone 14

Les résultats de mesure du ^{14}C sont reportés dans le Tableau 15 page 52.

L'activité en ^{14}C dans la salade prélevée à Basse-Ham-Saint-Louis est proche du bruit de fond (proche de 230 Bq.kg^{-1} de C d'après [21]). Celle des poireaux prélevés à Cattenom dépasse le bruit de fond et met en évidence une très légère contribution des rejets atmosphériques de l'installation ($247 \pm 12 \text{ Bq.kg}^{-1}$ de C).

L'activité en ^{14}C mesurée dans le lait prélevé à Boler est proche du bruit de fond (proche de 230 Bq.kg^{-1} de C d'après [21]).

4.3. État 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 24. Les caractéristiques (dates de prélèvement, stations, natures...) identifiant chaque échantillon sont développées dans le Tableau 2 page 31. La teneur en matière organique et la granulométrie des sédiments sont présentées dans le Tableau 19 page 56.

La collecte des poissons est réalisée par pêche au filet avec la collaboration d'un pêcheur professionnel. De manière à collecter un nombre plus important de poissons pour réaliser les analyses, il a été nécessaire de constituer deux lots de poissons adultes d'environ 10 ans d'âge, en amont et en aval de l'installation, l'un de chevesnes et l'autre de brèmes. 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 observe régulièrement la présence de pêcheurs.

La stratégie de prélèvement et d'analyse est généralement applicable à tous les sites EDF. Dans la stratégie 2018, des mousses et des poissons sont prélevés en amont et en aval du CNPE. La présence de ^{60}Ni et de ^{59}Fe est recherchée dans les mousses. Cependant, à Cattenom, il n'est pas possible de trouver des mousses aquatiques. Celles-ci ont été remplacées par des phanérogames. 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, à l'aval et à l'aval lointain du site. Ils sont mesurés par spectrométrie γ . Les phanérogames prélevées à l'amont et à l'aval lointain font l'objet d'une mesure en tritium libre, en tritium organiquement lié, en ^{14}C et en ^{137}Cs .

Tableau 2 - Identification des échantillons prélevés dans le domaine aquatique continental lors du suivi radioécologique de l'environnement du CNPE de Cattenom en 2018.

| Situation par rapport au CNPE | Station | Longitude WGS 84 | Latitude WGS 84 | Lieu de prélèvement | Nature | Espèce | Fraction | Date de prélèvement | Type de mesure | Frais/Sec | Sec/Contres |
|-------------------------------|------------|------------------|-----------------|------------------------|------------------------|--|----------------------------|---------------------|-------------------------------|-----------|-------------|
| 15 km amont | Licéange | 06,16371 | 49,30120 | Rive gauche | Phanérogames immergées | Myriophylle en épil <i>Myriophyllum spicatum</i> L. | Parties aériennes | 27/06/2018 | Métal 63 (contres) | 8,20 | 1,81 |
| 15 km amont | Licéange | 06,16371 | 49,30120 | Rive gauche | Phanérogames immergées | Myriophylle en épil <i>Myriophyllum spicatum</i> L. | Parties aériennes | 27/06/2018 | Fer 55 (contres) | 8,20 | 1,81 |
| 15 km amont | Licéange | 06,16362 | 49,30178 | Rives droite et gauche | Potamo | Tritème commune <i>Abrotanum bracteatum</i> | Herbe | 18/02/2018 | Spectrométrie gamma (contres) | 4,11 | 18,20 |
| 15 km amont | Licéange | 06,16362 | 49,30178 | Rives droite et gauche | Potamo | Chenopode <i>Laetia capillaris</i> | Herbe | 18/02/2018 | Tritium 3H | 4,54 | - |
| 15 km amont | Licéange | 06,16362 | 49,30178 | Rives droite et gauche | Potamo | Chenopode <i>Laetia capillaris</i> | Herbe | 18/02/2018 | Tritium libre | 4,54 | - |
| 15 km amont | Licéange | 06,16362 | 49,30178 | Rives droite et gauche | Potamo | Chenopode <i>Laetia capillaris</i> | Herbe | 18/02/2018 | Carbone 14 | 4,54 | - |
| 15 km amont | Licéange | 06,16362 | 49,30178 | Rives droite et gauche | Potamo | Chenopode <i>Laetia capillaris</i> | Herbe | 18/02/2018 | C-13 sur C-12 | 4,54 | - |
| 15 km amont | Licéange | 06,16362 | 49,30178 | Rives droite et gauche | Potamo | Chenopode <i>Laetia capillaris</i> | Herbe | 18/02/2018 | Hydrogène | 4,54 | - |
| 15 km amont | Licéange | 06,16290 | 49,30184 | Rive gauche | Eau douce | Tau de coeurs saux | Carbonates (TD - MEA 1982) | 13/11/2018 | Carbone 14 (sec) | 1571,71 | - |
| 15 km amont | Licéange | 06,16290 | 49,30184 | Rive gauche | Eau douce | Tau de coeurs saux | Filtrat à 0,50 µm | 13/11/2018 | C-13 sur C-12 (liquide) | - | - |
| 3,5 km amont | Haute-Ilan | 06,12446 | 49,38606 | Rive droite | Sédiment | Sédiment | < 2 mm | 10/04/2018 | Spectrométrie gamma (sec) | 3,09 | - |
| 3,5 km amont | Haute-Ilan | 06,12446 | 49,38606 | Rive droite | Sédiment | Sédiment | < 2 mm | 10/04/2018 | Granulométrie - HD (sec) | 3,09 | - |
| 3,5 km amont | Haute-Ilan | 06,12446 | 49,38606 | Rive droite | Sédiment | Sédiment | < 2 mm | 10/04/2018 | Tritium 3H (sec) | 3,09 | - |
| 3,5 km amont | Haute-Ilan | 06,12446 | 49,38606 | Rive droite | Sédiment | Sédiment | < 2 mm | 10/04/2018 | Carbone 14 (sec) | 3,09 | - |
| 3,5 km amont | Haute-Ilan | 06,12446 | 49,38606 | Rive droite | Sédiment | Sédiment | < 2 mm | 10/04/2018 | C-13 sur C-12 (sec) | 3,09 | - |
| 3,5 km amont | Haute-Ilan | 06,12446 | 49,38606 | Rive droite | Sédiment | Sédiment | < 2 mm | 10/04/2018 | Hydrogène (sec) | 3,09 | - |

IRS

Rapport n° IRSN/2019-00435

Page : 31/83

Sous réserve du droit des tiers, ce document ne peut être communiqué, divulgué ou reproduit à ou par des tiers sans autorisation écrite préalable.

| Situation par rapport au CNPE | Station | Longitude WGS 84 | Latitude WGS 84 | Lieu de prélèvement | Nature | Espèce | Fraction | Date de prélèvement | Type de mesure | Frais/Sec | Sec/Contres |
|-------------------------------|--|------------------|-----------------|---------------------|------------------------|--|-------------------|---------------------|------------------------------------|-----------|-------------|
| 3,5 km amont | Haute-Ilan | 06,12446 | 49,38606 | Rive droite | Sédiment | Sédiment | < 2 mm | 10/04/2018 | Métal 63 (contres) | 3,09 | - |
| 3,5 km amont | Haute-Ilan | 06,12446 | 49,38606 | Rive droite | Sédiment | Sédiment | < 2 mm | 10/04/2018 | Fer 55 (contres) | 3,09 | - |
| 3,5 km amont | Haute-Ilan | 06,12419 | 49,38547 | Rive droite | Phanérogames immergées | Potamoet pacifiné <i>Potamogeton pectinatus</i> | Parties aériennes | 26/06/2018 | Spectrométrie gamma (frak) + I-131 | 6,33 | - |
| 3,5 km amont | Haute-Ilan | 06,12419 | 49,38547 | Rive droite | Phanérogames immergées | Potamoet pacifiné <i>Potamogeton pectinatus</i> | Parties aériennes | 26/06/2018 | Spectrométrie gamma (contres) | 8,26 | 2,15 |
| 3,5 km amont | Haute-Ilan | 06,12419 | 49,38547 | Rive droite | Phanérogames immergées | Potamoet pacifiné <i>Potamogeton pectinatus</i> | Parties aériennes | 26/06/2018 | Tritium 3H | 7,28 | - |
| 3,5 km amont | Haute-Ilan | 06,12419 | 49,38547 | Rive droite | Phanérogames immergées | Potamoet pacifiné <i>Potamogeton pectinatus</i> | Parties aériennes | 26/06/2018 | Tritium libre | 7,28 | - |
| 3,5 km amont | Haute-Ilan | 06,12419 | 49,38547 | Rive droite | Phanérogames immergées | Potamoet pacifiné <i>Potamogeton pectinatus</i> | Parties aériennes | 26/06/2018 | Carbone 14 | 7,28 | - |
| 3,5 km amont | Haute-Ilan | 06,12419 | 49,38547 | Rive droite | Phanérogames immergées | Potamoet pacifiné <i>Potamogeton pectinatus</i> | Parties aériennes | 26/06/2018 | C-13 sur C-12 | 7,28 | - |
| 3,5 km amont | Haute-Ilan | 06,12419 | 49,38547 | Rive droite | Phanérogames immergées | Potamoet pacifiné <i>Potamogeton pectinatus</i> | Parties aériennes | 26/06/2018 | Hydrogène | 7,28 | - |
| 0,5 km aval | Amont immédiat du barrage de Kœnigsacker | 06,25603 | 49,48814 | Rive gauche | Sédiment | Sédiment | < 2 mm | 10/04/2018 | Spectrométrie gamma (sec) | 3,16 | - |
| 0,5 km aval | Amont immédiat du barrage de Kœnigsacker | 06,25603 | 49,48814 | Rive gauche | Sédiment | Sédiment | < 2 mm | 10/04/2018 | Granulométrie - HD (sec) | 3,16 | - |
| 0 km aval | Berg-sur-Loiselle | 06,30706 | 49,42102 | Rive gauche | Sédiment | Sédiment | < 2 mm | 10/04/2018 | Spectrométrie gamma (sec) | 3,02 | - |
| 0 km aval | Berg-sur-Loiselle | 06,30706 | 49,42102 | Rive gauche | Sédiment | Sédiment | < 2 mm | 10/04/2018 | Granulométrie - HD (sec) | 3,02 | - |
| 0 km aval | Berg-sur-Loiselle | 06,30705 | 49,42110 | Rive gauche | Phanérogames immergées | Myriophylle en épil <i>Myriophyllum spicatum</i> L. | Parties aériennes | 27/06/2018 | Spectrométrie gamma (frak) + I-131 | 5,18 | - |
| 0 km aval | Berg-sur-Loiselle | 06,30705 | 49,42110 | Rive gauche | Phanérogames immergées | Myriophylle en épil <i>Myriophyllum spicatum</i> L. | Parties aériennes | 27/06/2018 | Spectrométrie gamma (contres) | 8,71 | 1,74 |
| 0 km aval | Berg-sur-Loiselle | 06,30705 | 49,42110 | Rive gauche | Phanérogames immergées | Myriophylle en épil <i>Myriophyllum spicatum</i> L. | Parties aériennes | 27/06/2018 | Tritium 3H | 5,68 | - |
| 0 km aval | Berg-sur-Loiselle | 06,30705 | 49,42110 | Rive gauche | Phanérogames immergées | Myriophylle en épil <i>Myriophyllum spicatum</i> L. | Parties aériennes | 27/06/2018 | Tritium libre | 5,68 | - |

IRS

Rapport n° IRSN/2019-00435

Page : 32/83

Sous réserve du droit des tiers, ce document ne peut être communiqué, divulgué ou reproduit à ou par des tiers sans autorisation écrite préalable.

