

Rapport environnemental 2022

Centre CEA Paris-Saclay,
site de Fontenay-aux-Roses

Décembre 2023



cea

Rapport environnemental 2022



Photo de couverture:
Vue aérienne du site.

AUTEURS

Service de protection contre les rayonnements et
de surveillance de l'environnement (SPRE)
du centre CEA Paris-Saclay:
Catherine BORDIER-OLIVEIRA,
Morgane LE FLOCH et 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	2
2	› Présentation générale du site de Fontenay-aux-Roses du CEA Paris-Saclay	
	› Localisation	3
	› Activités	4
	› Prescriptions réglementaires applicables	5
	› Les effluents	5
	› La surveillance environnementale	6
3	› Faits marquant environnementaux	
	› Inspections et audits	8
	› Anomalies et incidents	8
4	› Consommation d'eau du site	10
5	› Le contrôle des rejets d'effluents du site	
	› Rejets des effluents atmosphériques	11
	› Transferts des effluents liquides	13
6	› La surveillance de l'environnement du site	
	› Cadre réglementaire	22
	› Surveillance atmosphérique	22
	› Surveillance des eaux	26
	› Surveillance des végétaux	30
	› Surveillance des sols	31
7	› Impact radiologique sur l'homme	
	› Rejets gazeux	33
	› Transferts liquides	33
	› Impact radiologique total	33
8	› Conclusion	34
9	› Annexe 1: glossaire	35
10	› Annexe 2: liste des figures	36
11	› Annexe 3: liste des tableaux	37
12	› Annexe 4: liste des définitions	38

Introduction

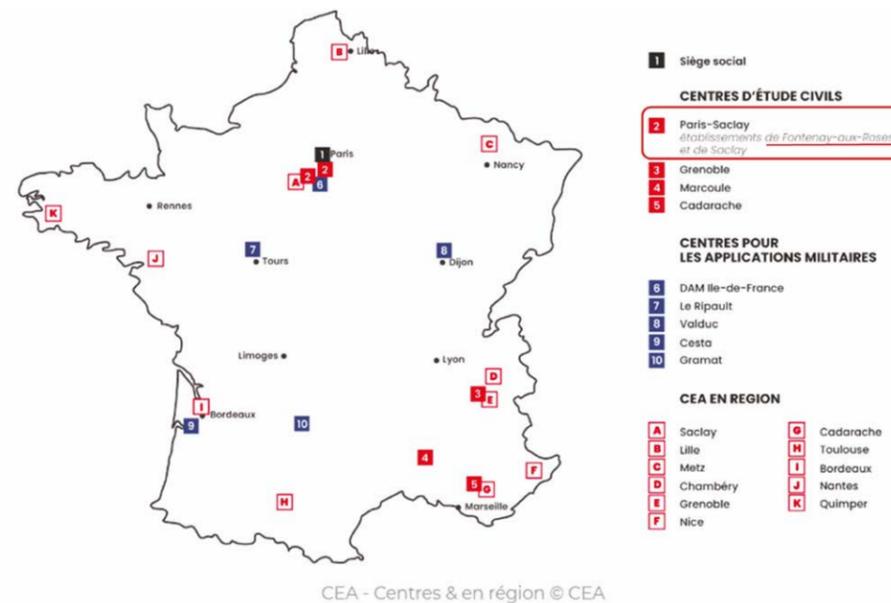


Figure 1: Carte des centres CEA civils et pour les applications militaires et ses partenariats régionaux.

Créé en France, il y a plus de 70 ans afin d'entreprendre les 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, le CEA, aujourd'hui Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives, reste fidèle à sa vocation première et contribue toujours à la recherche et au développement en vue de 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 région avec d'autres organismes de recherche, les collectivités locales et les universités.

Ce rapport environnemental présente le bilan 2022 de la surveillance de l'environnement et du contrôle des rejets du site de Fontenay-aux-Roses du centre CEA de Paris-Saclay en application de l'article 4.4.4 de l'arrêté du 7 février 2012 modifié en 2013, dit « Arrêté INB ». Son contenu est élaboré selon les prescriptions de l'article 5.3.1 de la Décision ASN 2013-DC-0360 modifiée en 2016, dite « Décision environnement » et homologuée par arrêtés des 9 août 2013 et du 5 septembre 2016.

