



RAPPORT ENVIRONNEMENT 2024

Centre CEA Paris-Saclay

Site de Fontenay-aux-Roses





AUTEURS

Service de protection contre les rayonnements et de surveillance de l'environnement (SPRE) du centre CEA Paris-Saclay

Elodie LANOUE, Sébastien MAROT

Chargé de mission environnement du centre CEA Paris-Saclay

Jacques MACHETTO

Directeur délégué à la sécurité et à la sûreté nucléaire du centre CEA Paris-Saclay

Fabien MOREL

Sommaire

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUCTION | 5 |
| 2 | PRESENTATION GENERALE DU SITE DE FONTENAY AUX ROSES | 6 |
| 2.1 | IMPLANTATION GEOGRAPHIQUE | 6 |
| 2.2 | ACTIVITES ET EFFECTIFS | 7 |
| 2.3 | LES PRESCRIPTIONS REGLEMENTAIRES APPLICABLES | 9 |
| 2.4 | LES EFFLUENTS | 10 |
| 2.5 | LA SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE | 12 |
| 3 | FAITS MARQUANTS ENVIRONNEMENTAUX | 15 |
| 3.1 | INSPECTIONS ET AUDITS | 15 |
| 3.2 | ANOMALIES ET INCIDENTS | 16 |
| 4 | CONTROLE DES EAUX DE CONSOMMATION DU SITE | 17 |
| 5 | LE CONTROLE DES REJETS D'EFFLUENTS DU SITE | 18 |
| 5.1 | REJETS DES EFFLUENTS ATMOSPHERIQUES | 18 |
| | <i>Cadre réglementaire</i> | 18 |
| | <i>Prévision des rejets atmosphériques des INB</i> | 18 |
| | <i>Surveillance en temps réel des rejets atmosphériques des INB</i> | 19 |
| | <i>Surveillance en différé des rejets atmosphériques des INB</i> | 19 |
| 5.2 | TRANSFERTS DES EFFLUENTS LIQUIDES | 22 |
| | <i>Cadre réglementaire</i> | 22 |
| | <i>Limites réglementaires radiologiques dans l'égout urbain</i> | 22 |
| | <i>Limites réglementaires physico-chimiques dans les émissaires</i> | 22 |
| | <i>Gestion des effluents liquides du site</i> | 23 |
| 6 | LA SURVEILLANCE DE L'ENVIRONNEMENT DU SITE | 29 |
| 6.1 | CADRE REGLEMENTAIRE | 29 |
| 6.2 | SURVEILLANCE ATMOSPHERIQUE | 30 |
| | <i>Les aérosols</i> | 30 |
| | <i>Les halogènes</i> | 32 |
| | <i>L'irradiation ambiante</i> | 32 |
| | <i>Aux alentours du site</i> | 32 |
| | <i>En limite du site</i> | 34 |
| 6.3 | SURVEILLANCE DES EAUX | 35 |
| | <i>Pluies</i> | 35 |
| | <i>Eaux de surface et sédiments</i> | 37 |
| | <i>Etang Colbert</i> | 37 |
| | <i>Plans d'eau de Montsouris, La Garenne et Verrières</i> | 39 |
| | <i>Eaux souterraines</i> | 40 |
| | <i>Mesures par piézomètres</i> | 40 |
| | <i>Résurgences de la nappe</i> | 43 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 6.4 | SURVEILLANCE DES VEGETAUX | 45 |
| 6.5 | SURVEILLANCE DES SOLS | 47 |
| | <i>Terre des stations de surveillance</i> | 47 |
| 7 | IMPACT RADIOLOGIQUE SUR L'HOMME..... | 48 |
| 7.1 | REJETS GAZEUX..... | 49 |
| 7.2 | TRANSFERTS LIQUIDES..... | 49 |
| 7.3 | IMPACT RADIOLOGIQUE TOTAL | 50 |
| 8 | CONCLUSION | 50 |
| | ANNEXE 1 : GLOSSAIRE..... | 51 |
| | ANNEXE 1 : LISTE DES FIGURES | 52 |
| | ANNEXE 3 : LISTE DES TABLEAUX..... | 53 |
| | ANNEXE 4 : LISTE DES DEFINITIONS..... | 54 |

1 INTRODUCTION

Le CEA a été créé en 1945 pour doter la France d'un centre de recherches scientifiques et techniques en vue de l'utilisation de l'énergie atomique dans divers domaines de la science, de l'industrie et de la Défense nationale. Aujourd'hui Commissariat à l'Énergie Atomique et aux énergies alternatives, le CEA reste fidèle à sa vocation première et contribue toujours à la recherche et développement pour son application auprès des industriels. L'ensemble de ses activités sont réparties sur neuf centres dont quatre à caractère civil et cinq au titre des applications militaires (cf. Figure 1). Les centres civils ont été créés par ordre chronologique à Fontenay-aux-Roses, Saclay (ces deux sites ont été regroupés le 1^{er} février 2017 pour constituer désormais un centre unique CEA Paris-Saclay), puis Grenoble, Cadarache et Marcoule. Le CEA développe également des partenariats en régions avec d'autres organismes de recherche publics et privés, les collectivités locales et les universités.

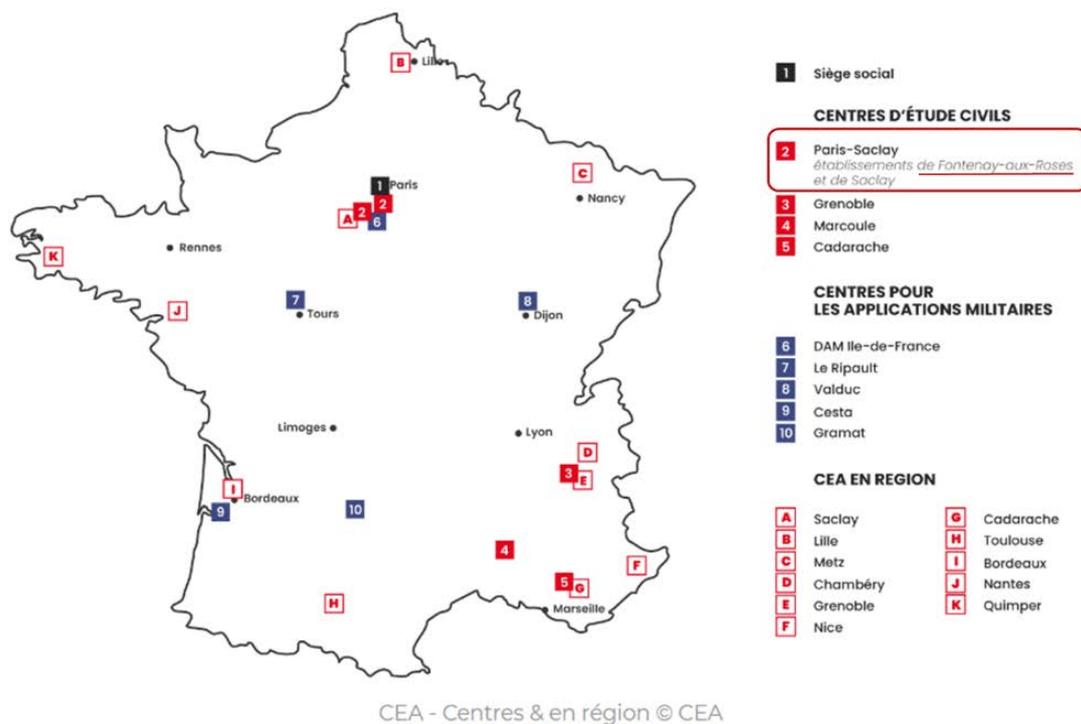


Figure 1: Carte des centres CEA civils et pour les applications militaires et ses partenariats régionaux.

Ce rapport environnemental présente le bilan 2024 de la surveillance de l'environnement et du contrôle des rejets du site de Fontenay-aux-Roses du centre CEA Paris-Saclay en application de l'article 4.4.4 de l'arrêté du 7 février 2012 modifié en 2013, dit « Arrêté INB »¹. Son contenu est élaboré selon les prescriptions de l'article 5.3.1 de la Décision ASN 2013-DC

¹ Arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base.

0360 modifiée en 2016, dite « Décision environnement »² et homologuée par arrêtés du 9 août 2013 et du 5 septembre 2016.

Ce rapport prend également en compte les rejets liquides des autres installations implantées sur le site CEA de Fontenay-aux-Roses et relevant d'un autre régime réglementaire, à savoir le Code de la santé publique.

2 PRESENTATION GENERALE DU SITE DE FONTENAY AUX ROSES

2.1 IMPLANTATION GEOGRAPHIQUE

Le site de Fontenay-aux-Roses du centre CEA Paris-Saclay est implanté sur le plateau de Fontenay-aux-Roses, à 160 mètres d'altitude, en zone urbaine, au sud/sud-ouest de Paris dans le département des Hauts-de-Seine (92) (cf. Figure 2). D'un point de vue hydrogéologique, il présente la particularité d'être construit au-dessus d'une nappe dite « perchée » située à 65 m de profondeur à l'aplomb du site.

Implanté sur une superficie de 10 hectares, le site a pour vocation d'être un centre de recherche et d'innovation de tout premier plan à l'échelle nationale, européenne et internationale dans le domaine des technologies biomédicales.



Figure 2 : Implantation géographique du site CEA de Fontenay-aux-Roses.

² Décision n°2013-DC-0360 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 16 juillet 2013 relative à la maîtrise des nuisances et de l'impact sur la santé et l'environnement des installations nucléaires de base.

2.2 ACTIVITES ET EFFECTIFS

Historiquement, le site CEA de Fontenay-aux-Roses a accueilli, dès 1946, une large palette d'activités de recherche et de développement dans le domaine nucléaire que ce soit au titre de la sûreté, de la sécurité, de la radioprotection, de la robotique et enfin de la recherche biomédicale. Aujourd'hui, ses activités sont majoritairement consacrées aux sciences du vivant au sein des départements et des services de l'Institut de Biologie François Jacob (IBFJ) appartenant à la Direction de la recherche fondamentale (DRF) du CEA, que sont :

- Le département IDMIT (Infectious Diseases Models for Innovative Therapies),
- Le département IRCM (Institut de recherche en radiobiologie cellulaire et moléculaire),
- Le département MIRCen (Molecular Imaging Research Center) qui s'est agrandi en 2022 par la création d'un nouveau bâtiment accueillant un cyclotron et un laboratoire de radiochimie et dédié aux activités de l'infrastructure nationale NeurATRIS (European Advanced Translational Research Infrastructure for Neurosciences),
- Le Sepia (Service d'étude des prions et des infections atypiques).

Des Start-up (Theranexus et life and soft) ainsi que des équipes industrielles (Oncodesign et Servier) collaborant avec les unités de recherche sont également présentes sur le site de Fontenay-aux-Roses.

Deux autres départements et un service de l'IBFJ sont également rattachés administrativement au site CEA de Fontenay-aux-Roses. Il s'agit du Genoscope (GEN) et du Centre National de Recherche en Génomique humaine (CNRGH) localisés à Evry ainsi que du Service de Recherche en Hémato-Immunologie (SRHI) implanté à l'Hôpital Saint-Louis situé à Paris.

L'effectif du site CEA de Fontenay-aux-Roses est de 1200 salariés (structures rattachées comprises). La production scientifique des chercheurs s'articule autour de thématiques placées au cœur des préoccupations sociétales telles que la radiobiologie, la toxicologie, la neurovirologie, les neurosciences et les maladies infectieuses et neurodégénératives, ce qui confère au site un rayonnement scientifique d'ampleur internationale.



Activités des départements

(IDMIT et MIRCen) de l'Institut de Biologie François Jacob implantés sur le site de Fontenay-aux-Roses.

Le site CEA de Fontenay-aux-Roses accueille aussi une partie de la Direction du Centre CEA Paris-Saclay, la Direction de la sécurité et de la sûreté nucléaire (DSSN) du CEA, l'inspection Générale Nucléaire (IGN), les archives et l'ensemble des équipes de soutien aux programmes et aux unités du CEA. Une unité de la Direction des Énergies (DES) du CEA présente sur le site,

l'UADF (Unité d'assainissement, démantèlement et reprise et conditionnement des déchets de Fontenay-aux-Roses) s'occupe du démantèlement en cours de deux installations nucléaires de base (INB) du site de Fontenay-aux-Roses (cf. Figure 3). Il s'agit de l'INB 165 (procédé) où se situaient notamment d'anciens laboratoires de R&D et l'INB 166 (support) comprenant des bâtiments de traitement des effluents liquides, de tri et entreposage des déchets issus de l'INB 165.

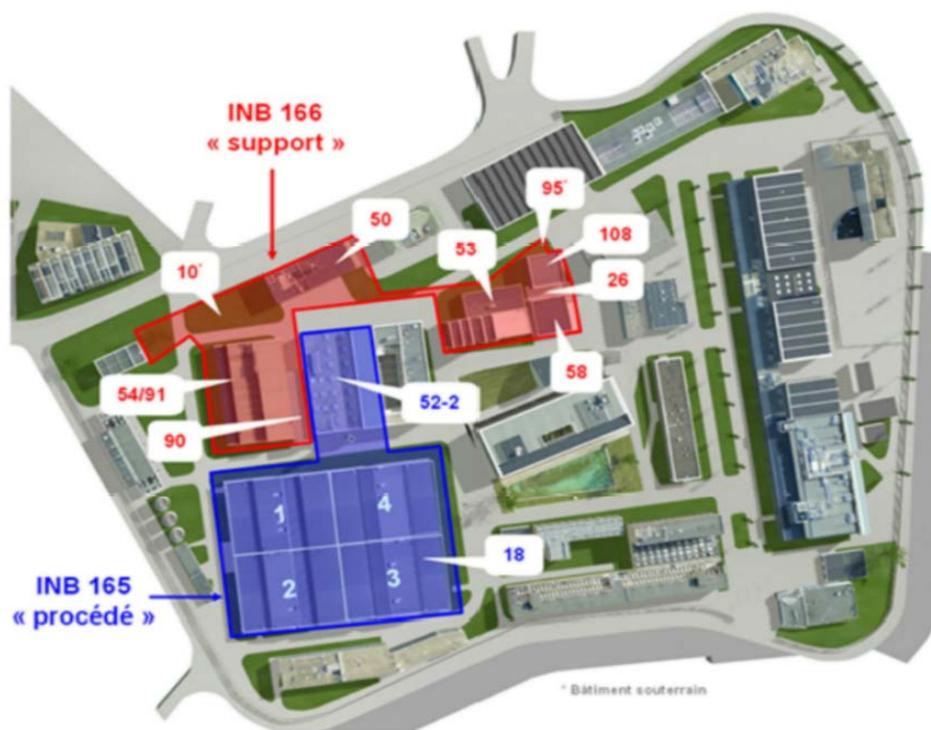


Figure 3 : Bâtiments du site CEA de Fontenay-aux-Roses abritant les INB 165 et 166.



Activités d'assainissement/démantèlement des INB 165 et 166 du site CEA de Fontenay-aux-Roses.

Le site héberge également des équipes de l'IRSN ainsi que des entreprises utilisant, par convention, les infrastructures et les compétences du centre pour leurs propres besoins.

2.3 LES PRESCRIPTIONS REGLEMENTAIRES APPLICABLES

Les prescriptions réglementaires relatives au contrôle des rejets et de la surveillance de l'environnement du site CEA de Fontenay-aux-Roses sont définies dans le cadre de trois arrêtés d'autorisation et une Convention qui fixent les limites ainsi que les modalités techniques et de contrôle des rejets aux émissaires.

- Arrêté interministériel du 30 mars 1988 relatif à l'autorisation de rejets d'effluents radioactifs liquides par le centre d'études nucléaires de Fontenay-aux-Roses,
- Arrêté interministériel du 30 mars 1988 relatif à l'autorisation de rejets d'effluents radioactifs gazeux par le centre d'études nucléaires de Fontenay-aux-Roses,
- Arrêté d'autorisation de déversement des eaux usées non domestiques dans le réseau d'assainissement du département des Hauts-de-Seine du 18 mai 2021,
- La convention de raccordement du Commissariat à l'énergie atomique au réseau d'assainissement de la communauté d'agglomération sud seine signée le 27 octobre 2015.

Ces textes réglementaires fixent la nature, la localisation et la fréquence des prélèvements à réaliser ainsi que les mesures à effectuer sur ces derniers. Ils prescrivent également les valeurs limites de rejets autorisés pour certaines mesures.

Les arrêtés d'autorisation de rejets d'effluents radioactifs de 1988 sont actuellement en cours de révision afin d'adapter les limites de rejets radiologiques et physico-chimiques du site de Fontenay-aux-Roses et sa surveillance de l'environnement au plus près de la situation actuelle des INB 165 et 166 en cours d'assainissement en vue de leur démantèlement.

Aussi, en application de l'article R1333-16 du Code de la santé publique, le CEA a transmis en 2014 à l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) un dossier de demande d'autorisation révisé en 2017 proposant de prescrire des limites de rejets plus basses qu'actuellement et de définir un programme de surveillance de l'environnement ajusté. L'aboutissement de l'instruction de ce dossier par l'ASN doit donner lieu à un nouvel arrêté d'autorisation relatif aux rejets d'effluents radioactifs du site de Fontenay-aux-Roses du centre CEA Paris-Saclay qui viendra ainsi remplacer à termes les deux arrêtés de 1988.