| Situé(e) par rapport au CNPE | Station | Longitude WGS 84 | Latitude WGS 84 | Lieu de prélèvement | Nature | Espèce | Fraction | Date de prélèvement | Type de mesure | Frais/Sec | Sec/Conduc |
|------------------------------|----------------|------------------|-----------------|--------------------------|-----------------------------|--|---------------------|---------------------|----------------------------------|-----------|------------|
| | | | | | Invertébrés | <i>Myriophyllum spicatum</i> L. | abscence | | | | |
| 8 km aval | Berg-sur-Loire | 06,30705 | 49,41110 | Rive gauche | Phanérogames Invertébrés | Myriophylle en épil <i>Myriophyllum spicatum</i> L. | Partiel abscence | 27/06/2018 | Carbone 14 | 5,18 | - |
| 8 km aval | Berg-sur-Loire | 06,30705 | 49,41110 | Rive gauche | Phanérogames Invertébrés | Myricophylle en épil <i>Myriophyllum spicatum</i> L. | Partiel abscence | 27/06/2018 | C-13 sur C-12 | 5,18 | - |
| 8 km aval | Berg-sur-Loire | 06,30705 | 49,41110 | Rive gauche | Phanérogames Invertébrés | Myriophylle en épil <i>Myriophyllum spicatum</i> L. | Partiel abscence | 27/06/2018 | Hydrogène | 5,68 | - |
| 8 km aval | Berg-sur-Loire | 06,30872 | 49,42528 | Rive droite et gauche | Folacées | <i>Briza communa</i> <i>Alopecurus bromus</i> | Muscle | 19/07/2018 | Spectrométrie gamma (cendres) | 3,94 | 22,07 |
| 8 km aval | Berg-sur-Loire | 06,30872 | 49,42528 | Rive droite et gauche | Folacées | <i>Chenopodium</i> <i>Leuciscus cephalus</i> | Muscle | 17/07/2018 | Titration I44 | 4,34 | - |
| 8 km aval | Berg-sur-Loire | 06,30872 | 49,42528 | Rive droite et gauche | Folacées | <i>Chenopodium</i> <i>Leuciscus cephalus</i> | Muscle | 17/07/2018 | Titration libre | 4,34 | - |
| 8 km aval | Berg-sur-Loire | 06,30872 | 49,42528 | Rive droite et gauche | Folacées | <i>Chenopodium</i> <i>Leuciscus cephalus</i> | Muscle | 17/07/2018 | Carbone 14 | 4,34 | - |
| 8 km aval | Berg-sur-Loire | 06,30872 | 49,42528 | Rive droite et gauche | Folacées | <i>Chenopodium</i> <i>Leuciscus cephalus</i> | Muscle | 17/07/2018 | C-13 sur C-12 | 4,34 | - |
| 8 km aval | Berg-sur-Loire | 06,30872 | 49,42528 | Rive droite et gauche | Folacées | <i>Chenopodium</i> <i>Leuciscus cephalus</i> | Muscle | 17/07/2018 | Hydrogène | 4,34 | - |

- : absence de traitement. Pour le milieu aquatique :

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

4.3.2. Résultats et interprétation

4.3.2.1. Radionucléides émetteurs gamma

Les résultats de spectrométrie γ sont reportés dans le Tableau 20 page 57 pour la radioactivité d'origine naturelle et le Tableau 21 page 58 pour la radioactivité d'origine artificielle. L'évolution de 2008 à 2018 des activités massiques en radionucléides émetteurs γ des sédiments, des phanérogames immergées et des poissons est présentée dans les Tableaux 16 à Tableau 18, page 53 et suivantes. L'évolution depuis l'état de référence des activités massiques des radionucléides émetteurs γ des sédiments, des poissons et des phanérogames est représentée graphiquement sur les Figures 9 à Figure 11, page 35 et suivantes.

Radionucléides émetteurs gamma d'origine naturelle

D'une manière générale en 2018, 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 ^{238}U et du ^{235}U , 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 , 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.

Radionucléides émetteurs gamma d'origine artificielle

Le ^{137}Cs est détecté dans tous les compartiments avec des activités massiques proches entre l'amont et l'aval. Comme régulièrement lors des études précédentes, ces activités sont du même ordre de grandeur que celles mesurées ces dix dernières années.

Le ^{60}Co est détecté dans les échantillons de phanérogames prélevés à l'aval du CNPE de Cattenom et le ^{60}Co est détecté dans les sédiments prélevés à l'aval du site. Des activités du même ordre de grandeur ont été observées par le passé pour ces radionucléides dans ces matrices. Les activités mesurées en 2018 confirment le marquage par les rejets d'effluents liquides du CNPE.

L' ^{134}Cs est détecté dans les phanérogames prélevées aussi bien à l'amont qu'à l'aval du site avec des valeurs proches (de $3,7\pm 0,6$ à $5,5\pm 0,7\text{ Bq.kg}^{-1}\text{ sec}$), ce qui ne permet pas de distinguer la contribution des rejets d'effluents liquides du CNPE de Cattenom.

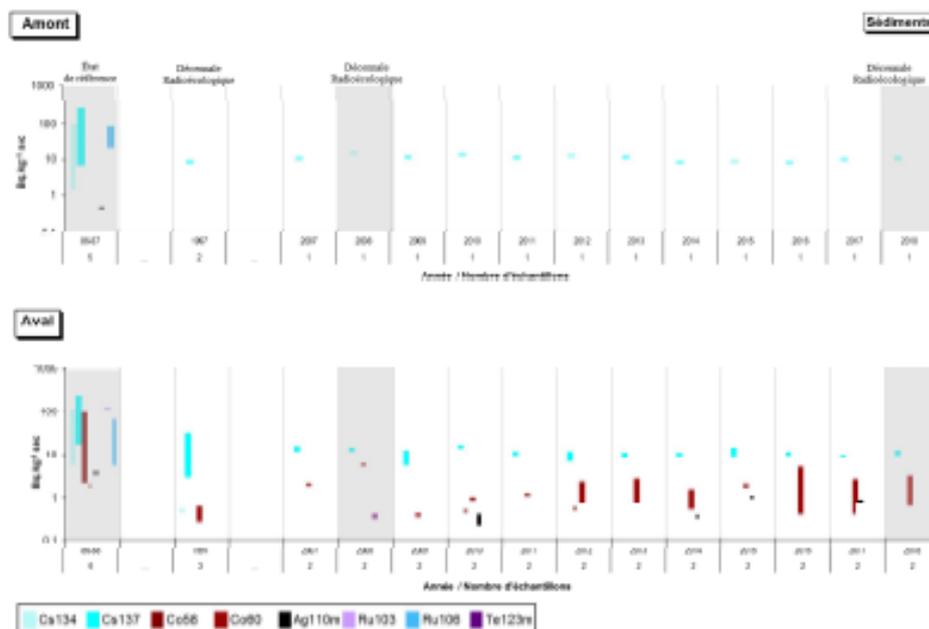


Figure 9 - Variation temporelle des activités (valeurs minimales à valeurs maximales) des principaux radionucléides d'origine artificielle détectés par spectrométrie γ dans les sédiments de l'écosystème aquatique de la région de Cattenom.

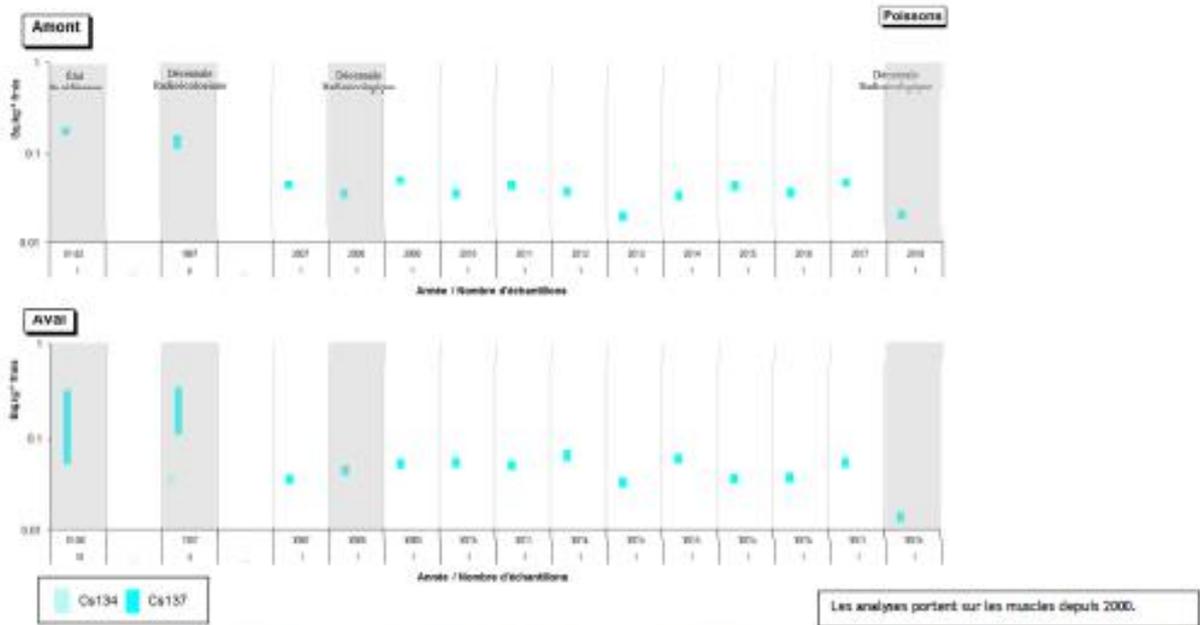


Figure 10 - Variation temporelle des activités (valeurs minimales à valeurs maximales) des principaux radionucléides d'origine artificielle détectés par spectrométrie γ dans les poissons de l'écosystème aquatique de la région de Cattenom.

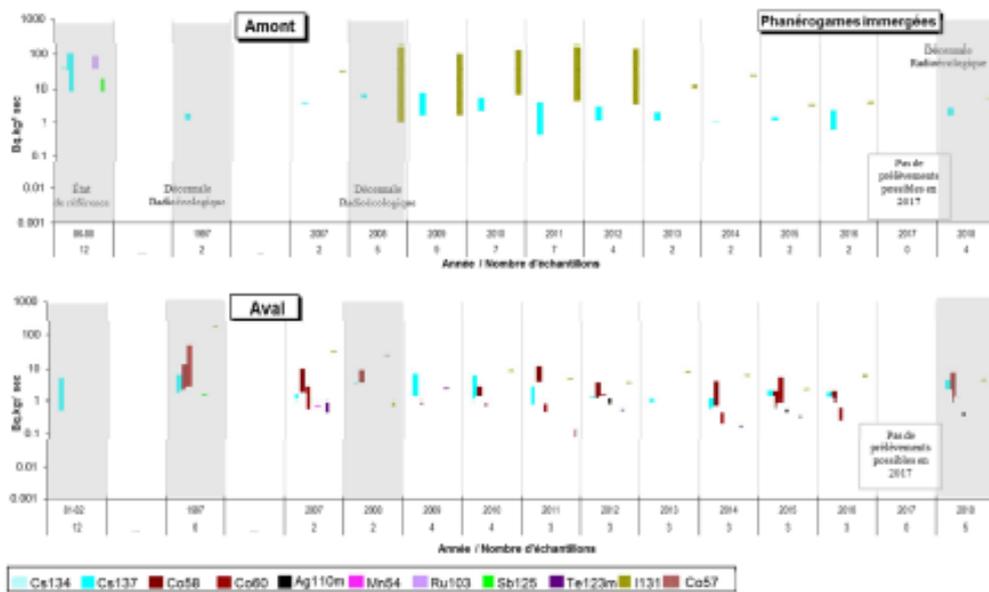


Figure 11 - Variation temporelle des activités (valeurs minimales à valeurs maximales) des principaux radionucléides d'origine artificielle détectés par spectrométrie γ dans les phanérogames immergées de la région de Cattenom.

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 22 et le Tableau 23 page 59.

Les activités en tritium libre et en tritium organiquement lié mesurées dans les phanérogames immergées et les poissons sont plus élevées (respectivement 58,2±2,6 et 56,6±2,6 Bq.L⁻¹ ED pour le HTO ; 31,8±1,9 et 31,7±1,7 Bq.L⁻¹ EC pour le TOL) à l'aval du site qu'à l'amont du site (de l'ordre de 1 Bq.L⁻¹ aussi bien pour l'HTO que pour le TOL). De tels résultats, présentant des activités très supérieures à celles attendues hors influence d'apports industriels (1 à 3 Bq.L⁻¹ d'après [1]), ont été régulièrement observés ces dix dernières années en aval du site de Cattenom, ce qui met en évidence le marquage par les rejets d'effluents liquides de ce site.

4.3.2.2.2. Carbone 14

Les résultats de mesure du ¹⁴C sont reportés dans le Tableau 24 page 60.

Les activités en ¹⁴C dans les phanérogames et les poissons prélevés à l'aval du site sont supérieures (respectivement 881,9±4,3 et 2 330±110 Bq.kg⁻¹ de C) aux activités attendues hors influence (proche de 200 Bq.kg⁻¹ de C d'après [1]). Ces résultats sont régulièrement observés, notamment pour les poissons, ces dix dernières années, ce qui permet de mettre en évidence le marquage par les rejets d'effluents liquides en ¹⁴C du CNPE de Cattenom.