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

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

Présentation générale du site de Fontenay-aux-Roses du CEA Paris-Saclay



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

Localisation

Situé sur un plateau en zone urbaine à une dizaine de kilomètres au sud-ouest de Paris dans le département des Hauts-de-Seine (92) (cf. Figure 2), le site Fontenay-aux-Roses (FAR) du centre CEA Paris-Saclay est rattaché à la Direction Générale du Commissariat à l'énergie atomique et aux

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

› Activités

Historiquement, le site 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 de plateformes appartenant à la DRF (Direction de la recherche fondamentale) et son Institut de biologie François-Jacob.

Ces plateformes sont IRCM (Institut de recherche en radiobiologie cellulaire et moléculaire), IDMIT (Infectious Diseases Models for Innovative Therapies), Sepia (Service d'étude des prions et des infections atypiques), et MIRcen (Molecular Imaging Research Center). La production scientifique de près de 300 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



Activités des instituts de R&D (IDMIT et MIRcen) de la DRF implantés sur le site de Fontenay-aux-Roses.

site de Fontenay-aux-Roses un rayonnement scientifique d'ampleur internationale.

En 2022, dans le cadre du projet NeurATRIS (European Advanced Translational Research Infrastructure for Neurosciences), l'installation MIRCEN s'est agrandie d'un bâtiment supplémentaire comprenant un Cyclotron et un laboratoire de radiochimie. NeurATRIS regroupe les plus grandes équipes françaises d'experts en neurologie et en neurosciences, soient 6 structures de recherche clinique et préclinique dont l'expertise et les compétences, en neuro-imagerie, pharmacologie et biothérapies sont reconnues internationalement.

Le site de Fontenay-aux-Roses accueille aussi une partie de la Direction du Centre Paris-Saclay, des directions fonctionnelles et l'ensemble des équipes de soutien aux programmes et aux unités du CEA. Une unité de la Direction des Énergies (DES) 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 ces deux INB (cf. Figure 3). Il s'agit de l'INB 165 où se situaient notamment d'anciens laboratoires de R&D (procédés), et l'INB 166 comprenant des bâtiments de traitement des effluents liquides, de tri et entreposage des déchets issus de l'INB 165 (support).

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



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



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

› Prescriptions réglementaires applicables

Les activités du site 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. Les effluents liquides du site sont transférés via l'égout urbain dans le réseau de collecte de la ville de Fontenay-aux-Roses pour ensuite être traités par le Syndicat Interdépartemental pour l'assainissement de l'agglomération parisienne (SIAAP) ; les effluents atmosphériques sont quant à eux rejetés directement dans l'environnement après passage sur filtres très haute efficacité (THE).

Les aspects réglementaires relatifs au contrôle des rejets et de la surveillance de l'environnement du site de Fontenay-aux-Roses sont définis 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 et la localisation des prélèvements à réaliser ainsi que leur fréquence et les mesures à effectuer sur ces derniers. Ils prescrivent également pour certaines mesures les valeurs limites de rejets autorisés.

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 CEA Paris-Saclay qui viendra ainsi remplacer à termes les deux arrêtés de 1988.

› Les effluents

Les effluents liquides du site de Fontenay-aux-Roses ne sont pas rejetés directement dans l'environnement, mais transférés dans l'égout urbain (émissaire U) situé en aval du site, au travers de trois émissaires (émissaires 17, 17 bis et 55) de sortie de site (cf. Figure 4) :

- **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 ; *nota* : 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.



Figure 4: Implantation des émissaires et de l'égout urbain sur le site de Fontenay-aux-Roses.