En 2024, le projet de ce dit nouvel arrêté est en partie déjà pris en compte.

2.4 LES EFFLUENTS

Les activités du site CEA de Fontenay-aux-Roses impliquent des rejets d'effluents qui sont contrôlés, et dont l'impact est suivi via la mise en place d'un programme de surveillance de l'environnement.

2.4.1 Les rejets atmosphériques

Les rejets atmosphériques des INB du site CEA de Fontenay-aux-Roses s'effectuent au moyen de neuf émissaires dont cinq sont localisés dans les différents secteurs de l'INB 165 et les quatre autres au niveau de l'INB 166 (cf. Figure n° 4). Avant rejet dans l'environnement, l'air de ces INB est filtré par deux barrières de filtres THE (très haute efficacité). En aval des filtres THE, ces émissaires comprennent chacun plusieurs filtres de prélèvement en continu des aérosols. Ces filtres sont placés au niveau des gaines issues des secteurs abritant les équipements relatifs aux procédés (30 filtres « procédés »), mais aussi des secteurs abritant les équipements supports (54 filtres « ambiance »). Les filtres de prélèvement sont tous relevés périodiquement pour mesures en différé des activités volumiques en émetteurs alpha et bêta global.

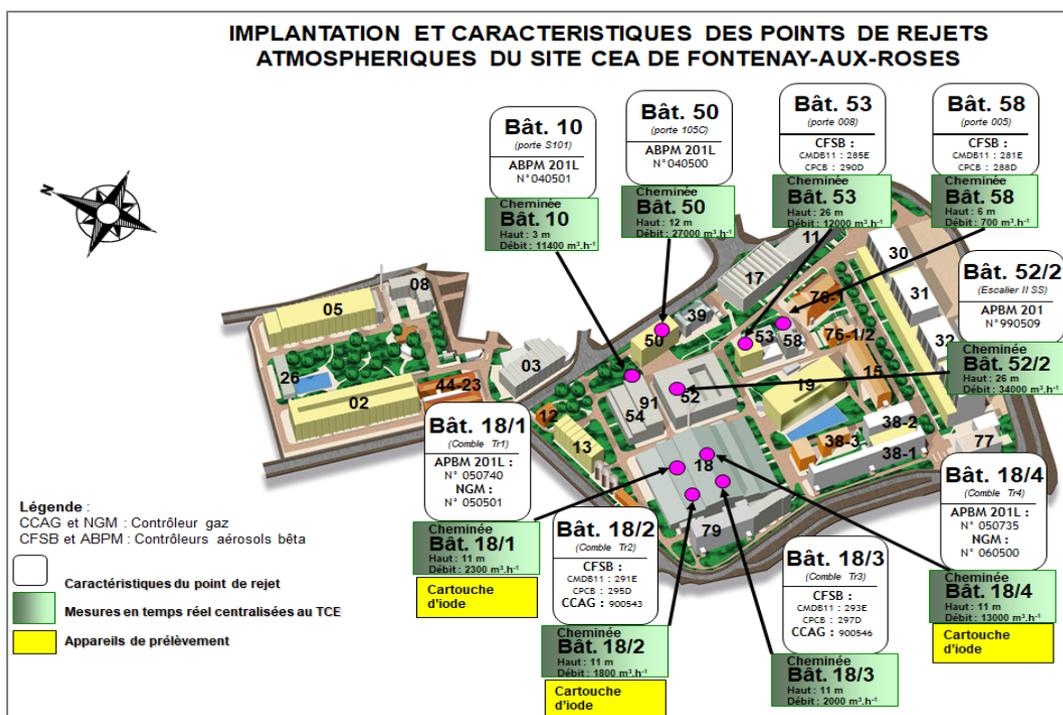


Figure 4 : Localisation des émissaires de rejets atmosphériques du site CEA de Fontenay-aux-Roses.

Trois de ces émissaires situés au niveau de l'INB 165 (bâtiment 18) sont également pourvus de supports adsorbants de prélèvement en continu des halogènes, permettant spécifiquement la mesure en différé des rejets d'iode du site de Fontenay-aux-Roses.

Les neufs émissaires sont également équipés de balises de contrôle en temps réel de l'activité des aérosols émetteurs bêta, dont cinq suivant également l'activité des aérosols émetteurs alpha. Quatre d'entre eux, situés au niveau de l'INB 165 (bâtiment 18), sont par ailleurs équipés d'un contrôle pour la mesure en continu des gaz radioactifs, malgré l'absence systématique de rejet de gaz rares par les INB depuis l'arrêt en 1995 des opérations sur combustible irradié.

Tous les réseaux « procédés » et « ambiance » des émissaires des INB font donc l'objet d'un contrôle des rejets. Cependant, seuls les résultats des rejets issus des gaines « procédés » sont quantifiés annuellement en halogène et en aérosols émetteur bêta. Le contrôle des rejets en gaz rares et en aérosols émetteur alpha se fait uniquement au regard des activités volumiques mesurées respectivement en continu et en différé au laboratoire.

2.4.2 Les rejets liquides

Les effluents liquides du site CEA sont transférés via l'égout urbain, au travers de trois émissaires (cf. Figure 4), situé en aval du site dans le réseau de collecte de la ville de Fontenay-aux-Roses. Les égouts sont ensuite traités par le Syndicat Interdépartemental pour l'assainissement de l'agglomération parisienne (SIAAP).



Figure 5 : Implantation des émissaires et de l'égout urbain sur le site CEA de Fontenay-aux-Roses.

L'émissaire 17 : situé aux abords du bâtiment 17, cet émissaire collecte, outre les effluents d'une partie des installations non nucléaires du centre, les effluents du bâtiment 52-2 de l'INB 165 et des bâtiments de l'INB 166.

Les effluents des INB transitent dans un premier temps par l'émissaire 17 bis avant d'être transférés dans l'émissaire 17.

L'émissaire 55 : situé aux abords du bâtiment 55, cet émissaire collecte, outre les effluents de l'autre partie des installations non nucléaires du centre, les effluents du bâtiment 18 de l'INB 165.

2.5 LA SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE

Pour répondre aux exigences réglementaires, le plan de surveillance de l'environnement du site CEA de Fontenay-aux-Roses intègre les obligations réglementaires mentionnées précédemment (cf. § 2.3). Il prend également en compte la politique environnementale volontariste du centre CEA Paris-Saclay avec pour objectif majeur le maintien d'un niveau d'impact négligeable sur l'environnement. Dans ce cadre, la surveillance a été établie pour permettre de quantifier les rejets afin de garantir le respect des limites réglementaires, mais aussi pour déceler toute anomalie dans l'environnement et en évaluer l'impact. Elle repose sur une connaissance précise des procédés mis en œuvre dans toutes les installations, des mécanismes de transfert, du milieu environnant et des modes de vie des populations locales.

A ce titre, la surveillance repose sur la mesure en continu de divers paramètres tels que la météorologie, l'intensité du rayonnement gamma, les niveaux de radioactivité dans l'air et dans les eaux ainsi que sur l'analyse différée en laboratoire de prélèvements ponctuels effectués dans les différents compartiments de l'environnement. La surveillance atmosphérique est réalisée à partir de mesures effectuées dans quatre stations fixes (cf. Figure 6) situées à des distances de 0,2 à 2 km autour du site CEA : deux stations à Fontenay-aux-Roses (FAR ATMOS et FAR 2), une à Clamart et une à Bagneux. Les eaux (eaux de pluie, eaux souterraines et de surface) ainsi que les prélèvements d'herbes, de sols et de sédiments font également l'objet d'une surveillance réalisée à partir de mesures dans l'environnement proche du site.

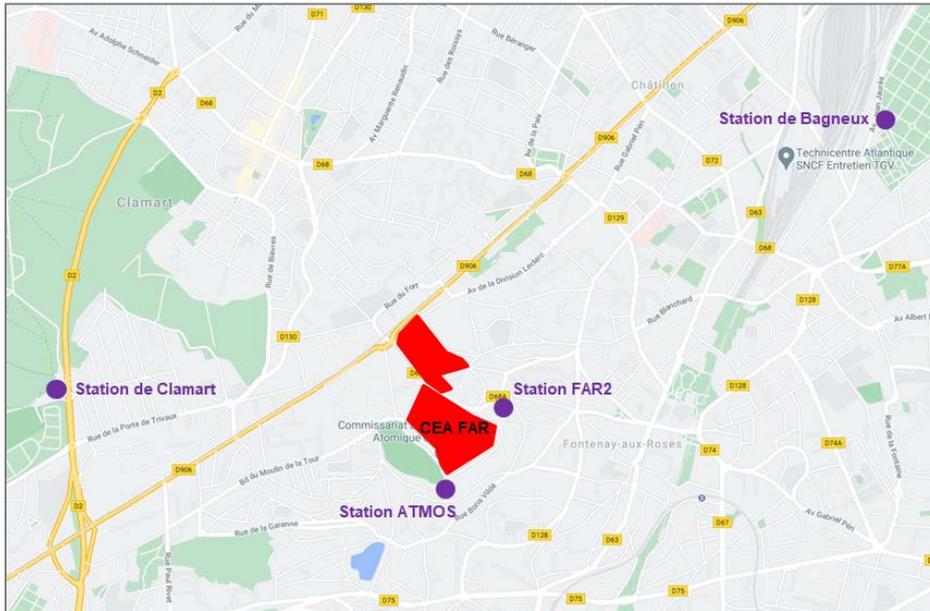


Figure 6 : Implantation des stations de surveillance atmosphérique du site CEA de Fontenay-aux-Roses.

Les équipes de la Section de Contrôle des Rejets et de l'Environnement (SCRE) et le Laboratoire d'Analyse Radiologique et Physicochimique (LARP) du Service de Protection contre les Rayonnements et de surveillance de l'Environnement (SPRE) collectent et analysent des échantillons tout au long de l'année. Le LARP est agréé au titre de l'article R.1333-17 du Code de la Santé Publique pour les mesures de la radioactivité de l'environnement et dispose d'une accréditation COFRAC (Comité français d'accréditation) pour la mesure des paramètres tant radiologiques que chimiques ; cette accréditation couvre également la mesure de la radioactivité dans les effluents. Enfin, le Laboratoire Dosimétrie Expertises (LDE) situé sur le site CEA de Saclay, également accrédité COFRAC, réalise les mesures du débit de dose sur les dosimètres implantés dans les stations autour du site CEA de Fontenay-aux-Roses et en limite de clôture du site.



Station de surveillance environnement



Prélèvement d'herbe



Mesure des aérosols sur filtre

Suite au regroupement en 2017 des sites de Saclay et de Fontenay-aux-Roses dans un centre unique CEA Paris-Saclay, les moyens et les ressources du SPRE ont été mutualisés. Aussi, les analyses des échantillons prélevés au titre de la surveillance environnementale du site de Fontenay-aux-Roses sont désormais réalisées dans les laboratoires du SPRE sur le site de Saclay, excepté les analyses relatives au contrôle des rejets, effectuées sur le site de Fontenay-aux-Roses.

Pour mémoire, depuis décembre 2012, en application de l'article 4.4.2 de l'« Arrêté INB », les données concernant la surveillance de l'environnement et le contrôle des rejets du site CEA de Fontenay-aux-Roses font l'objet d'une publication mensuelle (registre) à l'attention de l'ASN avec copie à la Commission locale d'information (CLI) auprès du site du CEA de Fontenay-aux-Roses. A noter également que depuis le 1^{er} janvier 2010, au titre de l'article R.1333-25 du Code de la Santé Publique, les données relatives à la surveillance de l'environnement du site CEA de Fontenay-aux-Roses sont consultables en ligne sur le site internet du Réseau National de Mesures de la radioactivité de l'environnement (RNM) : <http://www.mesure-radioactivite.fr>.

3 FAITS MARQUANTS ENVIRONNEMENTAUX

3.1 INSPECTIONS ET AUDITS

3.1.1 Contrôles de la Société des Eaux de Versailles et de Saint Cloud

Conformément à son programme de surveillance des rejets d'eaux usées industrielles au réseau public d'assainissement, la Société des eaux de Versailles et de Saint Cloud (SEVESC) a réalisé sur le site CEA de Fontenay-aux-Roses un contrôle inopiné avec un prélèvement sur 24h et une visite technique.

Les concentrations et flux journaliers des paramètres physico-chimiques restent en deçà des maxima autorisés, y compris pour la Demande Chimique en Oxygène (DCO) et Demande Biochimique en Oxygène sur 5 jours (DBO₅) prises séparément dont les concentrations sont toujours inférieures aux concentrations limites réglementaires respectives. Seul le ratio DCO/DBO₅ dépasse la valeur limite autorisée.

3.1.2 Inspection ASN

Aucune inspection ASN sur le thème des effluents et rejets liquides n'a eu lieu en 2024 sur le site CEA de Fontenay-aux-Roses.



Surveillance en continu des émetteurs $\beta\gamma$ de l'égout urbain et prélèvement de boues.

3.1.3 Evaluation Cofrac

Le Laboratoire d'analyses radiologiques et physicochimiques (LARP) du SPRE agréé par l'ASN pour les mesures de radioactivité dans l'environnement est également accrédité par le Comité Français d'accréditation (COFRAC) suivant la norme NF EN ISO/IEC 17025 pour plusieurs mesures radiologiques. Les accréditations du laboratoire sont consultables sur le site du COFRAC : www.cofrac.fr.

A ce titre, le LARP est régulièrement évalué par ce comité suivant un cycle bien défini. La dernière évaluation de surveillance COFRAC qui s'est déroulée en mai 2024 n'a relevé aucun écart critique. Les évaluateurs du COFRAC ont exprimé leur confiance dans les résultats délivrés par le laboratoire ainsi qu'un avis favorable aux demandes d'extension d'accréditation.

3.2 ANOMALIES ET INCIDENTS

Toute anomalie ou incident relatif à la surveillance de l'environnement et au contrôle des rejets du site CEA de Fontenay-aux-Roses fait l'objet de fiche d'écart dans le système qualité du SPRE.

Les principales anomalies récurrentes détectées en 2024 concernent des non-conformités de mesures en paramètres physico-chimiques par rapport aux valeurs limites autorisées par l'arrêté du 18 mai 2021 à l'émissaire 17 et la convention du 27 octobre 2015 à l'émissaire 55 (cf. tableau 8) et au projet de décision datant de février 2023.

Il s'agit principalement :

- De non-conformités de pH pour la majeure partie basique n'affectant pas la valeur de pH à l'égout urbain dans lequel les effluents de ces émissaires se déversent, sauf l'un d'eux en novembre 2024 qui atteint 8,5 (limite max) sans conséquence,
- Des dépassements du rapport de biodégradabilité DCO/DBO₅ généralement toujours très proches du ratio limite autorisé égal à 2,5 et sans dépassement des deux paramètres DCO et DBO₅ pris séparément ; ces ratios restent dans la plupart des cas inférieurs ou égaux à 3,5 ce qui correspond à des eaux usées urbaines et industrielles,
- Des dépassements des débits journaliers aux différents émissaires (17, 17bis – valeur maximale issue du projet de décision - et 55),
- Des dépassements ponctuels en phosphore total à l'émissaire 17 et 17bis,
- Des dépassements de flux sur l'émissaire 17 ont été déclarées pour les éléments phosphore total, Azote NTK, Fer+aluminium. Ces dépassements sont liés à un biais sur la mesure majorant le débit, augmentant artificiellement les flux déclarés,
- D'un défaut de prélèvement à l'égout urbain lié à des pompes hors service,
- De mesures de débit aberrantes à l'égout urbain en fin d'année suite à un déplacement du capteur et lors d'un épisode pluvieux intense,

A noter également des points de vigilance en lien avec les mesures radioactives :

- L'absence de mesures réglementaires (alpha et beta global) en tranche 3 du bâtiment 18 liée à une interdiction d'accès du fait de présence d'amiante,
- Une valeur beta totale élevée à l'égout urbain liée à la présence en iode-131, dont l'origine est extérieure au site,
- Une valeur supérieure à 5 Bq/kg_{sec} en Américium-241 pour les boues de l'égout urbain, limite issue du projet de décision,
- D'un indice beta supérieur à 2 mBq/m³ à FAR2. L'analyse isotopique gamma réalisée ne présente pas de radionucléides d'origine artificielle. Cette augmentation est corrélée à un gradient thermique inférieur à 0°C sur la période concernée,
- D'un dépassement du prévisionnel en beta total de 4% pour l'INB166.

Les causes potentielles des dépassements ponctuels physico-chimiques sont de plusieurs ordres et peuvent encore être liés en 2024 à :

- La nature même du rejet non traité en sortie de site (station de traitement en aval à l'extérieur du site),
- De faibles débits pouvant en particulier expliquer les fluctuations de pH,

- Des conditions météorologiques particulières (précipitations importantes),
- L'utilisation de détergent pour le nettoyage des installations pouvant en particulier expliquer la présence de phosphore dans l'émissaire 17 et les non-conformités en pH.

4 CONTROLE DES EAUX DE CONSOMMATION DU SITE

Dans le cadre de ses activités tertiaires et industrielles, le site CEA de Fontenay-aux-Roses consomme de l'eau potable issue du réseau d'eau de la ville.

En 2024, les volumes d'eau de ville consommés par les INB du site de Fontenay-aux-Roses (cf. figure 7) représentent :

- 818 m³ pour l'INB 165,
- 619 m³ pour l'INB 166.