4.3.2.2.3. Nidéal 63 et Fer 55

Les résultats de mesure du ⁶³Ni sont reportés dans le Tableau 25 et ceux du ⁵⁵Fe dans le Tableau 26, page 61.

Le ⁶³Ni et le ⁵⁵Fe ont été recherchés dans les phanérogames immergées prélevées à Uckange à l'amont et à Bettel à l'aval. L'activité en ⁶³Ni est inférieure au seuil de décision à l'amont et faible à l'aval. Les activités en ⁵⁵Fe à l'amont comme à l'aval sont inférieures au seuil de décision. Par conséquent, il n'est pas mis en évidence dans les phanérogames de marquage en ⁶³Ni et ⁵⁵Fe par les rejets d'effluents liquides du CNPE de Cattenom.

4.4. Conclusion sur l'état radiologique de l'environnement du CNPE de Cattenom

Les niveaux d'activités des radionucléides naturels détectés en 2018 dans l'environnement du CNPE de Cattenom sont du même ordre de grandeur que ceux mesurés depuis l'instauration des suivis radiocécologiques. Le ^{40}K est le radionucléide d'origine naturelle prépondérant dans tous les échantillons.

Dans le milieu terrestre, les activités mesurées en tritium libre et en tritium organiquement lié mesurée dans l'herbe de Garche sont légèrement supérieures aux valeurs attendues hors apport industriel local, ce qui permet de mettre en évidence un très léger marquage en tritium de l'herbe par les rejets d'effluents atmosphériques du CNPE de Cattenom. Les mesures en ^{14}C dans le lierre prélevé à 1 km du site en 2017 permettaient de mettre également en évidence un marquage par ces mêmes rejets.

Dans le milieu aquatique, en aval du site, le ^{60}Co est détecté dans les échantillons de phanérogames et le ^{60}Co est détecté dans les sédiments, ce qui met en évidence le marquage par les rejets d'effluents liquides du CNPE de Cattenom déjà observés les années précédentes. L' ^{137}Cs est détecté dans les phanérogames prélevées aussi bien à l'amont qu'à l'aval du site. Ces activités mesurées similaires ne permettent pas de distinguer un éventuel apport par les rejets des effluents liquides du CNPE de Cattenom.

Les activités en tritium libre, en tritium organiquement lié et en ^{14}C mesurées dans les phanérogames immergées et les poissons prélevés à l'aval du site sont élevées en comparaison du 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.

4.1. 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 2008 à 2018.

| Date | juillet et sept. 2008 | juin 2009 | juin 2010 | juin 2011 | mai 2012 | juillet 2013 | juin 2014 | juin 2015 | juin 2016 | août 2017 | avril et juin 2018 |
|--|-----------------------|----------------|----------------|--------------------|------------------|--------------------|------------------|---------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| Distance par rapport au site | 2,5 à 32 km | 3 à 6 km | 3 à 6 km | 2,5 à 3 km | 2,5 à 3 km | 2,5 à 3 km | 2,5 à 3 km | 2,5 à 3 km | 2,5 à 3 km | 2,5 à 3 km | 2,5 à 8 km |
| Émetteurs γ d'origine artificielle (Bq.kg ⁻¹ .sec) | | | | | | | | | | | |
| ¹³⁴ Cs | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ¹³⁷ Cs | 4,5-31 (12/12) | 11-13 (2/2) | 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) | 3,18-8,2 (6/6) |
| ⁶⁰ Co | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ⁶⁵ Co | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ¹⁰⁹ Ag | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ⁵⁴ Mn | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

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

IRSN

Rapport n° IRSN/2019-00435

Page :
40/83

Sous réserve du droit des tiers, ce document ne peut être communiqué, divulgué ou reproduit à ou par des tiers sans autorisation écrite préalable.

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 2008 à 2018.

| Date | juillet 2008 | juin 2009 | juin 2010 | juin 2011 | mai 2012 | avril 2013 | mai 2014 | avril 2015 | avril 2016 | avril 2017 | avril 2018 |
|--|------------------|---------------|------------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------|-------------------|
| Distance par rapport au site | 2,5 à 8,8 km | 2,8 à 8,8 km | 2,8 à 8,8 km | 4,5 à 8,8 km | 4,5 à 8,8 km | 3 à 8,8 km | 3 à 8,8 km | 3 à 8,8 km | 3 à 8,8 km | 3 à 8,8 km | 3 à 8,8 km |
| Émetteurs γ d'origine artificielle (Bq.kg ⁻¹ .sec) | | | | | | | | | | | |
| ¹³⁴ Cs | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ¹³⁷ Cs | 3,9-6,1 (3/3) | 3-18 (2/2) | 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) |
| ⁶⁰ Co | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ⁶⁵ Co | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ¹⁰⁹ Ag | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ⁵⁴ Mn | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ¹³² I | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

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

IRSN

Rapport n° IRSN/2019-00435

Page :
41/83

Sous réserve du droit des tiers, ce document ne peut être communiqué, divulgué ou reproduit à ou par des tiers sans autorisation écrite préalable.

Tableau 5 - Activités massiques en radionucléides émetteurs γ et β des échantillons de végétaux cultivés (herbe) collectés dans l'environnement terrestre du site de Cattenom lors des études radioécologiques de 2008 à 2018.

| Date | septembre 2008 | juin 2009 | juin 2010 | juin 2011 | mai 2012 | juillet 2013 | juin 2014 | avril et juin 2015 | avril et juin 2016 | avril et août 2017 | avril et juin 2018 |
|---|------------------|-----------|-----------|---------------|---------------|----------------|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Distance par rapport au site | 5,6 à 6 km | 3 à 6 km | 3 km | 3 km | 3 km | 3 km | 1,07 à 3 km | 1,07 à 3 km | 1,07 à 3 km | 1,07 à 3 km | 1,07 à 3,3 km |
| Nature | herbe | herbe | herbe | herbe | herbe | herbe | herbe | herbe | herbe | herbe | herbe |
| Émetteurs γ d'origine artificielle (Bq.kg ⁻¹ sec) | | | | | | | | | | | |
| ¹³⁴ Cs | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ¹³⁷ Cs | - | - | - | 0,79 (1/1) | 0,11 (1/1) | 0,11 (1/1) | - | - | 0,049 (1/1) | - | 0,092 (1/1) |
| ⁶⁰ Co | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ⁶⁵ Co | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ^{110m} Ag | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ¹³⁵ Mx | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ¹³¹ I | - | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. |
| Émetteurs β (³ H libre : Bq.L ⁻¹ d'eau de désactivation, TOL : Bq.L ⁻¹ d'eau de combustion, ¹⁴ C : Bq.kg ⁻¹ de C) | | | | | | | | | | | |
| ³ H libre | 1,0 (0/0) | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | 1,4-3,2 (0/0) | 2,3 (1/0) | n.a. | n.a. | 4,0 (1/1) |
| TOL | 1,2-4,3 (0/0) | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | 3,2 (1/1) | 3,3 (1/1) |
| ¹⁴ C | 209-240 (0/0) | n.a. | n.a. | n.a. | 364 (1/1) | 210,3 (1/1) | 227 (1/1) | 204,2 (1/0) | 261,3 (1/1) | 261,3 (1/1) | n.a. |

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

Tableau 6 - Activités massiques en radionucléides émetteurs β des échantillons de végétaux spontanés (herbe) collectés dans l'environnement terrestre du site de Cattenom lors des études radioécologiques de 2016 à 2018.

| Date | avril et juin 2016 | avril et août 2017 | mai et juin 2018 |
|---|--------------------|--------------------|--------------------|
| Distance par rapport au site | 1,07 à 3 km | 1,07 à 3 km | 1,07 à 3,9 km |
| Nature | herbe | herbe | herbe |
| Émetteurs β (³ H libre : Bq.L ⁻¹ d'eau de destination, TOL : Bq.L ⁻¹ d'eau de combustion, ¹⁴ C : Bq.kg ⁻¹ de C) | | | |
| ³ H libre | 16,9 (1/1) | 3,8 (1/1) | 1,2 - 3,2 (2/2) |
| TOL | n.a. | 3,6 (1/1) | 2,0 - 3,3 (2/2) |
| ¹⁴ C | 240 (1/1) | 245,2 (1/1) | 238-246 (2/2) |

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

IRS

Rapport n° IRSN/2019-00435

Page :
43/83

Sous réserve du droit des tiers, ce document ne peut être communiqué, divulgué ou reproduit à ou par des tiers sans autorisation écrite préalable.

Tableau 7 - Activités massiques en radionucléides émetteurs γ et β des échantillons de végétaux cultivés (légumes) collectés dans l'environnement terrestre du site de Cattenom lors des études radioécologiques de 2008 à 2018.

| Date | septembre 2008 | juin 2009 | juillet 2010 | septembre 2011 | mai et août 2012 | juillet 2013 | juin 2014 | juin 2015 | septembre 2016 | août 2017 | juin 2018 |
|---|------------------|-----------|------------------|----------------|------------------|-------------------|------------------|--------------------|------------------|------------------|-------------------|
| Distance par rapport au site | 5 à 32 km | 3 km | 3 à 5 km | 3 à 5 km | 3 à 5 km | 2,8 à 5 km | 2,8 à 5 km | 2,8 à 5 km | 2,8 à 5 km | 2,8 à 5 km | 2,8 à 5 km |
| Nature | salade | salade | salade | salade | salade | légume | salade | salade | 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 (1/2) | - | 0,24-0,54 (2/2) | 0,23 (1/2) | 0,27 (1/2) | - |
| ⁶⁰ Co | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ⁶⁵ Co | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ^{110m} Ag | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ¹³⁵ Mn | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ¹³² 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 (³ H libre : Bq.L ⁻¹ d'eau de destination, TOL : Bq.L ⁻¹ d'eau de combustion, ¹⁴ C : Bq.kg ⁻¹ de C) | | | | | | | | | | | |
| ³ H libre | 0,8 (1/2) | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | 1,2-1,3 (2/2) | 1,3-1,9 (2/2) | 1,1-1,5 (2/2) | 1,0-2,4 (2/2) | 1,8-2,1 (2/2) |
| TOL | 3,8 (1/2) | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | 1,4-2,7 (2/2) | 1-1,8 (2/2) | 1,7-1,9 (2/2) | 1,1-1,4 (2/2) | 2,6-2,65 (2/2) |
| ¹⁴ C | 234-238 (2/2) | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | 229 (2/2) | 218-221 (2/2) | 215 (1/1) | n.a. | 220-247 (2/2) |

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

IRS

Rapport n° IRSN/2019-00435

Page :
44/83

Sous réserve du droit des tiers, ce document ne peut être communiqué, divulgué ou reproduit à ou par des tiers sans autorisation écrite préalable.

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 2008 à 2018.

| Date | septembre 2008 | juin 2009 | juin 2010 | juin 2011 | mai 2012 | juillet 2013 | juin 2014 | juin 2015 | juin 2016 | août 2017 | juin 2018 |
|--|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|--------------|--------------|-----------------|------------------|
| Distance par rapport au site | 5,6 à 6 km | 3 km | 3 km | 3 km | 3 km | 3 km | 3 km | 3 km | 3 km | 3 km | 3 à 7,5 km |
| Émetteurs γ d'origine artificielle (Bq.L ⁻¹) | | | | | | | | | | | |
| ¹³⁷ Cs | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ¹³⁴ Cs | - | - | - | - | - | - | 0,0078 (3/1) | - | - | 0,0029 (3/1) | - |
| ⁶⁰ Co | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ⁶⁵ Co | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ^{110m} Ag | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ¹³⁷ Mn | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Émetteurs β (³ H libre : Bq.L ⁻¹ d'eau de désintégration, TOL : Bq.L ⁻¹ d'eau de combustion, ¹⁴ C : Bq.kg ⁻¹ de C) | | | | | | | | | | | |
| ³ H libre | 0,7 (1/2) | 0,6 (1/1) | 1,3 (1/3) | 1,3 (1/1) | 1,7 (1/1) | 3,5 (1/1) | - | - | 0,7 (1/1) | - | 1,0-1,1 (2/2) |
| TOL | 0,9-1,4 (2/2) | n.a. | 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) |
| ¹⁴ C | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | 235 (1/1) |

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

IRS

Rapport n° IRSN/2019-00435

Page :
45/83

Sous réserve du droit des tiers, ce document ne peut être communiqué, divulgué ou reproduit à ou par des tiers sans autorisation écrite préalable.