IMPLANTATION ET CARACTERISTIQUES DES POINTS DE REJETS ATMOSPHERIQUES DU SITE CEA DE FONTENAY-AUX-ROSES

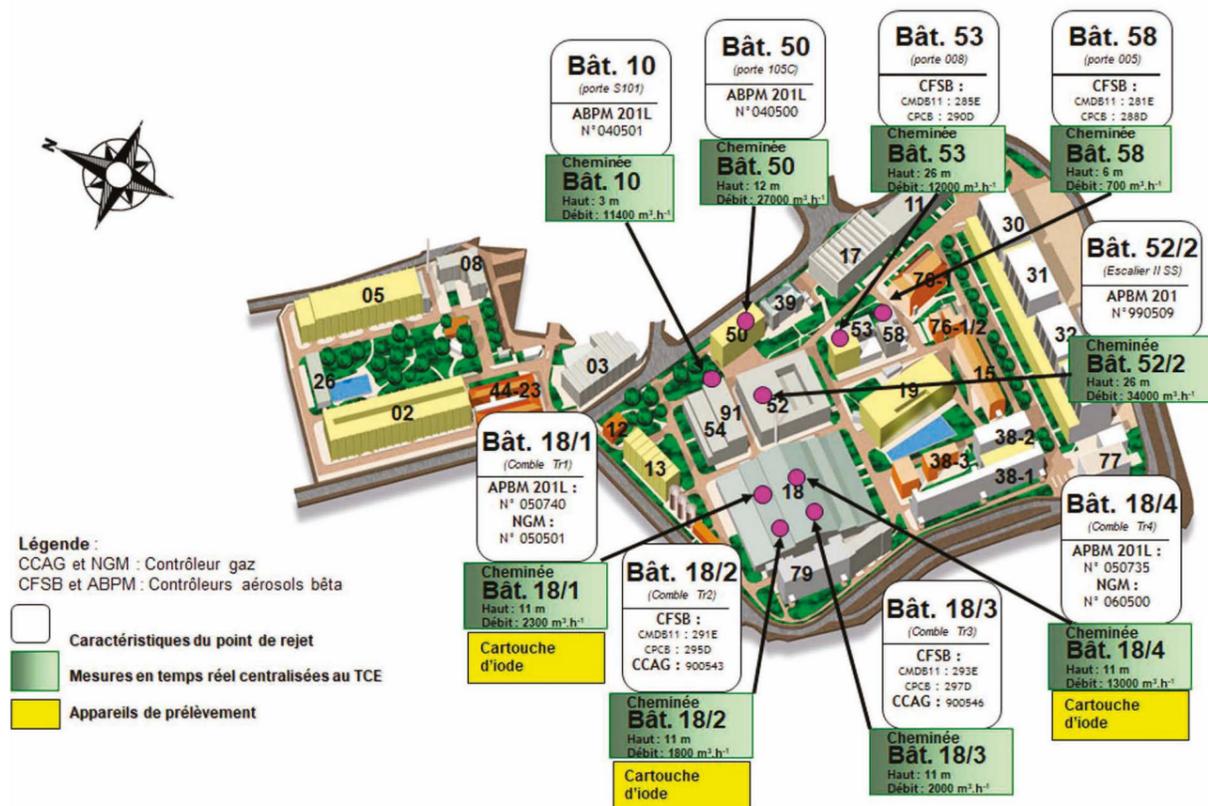


Figure 5: Localisation des émissaires de rejet atmosphériques du site de Fontenay-aux-Roses.

Les rejets atmosphériques sont quant à eux rejetés directement dans l'environnement au moyen de neuf émissaires situés au niveau des deux INB (cf. Figure 5). Cinq d'entre eux sont localisés dans les différents secteurs de l'INB 165 abritant les équipements relatifs aux procédés. Les quatre autres sont localisés au niveau de l'INB 166 abritant les équipements support.

La surveillance environnementale

Pour répondre aux exigences réglementaires, le plan de surveillance de l'environnement du site de Fontenay-aux-Roses intègre les obligations réglementaires mentionnées précédemment mais prend également en compte la politique environnementale volontariste du Centre 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 détecter toute anomalie dans l'environnement et en évaluer l'impact. Son élaboration 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.

À 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 de Fontenay-aux-Roses.



Station de surveillance environnementale.

Les échantillons sont collectés et analysés tout au long de l'année par les équipes du Service de Protection contre les Rayonnements et de surveillance de l'Environnement (SPRE) que sont la Section de Contrôle des Rejets et de l'Environnement (SCRE) et le Laboratoire d'Analyse Radiologique et Physicochimique (LARP). Ce laboratoire 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 de Saclay, également accrédité COFRAC, réalise les mesures du débit de dose sur les dosimètres implantés dans les stations autour du site de Fontenay-aux-Roses et en limite de clôture du site.