Le volume d'eau consommé est inférieur au prévisionnel estimé pour l'INB 165 à 1000 m³. Le prévisionnel de consommation d'eau pour l'INB166 a été dépassé de 3% (+ 19 m³) suite à une fuite d'eau sanitaire détectée dans l'installation en janvier 2024.

Le site ne réalise aucun prélèvement d'eau souterraine à l'exception des échantillons mensuels de la nappe perchée destinés aux analyses environnementales réglementaires. Le volume d'eau prélevé est de l'ordre de 13 m³/an, et représente essentiellement le volume de purge avant prélèvement.

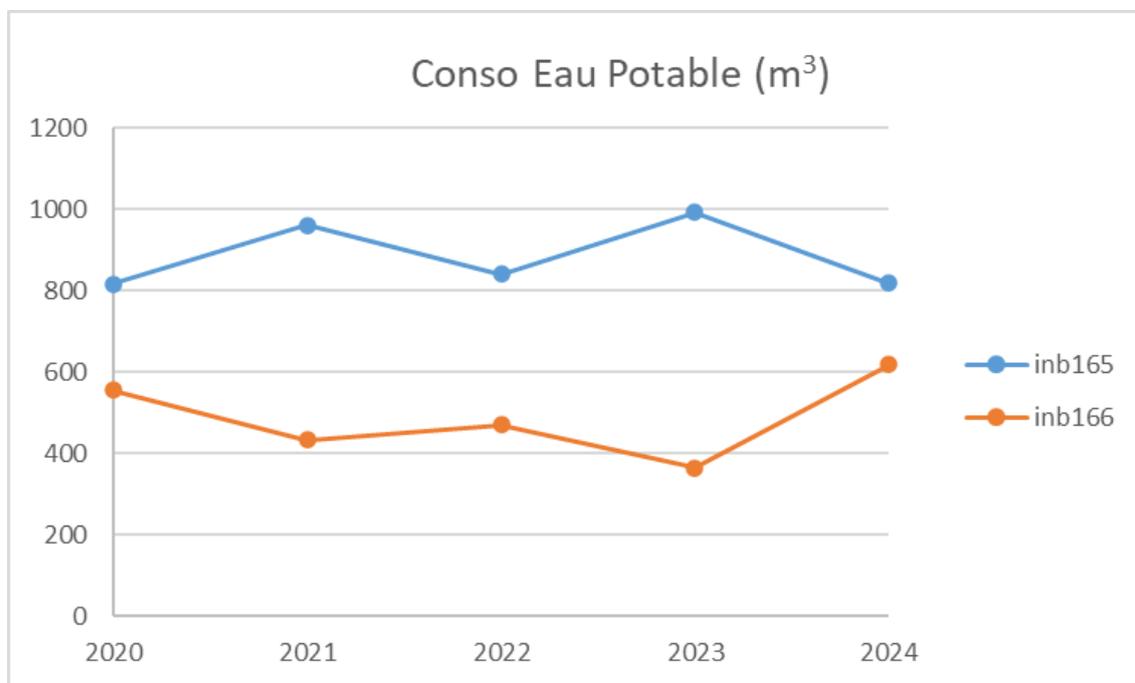


Figure 7 : Consommation en eau potable du site CEA de Fontenay-aux-Roses de 2020 à 2024.

Le site CEA de Fontenay-aux-Roses préserve donc sa ressource en eau en utilisant annuellement des volumes inférieurs à ceux prévus et en limitant ses prélèvements dans les eaux souterraines au juste besoin de surveillance environnementale réglementaire.

5 LE CONTROLE DES REJETS D'EFFLUENTS DU SITE

5.1 REJETS DES EFFLUENTS ATMOSPHERIQUES

Les rejets atmosphériques du site proviennent pour l'essentiel de la ventilation « procédés » des installations nucléaires. Les gaines de ventilations INB 165 et 166 sont équipées de filtres dits Très Haute Efficacité (THE) et de systèmes de prélèvements d'air sur filtre permettant de faire des mesures en continu et en différé.

Cadre réglementaire

Les valeurs limites réglementaires annuelles fixées par l'arrêté interministériel de 1988 (cf. § 2.3), relatives aux rejets d'effluents radioactifs par voie atmosphérique sont indiquées dans le *Tableau 1*.

| Paramètres | Rejets annuels maximaux autorisés (MBq) |
|------------------------|---|
| Gaz rares | $2 \cdot 10^7$ |
| Halogènes et aérosols* | 10^4 |

*aérosols = émetteurs alpha et bêta

Tableau 1 : Valeurs limites annuelles prescrites dans l'arrêté du 30 mars 1988 relatif à l'autorisation de rejets d'effluents radioactifs gazeux du site CEA de Fontenay aux-Roses.

Prévision des rejets atmosphériques des INB

Comme prévu par la « Décision environnement » en application de l'« Arrêté INB », chaque INB du site CEA de Fontenay-aux roses, fixe ses limites prévisionnelles de rejets. Pour l'année 2024, les prévisions de rejets par voie atmosphérique des INB 165 et 166 sont présentées dans le *Tableau 2*. Elles sont bien en dessous des limites réglementaires compte tenu de l'arrêt d'exploitation des INB.

| | INB165 | INB166 |
|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | Bât.18 et 52 | Bât.10, 50, 53 et 58 |
| Radioéléments | Activité annuelle (MBq) | Activité annuelle (MBq) |
| Gaz rares (éq. ^{85}Kr) | $< 3.10^6$ | Sans objet |
| Aérosols Bêta | 4.10^{-2} | 4.10^{-2} |
| Halogènes | 1 | Sans objet |

Tableau 2 : Limites prévisionnelles de rejets des INB 165 et 166 pour 2024.

Surveillance en temps réel des rejets atmosphériques des INB

Tous les réseaux « procédé » et « ambiance » des installations font l'objet d'une surveillance. Cependant, seuls les résultats des rejets issus des gaines « procédé » sont comptabilisés pour la détermination des rejets gazeux des INB, les résultats relatifs aux extractions « ambiance » ne présentant pas d'anomalie particulière.

Les dispositifs de mesure en continu de la radioactivité sont placés dans les cheminées de rejets des circuits d'extraction « procédé » en aval des filtres THE et avant rejet dans l'environnement. Ils assurent en temps réel la détermination de l'activité des aérosols bêta et de l'activité des gaz radioactifs. Les 9 émissaires des INB sont équipés de moniteurs de contrôle en temps réel de l'activité des aérosols émetteurs bêta dont cinq surveillent également les aérosols émetteurs alpha. Quatre d'entre eux, situés au bâtiment 18 (INB 165), sont équipés d'un contrôle des gaz malgré l'absence systématique de rejets de gaz rares.



Appareil de surveillance atmosphérique en continu.

Surveillance en différé des rejets atmosphériques des INB

Les activités mensuelles des aérosols bêta et des halogènes, mesurées sur les effluents atmosphériques sont représentées sur le graphe de la Figure 8.

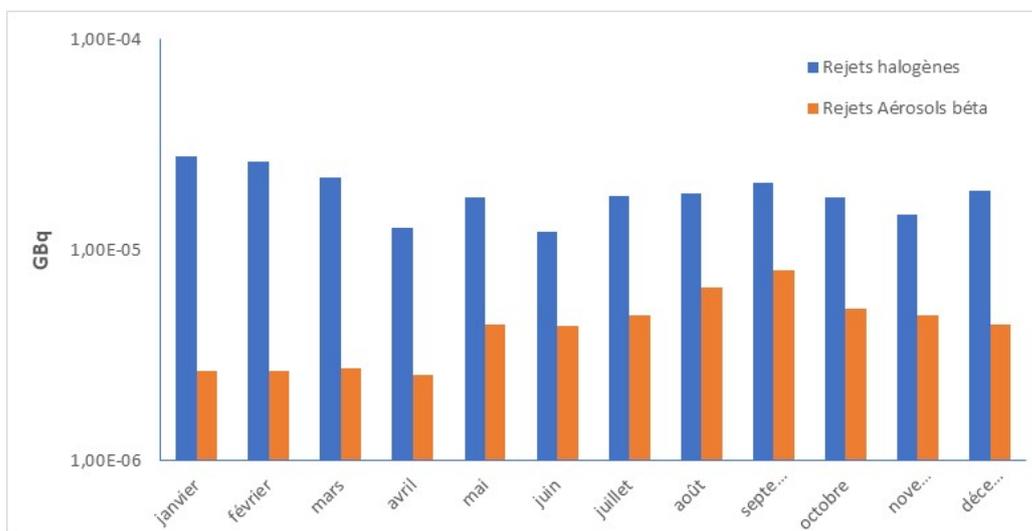


Figure 8 : Rejets atmosphériques des INB au regard du prévisionnel annuel.

L'activité annuelle des rejets cumulés en aérosol bêta et en halogènes est extrêmement faible, puisqu'elle représente moins de 0,003 % de la valeur annuelle autorisée. Les halogènes représentent seulement 30 % du prévisionnel de l'année, avec $2,3 \cdot 10^{-4}$ GBq alors que les aérosols émetteurs bêta représentent 67% du prévisionnel, avec $5,4 \cdot 10^{-5}$ GBq. Concernant les gaz rares, les résultats des mesures en continu sont tous systématiquement inférieurs au seuil d'alarme de l'équipement de mesure (excepté en cas d'artéfact électronique ou de conditions météorologiques favorisant la détection de radon d'origine naturel), ce qui démontre l'absence de ces gaz dans les rejets.

Pour la démonstration d'absence d'émetteurs alpha sur les filtres prélevés chaque semaine pour mesure en différée au laboratoire, le seuil de décision (SD) est actuellement fixé par le SPRE entre 10^{-6} et 10^{-5} Bq/m³. Les résultats de mesure des filtres « procédés » effectués en différé au laboratoire sont tous inférieurs au SD, ce qui est également le cas de la majorité des filtres « ambiance », à l'exception d'un d'entre eux prélevés au bâtiment 18 en septembre 2024 ; l'absence d'Américium-241 et d'autres émetteurs gamma d'origine artificielle sur ce filtre a été confirmée.

Nota : en mesure nucléaire, le seuil de décision (SD) est la valeur au-delà de laquelle il est possible de décider que l'activité mesurée est significative d'une présence avérée de radioactivité dans l'échantillon mesuré ; le résultat est alors rendu sous la forme d'une activité exprimée en becquerel ou en becquerel par quantité de matière, à laquelle est associée une incertitude de mesure. Lorsque le résultat est inférieur à cette valeur de seuil de décision (également exprimée en becquerel ou en becquerel par quantité de matière), ceci signifie que l'activité mesurée n'est alors pas significative. La valeur de ce seuil est déterminée par le laboratoire de mesure ; elle dépend entre autres de l'équipement de mesure, du temps et de la géométrie de comptage de l'échantillon ainsi que de la quantité à mesurer.

Les activités annuelles des aérosols bêta et des halogènes, mesurées sur les effluents atmosphériques depuis 2020, sont représentées sur le graphe de la Figure 9.

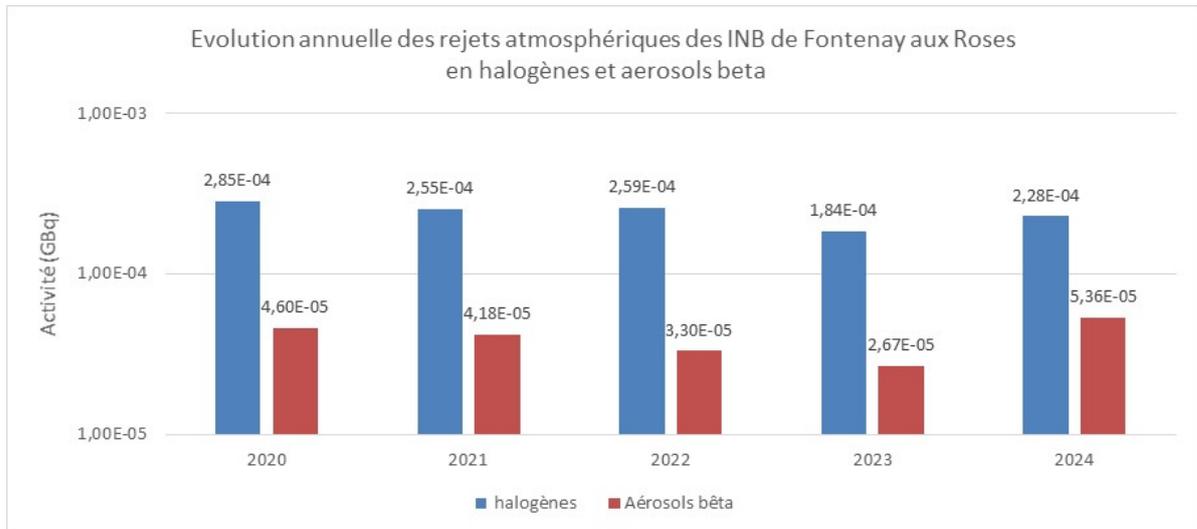


Figure 9 : Rejets atmosphériques des INB depuis 2020.

La Figure 9 montre que depuis 2020, les activités des rejets atmosphériques des INB du site CEA de Fontenay-aux-Roses en halogènes et en aérosols émetteurs bêta sont relativement stables depuis 2020. L'activité moyenne rejetée annuellement entre 2020 et 2024 est de $4,35 \cdot 10^{-5}$ GBq pour les aérosols émetteurs bêta et de $2,4 \cdot 10^{-4}$ GBq pour les halogènes représentés exclusivement par de l'iode-131 et l'iode-129. Les rejets de ces deux isotopes radioactifs de l'iode ont probablement pour origine l'entreposage sur site de déchets contenant des actinides, et en particulier de l'uranium. Ces radionucléides peuvent en effet naturellement être produits par fissions spontanées à partir de l'uranium naturel.

La figure 8 montre que les activités des rejets atmosphériques en halogènes et en aérosols émetteurs bêta sont également stables d'un mois sur l'autre avec une moyenne mensuelle sur 2024 de $4,5 \cdot 10^{-6}$ GBq. Ces activités correspondent en majorité à des cumuls de SD. Les quelques mesures détectées supérieures au SD pour les aérosols émetteurs bêta n'ont pas montré la présence de radioéléments artificiels après mesures par spectrométrie gamma. Concernant les rejets en halogènes composés uniquement d'iode-131 et d'iode-129, il s'agit également de cumuls de SD sauf pour l'iode-129 qui est majoritairement mesuré supérieur au seuil de décision. Compte tenu de leur probable origine, ces rejets peuvent donc être variables d'un mois sur l'autre. Cette variabilité d'émission s'observe sur la figure 8. A noter que les rejets d'aérosols bêta sont sous-estimés en raison d'une interdiction d'accès aux combles de la tranche 3 du bâtiment 18 sur plusieurs mois du fait d'une problématique amiante ; cette impossibilité de prélèvements hebdomadaires a fait l'objet d'une déclaration d'un événement significatif auprès de l'ASN le 19 juillet 2024.

5.2 TRANSFERTS DES EFFLUENTS LIQUIDES

Cadre réglementaire

Limites réglementaires radiologiques dans l'égout urbain

L'arrêté interministériel d'autorisation de 1988 (cf. §2.3) relatif au transfert d'effluents liquides dans l'égout urbain (cf. *Tableau 3*) impose 2 types de limites radiologiques :

- Les transferts annuels totaux de l'ensemble des cuves provenant des INB ;
- La concentration après mélange dans l'égout collecteur.

| Paramètres | Transferts maximaux autorisés des cuves des INB | Activité volumique maximale après mélange dans l'égout collecteur (en Bq/m ³) |
|-------------------------------------|---|---|
| Tritium | 2.10 ⁵ | 5. 10 ⁵ |
| Emetteurs bêta (autres que tritium) | 4. 10 ⁴ | 2. 10 ⁴ |
| Emetteurs alpha | 1000 | |

Tableau 3 : Valeurs limites annuelles prescrites dans l'arrêté du 30 mars 1988 relatif à l'autorisation de rejets d'effluents radioactifs liquides du site CEA de Fontenay aux-Roses.

Limites réglementaires physico-chimiques dans les émissaires

L'arrêté interministériel d'autorisation de mars 1988 (cf. § 2.3) pour le transfert des effluents des émissaires 17 et 55 vers l'égout urbain ne prévoit pas à l'heure actuelle de valeurs limites pour les paramètres physico-chimiques. Les valeurs limites seront intégrées prochainement à la nouvelle décision ASN en cours de révision (cf. § 2.3). Aussi, dans le présent rapport, ce sont celles de l'arrêté d'autorisation de déversement et de la Convention de raccordement au réseau d'assainissement qui sont utilisées pour le contrôle des transferts. Les valeurs limites qui concernent des concentrations et des flux journaliers, sont présentés dans le *Tableau 4*.

| Paramètres | Concentration maximale en mg/L | Flux journalier maximum en kg/jour |
|--|---------------------------------------|---|
| Matières en suspension (MES) | 600 | 90 |
| Demande chimique en oxygène (DCO) | 2 000 | 300 |
| Demande biochimique en oxygène (DBO ₅) | 800 | 120 |
| Azote total Kjeldhal (NTK) | 150 | 22,5 |
| Phosphore total (P _{tot}) | 50 | 7,5 |
| Hydrocarbures totaux (IH) | 10 | 1,5 |
| Cyanures (CN) | 0,1 | 0,015 |
| Fluorures (F) | 15 | 2,25 |
| Fer+ Aluminium (Fe+Al) | 5 | 0,75 |
| Cuivre (Cu) | 0,5 | 0,075 |
| Zinc (Zn) | 2 | 0,3 |
| Nickel (Ni) | 0,5 | 0,075 |
| Plomb (Pb) | 0,5 | 0,075 |
| Chrome total (Cr) | 0,5 | 0,075 |
| Cadmium (Cd) | 0,2 | 0,03 |
| Indice phénol | 0,3 | 0,045 |
| Agents de surface anioniques | 10 (RE17) / 30 (RE55) | 1,5 (RE17) / 4,5 (RE55) |

Tableau 4 : Valeurs limites réglementaires physico-chimiques autorisées dans les émissaires du site.