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 2008 à 2018.

| Date | septembre et octobre 2008 | juin 2009 | juin 2010 | juin 2011 | mai 2012 | avril 2013 | mai 2014 | avril 2015 | avril 2016 | avril 2017 | avril et juin 2018 |
|---|---------------------------|--------------|--------------|--------------|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------------|
| Distance par rapport au site | 2,8 à 6 km | 2,8 km | 2,8 km | 2,8 km | 2,8 km | 2,8 km | 2,8 km | 2,8 km | 2,8 km | 2,8 km | 2,8 km |
| Émetteurs β (Bq.L ⁻¹) | | | | | | | | | | | |
| ³ H libre | 1,0 (1/3) | 0,8 (1/1) | 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) | 1,0-1,4 (2/2) |

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

IRS

Rapport n° IRSN/2019-00435

Page :
46/83

Sous réserve du droit des tiers, ce document ne peut être communiqué, divulgué ou reproduit à ou par des tiers sans autorisation écrite préalable.

Tableau 10 - Teneur en matière organique et granulométrie de l'échantillon de sol récolté dans la région du CNPE de Cattenom lors du suivi radioécologique en 2018.

| Station | Date de prélèvement | Nature | Espèce | Fraction | Date de mesure | Qualité | Frais/sec | Fractions | % |
|------------------|---------------------|-----------------|--|----------|----------------|---------|-----------|-------------------|-------|
| Garche | 25/06/2018 | Sol non cultivé | Sol de pâturage ou de prairie 0 - 2 cm | < 2 mm | 07/12/2018 | sec | 1,40 | Matière organique | 4,56 |
| | | | | | | | | Argiles (<2µm) | 24,90 |
| | | | | | | | | Limons fins | 26,10 |
| | | | | | | | | Limons Grossiers | 34,70 |
| | | | | | | | | Sables fins | 10,70 |
| Sables Grossiers | 3,00 | | | | | | | | |

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 d'eau |

Tableau 11 - Activités massiques et volumiques en radionucléides émetteurs γ d'origine naturelle des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site de Cattenom lors du suivi radioécologique en 2018 (Bq.kg⁻¹ sec pour les sols et les végétaux, Bq.L⁻¹ pour le lait).

| Station | Date de prélèvement | Nature | Espèce | Fraction | Date de mesure | Qualité | Fractions | K _{eff} | Famille du ²³⁸ U | | | | Total | Unité |
|-----------------------|---------------------|--|--|-------------------|----------------|---------|-----------|------------------|-----------------------------|-------------------|------------------|-------------------|----------|-------------------------|
| | | | | | | | | | ²³⁸ U | ²³² Th | ²³⁵ U | ²³² Th | | |
| Garche | 26/06/2018 | Sols non cultivés | Sol de pâturage ou de prairie 0 - 5 cm | < 2 mm | 03/10/2018 | sec | 1,40 | 496±42 | 47±6 | n.a. | 32±12 | n.a. | < 4,5 | Bq.kg ⁻¹ sec |
| Basé-Haut-Saint-Louis | 27/06/2018 | Légumes | Salade Laitue Batavia Lactuca sativa L. | Feuilles | 07/09/2018 | centres | 16,12 | 1730±170 | < 0,6 | < 1,4 | < 21 | 1,4±0,7 | 19,5±2,3 | Bq.kg ⁻¹ sec |
| Cattenom | 26/06/2018 | Légumes | Courgette Cucurbita L. | Entier | 06/09/2018 | centres | 31,69 | 1996±190 | < 0,7 | < 1,4 | < 22 | < 1,7 | < 2,1 | Bq.kg ⁻¹ sec |
| Garche | 25/06/2018 | Prairies | Herbe de prairie permanente | Parties aériennes | 12/09/2018 | centres | 3,96 | 996±90 | 1,76±0,31 | < 1,1 | < 10 | 23,1±2,3 | 23±2,2 | Bq.kg ⁻¹ sec |
| Garche | 25/06/2018 | Prairies | Herbe de prairie permanente | Parties aériennes | 05/10/2018 | secs | 4,64 | 1070±100 | < 3,8 | n.a. | < 100 | n.a. | 125±13 | Bq.kg ⁻¹ sec |
| Bois de Cattenom | 10/04/2018 | Herbes verticales | Miscan Rhyssolobolus triquetrus | Entier | 18/04/2018 | secs | 1,05 | 294±20 | 9,5±1,6 | n.a. | < 27 | n.a. | 47±3,7 | Bq.kg ⁻¹ sec |
| Boiler | 26/06/2018 | Produits alimentaires liquides non transformés | Lait de vache | Entier | 15/11/2018 | centres | 8,15 | 43,1±4,2 | < 0,016 | < 0,042 | < 0,6 | < 0,09 | < 0,13 | Bq.L ⁻¹ |
| Boiler | 26/06/2018 | Produits alimentaires liquides non transformés | Lait de vache | Entier | 11/07/2018 | sec | 7,55 | 46,3±4,8 | < 0,15 | < 0,27 | < 4,6 | < 0,27 | < 0,29 | Bq.L ⁻¹ |

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.

Tableau 12 - Activités massiques et volumiques en radionucléides émetteurs γ d'origine artificielle des échantillons collectés dans l'environnement terrestre du site de Cattenom lors du suivi radioécologique en 2018 (Bq.kg⁻¹ sec pour les sols et les végétaux, Bq.L⁻¹ pour le lait et l'eau de boisson).

| Station | Date de prélèvement | Nature | Espèce | Fraction | Qualité | Fractions | Date de mesure | ¹³⁷ Cs | ¹³⁴ Cs | ⁶⁰ Co | ¹⁵² Eu | ¹⁵⁴ Eu | ²⁴¹ Am | ²⁴¹ Pu | Unité |
|-----------------------|---------------------|--|--|-------------------|---------|-----------|----------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| Garche | 26/06/2018 | Sols non cultivés | Sol de pâturage ou de prairie 5 - 15 cm | < 2 mm | sec | 1,33 | 03/10/2018 | < 0,17 | 8,2±0,7 | < 0,38 | < 0,18 | < 0,24 | < 0,20 | n.a. | Bq.kg ⁻¹ sec |
| Garche | 26/06/2018 | Sols non cultivés | Sol de pâturage ou de prairie 15 - 30 cm | < 2 mm | sec | 1,25 | 04/10/2018 | < 0,18 | 3,1±0,30 | < 0,42 | < 0,19 | < 0,27 | < 0,23 | n.a. | Bq.kg ⁻¹ sec |
| Basé-Haut-Saint-Louis | 27/06/2018 | Légumes | Salade Laitue Batavia Lactuca sativa L. | Feuilles | centres | 16,12 | 07/09/2018 | < 0,13 | < 0,12 | < 0,27 | < 0,20 | < 0,19 | < 0,16 | n.a. | Bq.kg ⁻¹ sec |
| Cattenom | 26/06/2018 | Légumes | Courgette Cucurbita L. | Entier | centres | 31,69 | 06/09/2018 | < 0,13 | < 0,14 | < 0,30 | < 0,21 | < 0,20 | < 0,17 | n.a. | Bq.kg ⁻¹ sec |
| Garche | 25/06/2018 | Prairies | Herbe de prairie permanente | Parties aériennes | centres | 3,96 | 12/09/2018 | < 0,07 | 0,99±0,038 | < 0,15 | < 0,11 | < 0,10 | < 0,08 | n.a. | Bq.kg ⁻¹ sec |
| Bois de Cattenom | 10/04/2018 | Herbes verticales | Miscan Rhyssolobolus triquetrus | Entier | secs | 1,05 | 18/04/2018 | < 0,23 | 3,22±0,39 | < 0,21 | < 0,27 | < 0,27 | < 0,23 | < 0,39 | Bq.kg ⁻¹ sec |
| Boiler | 26/06/2018 | Produits alimentaires liquides non transformés | Lait de vache | Entier | centres | 8,15 | 15/11/2018 | < 0,0037 | < 0,0048 | < 0,016 | < 0,006 | < 0,006 | < 0,005 | n.a. | Bq.L ⁻¹ |

n.a. : non analysé. Du fait de sa courte période physique, ¹³⁷Cs n'est mesuré que dans certains échantillons.

Sous réserve du droit des tiers, ce document ne peut être communiqué, divulgué ou reproduit à ou par des tiers sans autorisation écrite préalable.

Tableau 13 - Activités massiques et volumiques en tritium libre dans les échantillons prélevés dans l'environnement terrestre du site de Cattenom en 2018.

| Station | Date de prélèvement | Nature | Espèce | Fraction | Frais/Sec | Date de mesure | % libre (Bq.L ⁻¹ d'eau de désiccation) | % libre (Bq.kg ⁻¹ sec ou frais ou Bq.L ⁻¹) | Unité % libre |
|-----------------------|---------------------|--|---|-------------------|-----------|----------------|---|---|---------------------------|
| Cattenom | 26/06/2018 | Légumes | Poireau <i>Allium porrum L.</i> | Feuilles | 6,91 | 26/06/2018 | 2,1±0,6 | 1,76±0,50 | Bq.kg ⁻¹ frais |
| Base-Haut-Saint-Louis | 27/06/2018 | Légumes | Salade Laitue Batavia <i>Lactuca sativa L.</i> | Feuilles | 10,91 | 26/06/2018 | 1,8±0,6 | 1,7±0,5 | Bq.kg ⁻¹ frais |
| Garche | 25/06/2018 | Prairies | Herbe de prairie permanente | Parties aériennes | 4,12 | 27/06/2018 | 4,0±0,7 | 3,6±0,5 | Bq.kg ⁻¹ frais |
| Isère | 26/06/2018 | Produits alimentaires liquides non transformés | Lait de vache | Entier | 3,55 | 23/07/2018 | 1,1±0,5 | 0,94±0,47 | Bq.L ⁻¹ d'ECL |
| Cattenom | 10/04/2018 | Eau douce | Eau de boisson | Filtrat à 0,20 µm | - | 10/05/2018 | 1,0±0,6 | 1,0±0,6 | Bq.L ⁻¹ d'ECL |
| Cattenom | 26/06/2018 | Eau douce | Eau d'irrigation | Filtrat à 0,20 µm | - | 26/07/2018 | 1,4±0,6 | 1,4±0,6 | Bq.L ⁻¹ d'ECL |

IRSN

Rapport n° IRSN/2019-00435

Page : 50/83

Sous réserve du droit des tiers, ce document ne peut être communiqué, divulgué ou reproduit à ou par des tiers sans autorisation écrite préalable.

Tableau 14 - Activités massiques et volumiques en tritium organiquement lié dans les échantillons prélevés dans l'environnement terrestre du site de Cattenom en 2018.

| 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 TOL |
|-----------------------|---------------------|--|---|-------------------|-----------|----------------|--|---|---------------------------|
| Cattenom | 26/06/2018 | Légumes | Poireau <i>Allium porrum L.</i> | Feuilles | 6,91 | 01/10/2018 | 2,05±0,44 | 0,215±0,037 | Bq.kg ⁻¹ frais |
| Base-Haut-Saint-Louis | 27/06/2018 | Légumes | Salade Laitue Batavia <i>Lactuca sativa L.</i> | Feuilles | 10,91 | 26/06/2018 | 2,6±0,8 | 0,135±0,039 | Bq.kg ⁻¹ frais |
| Garche | 25/06/2018 | Prairies | Herbe de prairie permanente | Parties aériennes | 4,12 | 26/06/2018 | 3,3±0,6 | 0,45±0,09 | Bq.kg ⁻¹ frais |
| Isère | 26/06/2018 | Produits alimentaires liquides non transformés | Lait de vache | Entier | 7,15 | 06/12/2018 | 2,3±1,0 | 0,11±0,14 | Bq.L ⁻¹ d'ECL |

n.a. : non analysé.

IRSN

Rapport n° IRSN/2019-00435

Page : 51/83

Sous réserve du droit des tiers, ce document ne peut être communiqué, divulgué ou reproduit à ou par des tiers sans autorisation écrite préalable.