Comme 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 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 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>.



Prélèvement d'herbe.



Mesure des aérosols sur filtre.

3

Faits marquant environnementaux

› Inspections et audits

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 de Fontenay-aux-Roses au cours de l'année 2022, quatre contrôles inopinés et deux visites techniques avec un prélèvement sur 24h pour la première visite.

Les résultats de ces contrôles inopinés ont mis en exergue :

- un dépassement de la concentration limite réglementaire en matière en suspension (MES),
- deux dépassement en indice phénol,
- plusieurs dépassements du seuil réglementaire du rapport de biodégradabilité de demande chimique en oxygène par rapport à la demande biologique en oxygène à 5 jour (DCO/DBO₅).

Toutefois, les flux journaliers de ces paramètres physico-chimiques restent en deçà des flux maxima autorisés, y compris pour la DCO et DBO prises séparément dont les concentrations sont toujours inférieures aux concentrations limites réglementaires respectives.

Inspection ASN

En janvier 2022, une inspection de l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) sur le thème de la norme NF EN ISO/IEC 17025 a été réalisée. Elle a permis à la SCRE du SPRE de renforcer et d'améliorer son suivi de processus qualité relatif de la surveillance de l'environnement et du contrôle des rejets sur les sites de Fontenay-aux-Roses du CEA Paris-Saclay.

Évaluation COFRAC

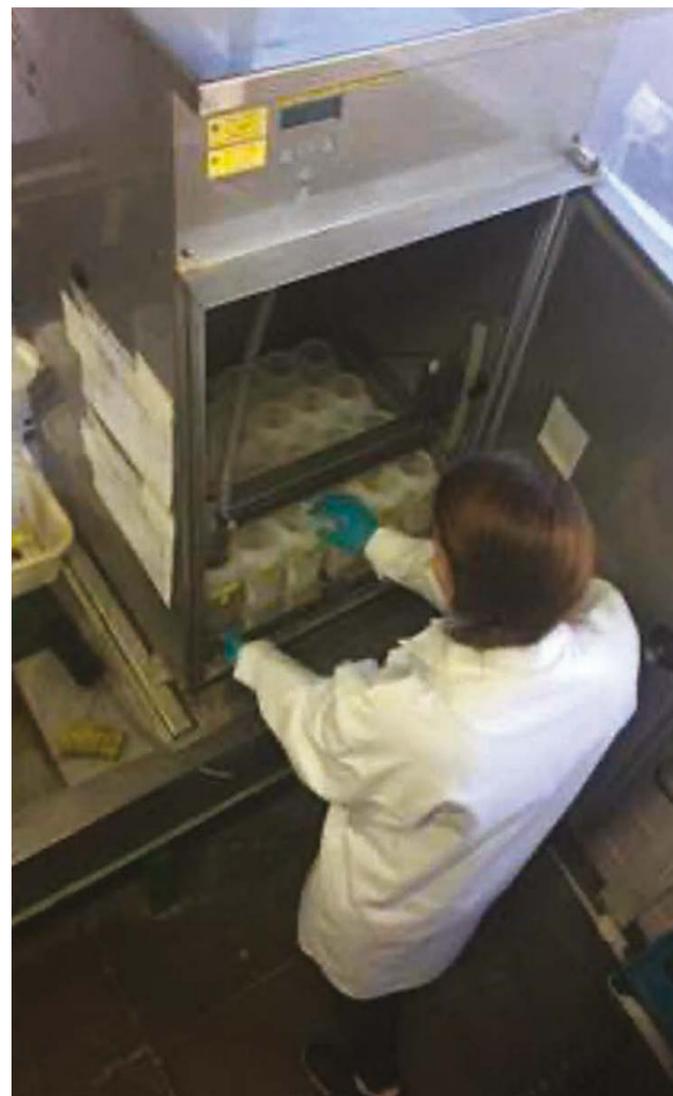
Dans le cadre de l'accréditation Cofrac du LARP suivant la norme NF EN ISO/IEC 17025, le laboratoire a reçu une évaluation de surveillance et d'extension en février 2022. Cette évaluation a permis de maintenir l'accréditation du laboratoire et d'étendre son périmètre. En effet, le LARP a obtenu une extension dans le domaine environnement/déchets/mesures de la radioactivité dans différentes matrices y compris pour les effluents atmosphériques issus des installations de Fontenay-aux-Roses.