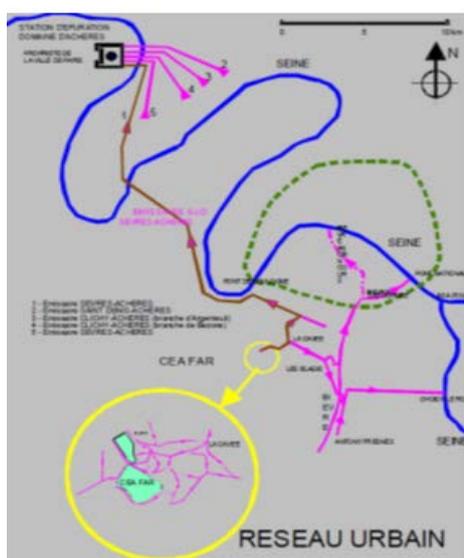
Gestion des effluents liquides du site

L'essentiel des effluents du site CEA de Fontenay-aux-Roses provient des eaux pluviales et des eaux sanitaires. Par ailleurs, l'élimination des produits chimiques est faite après un tri effectué par les producteurs selon les filières d'élimination appropriées, avec traçabilité du tri et des évacuations. Les éléments chimiques contenus dans les cuves de laboratoires de recherche et des installations en cours d'assainissement sont contrôlés avant rejet et ne doivent pas dépasser les valeurs limites prescrites par l'arrêté du 18 mai 2021 pour l'émissaire 17 et par la convention du 27 octobre 2015 pour l'émissaire 55.

Des stations de contrôles sont implantées au niveau des émissaires 17 et 55. Elles sont équipées d'un échantillonneur d'effluents, d'un dispositif pour le contrôle de radioactivité par mesure gamma et d'un pH-mètre.

Une station de contrôle des effluents de l'égout urbain, située en aval immédiat du site, est également équipée de dispositifs de contrôle de radioactivité, d'une mesure du pH et d'un dispositif de prélèvements en continu qui permet de recueillir les échantillons représentatifs des effluents. Ces échantillons font l'objet d'analyses de routine au laboratoire.

Les dispositifs installés aux émissaires et à l'égout urbain fonctionnent en continu avec un report d'alarme raccordé au Tableau de Contrôle de l'Environnement (TCE).



Préleveur automatique des eaux de l'égout urbain et des émissaires



Mesure en continu de spectrométrie gamma aux émissaires EU, 17 et 17bis.

Nota : le terme « rejets liquides » est utilisé à plusieurs reprises dans le présent rapport dans la mesure où il est communément usité. Cependant, d'un point de vue réglementaire, il s'agit de transferts d'effluents vers l'égout urbain et non de rejets directs dans l'environnement.

Les concentrations maximales des différents paramètres physico-chimiques mesurées en 2024, sur les prélèvements mensuels réalisés au niveau des émissaires 17 et 55 du site, sont présentées dans le tableau 5 au regard des valeurs limites réglementaires à respecter pour chacun d'entre eux ; ce tableau présente également le nombre de dépassements réglementaires observé dans l'année pour chaque paramètre.

Le nombre de dépassements ponctuels reste relativement faible sur l'année et n'a pas d'impact sur l'environnement.

Le ratio DCO/DBO₅ est un indicateur de suivi car la DCO s'accompagne souvent de DBO₅ ; Même si ce ratio est le plus fréquemment dépassé, sans impact, les valeurs en DCO et DBO₅ restent inférieures aux seuils limites.

| EMISSAIRES | | | EM17 | | EM55 | |
|----------------------|---------|----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Paramètres | Unités | Limite Réglementaire | Maximale annuelle 2024 | Nombre de dépassements | Maximale annuelle 2024 | Nombre de dépassements |
| pH | / | 5,5< <8,5 | 8,2 | 0 | 8,9 | 5 |
| MES | mg/l | 600 | 310 | 0 | 470 | 0 |
| DCO | mg O2/l | 2000 | 520 | 0 | 670 | 0 |
| DBO ₅ | mg O2/l | 800 | 200 | 0 | 240 | 0 |
| DCO/DBO ₅ | / | 2,5 | 5,7 | 8 | 3,6 | 9 |
| Azote Kjeldahl | mg N/l | 150 | 70 | 0 | 140 | 0 |
| Phosphore total | mg P/l | 50 | 93 | 2 | 13 | 0 |
| Hydrocarbures totaux | mg/l | 10 | 0,32 | 0 | 0,15 | 0 |
| Cyanures | mg/l | 0,1 | 0,010 | 0 | 0,010 | 0 |
| Fluorures | mg/l | 15 | 0,14 | 0 | 0,19 | 0 |
| Fer + alu | mg/l | 5 | 4,5 | 0 | 1,1 | 0 |
| Cuivre | mg/l | 0,5 | 0,16 | 0 | 0,20 | 0 |
| Zinc | mg/l | 2 | 0,3 | 0 | 0,22 | 0 |
| Nickel | mg/l | 0,5 | 0,02 | 0 | 0,020 | 0 |
| Plomb | mg/l | 0,5 | 0,010 | 0 | 0,020 | 0 |
| Chrome | mg/l | 0,5 | 0,03 | 0 | 0,020 | 0 |
| Cadmium | mg/l | 0,2 | 0,0 | 0 | 0,002 | 0 |

Tableau 5 : Concentrations maximales des différents paramètres physico-chimiques mesurés en 2024.

Le tableau 6 montre pour 2024 que les activités annuelles totales des transferts d'effluents liquides dans l'égout urbain en aérosols alpha, bêta et en tritium sont extrêmement faibles, puisqu'elles représentent chacune moins de 0,003 % de leur valeur annuelle autorisée. Les effluents liquides n'étant pas rejetés directement dans l'environnement, mais transférés dans l'égout urbain, aucun prévisionnel n'est effectué car non requis pour le transfert au SIAAP par l'arrêté du 18 mai 2021 ou par la convention du 27 octobre 2015.

| Nature des radioéléments | Emetteurs alpha | Emetteurs Bêta | Tritium |
|---|-----------------|----------------|----------|
| Autorisation réglementaire (GBq) | 1 | 40 | 200 |
| Quantité de radioactivité rejetée en 2024 (GBq) | 3,01E-05 | 7,31E-04 | 1,44E-03 |

Tableau 6 : Activités radiologiques des effluents liquides en 2024.

La Figure 10 montre une stabilité de l'activité rejetée en émetteurs alpha et bêta depuis la baisse observée en 2019 du fait d'activité d'assainissement plus orientée vers du traitement de déchets.

Depuis 2024, l'activité alpha des INB est déterminée par une mesure en spectrométrie alpha dont les radioéléments mesurés sont l'Am-241, le Pu-238 et les Pu-239+240 et le Cm243+244 sur la base d'un aliquote mensuel par INB.

En 2024, les effluents liquides du site CEA de Fontenay-aux roses ont présenté une activité de $3,01.10^{-5}$ GBq en émetteurs alpha, et de $7,31.10^{-4}$ GBq en émetteurs bêta. Le site CEA de Fontenay-aux-Roses n'ayant plus d'impact tritium, l'activité rejetée en tritium visualisée est proportionnelle au volume rejeté, puisque l'activité mesurée en tritium dans les effluents correspond à l'activité déjà présente dans l'eau de ville fournie au site CEA.

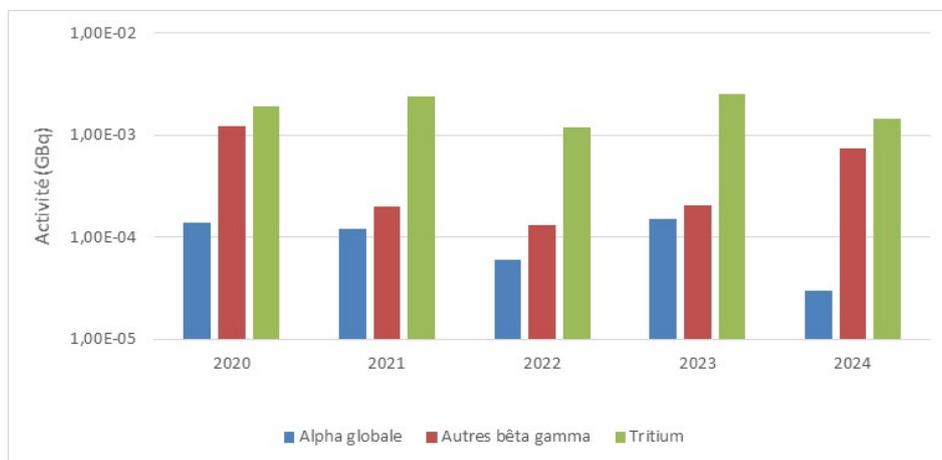


Figure 10 : Evolution des activités radiologiques annuelles des effluents liquides de 2020 à 2024.

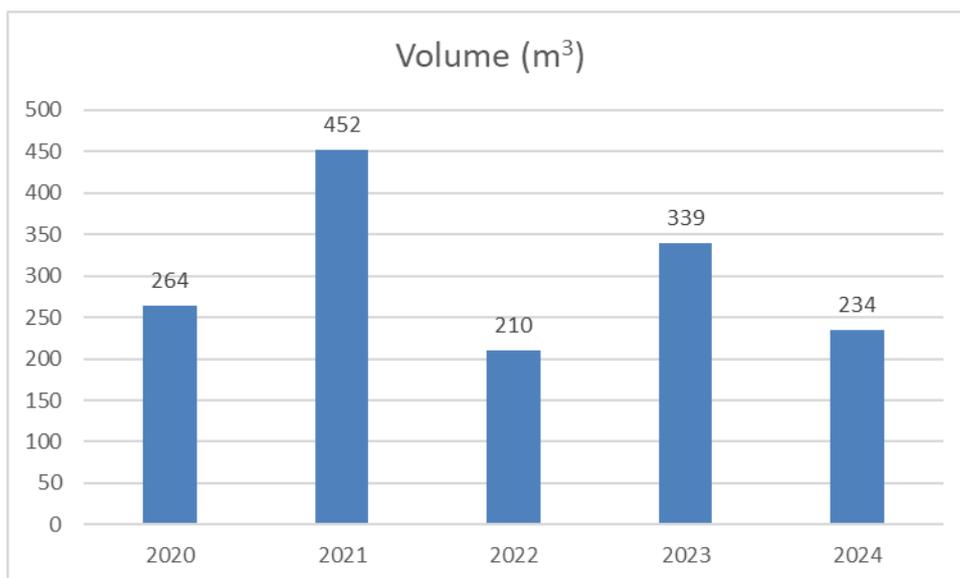


Figure 11 : Evolution des volumes d'effluents liquides rejetés à l'égout urbain de 2020 à 2024.

Nota : la valeur élevée du volume transféré en 2021 peut s'expliquer par des transferts d'effluents prévus en 2020 et reportés en raison de la pandémie de Covid-19.

La Figure n°11 montre que le volume rejeté dans l'égout urbain est de 234 m³. Ce volume est majoritairement issu du bâtiment 18 et représente plus de 70% du volume rejeté. De plus, la figure 10 représente les activités prépondérantes en rejet. Ainsi, les activités rejetées sont fonction des volumes.

La figure 12 montre que le volume de 234 m³ rejeté dans l'égout urbain en 2024 a pour origine neuf rejets mensuels de cuves présentant des activités comprises entre 3,5. 10⁻⁸ GBq et 1,9. 10⁻⁵ GBq en émetteur alpha, ainsi qu'entre 2,8. 10⁻⁷ GBq et 3,1. 10⁻⁴ en émetteur bêta. Cette variabilité mensuelle est dépendante de la nature des activités de démantèlement menées au sein des INB.

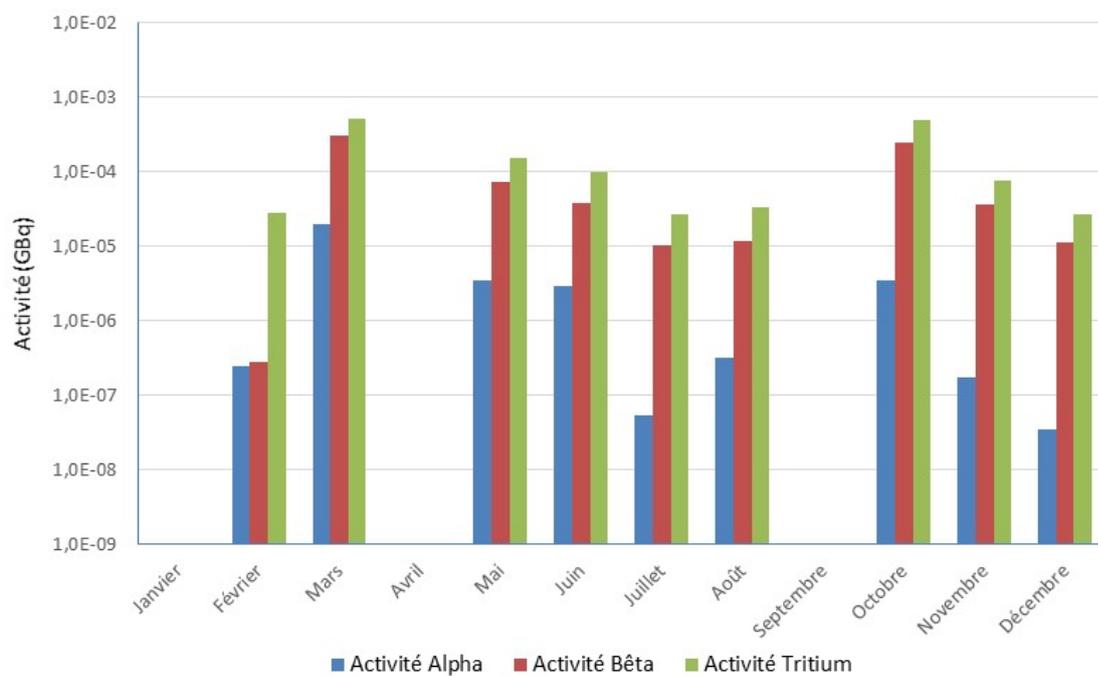


Figure 12 : Evolution mensuelle des rejets liquides radiologiques en 2024.

6 LA SURVEILLANCE DE L'ENVIRONNEMENT DU SITE

6.1 CADRE REGLEMENTAIRE

Les prescriptions individuelles du site CEA de Fontenay-aux-Roses (cf. § 2.3) n'indiquent pas de valeurs limites réglementaires pour les paramètres radiologiques de la surveillance de l'environnement. Néanmoins la « Décision environnement » homologuée prescrit les seuils de décision pertinents à atteindre suivant les meilleurs techniques disponibles (MDT) au regard des enjeux pour la protection des intérêts, que sont notamment la population et son environnement (cf. tableau 7). Il s'agit donc de niveaux d'activité proportionnés aux enjeux, seuils « repères » appropriés pour les objectifs de la surveillance usuelle de l'environnement, et en dessous desquels les résultats de mesure ne présentent pas d'intérêt pour cette dernière.

| MATRICE | MESURE | UNITE | SD |
|---------|--|--------------------|---------------------|
| EAU | α Total | Bq/L | $5 \cdot 10^{-2}$ |
| | β Total | | $2,5 \cdot 10^{-1}$ |
| | ^3H | | 10 |
| AIR | α Total ⁽¹⁾ | mBq/m ³ | $5 \cdot 10^{-1}$ |
| | β Total ⁽¹⁾ | | $2,5 \cdot 10^{-1}$ |
| | γ ⁽²⁾ | | $5 \cdot 10^{-2}$ |
| BIO | $\gamma(^{137}\text{Cs})$ ⁽³⁾ | Bq/kg | $5 \cdot 10^{-1}$ |

(1) Pour un prélèvement de 24 heures.

(2) Valeur donnée pour le ^{137}Cs ; dans le cas d'un regroupement filtre, cette valeur est portée à 10^{-5} Bq/m³.

(3) En Bq/kg frais pour une matrice biologique consommée ; en Bq/Kg sec pour une matrice biologique non consommée.

Tableau 7 : Seuils de décision prescrit par la « Décision environnement » au regard des enjeux environnementaux.

Concernant le débit d'équivalent de dose, le seuil utilisé est celui du bruit de fond augmenté de 0,114 $\mu\text{Sv/h}$ afin de garantir le respect de la limite de dose annuelle réglementaire pour la population.

Le laboratoire d'essais de surveillance de l'environnement du site CEA de Fontenay-aux-Roses a des performances analytiques qui respectent les seuils de décision du tableau 7 pour les différents échantillons prélevés dans l'environnement du site.