Tableau 15 - Activités en ¹⁴C dans les échantillons prélevés dans l'environnement terrestre du site de Cattenom dans le cadre du suivi radioécologique 2018.

| Station | Date de prélèvement | Nature | Espèce | Fraction | Frais/Sec | Date de mesure ¹⁴ C | ¹⁴ C (Bq.kg ⁻¹ de C) | δ ¹⁴ C (‰) | pH | 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 | 26/06/2018 | Légumes | Poisseau Allium porrum L. | Feuilles | 6,91 | 20/05/2019 | 240±12 | -26,45 | 110±5 | 14,3±0,7 | 58 | Frais |
| Base-Her-Saint-Louis | 27/06/2018 | Légumes | Salade Lactuca batavica Lactuca sativa L. | Feuilles | 10,91 | 20/05/2019 | 223±11 | -26,91 | 99,3±4,9 | 7,43±0,37 | 33 | Frais |
| Isaër | 26/06/2018 | Produits alimentaires liquides non transformés | Lait de vache | Entier | 7,55 | 08/10/2019 | 225±12 | -21,2 | 103±5 | 15,5±0,8 | 66 | Liquide |

Tableau 16 - Activités massiques en radionucléides émetteurs et des échantillons de sédiments collectés dans l'environnement aquatique du site de Cattenom lors des études radioécologiques de 2008 à 2018.

| Date | juillet 2008 | | juin 2009 | | juin 2010 | | juin 2011 | | mai 2012 | | avril 2013 | | mai 2014 | | avril 2015 | | avril 2016 | | avril 2017 | | avril 2018 | |
|--|--------------|----------------|-------------|-----------------|-------------|----------------|---------------|------------------|---------------|-------------------|---------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|-----------------|--------------|-------------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|
| | amont | aval | amont | aval | amont | aval | amont | aval | amont | aval | amont | aval | amont | aval | amont | aval | amont | aval | amont | aval | amont | aval |
| Émetteurs y d'origine artificielle (Bq.kg ⁻¹ sec) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ¹³⁷ Cs | 15 (1/1) | 12-15 (2/2) | 12 (1/1) | 5,6-13 (2/2) | 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) | 8,9-9,8 (2/2) | 11,2 (1/1) | 9,7-12,8 (2/2) |
| ⁶⁰ Co | - | - | - | - | - | 0,5 (1/2) | - | - | 0,56 (1/2) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ¹³⁷ Cs | - | 0,6 (1/2) | - | 0,4 (1/2) | - | 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) | - | 0,36-1,61 (2/2) | - | 0,56-0,18 (2/2) |
| ^{137m} Ag | - | - | - | - | - | 0,4 (1/2) | - | - | - | - | - | - | - | 0,37 (1/2) | - | 1,11 (1/2) | - | - | - | 0,89 (1/2) | - | - |
| ^{137m} Mb | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ^{137m} Ta | - | 0,4 (1/2) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

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

Tableau 17 - 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 2008 à 2018 (excepté en 2017*).

| Date | juillet 2008 | | juin 2009 | | juin 2010 | | juin 2011 | | mai et août 2012 | | juillet 2013 | | juin 2014 | | juin 2015 | | septembre 2016 | | juin 2018 | | |
|---|-------------------------------|------------------|------------------|----------------|----------------|------------------|-------------------|--------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------|--------------------|-----------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|----------------|
| | Situation par rapport au site | | 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 | 3,3 (1/1) | 3,6-8,9 (2/2) | 1,5-8 (1/1) | 1,3-7 (3/3) | 3-5,7 (3/7) | 0,9-6,4 (3/3) | 0,38-4,2 (4/7) | 0,68-2,9 (3/3) | 1-3,2 (4/7) | 1,04-1,3 (3/3) | 0,91-2,1 (2/2) | 0,8-1,08 (3/3) | 1,10 (2/2) | 0,51-1,07 (3/3) | 1-1,48 (2/2) | 1,28-3,2 (3/3) | 0,54-2,4 (2/2) | 1,3-1,90 (3/3) | 1,48-2,9 (4/4) | 3,16-3,22 (2/2) | |
| ⁶⁰ Co | - | - | - | - | - | - | 0,15 (1/3) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| ⁵⁸ Co | - | 3,4-9 (2/2) | - | 0,9 (1/3) | - | 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) | - | 0,84-1,88 (2/2) | |
| ⁶⁰ Co | - | - | - | - | - | 0,8 (2/3) | - | 0,41-6,81 (2/3) | - | 1,7 (1/3) | - | - | - | 0,18-0,66 (3/3) | - | 0,79-1,5 (3/3) | - | 0,23-0,62 (3/3) | - | - | |
| ^{110m} Ag | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1,01 (1/3) | - | - | - | - | - | 0,57 (1/3) | - | - | - | - | |
| ¹³⁴ Mn | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| ^{132m} Ta | - | 0,6-0,9 (3/3) | - | 2,7 (1/4) | - | - | - | - | - | 0,57 (1/3) | - | - | - | 0,16-0,18 (3/3) | - | 0,36 (1/3) | - | - | - | - | |
| ¹³² I (I) | 0,8-140 (6/6) | 20-24 (2/2) | 1,5-100 (6/7) | - | 6-130 (1/7) | 9 (1/3) | 4-104 (4/7) | 5 (1/3) | 3,1-141 (5/7) | 3,8-4,1 (2/2) | 12,1 (1/1) | 8,4 (3/3) | 24 (1/1) | 6,6 (1/1) | 3,6 (1/1) | 2,6 (1/1) | 4,2 (1/1) | 6,5 (1/1) | 4,7-6,5 (2/2) | 3,7 (1/1) | |
| Émetteurs β (Bq.L⁻¹ d'eau de désactivation, TOL : Bq.L⁻¹ d'eau de combustion, ¹⁴C : Bq.kg⁻¹ de C) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ³ H libre | 0,9 (1/1) | 1,9-30 (2/2) | n.a. | n.a. | n.a. | 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) |
| 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. | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | 1,3 (1/1) | 31,8 (1/1) |
| ¹⁴ C | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | 187,4 (1/1) | 381,9 (1/1) |

- : inférieur au seuil de décision. n.a. : non analysé ; ¹³⁷I : du fait de sa courte période physique, ¹³⁷I n'est mesuré que dans certains échantillons. * Aucun végétal aquatique n'a pu être prélevé en 2017.

Tableau 18 - Activités massiques et volumiques en radionucléides émetteurs α et β des échantillons de poissons (muscle) collectés dans l'environnement aquatique du site de Cattenom lors des études radioécologiques de 2008 à 2018.

| Date | juillet 2008 | | juin 2009 | | juin 2010 | | juin 2011 | | juin 2012 | | juin 2013 | | septembre 2014 | | juin 2015 | | juillet 2016 | | juillet 2017 | | juillet 2018 | |
|---|---------------|---------------|----------------|----------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| 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 α d'origine artificielle (Bq.kg⁻¹ frais) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ¹³⁵ Cs | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ¹³⁷ Cs | 0,84 (1/1) | 0,05 (1/1) | 0,057 (1/1) | 0,058 (1/1) | 0,04 (1/1) | 0,06 (1/1) | 0,069 (1/1) | 0,056 (1/1) | 0,042 (1/1) | 0,07 (1/1) | 0,03 (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) | 0,062 (1/1) | 0,051 (1/1) | 0,060 (1/1) | 0,029 (1/1) | 0,0155 (1/1) |
| ⁹⁰ Co | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ⁶⁰ Co | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ¹⁰⁹ Ag | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ¹³⁴ Mn | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Émetteurs β (⁹⁰Sr libre : Bq.L⁻¹ d'eau de désactivation, TOL : Bq.L⁻¹ d'eau de combustion, ¹⁴C : Bq.kg⁻¹ de C) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ⁹⁰ Sr libre | - | 1,0 (1/1) | 1,4 (1/1) | 1,3 (1/1) | 1,9 (1/1) | 51 (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) |
| TOL | 1,6 (1/1) | 33 (1/1) | n.a. | n.a. | 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) |
| ¹⁴ C | 220 (1/1) | 2800 (1/1) | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | n.a. | 212 (1/1) | 758 (1/1) | 200,5 (1/1) | 2091 (1/1) | 212 (1/1) | 1780 (1/1) | 200 (1/1) | 1360 (1/1) | 207 (1/1) | 1660 (1/1) | 249 (1/1) | 2340 (1/1) | 220 (1/1) | 2330 (1/1) |

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

Tableau 19 - Teneur en matière organique et granulométrie des échantillons de sédiments collectés dans la Moselle en amont et en aval de l'émissaire des rejets du CNPE de Cattenom lors du suivi radioécologique 2018.

| Station | Date de prélèvement | Nature | Épave | Fraction | Date de mesure | Qualité | Prost./Sec. | Fraction | % |
|--|---------------------|----------|----------|----------|----------------|---------|-------------|-------------------|-------|
| Haute-Rain | 10/04/2018 | Sédiment | Sédiment | < 2 mm | 01/10/2018 | sec | 3,08 | Matière organique | 6,11 |
| | | | | | | | | Argiles (>2µm) | 30,10 |
| | | | | | | | | Limons Fins | 35,30 |
| | | | | | | | | Limons Grossiers | 18,20 |
| | | | | | | | | Sables Fins | 12,80 |
| Sables Grossiers | 3,70 | | | | | | | | |
| Amont immédiat du barrage de Koerigaescher | 10/04/2018 | Sédiment | Sédiment | < 2 mm | 01/10/2018 | sec | 3,16 | Matière organique | 6,33 |
| | | | | | | | | Argiles (>2µm) | 34,70 |
| | | | | | | | | Limons Fins | 30,80 |
| | | | | | | | | Limons Grossiers | 14,00 |
| | | | | | | | | Sables Fins | 11,30 |
| Sables Grossiers | 9,10 | | | | | | | | |
| Berg-sur-Moselle | 10/04/2018 | Sédiment | Sédiment | < 2 mm | 01/10/2018 | sec | 3,00 | Matière organique | 7,81 |
| | | | | | | | | Argiles (>2µm) | 25,50 |
| | | | | | | | | Limons Fins | 26,40 |
| | | | | | | | | Limons Grossiers | 18,00 |
| | | | | | | | | Sables Fins | 27,40 |
| Sables Grossiers | 3,10 | | | | | | | | |

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 |

Tableau 20 - 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 2018 (Bq.kg⁻¹.sec pour les sédiments et les végétaux, Bq.kg⁻¹.frak pour les poissons).

| Station | Date de prélèvement | Nature | Espèce | Fraction | Qualité | Frak./Sec | Date de mesure | ‰ | Famille du ²³² Th | | Famille de ²³⁸ U | | ‰ | Unité |
|--|---------------------|---------------------|-------------------------------------|-------------------|---------|-----------|----------------|--------|------------------------------|-------------------|-----------------------------|------------------|---------|---------------------------|
| | | | | | | | | | ²³² Th | ²³² Th | ²³⁸ U | ²³⁸ U | | |
| Haute-Haut | 10/04/2018 | Sédiment | Sédiment | < 2 mm | sec | 3,09 | 09/08/2018 | 60560 | 566 | n.a. | < 26 | n.a. | 21,5e+5 | Bq.kg ⁻¹ .sec |
| Amont immédiat du barrage de Kœnigsacker | 10/04/2018 | Sédiment | Sédiment | < 2 mm | sec | 3,16 | 09/08/2018 | 64960 | 567 | n.a. | 31e+7 | n.a. | 87e8 | Bq.kg ⁻¹ .sec |
| Beg-sur-voiselle | 10/04/2018 | Sédiment | Sédiment | < 2 mm | sec | 3,02 | 05/06/2018 | 59650 | 567 | n.a. | 36e+5 | n.a. | 33,6e+5 | Bq.kg ⁻¹ .sec |
| Lickange | 27/06/2018 | Phanogames immergés | Myriophyllum spicatum L. | Parties aériennes | condres | 8,30 | 17/10/2018 | 343e5 | 27,3e+5 | 5,5e+3 | < 21 | 26,7e+3 | 41e6 | Bq.kg ⁻¹ .sec |
| Lickange | 27/06/2018 | Phanogames immergés | Myriophyllum spicatum L. | Parties aériennes | frak | 5,34 | 05/07/2018 | 326e5 | 22,5e+5 | n.a. | < 36 | n.a. | 47e5 | Bq.kg ⁻¹ .sec |
| Beg-sur-voiselle | 27/06/2018 | Phanogames immergés | Myriophyllum spicatum L. | Parties aériennes | condres | 8,71 | 10/09/2018 | 405e5 | 36,6e+5 | 8,1e+3 | < 18 | 32,0e+3 | 66e6 | Bq.kg ⁻¹ .sec |
| Beg-sur-voiselle | 27/06/2018 | Phanogames immergés | Myriophyllum spicatum L. | Parties aériennes | frak | 5,18 | 05/07/2018 | 337e5 | 27,3e+5 | n.a. | < 33 | n.a. | 66e6 | Bq.kg ⁻¹ .sec |
| Haute-Haut | 26/06/2018 | Phanogames immergés | Potamogeton pectinatus | Parties aériennes | condres | 8,36 | 10/09/2018 | 405e5 | 35,6e+5 | 4,8e+3 | < 14 | 36,9e+3 | 43,6e+7 | Bq.kg ⁻¹ .sec |
| Haute-Haut | 26/06/2018 | Phanogames immergés | Potamogeton pectinatus | Parties aériennes | frak | 6,33 | 05/07/2018 | 605e5 | 31,8e+5 | n.a. | < 70 | n.a. | 79e8 | Bq.kg ⁻¹ .sec |
| Lickange | 18/07/2018 | Poissons | Truite commune <i>Abramis brama</i> | Muscle | condres | 4,11 | 13/10/2018 | 96e10 | < 0,034 | < 0,06 | < 0,8 | < 0,07 | < 0,29 | Bq.kg ⁻¹ .frak |
| Beg-sur-voiselle | 19/07/2018 | Poissons | Truite commune <i>Abramis brama</i> | Muscle | condres | 3,96 | 13/10/2018 | 101e10 | < 0,021 | < 0,05 | < 0,7 | < 0,06 | < 0,08 | Bq.kg ⁻¹ .frak |

n.a. : non analysé.