Cette évaluation a réaffirmé la qualification et les compétences techniques de ce laboratoire en matière de mesures effectuées dans le cadre de la surveillance de l'environnement et du contrôle des rejets.

› Anomalies et incidents

Toutes anomalies ou incidents relatifs à la surveillance de l'environnement et au contrôle des rejets du site de Fontenay-aux-Roses fait l'objet de fiches d'écart dans le système qualité du SPRE.

En 2022, plusieurs écarts ont été relevés concernant des dépassements récurrents par rapport aux valeurs limites réglementaires prescrites par l'arrêté d'autorisation et la convention de transfert d'effluents dans l'égout urbain. Ces dépassements ont concerné plusieurs paramètres physico-chimiques (pH, phosphore total, azote total Kjeldhal, MES, DCO, DBO et deux traces métalliques aluminium (Al) et fer (Fe)) sur les prélèvements effectués mensuellement sur une durée de 24H aux émissaires 17 et 55. Malgré ces dépassements ponctuels, la valeur limite réglementaire du flux maximal journalier par paramètre



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

physico-chimique est respecté. Les causes potentielles de ces dépassements ponctuels physico-chimiques sont de plusieurs ordres et peuvent être liés à :

- la nature même du rejet non traité en sortie de site (station de traitement en aval à l'extérieur du site),
- des travaux de voiries sur le site,
- de faibles débits dans l'émissaire 55,
- l'utilisation de détergent pour le nettoyage des installations (liée aux activités de recherche en biologie),
- de l'absence ou de dysfonctionnement de neutralisation des cuves tampons.

Concernant ce dernier point, l'installation concernée est en cours de révision de son procédé de traitement des effluents pour supprimer les dépassements de pH.

Par ailleurs, les administrations concernées sont régulièrement informées de ces dépassements ponctuels relatifs aux mesures physico-chimiques par le biais des registres mensuels et trimestriels élaborés au titre de la réglementation.

D'autres écarts de fonctionnement et de logistique ont également été identifiés en 2022, notamment :

- la non réalisation des prélèvements d'herbes dans les stations de surveillance atmosphérique liée à l'absence d'herbes en quantité suffisante suite à des périodes de sécheresses ou hivernales;
- des dysfonctionnements liés aux systèmes informatiques tels que les défauts de communication entre les stations et le TCE (Tableau de Contrôle de l'Environnement) sans conséquence sur les prélèvements en continu; les mesures et archivages s'effectuent en local mais nécessitent toutefois de réaliser des tournées régulières pour vérifier le bon fonctionnement des équipements et l'absence d'atteinte des seuils d'alarmes;
- des erreurs d'étiquetage sur des échantillons;
- des dysfonctionnement d'équipements. Les équipements défectueux ont pu faire l'objet d'une réparation soit immédiatement par le remplacement de la pièce incriminée, soit de façon différée. Dans ce dernier cas, des mesures compensatoires ou des appareils de secours sont mis en place pour pérenniser la surveillance.

Tout dysfonctionnement des chaînes de mesures et déclenchement d'alarmes sont détectés et gérés sans délai en heures ouvrables et non ouvrables par les équipes du SPRE et plus spécifiquement de la SCRE et leurs éventuels prestataires.

Consommation d'eau du site

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

En 2022, les volumes d'eau de ville consommés par les INB du site de Fontenay-aux-Roses (cf. figure 7) représentent :

- 841 m³ pour l'INB 165,
- 470 m³ pour l'INB 166.

Ces volumes d'eau consommée sont inférieurs au prévisionnel estimé pour l'INB 165 à 1000 m³ et pour l'INB 166 à 650 m³.