6.2 SURVEILLANCE ATMOSPHERIQUE

La surveillance de l'air est effectuée à partir des 4 stations de surveillance : ATMOS, FAR2, CLAMART et BAGNEUX (cf. figure 6 au § 2.5). Les stations sont équipées de dispositifs pour :

- La mesure en différé des activités alpha et bêta des poussières atmosphériques collectées sur filtres après décroissance des radionucléides naturels,
- La recherche d'halogènes sur les cartouches de prélèvement (pour ATMOS et FAR 2 uniquement),
- La mesure de l'irradiation ambiante ; ce dispositif est complété de mesures de l'irradiation ambiante tout autour de la clôture du site.

Les aérosols

Les prélèvements atmosphériques ont pour but de collecter les poussières et les aérosols de l'air ambiant sur un filtre plan. Pour une durée de prélèvement de 24 heures, le volume d'air filtré quotidiennement est de l'ordre de 1 400 m³. Une mesure en différé est réalisée en laboratoire 8 jours après le prélèvement afin de limiter au maximum la contribution des radionucléides naturels à vie courte que sont le radon et certains de ses descendants, ce qui permet de mieux identifier d'éventuels radionucléides artificiels.

Les Figures 13 et 14 présentent les moyennes mensuelles calculées sur l'ensemble des résultats journaliers de mesures en émetteurs alpha et bêta, effectuées au niveau des stations atmosphériques de surveillance de l'environnement.

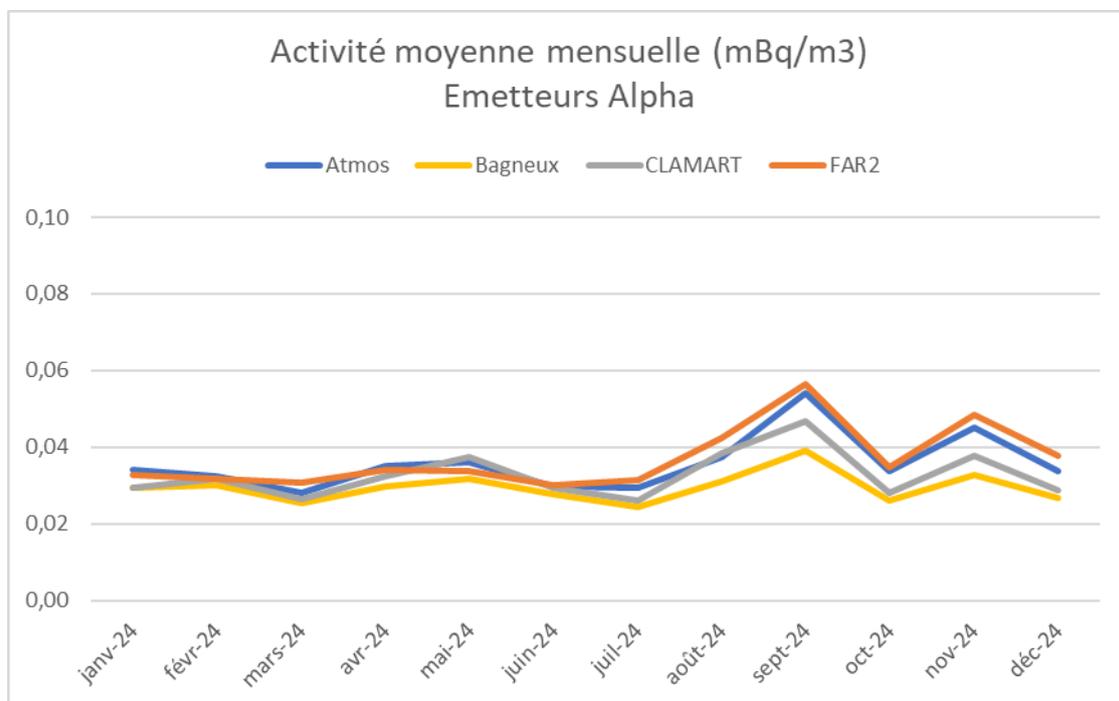


Figure 13 : Activités moyennes mensuelles 2024 en émetteurs alpha au niveau des stations de surveillance atmosphériques.

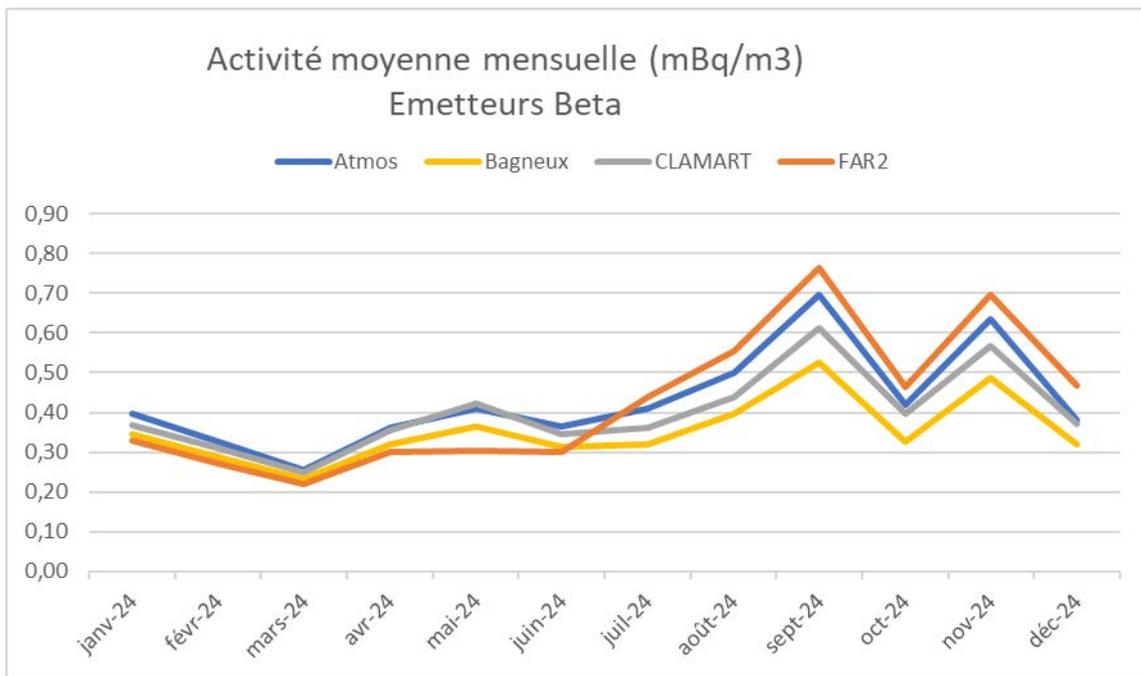


Figure 14 : Activités moyennes mensuelles 2024 en émetteurs bêta au niveau des stations de surveillance atmosphériques.

La valeur moyenne mensuelle maximum de radioactivité en émetteurs alpha obtenue en 2024 sur les aérosols des stations de surveillance de l'environnement du CEA de Fontenay-aux-Roses est celle du mois de septembre (cf. figure 13), calculée à 0,056 mBq/m³. Par conséquent, les niveaux moyens de radioactivité en émetteurs alpha des aérosols mesurés au niveau des stations sont bien inférieurs aux seuils de décision prescrits pour les mesures dans l'air de ces émetteurs par la « Décision environnement » (cf. tableau 7 du § 6.1).

Les valeurs moyennes de radioactivité en émetteurs bêta obtenue en 2024 sur les aérosols des stations de surveillance de l'environnement du CEA de Fontenay-aux-Roses oscillent entre la valeur de 0,21 mBq/m³ mesurée en mars et 0,76 mBq/m³ mesurée en septembre 2024 (cf. figure 14). Ces niveaux moyens de radioactivité en émetteurs bêta des aérosols mesurés au niveau des stations sont sensiblement supérieurs aux seuils de décision prescrits pour les mesures dans l'air de ces émetteurs par la « Décision environnement » (cf. tableau 7 du § 6.1).

Les valeurs significatives en émetteurs bêta restent liées aux radionucléides naturels non éliminés après 8 jours de décroissance avant mesure des filtres. Les fluctuations observées identiques d'une station à l'autre confirment que ces résultats ne sont pas liés aux rejets du site de Fontenay-aux-Roses, mais reflètent des fluctuations météorologiques (inversion thermique) pouvant entraîner des variations naturelles du taux d'émanation radon et, de l'empoussièrement de l'air.

Les halogènes

L'activité des halogènes est calculée sur la base des mesures hebdomadaires par spectrométrie gamma sur les cartouches à lit de charbon actif (pièges à iode) prélevées au niveau des stations ATMOS et FAR2. En 2024, l'activité volumique en I31I est restée systématiquement inférieure au seuil de décision du laboratoire d'essai, soit $< 1,1.10^{-3}$ Bq/m³ (pour un volume moyen de 500 m³ et une période classique de 7 jours), seuil bien inférieur à celui prescrit par la « Décision environnement » (cf. tableau 7 du § 6.1).

Aucune trace d'autres iodes n'a donc été mise en évidence au niveau des deux stations environnementales du site CEA de Fontenay-aux-Roses.

L'irradiation ambiante

Aux alentours du site

L'exposition ambiante mesurée dans les stations de surveillance atmosphérique de l'environnement (ATMOS, FAR2, BAGNEUX et CLAMART) est réalisée :

- En continu par l'enregistrement du signal des balises irradiation (sonde Gammatracer),
- En différé par le suivi mensuel des dosimètres RPL (RadioPhotoLuminescents).



Dosimètre RPL



Sonde gammatracer

Le tableau 8 présente les débits d'équivalent de dose ambiante moyens calculés pour l'année 2024 à partir des données issues de la balise irradiation et du dosimètre RPL situés dans chacune des stations de surveillance atmosphérique de l'environnement.

| | Equivalent de dose ambiant moyen ($\mu\text{Sv/h}$) | | | | |
|---------|---|---------|---------|-------|--------------|
| | ATMOS | BAGNEUX | CLAMART | FAR2 | Moyenne |
| Balises | 0,077 | 0,078 | 0,078 | 0,084 | 0,079 |
| RPL | 0,061 | 0,060 | 0,074 | 0,072 | 0,067 |

Tableau 8 : Débits d'équivalent de dose ambiant mesurés au niveau des stations de surveillance atmosphérique de l'environnement.

En 2024, le débit d'équivalent de dose ambiant moyen annuel calculé à partir des données issues de la mesure en continu des balises d'irradiation est de $0,079 \mu\text{Sv/h}$, ce qui est comparable aux débits des années passées (cf. Figure 15).

Les niveaux d'irradiation mesurés par balises ou par dosimètres RPL sont du même ordre de grandeur et similaires à l'irradiation ambiante naturelle de la région parisienne. Les résultats de débit de dose ambiant des dosimètres RPL toujours légèrement inférieurs à ceux obtenus à partir des sondes Gammatracer, peuvent s'expliquer par :

- Leur position dans les stations de surveillance,
- Des gammes de mesure différentes ($33\text{keV} \rightarrow 6\text{MeV}$ pour les RPL contre $45\text{keV} \rightarrow 2\text{MeV}$ pour les Gammatracer),
- Des étalonnages effectués de manière différente notamment en énergie avec des traceurs différents (^{137}Cs pour les sondes Gammatracer et ^{60}Co pour les dosimètres RPL).

Dans tous les cas, les résultats des dosimètres RPL et des sondes Gammatracer sont compatibles aux incertitudes de mesure près.

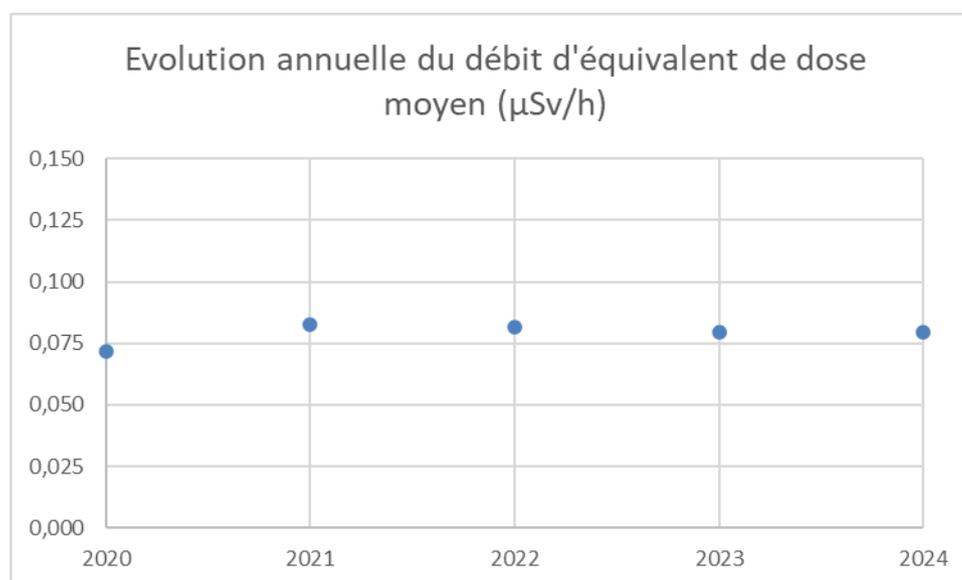


Figure 15 : Débits d'équivalent de dose ambiant moyens issus des mesures en continu des balises irradiation.

Les débits d'équivalent de dose ambiant moyens mesurés en 2024 au niveau des stations de surveillance environnementales du site CEA de Fontenay-aux-Roses sont bien inférieurs aux seuils prescrits par la « Décision environnement » pour la protection de population (cf. § 6.1).

En limite du site

Le niveau d'irradiation ambiante est également mesuré au moyen de 11 dosimètres RPL disposés le long de la clôture du site de Fontenay-aux-Roses (cf. Figure 16) conformément aux arrêtés d'autorisation (cf. § 2.3). Le tableau 9 présente les débits d'équivalent de dose ambiant moyens calculés pour l'année 2024 à partir des données issues de ces dosimètres RPL.

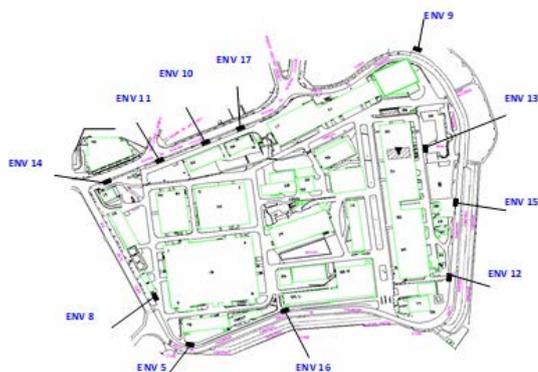


Figure 16 : Implantation des dosimètres RPL en clôture du site CEA de Fontenay-aux-Roses.

| | Débit d'équivalent de dose moyen 2024 ($\mu\text{Sv/h}$) |
|-----------------|--|
| ENV5 | 0,070 |
| ENV8 | 0,068 |
| ENV9 | 0,074 |
| ENV10 | 0,068 |
| ENV11 | 0,066 |
| ENV12 | 0,074 |
| ENV13 | 0,071 |
| ENV14 | 0,068 |
| ENV15 | 0,065 |
| ENV 16 | 0,073 |
| ENV17 | 0,065 |
| Moyenne clôture | 0,069 |

Tableau 9 : Débits d'équivalent de dose ambiant mesurés en limite de site.

Les débits d'équivalent de dose ambiant moyens mesurés en 2024 en limite du site CEA de Fontenay-aux-Roses sont bien inférieurs aux seuils prescrits par la « Décision environnement » pour la protection de population (cf. § 6.1). En effet, l'irradiation mesurée en périphérie du site est en moyenne de 0,069 $\mu\text{Sv/h}$, ce qui correspond au niveau de l'irradiation ambiante naturelle de la région parisienne.

6.3 SURVEILLANCE DES EAUX

Pluies

Les eaux de pluie sont collectées à l'aide de :

- Deux collecteurs de pluie de 0,06 m² de surface, installés dans les stations ATMOS et FAR2 ; l'eau de pluie ainsi récoltée fait l'objet d'une recherche systématique des activités alpha et bêta. La mesure en tritium pour la station ATMOS a été arrêtée en 2024 ;
- Deux pluviomètres de 0,04 m² de surface de collection, installés dans les stations de ATMOS et FAR2 pour le relevé de la hauteur des précipitations.

Le tableau 14 présente les hauteurs de pluie collectées mensuellement au niveau de stations ATMOS et FAR2 du site CEA de Fontenay-aux-Roses, ainsi que leurs activités volumiques moyenne en émetteurs alpha et bêta mesurées sur 4 périodes hebdomadaires dans le mois.



Collecteur et Pluviomètre à lecture directe.

| | Station FAR ATMOS | | | Station FAR2 | | |
|------------------|-----------------------|-----------------------------------|--------------|-----------------------|-----------------------------------|--------------|
| | Hauteur de pluie (mm) | Activité volumique moyenne (Bq/L) | | Hauteur de pluie (mm) | Activité volumique moyenne (Bq/L) | |
| | | Alpha | Bêta | | Alpha | Bêta |
| Janvier | 85 | < 0,012 | 0,032 | 88 | < 0,012 | < 0,041 |
| Février | 80 | < 0,010 | 0,048 | 86 | < 0,013 | < 0,034 |
| Mars | 84 | < 0,011 | 0,043 | 92 | < 0,017 | < 0,052 |
| Avril | 66 | < 0,024 | 0,11 | 71 | 0,026 | 0,082 |
| Mai | 138 | < 0,017 | 0,063 | 137 | < 0,038 | 0,059 |
| Juin | 41 | < 0,013 | 0,11 | 36 | < 0,014 | 0,066 |
| Juillet | 76 | < 0,015 | 0,13 | 74 | < 0,013 | < 0,067 |
| Août | 55 | < 0,010 | 0,081 | 62 | < 0,010 | 0,065 |
| Septembre | 102 | < 0,013 | 0,034 | 110 | < 0,011 | < 0,045 |
| Octobre | 121 | < 0,013 | 0,083 | 140 | < 0,013 | < 0,049 |
| Novembre | 51 | < 0,016 | 0,043 | 54 | < 0,016 | < 0,038 |
| Décembre | 65 | < 0,010 | 0,12 | 79 | < 0,010 | < 0,032 |
| Moyenne annuelle | Total : 964 | 0,014 | 0,074 | Total : 1030 | 0,016 | 0,052 |

Tableau 10 : Hauteurs et activités radiologiques moyennes des pluies collectées dans les stations ATMOS et FAR2 du site CEA de Fontenay-aux-Roses.