Tableau 21 - 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 2018 (Bq.kg⁻¹ sec pour les sédiments et les végétaux, Bq.kg⁻¹ frais pour les poissons).

| Station | Date de prélèvement | Nature | Espèce | Fraction | Quota | Frais/Sec | Date de mesure | ¹³⁷ Cs | ¹³⁴ Cs | ⁶⁰ Co | ¹³² Co | ¹⁰⁹ Ag | ¹³⁵ Na | ¹³⁷ I | Unité |
|---|---------------------|------------------------|-------------------------------------|-----------------|----------|-----------|----------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------------|
| Haute-Haut | 10/04/2018 | Sédiment | Sédiment | < 2 mm | sec | 3,09 | 09/08/2018 | ≤ 0,22 | 11,3e0,9 | ≤ 0,6 | ≤ 0,25 | ≤ 0,34 | ≤ 0,31 | n.a. | Bq.kg ⁻¹ sec |
| Amont immédiat du barrage de Koelganacker | 10/04/2018 | Sédiment | Sédiment | < 2 mm | sec | 3,16 | 09/08/2018 | ≤ 0,23 | 12,8e1,0 | ≤ 0,6 | 3,15e0,42 | ≤ 0,36 | ≤ 0,33 | n.a. | Bq.kg ⁻¹ sec |
| Berg-sur-Meuse | 10/04/2018 | Sédiment | Sédiment | < 2 mm | sec | 3,02 | 05/06/2018 | ≤ 0,20 | 9,7e0,8 | ≤ 0,35 | 0,56e0,18 | ≤ 0,29 | ≤ 0,28 | n.a. | Bq.kg ⁻¹ sec |
| Uckange | 27/06/2018 | Phanérogames immergées | Myriophyllum spicatum L. | PARTIC. AIR/SEC | ceci/sec | 8,20 | 17/10/2018 | ≤ 0,19 | 1,65e0,23 | ≤ 0,50 | ≤ 0,21 | ≤ 0,30 | ≤ 0,27 | n.a. | Bq.kg ⁻¹ sec |
| Uckange | 27/06/2018 | Phanérogames immergées | Myriophyllum spicatum L. | PARTIC. AIR/SEC | frais | 5,24 | 05/10/2018 | ≤ 0,28 | 1,60e0,30 | ≤ 0,26 | ≤ 0,32 | ≤ 0,34 | ≤ 0,31 | 5,5e0,7 | Bq.kg ⁻¹ sec |
| Haute-Haut | 26/06/2018 | Phanérogames immergées | Potamogeton pectinatus | PARTIC. AIR/SEC | ceci/sec | 8,26 | 10/08/2018 | ≤ 0,12 | 1,45e0,17 | ≤ 0,23 | ≤ 0,14 | ≤ 0,18 | ≤ 0,15 | n.a. | Bq.kg ⁻¹ sec |
| Haute-Haut | 26/06/2018 | Phanérogames immergées | Potamogeton pectinatus | PARTIC. AIR/SEC | frais | 6,23 | 05/10/2018 | ≤ 0,5 | 2,9e0,6 | ≤ 0,6 | ≤ 0,6 | ≤ 0,7 | ≤ 0,6 | 4,7e0,9 | Bq.kg ⁻¹ sec |
| Berg-sur-Meuse | 27/06/2018 | Phanérogames immergées | Myriophyllum spicatum L. | PARTIC. AIR/SEC | ceci/sec | 8,71 | 10/08/2018 | ≤ 0,16 | 2,22e0,24 | 1,85e0,30 | ≤ 0,14 | ≤ 0,23 | ≤ 0,18 | n.a. | Bq.kg ⁻¹ sec |
| Berg-sur-Meuse | 27/06/2018 | Phanérogames immergées | Myriophyllum spicatum L. | PARTIC. AIR/SEC | frais | 5,18 | 05/10/2018 | ≤ 0,27 | 2,15e0,39 | 0,94e0,27 | ≤ 0,33 | ≤ 0,35 | ≤ 0,31 | 3,7e0,6 | Bq.kg ⁻¹ sec |
| Uckange | 18/07/2018 | Poissons | Truite commune <i>Abramis brama</i> | Muscle | ceci/sec | 4,11 | 12/10/2018 | ≤ 0,021 | 0,295e0,015 | ≤ 0,05 | ≤ 0,011 | ≤ 0,011 | ≤ 0,025 | n.a. | Bq.kg ⁻¹ sec |
| Berg-sur-Meuse | 19/07/2018 | Poissons | Truite commune <i>Abramis brama</i> | Muscle | ceci/sec | 3,94 | 12/10/2018 | ≤ 0,018 | 0,061e0,011 | ≤ 0,045 | ≤ 0,028 | ≤ 0,027 | ≤ 0,023 | n.a. | Bq.kg ⁻¹ sec |

n.a. : non analysé.

Tableau 22 - 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 2018.

| Station | Date de prélèvement | Nature | Espèce | Fraction | Frais/Sec | Date de mesure | ³ H libre (Bq.L ⁻¹ d'eau de décoloration) | ³ H libre (Bq.kg ⁻¹ sec ou frais ou Bq.L ⁻¹) | Unité ³ H libre |
|------------------|---------------------|----------------------|--|-------------------|-----------|----------------|---|--|----------------------------|
| Haute-Haut | 26/06/2018 | Phanérogame immergée | Potamogeton pectinatus <i>Potamogeton pectinatus</i> | Parties aériennes | 7,28 | 23/07/2018 | 1,3±0,6 | 1,06±0,48 | Bq.kg ⁻¹ frais |
| Berg-sur-Moselle | 27/06/2018 | Phanérogame immergée | Myriophyllum sp. épil <i>Myriophyllum spicatum</i> L. | Parties aériennes | 5,68 | 26/09/2018 | 58,3±2,6 | 48,0±2,2 | Bq.kg ⁻¹ frais |
| Uckange | 18/07/2018 | Potamo | Cherama <i>Laetacara cephalus</i> | Muscle | 4,54 | 15/10/2018 | 0,9±0,6 | 0,88±0,48 | Bq.kg ⁻¹ frais |
| Berg-sur-Moselle | 17/07/2018 | Potamo | Cherama <i>Laetacara cephalus</i> | Muscle | 4,74 | 15/10/2018 | 56,6±2,6 | 46,6±2,2 | Bq.kg ⁻¹ frais |

Tableau 23 - 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 2018.

| 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 TOL |
|------------------|---------------------|----------------------|--|-------------------|-----------|----------------|--|---|---------------------------|
| Haute-Haut | 26/06/2018 | Phanérogame immergée | Potamogeton pectinatus <i>Potamogeton pectinatus</i> | Parties aériennes | 7,28 | 23/09/2018 | 1,3±1,0 | 0,09±0,045 | Bq.kg ⁻¹ frais |
| Berg-sur-Moselle | 27/06/2018 | Phanérogame immergée | Myriophyllum sp. épil <i>Myriophyllum spicatum</i> L. | Parties aériennes | 5,68 | 01/10/2018 | 21,8±1,9 | 1,42±0,13 | Bq.kg ⁻¹ frais |
| Uckange | 18/07/2018 | Potamo | Cherama <i>Laetacara cephalus</i> | Muscle | 4,54 | 26/11/2018 | 1,3±0,6 | 0,19±0,09 | Bq.kg ⁻¹ frais |
| Berg-sur-Moselle | 17/07/2018 | Potamo | Cherama <i>Laetacara cephalus</i> | Muscle | 4,74 | 26/11/2018 | 21,7±1,7 | 4,55±0,30 | Bq.kg ⁻¹ frais |

n.a. : non analysé.

Tableau 24 - 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 2018.

| Station | Date de prélèvement | Nature | Espèce | Fraction | Fractions | Date de mesure ¹⁴ C | ¹⁴ C (Bq.kg ⁻¹ de C) | δ ¹⁴ C (‰) | DRC (‰) | C 1301 | | Unité |
|------------------|---------------------|------------------------|---------------------------------------|-------------------|-----------|--------------------------------|--|-----------------------|-----------|---|--|-------|
| | | | | | | | | | | (Bq.kg ⁻¹ sec ou Bq.kg ⁻¹ L ⁻¹) | (g.kg ⁻¹ sec ou Bq.kg ⁻¹ L ⁻¹) | |
| Haute-Rain | 26/06/2018 | Phanérogames immergées | <i>Fragaria vesca</i> | Parties aériennes | 7,28 | 07/12/2018 | 187,4x1,4 | -23,68 | 83,7x0,6 | 45,73x0,34 | 340 | Sec |
| Berg-sur-Moselle | 27/06/2018 | Phanérogames immergées | <i>Myriophyllum spicatum L.</i> | Parties aériennes | 5,18 | 07/12/2018 | 201,4x1,3 | -23,28 | 109,4x1,9 | 186,7x0,9 | 230 | Sec |
| Uckange | 18/07/2018 | Poissons | Cheroune <i>Lactarius ophaleus</i> | Muscle | 4,54 | 19/01/2019 | 20x11 | -26,47 | 97,4x4,9 | 21,8x1,1 | 99 | Frais |
| Berg-sur-Moselle | 17/07/2018 | Poissons | Cheroune <i>Lactarius ophaleus</i> | Muscle | 4,74 | 19/01/2019 | 2 336x110 | -26,61 | 1 036x49 | 246x12 | 110 | Frais |

Tableau 25 - Activités en ⁶³Ni dans les échantillons prélevés dans l'environnement aquatique en amont et en aval du site de Cattenom lors du suivi radioécologique annuel de 2018.

| Station | Date de prélèvement | Nature | Espèce | Fraction | Qualité | Fractions | Date de mesure | ⁶³ Ni | Unité |
|---------|---------------------|------------------------|---------------------------------|-------------------|---------|-----------|----------------|------------------|-------------------------|
| Uckange | 27/06/2018 | Phanérogames immergées | <i>Myriophyllum spicatum L.</i> | Parties aériennes | condes | 8,20 | 10/01/2019 | < 0,18 | Bq.kg ⁻¹ sec |
| Betzé | 26/06/2018 | Phanérogames immergées | <i>Myriophyllum spicatum L.</i> | Parties aériennes | condes | 7,87 | 10/01/2019 | 0,78x0,49 | Bq.kg ⁻¹ sec |

Tableau 26 - Activités en ⁵⁹Fe dans les échantillons prélevés dans l'environnement aquatique en amont et en aval du site de Cattenom lors du suivi radioécologique annuel de 2018.

| Station | Date de prélèvement | Nature | Espèce | Fraction | Qualité | Fractions | Date de mesure | ⁵⁹ Fe | Unité |
|---------|---------------------|------------------------|---------------------------------|-------------------|---------|-----------|----------------|------------------|-------------------------|
| Uckange | 27/06/2018 | Phanérogames immergées | <i>Myriophyllum spicatum L.</i> | Parties aériennes | condes | 8,20 | 11/12/2018 | < 5 | Bq.kg ⁻¹ sec |
| Betzé | 26/06/2018 | Phanérogames immergées | <i>Myriophyllum spicatum L.</i> | Parties aériennes | condes | 7,87 | 14/02/2019 | < 6 | Bq.kg ⁻¹ sec |