Nota : Pour chaque paramètre radiologique, le résultat du calcul de la moyenne des activités volumiques mesurées sur les 4 périodes hebdomadaires de chaque mois est affiché comme étant « inférieur à » dès lors qu'une activité volumique sur l'une des 4 périodes hebdomadaires est mesurée comme étant inférieure aux seuils de décision (SD) du laboratoire de mesure.

Nota bis : les mesures en Tritium au niveau des précipitations des stations de surveillance atmosphérique ne sont pas réalisées car ces dernières ne sont pas réglementaires au titre de l'arrêté des rejets gazeux de 1988 et ne se justifient pas car le tritium est absent du spectre des installations.

En 2024, les émetteurs alpha ont une activité volumique moyenne annuelle égale à 0,014 Bq/L à la station ATMOS et 0,016 Bq/L pour la station FAR2, avec des moyennes mensuelles très peu dispersées autour de cette valeur. L'activité volumique moyenne mensuelle maximale calculée est de 0,026 Bq/L au niveau de la station FAR2 en avril. Pour les émetteurs bêta, l'activité volumique moyenne annuelle des stations est proche de 0,063 Bq/L avec une activité volumique moyenne mensuelle maximale égale à 0,13 Bq/L en juillet au niveau de la station ATMOS.

Les niveaux d'activités mesurés sont en majorité inférieurs aux seuils prescrits par la « Décision environnement » pour la protection de la population (cf. Tableau 7 du § 6.1) ou restent compatibles à ce dernier aux incertitudes près.

Eaux de surface et sédiments

Des prélèvements réguliers sont effectués dans les plans d'eau (étangs, bassin et lac) dans l'environnement proche du site CEA de Fontenay-aux-Roses (cf. figure 17) jusqu'à une distance d'environ 6 km pour les plus éloignés du site.



Figure 17 : Localisation des plans d'eau prélevés pour surveillance autour du site CEA de Fontenay-aux-Roses.

Etang Colbert

Les eaux de surface sont prélevées mensuellement à l'étang Colbert. Il s'agit d'un petit plan d'eau artificiel, situé sur la commune du Plessis-Robinson. Initialement créé comme simple retenue d'eau pluviale pour subvenir aux besoins du domaine de Sceaux, il est aujourd'hui aménagé en étang de pêche.

L'Étang Colbert :



Plan d'eau de l'étang Colbert.

Le tableau 11 présente les activités volumiques radiologiques mesurées depuis 2018 dans les eaux de cet étang situé à moins de 500 m du site de Fontenay-aux-Roses (cf. Figure 18).

| | Activités volumiques de l'étang Colbert (Bq/L) | | |
|-------------|--|------|---------|
| | Alpha | Bêta | Tritium |
| 2018 | 0,09 | 0,12 | < 4,0 |
| 2019 | 0,08 | 0,14 | < 3,3 |
| 2020 | 0,07 | 0,14 | < 3,1 |
| 2021 | 0,05 | 0,13 | < 3,6 |
| 2022 | 0,07 | 0,16 | < 3,4 |
| 2023 | 0,06 | 0,13 | < 3,2 |
| 2024 | 0,09 | 0,14 | < 3,2 |

Tableau 11 : Activités volumiques mensuelles des eaux de l'étang Colbert en émetteurs alpha, bêta et en tritium.

Les activités volumiques de l'étang Colbert mesurées en 2024 sont stables par rapport aux années précédentes.

Nota : la périodicité du prélèvement dans l'étang de Colbert est passée de mensuelle à annuelle, tel que proposé dans le projet de décision ASN.

Les activités volumiques mesurées en 2024 en tritium et en émetteurs bêta sont inférieures aux seuils correspondants prescrits par la « Décision environnement » (cf. tableau 7 du § 6.1). Celles obtenues à plus bas niveaux en tritium par le laboratoire d'essais montrent l'absence de ce radionucléide dans les prélèvements d'eau de l'étang Colbert.

Nota : le centre CEA de Fontenay-aux-Roses n'ayant plus de rejet tritié, il ne peut par conséquent pas présenter d'impact tritium sur l'environnement.

L'activité volumique également obtenue à plus bas niveau par le laboratoire d'essais en émetteur bêta est représentative du niveau de potassium-40, à l'origine de la radioactivité naturelle ordinairement présente dans ces eaux. Concernant celle en émetteurs alpha légèrement supérieure au seuil de la « Décision environnement » (cf. tableau 7 du § 6.1), elle reste représentative des niveaux de radioactivité naturelle généralement présente dans l'eau du fait de la présence d'uranium. En effet, des mesures effectuées par spectrométrie gamma sur ces prélèvements d'eau de surface, toutes inférieures aux seuils de décision du laboratoire d'essais indiquent l'absence de radioactivité artificielle.

En complément des prélèvements d'eau, un échantillonnage annuel de sédiments est également réalisé au niveau de l'étang Colbert. Le tableau 12 présente les activités radiologiques annuelles de ce sédiment depuis 2018.

| Activité massique des sédiments de l'étang Colbert (Bq/kg sec) | | | | | | | |
|--|--------------|-------------|---------------------------|---------------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| | Alpha global | Bêta global | ⁷ Be (naturel) | ⁴⁰ K (naturel) | ⁶⁰ Co | ¹³⁷ Cs | ²⁴¹ Am |
| 2020 | 890 | 975 | 210 | 310 | < 0,40 | 21 | < 0,71 |
| 2021 | 743 | 880 | 284 | 260 | < 0,35 | 13 | < 0,61 |
| 2022 | 705 | 900 | 176 | 260 | < 0,46 | 12 | < 0,82 |
| 2023 | 830 | 973 | 97 | 283 | < 0,44 | 14 | < 0,79 |
| 2024 | 900 | 1150 | 275 | 280 | < 0,39 | 14 | < 0,66 |

Tableau 12 : Activités massiques radiologiques mesurées depuis 2020 dans les sédiments de l'étang Colbert.

En 2024, les sédiments de l'étang Colbert présentent une activité massique en ¹³⁷Cs de 14 Bq/kg sec. Celles en ⁶⁰Co et en ²⁴¹Am restent systématiquement inférieures aux seuils de décision du laboratoire d'essais.

L'étang Colbert n'est pas relié au réseau urbain recevant les eaux du site CEA de Fontenay-aux-Roses, ses sédiments ne peuvent donc être marqués que par les retombées atmosphériques. Les activités en émetteurs alpha, bêta, ainsi qu'en Béryllium-7 et en Potassium-40 sont représentatives des radionucléides naturels. Quant au Césium-137, l'activité mesurée provient des retombées des anciens essais nucléaires aériens et de l'accident de Tchernobyl.

Plans d'eau de Montsouris, La Garenne et Verrières

Les eaux de surface sont également prélevées annuellement dans des plans d'eaux de La Garenne et Montsouris, et le lac de Verrières, plus éloignés du site CEA de Fontenay-aux-Roses. En 2024, les étangs de Villebon et le bassin du parc de Sceaux sont exclus de la surveillance environnementale du site de Fontenay-aux-Roses. Le tableau 13 présente les activités volumiques radiologiques mesurées en 2024 dans les échantillons prélevés dans ces plans d'eau.

| | Activités volumiques des plans d'eau environnant (Bq/L) | |
|---------------------|---|------|
| | Alpha | Bêta |
| Etang de Verrières | < 0,017 | 0,12 |
| Etang de Montsouris | 0,06 | 0,16 |
| Etang de La Garenne | 0,61 | 0,13 |

Tableau 13 : Activités volumiques 2024 en émetteurs alpha, bêta et en tritium des plans d'eaux environnant le site CEA de Fontenay-aux-Roses.

Les activités globales en émetteurs alpha et bêta sont représentatives de la radioactivité naturelle pour les étangs de Verrières et Montsouris (uniquement le bêta pour l'étang de La Garenne). La valeur alpha plus élevée pour l'étang de La Garenne depuis plusieurs années pourrait s'expliquer par sa situation géographique qui le conduit à être alimenté par plusieurs sources. Des investigations sont en cours en vue de caractériser cette activité alpha.

Eaux souterraines

Au droit du site CEA de Fontenay-aux-Roses (cf. figure 18), à 65 mètres de profondeur, se situe la nappe des sables de Fontainebleau dite « nappe perchée » car elle est localisée au-dessus la nappe phréatique générale. En amont et en aval du site sont localisées des sources résurgentes, respectivement la Fontaine de Vénus et les Fontaines du Lavoir et du Moulin surplombant l'étang Colbert.

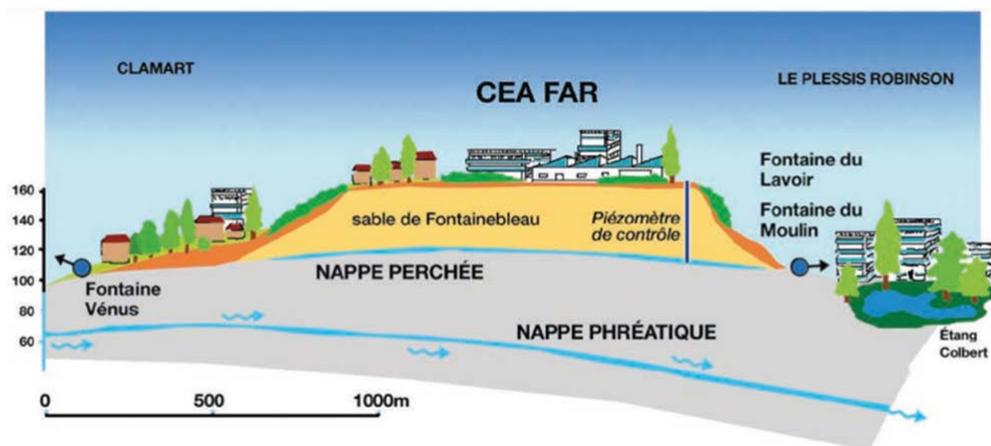


Figure 18 : Schéma hydrogéologique du site CEA de Fontenay-aux-Roses.

Mesures par piézomètres

Dans le cadre de la surveillance environnementale du site de Fontenay-aux-Roses, la nappe perchée fait l'objet de prélèvements mensuels dans 6 piézomètres (A, B, C, F, G et H) dont 5

sont situés dans le périmètre du site (cf. figure 19) pour des mesures de l'activité alpha et bêta globale, de tritium et par spectrométrie gamma.

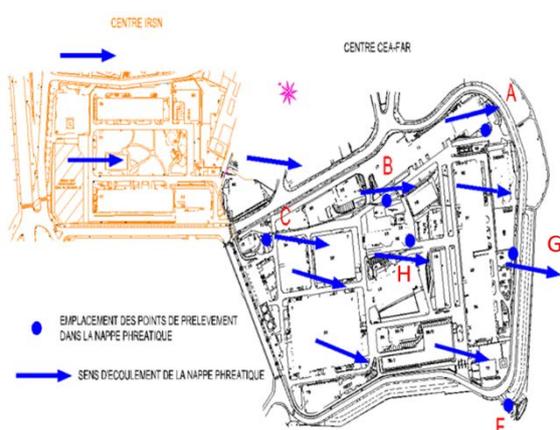


Figure 19 : Sens d'écoulement de la nappe au droit du site CEA de Fontenay-aux-Roses et implantation des piézomètres de surveillance de l'environnement.

La figure 20 présente les activités volumiques moyennes en émetteurs alpha, bêta et en tritium de ces 6 piézomètres depuis 2020.

Tous les piézomètres du site de Fontenay-aux-Roses présentent des activités volumiques moyennes annuelles en tritium toutes inférieures au seuil de la « Décision environnement » (cf. tableau 11 du § 6.1).

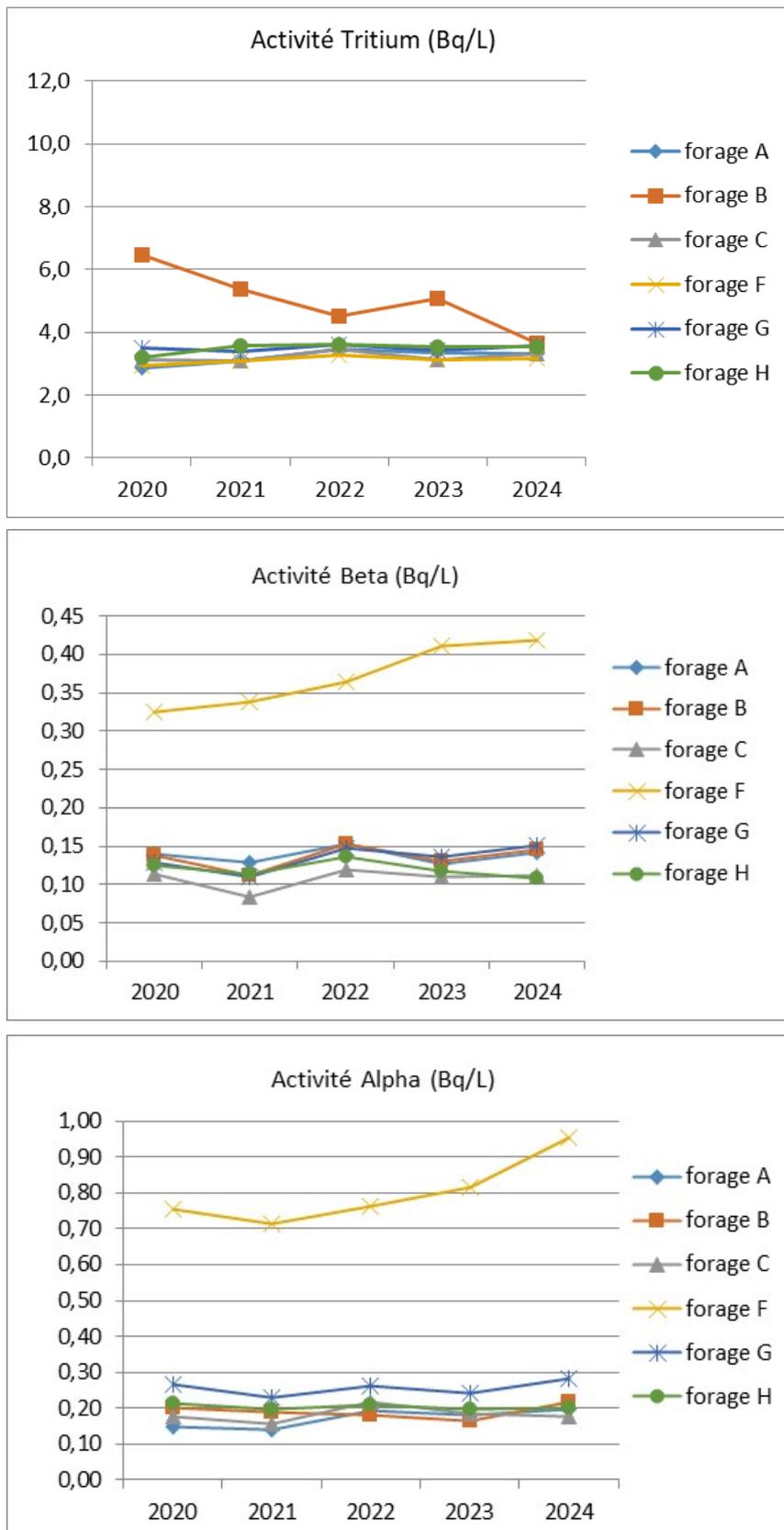


Figure 20 : Activités volumiques moyennes en émetteurs alpha et bêta ainsi qu'en tritium des 6 piézomètres du site CEA de Fontenay-aux-Roses.

- Cas des piézomètres A, B, C, G et H :

Ces piézomètres présentent des activités volumiques moyennes annuelles en émetteurs bêta stables depuis 2020, comprises entre 0,08 Bq/L et 0,15 Bq/L. Les niveaux d'activités mesurés sont donc en majorités inférieurs au seuil prescrit par la « Décision environnement » pour la protection de population (cf. Tableau 7 du § 6.1), ou restent compatibles à ce dernier aux incertitudes près.

Les activités volumiques moyennes annuelles en émetteurs alpha de ces piézomètres sont stables depuis 2020, comprises entre 0,14 Bq/L et 0,28 Bq/L. Les niveaux d'activités mesurés sont supérieurs au seuil prescrit par la « Décision environnement » (cf. Tableau 7 du § 6.1), mais compatibles avec les niveaux d'activité de la radioactivité naturelle.