5. BIBLIOGRAPHIE

1. IRSN, *Bilan de l'état radiologique de l'environnement français de 2015 à 2017*. 2018, IRSN. 353 p. p.
2. Bé, M., Chisté, Y., Dulieu, C., Kellet, M.A., Maugeot, 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, *Actualisation des connaissances acquises sur le tritium dans l'environnement*. 2017, IRSN. PRP-ENV/SERIS/2017-00004, 76 p.
4. ASN. *Livre blanc du tritium*. 2010; Accessible à l'adresse: <http://livre-blanc-tritium.asn.fr/>.
5. IPSN, *Le tritium dans l'environnement proche du site de l'usine de retraitement de la Hague*. 1998, IPSN. p.
6. 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. p.
7. 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 2008. p. 190.
8. IAEA/WMO, *Global network of isotopes in precipitation. The GNIP database*, 2013 p.
9. Olive, P., Hubert, P., et Ravailleau, S., *Estimation pratique de "Tige" des eaux souterraines en Europe par le tritium*. Revue des sciences de l'eau, 1996. 4: 10 p.
10. IRSN, *Niveau d'activité du tritium dans l'environnement. Contribution à la synthèse de la DEI sur le tritium*. 2008, IRSN. Rapport DEI/SESURE n°2008-34, 57 p.
11. IRSN, *Le tritium dans l'environnement. Point de vue de l'IRSN sur les questions clés et les pistes de recherches et développement*. 2010, IRSN. Rapport DEI 2010-01, 23 p.
12. Eyrolle-Boyer, F., Claval, D., Antonelli, C., Toumieux, D., et Cossonnet, C., *1963-2013: 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.
13. Roussel-Debet, S., *Bruit de fond du tritium en milieu terrestre*. Radioprotection, 2014. 49(2): 139-142 p.
14. Levin, I. et Hershauer, V., *A unique tracer of global carbon cycle dynamics*. Radiocarbon, 2000. 42(1): 69-80 p.
15. Roussel-Debet, S., Gonier, G., Silet, 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.
16. IRSN, *Bilan de l'état radiologique de l'environnement français de juin 2011 à décembre 2014*. 2015, IRSN. 252 p.
17. 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.
18. 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. Lavobler.
19. IRSN, *Analyse de l'impact de l'accident de Fukushima en France (métropole et DOM-COM) à partir des résultats de la surveillance renforcée de la radioactivité de l'environnement*. 2011, IRSN. Rapport DEI/2011-01, 90 p.
20. IRSN. *Expertise de l'IRSN en matière de rejets hospitaliers de médecine nucléaire*. [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].
21. Roussel-Debet, S., *Données utiles à l'interprétation des mesures de carbone 14 en milieu terrestre*. Radioprotection, 2014. 49(1): 49-54 p.
22. Blandin, P., *Bioindicateurs et diagnostic des systèmes écologiques*. Bulletin d'écologie, 1986. 17(4) p.
23. IAEA, *Sediment Distribution Coefficients and Concentration Factors for Biota in the Marine Environment 2004*, IAEA. p.
24. Stuiver, M. et Polach, H., *Discussion reporting of ¹⁴C data*. Radiocarbon, 1977. 19(3): 355-363 p.
25. Laboratoire national Henri Becquerel, *Arrondissement des résultats de mesure - Nombre de chiffres significatifs*. 2004, Laboratoire national Henri Becquerel. Note technique LNHB/04-13, 8 p.
26. 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.
27. IRSN, *Radionucléides naturels en France*. 2007, IRSN. Rapport DEI/SESURE n°2007-21, 45 p.
28. 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.
29. IAEA, *Monitoring isotopes in rivers : creation of the global network of isotopes in rivers (GNIR)*. 2012, IAEA. IAEA-TECDOC-1673, 258 p.
30. Rank, D., Papesch, W., Heitz, 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.

31. 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.
32. IRSN, *Synthèse du suivi radiocologique 2013 des 19 centres nucléaires de production d'électricité en exploitation*. 2014, IRSN. 132 p.
33. Douville, E., Flévet, B., Germain, P., et Fournier, M., *Radlocarbon 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.
34. Flévet, B., Yobeux, 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.

6. 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 indicateur 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 12 page 66 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 ^{137}Cs 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 (^{14}C) 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 ^{14}C dans l'environnement.

Sur le territoire français métropolitain, des radionucléides d'origine naturelle tellurique (^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th et leurs descendants) ou cosmogénique (^3H , ^7Be et ^{14}C) ainsi que des radionucléides d'origine artificielle (^{137}Cs) 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 aériens d'armes nucléaires 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 , ^{109}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 (^{54}Mn , ^{58}Co , ^{60}Co , ^{64}Co , ^{109}Ag) sont caractéristiques de rejets bas 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. Elles s'appuient sur les normes en vigueur, en particulier les documents des séries NF A60-780-XX - Mesure de la radioactivité dans l'environnement - Bioindicateurs - et NF V03-009-XX - Produits alimentaires - Mesure de la radioactivité dans les denrées alimentaires -.

En début de ce chapitre, il paraît nécessaire de donner la définition du terme de bio-indicateur. Blandin [22] 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 ».

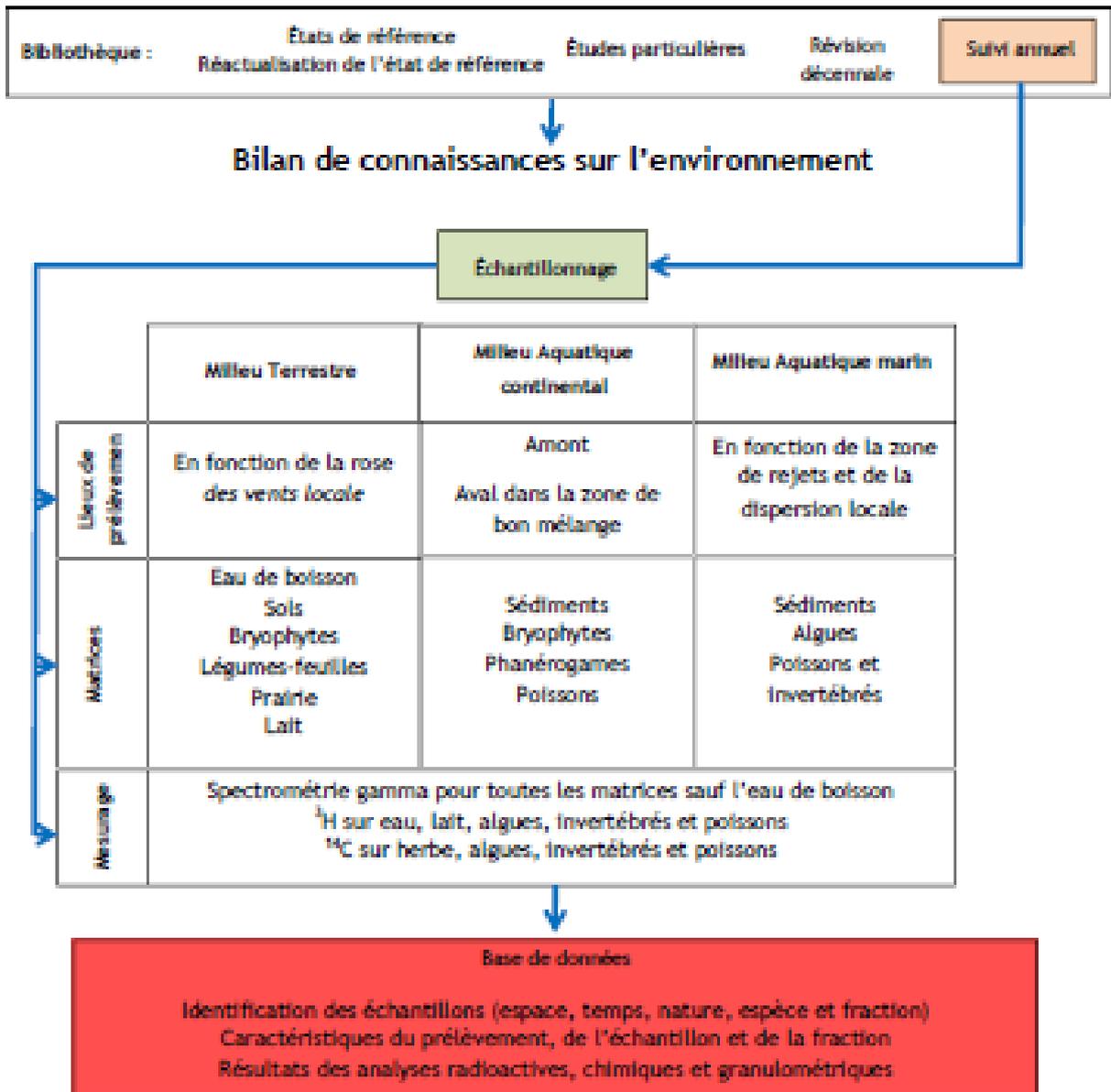


Figure 12 - Démarche utilisée pour la réalisation du suivi radiocologique annuel de chaque site.

6.1. Choix des stations de prélèvements

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

6.2. 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 généraux 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. »

6.2.1. Domaine terrestre

6.2.1.1. 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.

6.2.1.2. Les sols

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.

6.2.1.3. 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.

6.2.1.4. 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.

6.2.1.5. 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.

6.2.1.6. 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.

6.2.2. Domaine aquatique

6.2.2.1. 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

privilegiées, dans la mesure du possible, afin d'optimiser la détection des radionucléides. Les analyses portent sur la fraction inférieure à 2 mm.

6.2.2.2. 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.

6.2.2.3. 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.

6.1. 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.

6.2. 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 et ^{14}C), sur des produits d'activation ou de fission dont la présence peut être caractéristique des rejets d'effluents liquides ou atmosphériques (émetteurs gamma comme les ^{54}Mn , ^{60}Co , ^{65}Zn , ^{60}Co , ^{110m}Ag , ^{131}I , ^{134}Cs ou ^{137}Cs) et sur des radionucléides, rejetés par les installations, mais dont les niveaux et ou le comportement dans l'environnement sont mal connus (^{63}Ni et ^{59}Fe).

6.3. Méthode de prélèvements sur le terrain

6.3.1. Domaine terrestre

6.3.1.1. 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 sacchet plastique, préalablement référencé.

6.3.1.2. 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.

6.3.1.3. 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.

6.3.1.4. 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 litre est conservé au frais.

6.3.2. Domaine aquatique continental

6.3.2.1. 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.

6.3.2.2. 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.

6.3.2.3. 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).

6.4. Préparation et conditionnement des échantillons

6.4.1. Domaine terrestre

6.4.1.1. Eau de boisson

6.4.1.1.1. 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 transféré dans un conteneur pour échantillons liquides (SG500), équivalent de la géométrie 380 mL. Il est alors expédié au laboratoire de métrologie de l'IRSN.

6.4.1.1.2. 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.

6.4.1.2. Sols

Après émiettement 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'Arnas. En ce qui concerne les analyses par spectrométrie gamma, 1,5 kg

d'échantillon est séchée et tamisée 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 . Références, cette boîte est expédiée au laboratoire de métrologie de l'IRSN.

6.4.1.3. Végétaux

6.4.1.3.1. 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 desiccation 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 13 page 72). 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 ($\text{Bq.kg}^{-1} \text{sec}$).

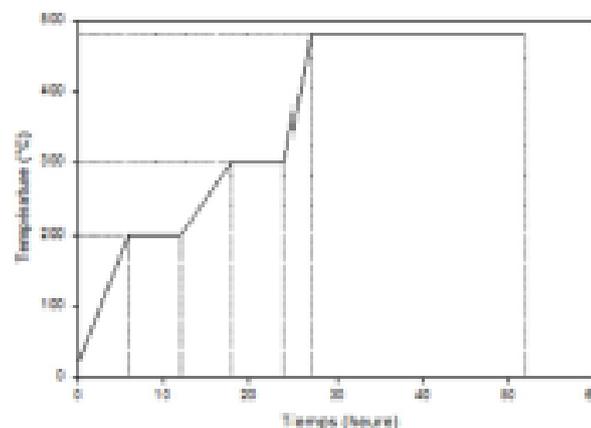


Figure 13 - Chronique d'une incinération : montée en température et paliers en fonction du temps.

Les analyses destinées à la mesure de ^{137}Cs sont effectuées rapidement, idéalement dans les 8 jours qui suivent le prélèvement. Les échantillons peuvent être mesurés frais (mousses, herbe) ou sec (lait).

6.4.1.3.2. 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 μm puis 40 mL sont conditionnés dans un flacon en verre brun et expédiés au service de métrologie dans des sachets aluminisés sous vide.

6.4.1.4. Lait

6.4.1.4.1. Mesurage des émetteurs gamma

De retour au laboratoire, 6 à 18 litres de lait sont évaporés dans une étuve à moins de 105 °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 .