- Cas du piézomètre F :

Ce piézomètre présente des activités volumiques en émetteurs alpha et bêta supérieures au seuil de la décision en environnement (cf. Tableau 7 du § 6.1), avec une tendance à la hausse depuis 2018. En effet, l'activité volumique moyenne en émetteurs bêta de 0,27 Bq/L en 2018 est calculée à 0,42 Bq/L en 2024 (0,41 Bq/L en 2023). De même celle en émetteurs alpha calculée en 2018 à 0,57 Bq/L croit à 0,96 Bq/L en 2024 (0,82 Bq/L en 2023). L'activité en émetteurs alpha est justifiée par les activités volumiques des isotopes 234, 235 et 238 de l'Uranium calculées à partir de la mesure en uranium pondéral et de la détermination de l'isotopie.

D'autre part, les mesures des radionucléides ^{137}Cs et ^{241}Am sur l'ensemble des 6 piézomètres par spectrométrie gamma restent systématiquement inférieures au seuil de décision du laboratoire d'essais confirmant ainsi la présence de radioéléments naturels, y compris pour le piézomètre F. Pour ce dernier, des investigations radiochimiques ont été menées et ont confirmé l'absence de radioéléments alpha artificiels.

Résurgences de la nappe

Des prélèvements sont réalisés au niveau des résurgences de la nappe perchée pour surveillance. La fontaine du Lavoir et la fontaine du Moulin à Fontenay-aux-Roses, situées en aval du centre, font l'objet d'une surveillance, adapté au projet de décision. La résurgence de la fontaine de Vénus à Clamart, elle, située en amont du site de Fontenay-aux-Roses par rapport à la direction de l'écoulement de la nappe, sert de référence avec un suivi annuel (cf. figure 21).

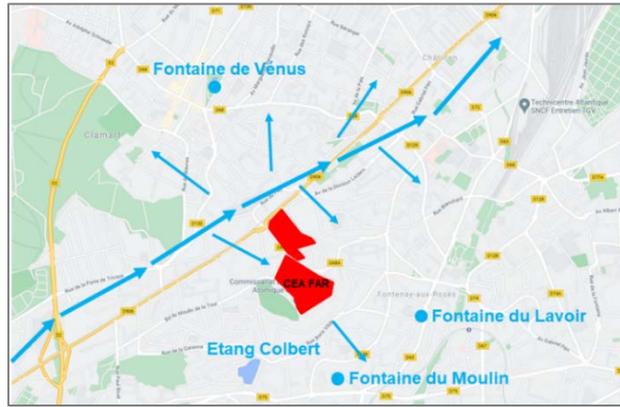


Figure 21 : Résurgences de la nappe aux Fontaines environnant le site CEA de Fontenay-aux-Roses.

La figure 22 présente les activités moyennes calculées en 2024 pour les Fontaines du Moulin et du Lavoir, ainsi que l'activité annuelle mesurée à la Fontaine de Vénus.

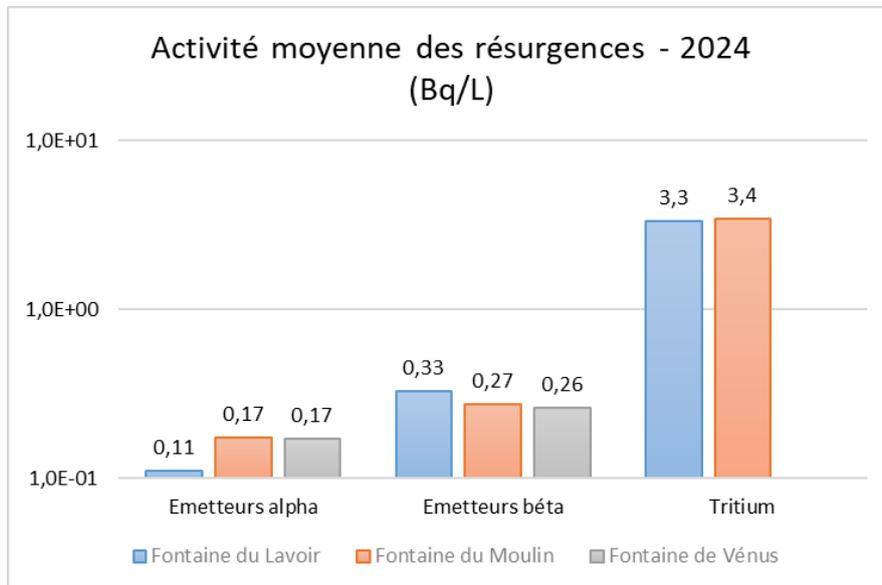


Figure 22 : Activités volumiques en émetteurs alpha, bêta et en tritium des Fontaines du Lavoir du Moulin et de Vénus.

Les activités des fontaines du Lavoir et du Moulin sont tout-à-fait comparables avec celles de Vénus. En effet, les valeurs en émetteurs alpha et bêta sont représentatives du bruit de fond radiologique naturel. En tritium, elles sont inférieures aux seuils de la « Décision environnement » (cf. tableau 7 du § 6.1).

6.4 SURVEILLANCE DES VEGETAUX

Les végétaux font l'objet d'une surveillance mensuelle au niveau des stations de surveillance environnementale extérieures au site de Fontenay-aux-Roses (FAR2, FAR ATMOS, Bagneux, Clamart). Les végétaux prélevés au niveau des stations sont des herbes.

Les figures 23 et 24 présentent les résultats de spectrométrie gamma des prélèvements de végétaux effectués en 2024. La figure 23 montre des moyennes calculées mensuellement à partir des résultats des 4 stations de surveillance pour deux radionucléides naturels que sont le béryllium-7 et le potassium-40, et deux radionucléides artificiels que sont le césium-137 et l'américium 241. La figure 24 montre pour chacune des 4 stations de surveillance, des moyennes calculées mensuellement pour les deux radionucléides naturels.

Nota : Bien qu'il s'agisse de produits biologiques non directement consommables par l'homme, les résultats présentés dans le présent rapport sont exprimés en Bq/kg frais.

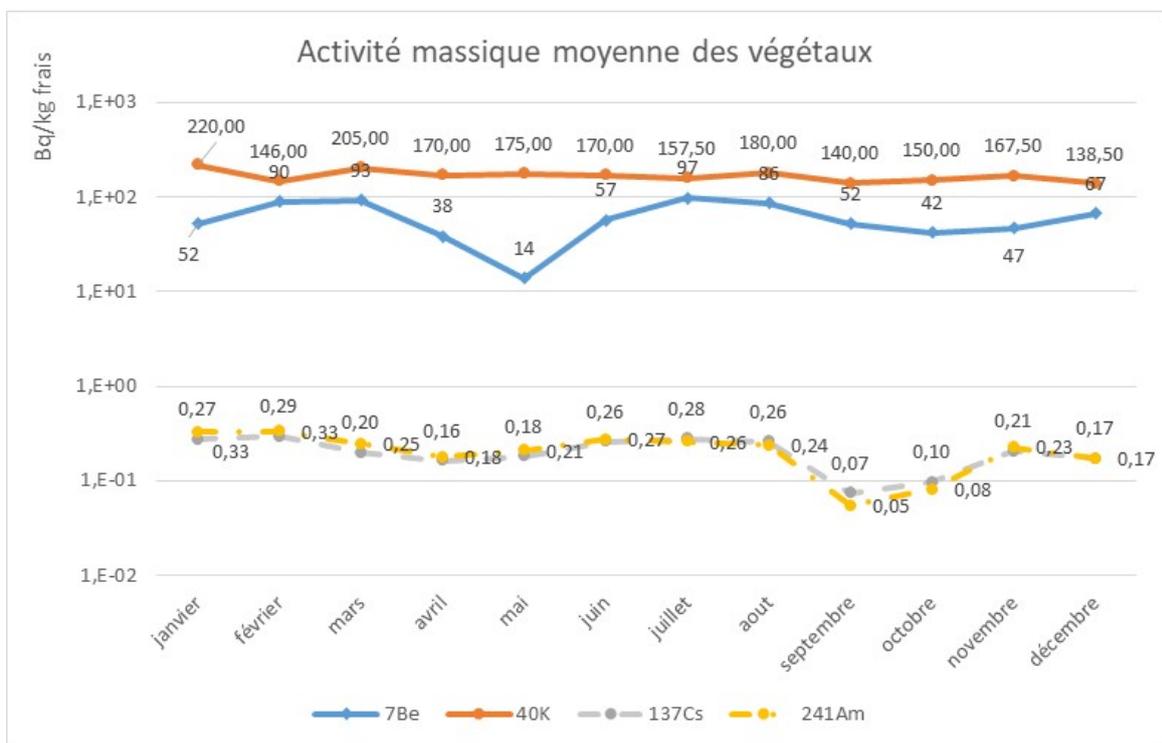


Figure 23 : Activités massiques moyennes des végétaux prélevés dans les stations environnementales du CEA ; moyennes mensuelles, toutes stations environnementales confondues.

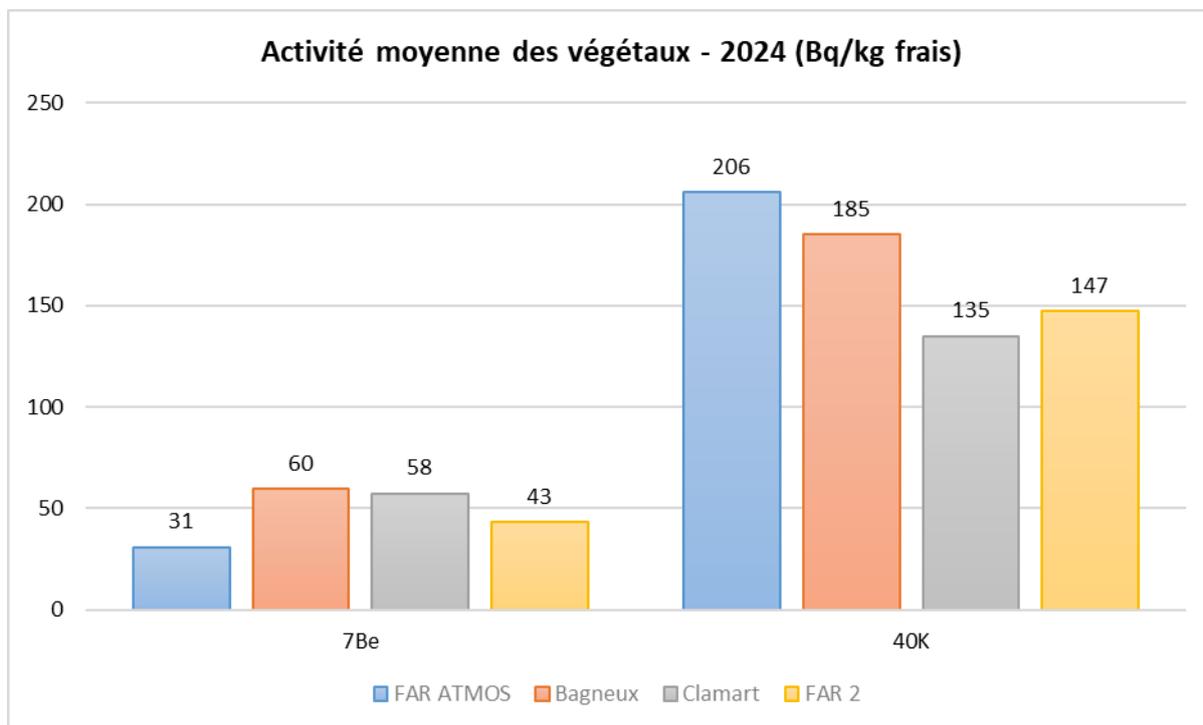


Figure 24 : Activités massiques moyennes des végétaux prélevés dans les stations environnementales du CEA ; moyennes mensuelles par station environnementale.

- Résultats relatifs aux radionucléides artificiels

Les résultats de la figure 23 montrent, pour l'année 2024, pour les valeurs moyennes en ¹³⁷Cs et ²⁴¹Am, des résultats inférieurs au seuil « repère » de la « Décision environnement » donné en équivalent ¹³⁷Cs ou compatibles avec ce seuil aux incertitudes près. De manière générale, la spectrométrie gamma réalisée sur ces prélèvements d'herbes en 2024 n'a détecté aucun radionucléide artificiel.

- Résultats relatifs aux radionucléides naturels

Les figures 23 et 24 montrent que l'activité en ⁴⁰K mesurée sur des échantillons de végétaux frais varie selon la composition en végétal de l'échantillon autour d'une teneur moyenne de 170 Bq/kg frais. Le ⁷Be, radionucléide naturel, est également détecté avec une activité moyenne de l'ordre de 50 Bq/kg frais. Les concentrations mesurées dans les prélèvements varient selon l'état d'avancement de leur stade végétatif (herbe jeune, foin, ...).

Nota : Les végétaux renferment une radioactivité naturelle due majoritairement à leur teneur en ⁴⁰K (31 mg de potassium correspond à une activité de 1 Bq).

6.5 SURVEILLANCE DES SOLS

Le CEA a fait évoluer le programme de surveillance des sols en 2024 pour se conformer aux futures exigences réglementaires concernant cette matrice environnementale. Aussi, la surveillance radiologique des sols des stations de surveillance atmosphérique s'est réduite à la seule station environnementale FAR2.

Les sols prélevés annuellement à proximité des plans d'eau de Villebon, Montsouris, La Garenne, Sceaux et Verrières n'ont pas été reconduits en 2024.

Terre des stations de surveillance

Le tableau 14 présente les activités massiques 2024 des prélèvements de sols effectués aléatoirement au niveau du sol de la station. Il présente les activités volumiques en émetteurs alpha et bêta ainsi que celles des radionucléides artificiels que sont le césium-137 et l'américium-241. Les indices d'activité alpha et bêta mesurés à des niveaux très faibles proviennent essentiellement de la radioactivité naturelle des chaînes de l'uranium et du thorium.

| Stations | Activité globale Alpha | Activité globale Bêta | ¹³⁷ Cs | ²⁴¹ Am |
|----------|------------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|
| FAR 2 | 390 | 570 | 5,0 | < 0,45 |

Tableau 14 : Activités massiques en émetteurs alpha, bêta ainsi qu'en césium-137 et en américium-241 dans les sols des 4 stations environnementales du site CEA de Fontenay-aux-Roses.

Les mesures annuelles réalisées par spectrométrie gamma en 2024 sur le sol FAR2 donnent une valeur de 5,0 Bq/kg sec en ^{137}Cs , radionucléide artificiel provenant des retombées atmosphériques des essais nucléaires aériens et en quantité moindre aux retombées de l'accident de Tchernobyl. La valeur en ^{241}Am est inférieure au seuil de détection du laboratoire d'essais.

7 IMPACT RADIOLOGIQUE SUR L'HOMME

Au CEA, l'évaluation de l'impact radiologique sanitaire est basée, de façon conservatrice, sur les rejets réels annuels liquides et atmosphériques des INB. Le détail de l'estimation des doses radiologiques reçues annuellement par la population riveraine des centres du CEA, y compris celui du site de Fontenay-aux-Roses du centre CEA Paris-Saclay, du fait des rejets réglementés des INB, est calculé au moyen de la plateforme CERES® (Code d'Évaluations Rapides Environnementales et sanitaires) radiologique.

L'estimation des doses radiologiques est calculée à la personne représentative par voie d'exposition (irradiation externe et incorporation – cf. figure 25), par classe d'âge (adulte, enfant et nourrisson) pour chaque radionucléide du spectre des INB.

Ce détail est transmis annuellement à l'ASN pour publication dans son rapport annuel sur l'état de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France.

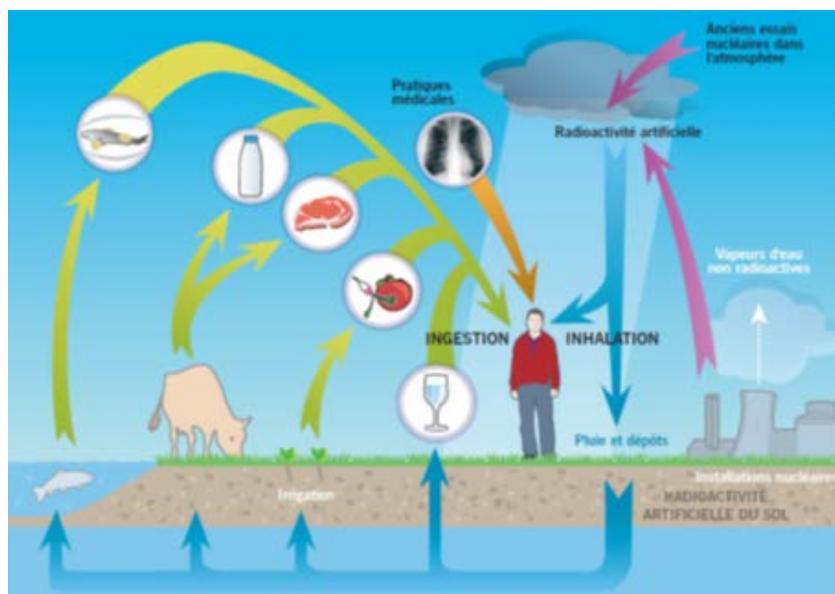


Figure 25 : Voies d'atteinte sur l'homme des rejets réglementés des INB.

A cette estimation est associée une étude réalisée par le pôle de compétence « impact radiologique et chimiques » du CEA qui comprend :

- Un recensement des principales sources d'incertitudes pouvant intervenir dans les différentes étapes de l'évaluation de l'impact radiologique à la personne représentative, dû aux rejets atmosphériques et liquides d'une INB ;
- Une analyse de sensibilité vis-à-vis de la source d'incertitudes apparaissant comme celle ayant l'influence prédominante, à rejets et caractéristiques du milieu récepteur identiques, sur l'impact annuel à la personne représentative du fait des rejets en fonctionnement normal des installations des centres civils du CEA.

Cette étude précise que quels que soient le site et le type d'alimentation, la dose par ingestion de produits contaminés lors du passage du panache ou par irrigation est largement supérieure à la dose par ingestion de produits contaminés par transfert racinaire. Les paramètres intervenant dans le transfert depuis les dépôts au sol vers les cultures ont donc une influence mineure sur l'impact. Cette étude montre que la ration alimentaire est le facteur qui influence de manière prépondérante l'impact des rejets des centres sauf lorsque le rejet est composé de gaz rares. Un changement de ration alimentaire, de type "rural" à "moyen", peut diminuer la dose totale d'un facteur proche de 3. Il est à noter que les caractéristiques du milieu récepteur (météorologie ou débit du milieu aquatique récepteur) influencent également l'impact.

7.1 REJETS GAZEUX

Les calculs de l'impact radiologique des rejets atmosphériques des installations du site CEA de Fontenay-aux-Roses sont effectués pour un adulte, un enfant de dix ans et un bébé d'un à deux ans.

La personne représentative est choisie en fonction de la rose des vents, de l'existence d'habitations, de cultures et d'élevages dans des rayons de 250 m, 500 m et 1500 m autour du centre. On considère que les personnes pouvant être les plus exposées vivent à proximité immédiate du site, en zone pavillonnaire et se nourrissent de fruits et de légumes de leur jardin.

Compte tenu de la nature des rejets des installations du site, les différentes voies d'exposition de l'Homme sont les suivantes :

- L'exposition externe due aux rejets atmosphériques,
- L'exposition interne par inhalation lors de rejets atmosphériques,
- L'exposition interne par ingestion de produits d'origine végétale.

7.2 TRANSFERTS LIQUIDES

L'étude de l'impact radiologique a été réalisée en considérant le transfert des effluents liquides du site CEA de Fontenay-aux-Roses dans le réseau de l'égout urbain se déversant lui-même dans la Seine après traitement à la station d'épuration d'Achères.

La personne représentative consomme :

- De l'eau traitée,
- Des poissons pêchés dans la Seine après Achères,
- Des produits cultivés dans les champs irrigués par l'eau de la Seine ou cultivés dans les champs sur lesquels on a épandu des boues issues de la station d'épuration d'Achères.

Il est pris comme hypothèse que la personne représentative travaille dans les champs à proximité d'Achères huit heures par jour en distinguant celle travaillant sur les cultures maraîchères (exposition due aux sols irrigués) de celle travaillant dans les champs de céréales (soumises en plus à l'exposition due aux sols sur lesquels des boues ont été répandues).

L'enfant est également retenu pour une exposition interne par ingestion (eau de boisson, poissons, végétaux).

7.3 IMPACT RADIOLOGIQUE TOTAL

Pour 2024, l'impact radiologique annuel aux populations riveraines du fait des rejets d'effluents radioactifs atmosphérique et liquide du site CEA de Fontenay-aux-Roses est très inférieur à la dose « triviale » 0,01 mSv préconisée par la Commission internationale de protection radiologique (Source CIPR 104). Ce niveau d'impact reste extrêmement faible et bien en-deçà de la limite réglementaire d'exposition pour le public, fixée à 1 mSv/an (Source article R. 1333-11 du code de la santé). Cet impact radiologique reste par ailleurs négligeable par rapport à l'exposition moyenne de la population française de 4,5 mSv/an, dont 2,9 mSv/an dus aux expositions naturelles et 1,6 mSv/an dus à l'exposition médicale (source Rapport IRSN / 2015-00001).

8 CONCLUSION

En 2024, les valeurs des rejets d'effluents radioactifs liquides et atmosphériques du site CEA de Fontenay-aux-Roses se situent largement en dessous des limites réglementaires.

Les différentes mesures de surveillance de l'environnement réalisées par le site CEA de Fontenay-aux-Roses mettent en évidence le très faible niveau des rejets de l'année 2024 et leur très faible impact sanitaire et environnemental.

L'ensemble des mesures effectuées dans le cadre de la mise en œuvre du programme de surveillance de l'environnement permet de conclure à une absence d'incidence sur les populations vivant autour du site CEA de Fontenay-aux-Roses. A titre indicatif, un an d'exposition maximale aux rejets du site équivaut à moins de 2 minutes d'exposition à la radioactivité naturelle.

Annexe 1 : Glossaire

| | |
|------------------|---|
| ASNR | Autorité de Sûreté Nucléaire et de Radioprotection |
| CERES | Code d'Évaluations Rapides Environnementales et sanitaires |
| CIPR | Commission internationale de protection radiologique |
| CLI | Commission locale d'information |
| COFRAC | Comité français d'accréditation |
| DBO ₅ | Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours |
| DCO | Demande Chimique en Oxygène |
| DES | Direction des énergies |
| DRF | Direction de la recherche fondamentale |
| FAR | Fontenay-aux-Roses |
| IDMIT | Infectious Diseases Models for Innovative Therapies |
| INB | Installation Nucléaire de Base |
| IRCM | Institut de recherche en radiobiologie cellulaire et moléculaire |
| IRSN | Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire |
| LARP | Laboratoire d'analyse radiologique et physico-chimique |
| LDE | Laboratoire dosimétrie et Expertises |
| MES | Matières en Suspension |
| MIRcen | Molecular Imaging Research Center |
| MTD | Meilleur technique disponible |
| NTK | Azote Total Kjeldhal |
| RNM | Réseau national de mesures de la radioactivité de l'environnement |
| RPL | Dosimètre fonctionnant par Radio-Photo-Luminescence |
| SCRE | Section de Contrôle des Rejets et de l'Environnement |
| SEPIA | Service d'étude des prions et des infections atypiques |
| SEVESC | Société des eaux de Versailles et de Saint Cloud |
| SIAAP | Syndicat interdépartemental pour l'assainissement de l'agglomération parisienne |
| SPRE | Service de protection contre les rayonnements et de surveillance de l'environnement |
| TCE | Tableau de Contrôle Environnement |
| UADF | Unité d'assainissement, démantèlement et reprise et conditionnement des déchets de Fontenay-aux-Roses |

ANNEXE 1 : Liste des Figures

Figure 1 : Carte des centres CEA civils et pour les applications militaires et ses partenariats régionaux.

Figure 2 : Implantation géographique du site CEA de Fontenay-aux-Roses.

Figure 3 : Bâtiments du site CEA de Fontenay-aux-Roses abritant les INB 165 et 166.

Figure 4 : Localisation des émissaires de rejet atmosphériques du site de CEA Fontenay-aux-Roses.

Figure 5 : Implantation des émissaires et de l'égout urbain sur le site CEA de Fontenay-aux-Roses.

Figure 6 : Implantation des stations de surveillance atmosphérique du site CEA de Fontenay-aux-Roses.

Figure 7 : Consommation en eau potable du site CEA de Fontenay-aux-Roses de 2020 à 2024.

Figure 8 : Rejets atmosphériques des INB au regard du prévisionnel annuel.

Figure 9 : Rejets atmosphériques des INB depuis 2020.

Figure 10 : Evolution des activités radiologiques annuelles des effluents liquides de 2020 à 2024.

Figure 11 : Evolution des volumes d'effluents liquides rejetés à l'égout urbain de 2020 à 2024.

Figure 12 : Evolution mensuelle des rejets liquides radioactifs en 2024.

Figure 13 : Activités moyennes mensuelles 2024 en émetteurs alpha au niveau des stations de surveillance atmosphériques.

Figure 14 : Activités moyennes mensuelles 2024 en émetteurs bêta au niveau des stations de surveillance atmosphériques.

Figure 15 : Débits d'équivalent de dose ambiant moyens issus des mesures en continu des balises irradiation.

Figure 16 : Implantation des dosimètres RPL en clôture du site CEA de Fontenay-aux-Roses.

Figure 17 : Localisation des plans d'eau prélevés pour surveillance autour du site CEA de Fontenay-aux-Roses.

Figure 18 : Schéma hydrogéologique du site CEA de Fontenay-aux-Roses.

Figure 19 : Sens d'écoulement de la nappe au droit du site CEA de Fontenay-aux-Roses et implantation de ses piézomètres de surveillance de l'environnement.

Figure 20 : Activités volumiques moyennes en émetteurs alpha et bêta ainsi qu'en tritium des 6 piézomètres du site CEA de Fontenay-aux-Roses.

Figure 21 : Résurgences de la nappe aux Fontaines environnant le site CEA de Fontenay-aux-Roses.

Figure 22 : Activités volumiques en émetteurs alpha, bêta et en tritium des Fontaines du Lavoir du Moulin et de Vénus.

Figure 23 : Activités massiques moyennes des végétaux prélevés dans les stations environnementales du CEA ; moyennes mensuelles toutes stations environnementales confondues.

Figure 24 : Activités massiques moyennes des végétaux prélevés dans les stations environnementales du CEA ; moyennes mensuelles par station environnementale.

Figure 25 : Voies d'atteinte sur l'Homme des rejets réglementés des INB.

ANNEXE 3 : Liste des Tableaux

Tableau 1 : Valeurs limites annuelles prescrites dans l'arrêté du 30 mars 1988 relatif à l'autorisation de rejets d'effluents radioactifs gazeux du site CEA de Fontenay aux-Roses.

Tableau 2 : Limites prévisionnelles de rejets des INB 165 et 166 pour 2024.

Tableau 3 : Valeurs limites annuelles prescrites dans l'arrêté du 30 mars 1988 relatif à l'autorisation de rejets d'effluents radioactifs liquides du site CEA de Fontenay aux-Roses.

Tableau 4 : Valeurs limites réglementaires physico-chimiques autorisées dans les émissaires du site.

Tableau 5 : Concentrations maximales des différents paramètres physico-chimiques mesurées en 2024.

Tableau 6 : Activités radiologiques des effluents liquides en 2024.

Tableau 7 : Seuils de décision prescrit par la « Décision environnement » au regard des enjeux environnementaux.

Tableau 8 : Débits d'équivalent de dose ambiant mesurés au niveau des stations de surveillance atmosphériques de l'environnement.

Tableau 9 : Débits d'équivalent de dose ambiant mesurés en limite de site.

Tableau 10 : Hauteurs et activités radiologiques moyennes des pluies collectées dans les stations ATMOS et FAR2 du site CEA de Fontenay-aux-Roses.

Tableau 11 : Activités volumiques mensuelles des eaux de l'étang Colbert en émetteurs alpha, bêta et en tritium.

Tableau 12 : Activités massiques radiologiques mesurées depuis 2020 dans les sédiments de l'étang Colbert.

Tableau 13 : Activités volumiques 2024 en émetteurs alpha, bêta et en tritium des plans d'eaux environnant le site CEA de Fontenay-aux-Roses.

Tableau 14 : Activités massiques en émetteurs alpha, bêta ainsi qu'en césium-137 et en américium-241 dans les sols des 4 stations environnementales du site CEA de Fontenay-aux-Roses.

ANNEXE 4 : Liste des définitions

Aérosol : poussière en suspension dans l'air.

Assainissement : ensemble d'opérations visant à réduire ou à supprimer la radioactivité artificielle.

Atome : les planètes, l'air, l'eau, les roches, les êtres vivants... tous les corps de la nature sont constitués d'atomes ou d'assemblages d'atomes (molécules) ; l'atome est composé d'un noyau, formé de protons et de neutrons. Autour de ce noyau gravitent des électrons.

Bequerel (Bq) : c'est l'unité de mesure de la radioactivité ; 1 Bq correspond à la désintégration d'un noyau radioactif par seconde. Elle s'exprime souvent en multiples de becquerels : 1 gigabecquerel (GBq) = 1 milliard de becquerels.

DBO : la demande biologique en oxygène est le critère de pollution organique basé sur la quantité d'oxygène consommée sous incubation à 20°C et à l'obscurité pendant un temps de référence pour assurer l'oxydation des matières organiques présentes dans l'eau par voie biologique (en présence de microorganismes aérobies) dissoutes ou en suspension dans un litre d'une eau à caractériser ; il convient de noter que la DBO n'est normalement représentative que de la pollution organique carbonée biodégradable (lipides, glucides, protéines...) ; la DBO₅ est la quantité d'oxygène consommée après 5 jours d'incubation conventionnellement utilisée.

DCO : la demande chimique en oxygène est le critère de pollution correspondant à la consommation globale à chaud de l'oxygène du bichromate de potassium, et représentative de la majeure partie des composés organiques ainsi que des sels minéraux oxydables.

Effluents : matière rejetée sous forme gazeuse ou liquide.

Halogènes : éléments chimiques comme le fluor, le chlore ou l'iode.

Isotopes : formes d'un même élément dont les noyaux comportent le même nombre de protons mais un nombre de neutrons différent ; le deutérium (2H) et le tritium (3H) sont des isotopes de l'hydrogène (H).

MES : les matières en suspension sont des matières solides présentes dans un liquide : visibles à l'œil nu, elles sont indissolubles et peuvent être organiques ou minérales. Elles peuvent être d'origine naturelle (produites par les précipitations ou l'érosion des sols) mais proviennent généralement de déchets urbains ou industriels.

Microorganisme aérobic : organisme microscopique qui ne peut se développer qu'en présence d'oxygène (bactérie, virus, levures, ...).

NTK : l'azote Kjeldahl correspond à la teneur en composés non oxydés de l'azote (principalement azote organique et azote ammoniacal) d'un échantillon, déterminée dans les conditions définies par la Méthode Kjeldahl.

Radioactivité : dans la nature, la plupart des atomes sont stables, c'est-à-dire qu'ils restent identiques au cours du temps ; cependant, certains atomes sont instables parce qu'ils possèdent soit trop de protons, soit trop de neutrons ou encore un excès des deux. Ces atomes aux noyaux instables sont dits radioactifs et sont appelés radio-isotopes ou radionucléides ; ils

se transforment spontanément en d'autres atomes, radioactifs ou non, en expulsant de l'énergie (modification du noyau) sous forme de rayonnements ou de particules ; c'est le phénomène de la radioactivité.

Radionucléides : ils désignent les éléments radioactifs ; isotopes radioactifs d'un élément.

Radionucléides artificiels : ils désignent les éléments radioactifs qui n'existent plus sur la Terre, et qui sont recréés artificiellement ; depuis le début du XXe siècle, les activités humaines ont entraîné la présence de radioactivité artificielle dans l'environnement ; la production de radionucléides artificiels se fait au moyen d'un accélérateur de particules ou d'un réacteur nucléaire.

Radionucléides naturels : ils désignent les éléments radioactifs existant à l'état naturel, et non produits par l'activité humaine.

Rayonnements : les éléments radioactifs présents dans notre environnement émettent des rayonnements alpha, bêta et/ou gamma ; une simple feuille de papier arrête les particules alpha ; une feuille de quelques millimètres d'épaisseur stoppe les particules bêta ; une forte épaisseur de plomb ou de béton permet de se protéger des rayonnements gamma.

Rayonnement alpha (α) : rayonnement ionisant émis par un atome radioactif constitué d'un faisceau de noyaux d'hélium composé de deux protons et deux neutrons ; lourds et chargés électriquement, les noyaux d'hélium sont arrêtés facilement et rapidement par les champs électromagnétiques et les atomes composant la matière ; ils est donc arrêté par une simple feuille de papier.

Rayonnement bêta (β) : rayonnement ionisant émis par un atome radioactif constitué d'un faisceau d'électrons ; le rayonnement bêta cause plus de dégâts que le rayonnement alpha car il est chargé électriquement. Il est arrêté par une feuille d'aluminium ou de verre.

Rayonnement gamma (γ) : rayonnement ionisant composé de photons de haute énergie. Ce rayonnement va pénétrer davantage dans l'organisme que les rayonnements alpha et bêta, mais il modifie moins les particules qu'il rencontre ; il ne peut être arrêté que par un blindage très épais (épaisseur de plomb, béton ou de terre).

Rayonnement ionisant : un rayonnement est ionisant lorsqu'il émet des « rayons » d'énergie suffisante pour transformer les atomes qu'ils traversent en ions (un atome qui a perdu ou gagné un ou plusieurs électrons) ; cela peut rendre la matière instable.

SD : le seuil de décision en mesure nucléaire est la valeur au-delà de laquelle il est possible de décider que l'activité mesurée est significative d'une présence avérée de radioactivité dans l'échantillon

mesuré ; le résultat est alors rendu sous la forme d'une activité exprimée en becquerel ou en becquerel par quantité de matière, à laquelle est associée une incertitude de mesure. Lorsque le résultat est inférieur à cette valeur de seuil de décision (également exprimée en becquerel ou en becquerel par quantité de matière), ceci signifie que l'activité mesurée n'est alors pas significative. La valeur de ce seuil est déterminée par le laboratoire de mesure ; elle dépend entre autres de l'équipement de mesure, du temps et de la géométrie de comptage de l'échantillon ainsi que de la quantité à mesurer.

Sievert (Sv) : unité de mesure de l'impact de la radioactivité sur la santé humaine ; elle s'exprime généralement en millisievert (mSv, millième de Sv).

Tritium : isotope radioactif de l'hydrogène ; radionucléide émetteur bêta, il est produit naturellement et aussi artificiellement.



Fontaine du Lavoir de Fontenay-aux-Roses