6.4.1.4.2. 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 μm puis 40 mL sont conditionnés dans un flacon en verre brun et expédiés au service de métrologie dans des sachets aluminisés sous vide.

6.4.2. Domaine aquatique continental

6.4.2.1. Sédiments

Les sédiments sont séchés à moins de 105 °C, émettés 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 °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 .

6.4.2.2. Végétaux

6.4.2.2.1. 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 13 page 72). Les cendres sont pesées et broyées. En fonction du volume de matière 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 ^{137}Cs 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).

6.4.2.2.2. 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.

6.4.2.3. Poissons

6.4.2.3.1. Mesurage des émetteurs gamma

La biométrie ayant été réalisée sur le terrain, sur des individus entiers, non éviscérés, les lots de poissons constitués sont déséqués 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 déposées dans des boîtes de 17 ou 60 mL pour la spectrométrie γ . Référencée, cette boîte est expédiée au service de métrologie de l'IRSN.

6.4.2.3.2. Mesurage du tritium et du ^{14}C

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 ^{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 laboratoire de métrologie. L'eau de lyophilisation est filtrée sur filtre plan à 0,22 μm puis 40 mL sont conditionnés dans un flacon en verre brun et expédiés au service de métrologie dans des sachets aluminisés sous vide.

6.5. Techniques d'analyses

6.5.1. 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'Arnas.

6.5.1.1. Teneur en matière organique

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

6.5.1.2. 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 \pm 2 $^{\circ}\text{C}$ 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 .

6.5.2. 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.

6.5.3. Mesure du tritium libre

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

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.

6.5.4. 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.

6.5.5. Mesure du ¹⁴C

Deux méthodes sont utilisées, par scintillation ou par spectrométrie de masse. La mesure par accélérateur est privilégiée sur les échantillons présentant un faible taux de matière organique, les sols et les sédiments notamment.

Avant la mesure par scintillation, le carbone des échantillons est oxydé en dioxyde de carbone dans une bombe à combustion. Le dioxyde de carbone est ensuite transformé en carbure de lithium, qui, par hydrolyse, donne de

l'acétylène. Ce dernier est trimérisé en benzène. La multiplication par le rapport 78/72 de l'activité mesurée en benzène par scintillation permet d'exprimer l'activité en Bq.kg⁻¹ de carbone.

Avant la mesure par spectrométrie, les sédiments et les sols à traiter sont totalement décarbonatés durant plusieurs jours dans de l'acide dilué, puis rincés à l'eau ultrapure jusqu'à un pH neutre. Les échantillons sont brûlés pendant 4 heures à 900 °C. La quantité de carbone contenu dans le gaz est mesurée. Le CO₂ obtenu est ensuite réduit par H₂ en présence de poudre de fer à 575°C. Le carbone se dépose sur la poudre de fer et le mélange est pressé dans une cible afin d'être mesuré.

L'activité en ¹⁴C de l'échantillon est calculée en comparant les intensités mesurées séquentiellement des faisceaux de ¹⁴C, ¹³C et ¹²C de chaque échantillon avec ceux de standards de CO₂ préparés à partir de l'acide oxalique de référence HOxI.

La mesure des rapports isotopiques ¹³C/¹²C et du carbone total s'effectuent sur un couplage d'un analyseur élémentaire relié à un spectromètre de masse isotopique par combustion totale du prélèvement analytique à 1050°C sous courant d'un mélange d'oxygène et d'hélium. Le carbone des échantillons est transformé en CO₂ et quantifié par des détecteurs spécifiques infrarouge CO₂. Ces analyses sont réalisées par l'Institut des Science Analytique (OHS) de Villeurbanne.

6.5.6. 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'¹³⁷I 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 bas 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 ⁴⁰K, ou artificielles, comme les radionucléides bas 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.

6.6. 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 ¹³⁷Cs, émetteur B⁻, donne naissance avec un rendement de 94,6 % au ^{137m}Ba de période 2,55 minutes et avec un rendement de 5,4 % au ¹³⁷Ba, stable. Le ^{137m}Ba conduit au ¹³⁷Ba, avec émission gamma (rendement de 85 %). Dans le rapport, l'activité gamma mesurée du ^{137m}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 ¹⁴C 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 ¹³C/¹²C (δ¹³C ci-dessous) :

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

d'après [24]

Chacun des résultats de mesure du ¹⁴C 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) :

$$BqS = BqC (C / 1000)$$

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 ± incertitude - (± 2 σ). 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 [25].

Dans le milieu aquatique continental, les résultats de mesure du ^{137}Cs peuvent être normalisés par la granulométrie pour baisser la variabilité naturelle [26]. 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 :

$$\text{ou } {}^{137}\text{Cs}_{\text{ref}} = {}^{137}\text{Cs}_{\text{mes}} \frac{(1.15 \pm 0.20) \cdot \text{CC}_{\text{ref}} + (0.43 \pm 0.16) \cdot \text{FSC}_{\text{ref}}}{(1.15 \pm 0.20) \cdot \text{CC}_{\text{mes}} + (0.43 \pm 0.16) \cdot \text{FSC}_{\text{mes}}}$$

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

${}^{137}\text{Cs}_{\text{mes}}$ = 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_{mes} = teneur en argile du sédiment mesuré ;

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

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

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

6.7. Radionucléides dans l'environnement

6.7.1. 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 rates d'émission de plusieurs éléments fils de chacune de ces deux chaînes naturelles :

- pour la famille du ^{232}Th : ^{208}Ac , ^{212}Pb , ^{212}Bi , ^{208}Tl
- pour la famille de l' ^{238}U : ^{214}Pa , ^{214}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 rates 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 [27].

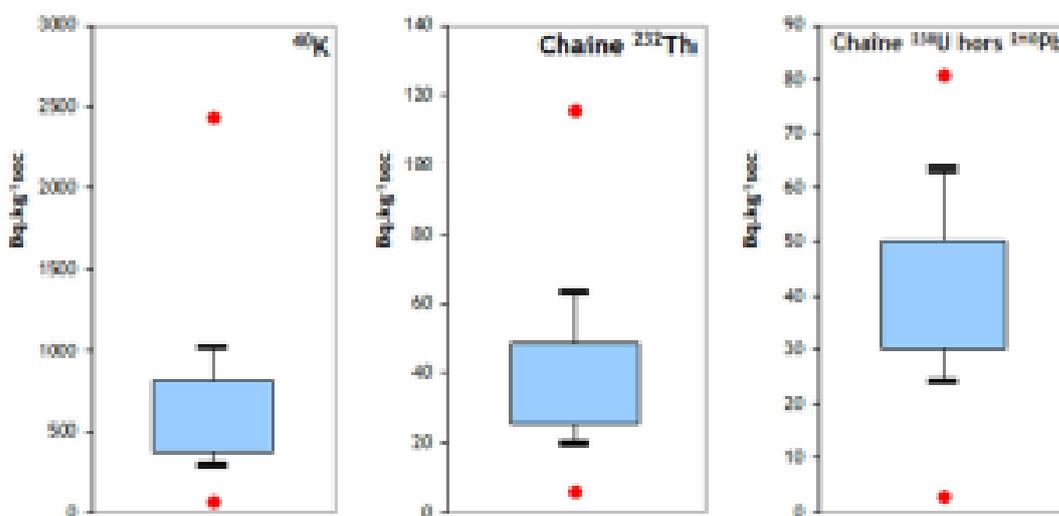


Figure 14 - Teneur en ^{40}K et en radionucléides des familles du ^{232}Th et du ^{238}U dans les sols métropolitains (1er et 3ème quartiles, 1er et 9ème déciles, minimum et maximum).

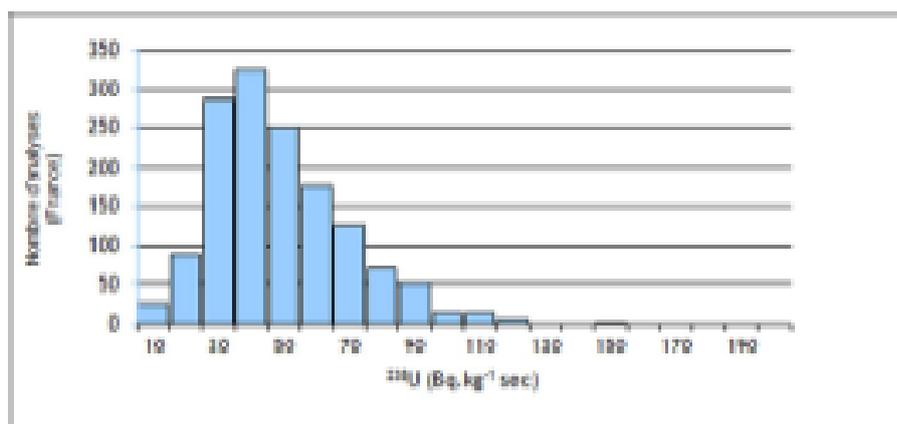


Figure 15 - Teneur en ^{238}U dans les sédiments métropolitains.

6.7.2. 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.

6.7.2.1. 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 d'armes nucléaires à Lop Nor (40°N, 90°O). Les mesures réalisées consécutivement à ces tirs dans des échantillons d'air ou des échantillons biologiques ont montré la présence de ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{132}Cs , ^{54}Mn , ^{60}Co , ^{59}Co , ^{60}Co , ^{103}Ru , ^{106}Ru , ^{95}Zr , ^{95}Nb et ^{125}Sb [28].

6.7.2.2. 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 $^{134-137}\text{Cs}$, l' ^{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 [19]. Il semblerait que les retombées en France aient été assez homogènes, sans fluctuations spatiales ou temporelles.

6.7.2.3. 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 : ^{60}Co , ^{54}Co , ^{110m}Ag , ^{132}Te , ^{134}Sb , ^{135}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 ^{60}Co , ^{54}Co et ^{110m}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.

6.7.2.4. Effluents liquides et atmosphériques d'autres installations

Des centres d'études, des centres militaires ainsi que des centres de traitement 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 ^{125}I dans les cours d'eau, au travers des stations d'épuration des agglomérations sur lesquelles ils sont implantés.

6.7.3. 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 [4]. 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 [4, 29, 30]. 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

lège : 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 [31]. 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.

6.7.4. 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 atmosphériques d'armes nucléaires 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 décliné. Elle est, en 2018, proche de 230 Bq.kg^{-1} de carbone, et se rapproche de l'activité spécifique atmosphérique d'avant les premiers essais aériens ($226,0 \pm 1,1 \text{ Bq.kg}^{-1}$ 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 : de l'ordre de 200 Bq.kg^{-1} de carbone [1, 32].

En milieu marin, le ^{14}C rejeté est en grande majorité sous forme minérale dissoute [33] 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 [34]. 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.

6.8. Laboratoires d'analyses

| ANALYSES | LABORATOIRE |
|---|--|
| Radionucléides émetteurs alpha Radionucléides émetteurs gamma (+ Iode-129) Strontium-90 Carbone-14 (méthode benzène) Tritium libre et lié Technétium-99 Nickel-63 | IRSN/PSE-ENV/SAME Laboratoire de Métrologie de la Radioactivité dans l'Environnement (LMRE) Le bos des Rames - Bâtiment 501 91400 Orsay |
| Carbone-14 (méthode benzène) Fer-55 | IRSN/PSE-ENV/SAME Laboratoire de Mesures Nucléaires (LMN) 31 rue de l'écluse 78116 Le Vésinet |
| Iode-131 | IRSN/PSE-ENV/SRTE Laboratoire de radioécologie de Cherbourg-Octeville (LRC) Rue Max-Pol Fouchet - BP 10 - Cherbourg-Octeville 50130 Cherbourg-en-Cotentin |
| Iode-127 Calcium Carbone et rapport $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ Hydrogène | Centre National de la Recherche Scientifique Service central d'analyses 5 rue de la Doua 69100 Villeurbanne |
| Carbone-14 (méthode AMS) | Laboratoire de mesure du carbone-14 Bâtiment 450 porte 4E CEA Saclay 91191 Gif-sur-Yvette Cedex Isotopech Zrt. P.O. Box 390 Debrecen, H-4001 Hongrie |
| Granulométrie 5 fractions Teneurs en matière organique, calcium et aluminium Capacité d'échange cationique | Institut national de la recherche agronomique Laboratoire d'analyse des sols d'Arras (LAS) 273 rue de Cambrai 62000 Arras Société du canal de Provence Le Tholonet - CS70064 13182 Aix-en-Provence Cedex 5 |

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



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
57570 CATTENOM