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

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

Consommation Eau Potable (m³)

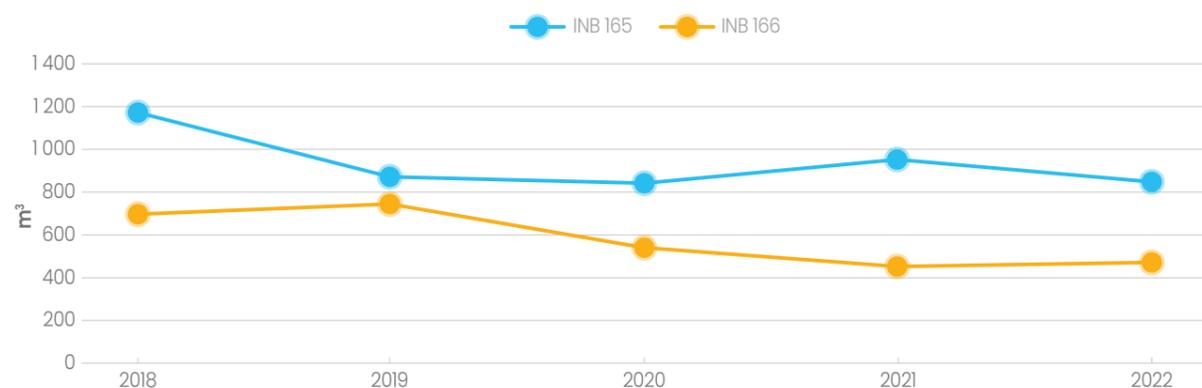


Figure 7: Consommation du site de Fontenay-aux-Roses en eau potable de 2018 à 2022.

Le contrôle des rejets d'effluents du site

Rejets des effluents atmosphériques

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 THE (Très Haute Efficacité) et de systèmes de prélèvement 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, relatives aux rejets d'effluents radioactifs par voie atmosphérique sont indiquées dans le Tableau 1.

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

Paramètres	Rejets annuels maximaux autorisés (MBq)
Gaz rares	2. 10 ⁷
Halogènes et aérosols*	10 ⁴

*aérosols = émetteurs alpha et bêta

Prévisions des rejets atmosphériques des INB

Comme prévu par la « Décision environnement » en application de l'« Arrêté INB », chaque INB du site de Fontenay-aux-Roses, fixe ses limites prévisionnelles de rejets. Pour l'année 2022, les prévisions de rejets par voie atmosphériques 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.

Tableau 2: Limites prévisionnelles de rejets des INB 165 et 166 pour 2022.

	INB165 Bât.18 et 52	INB166 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

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 rejet 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.

Aucun dépassement des seuils d'alarmes de la surveillance en continu n'a été détecté en 2022.



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.

Les INB rejettent mensuellement par voie atmosphérique moins de 10 % du prévisionnel annuel en activité bêta et

en halogène, ce qui est largement très inférieur aux limites réglementaires de l'arrêté interministériel de mars 1988 (cf. Tableau 1) qui règlemente les autorisations de rejets atmosphérique du site.

Les activités annuelles des aérosols bêta et des halogènes, mesurées sur les effluents atmosphériques depuis 2018 sont représentées sur le graphe de la Figure 9.

Activité mensuelle des rejets gazeux en 202

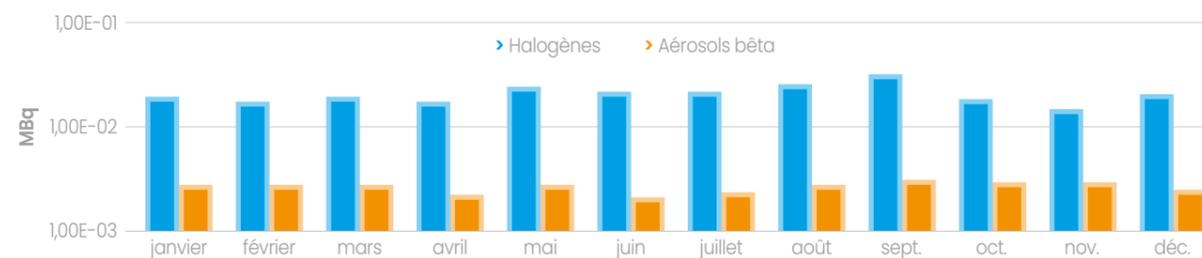


Figure 8: Rejets atmosphériques des INB au regard du prévisionnel annuel.

Activité annuelle des rejets gazeux de 2018 à 2022

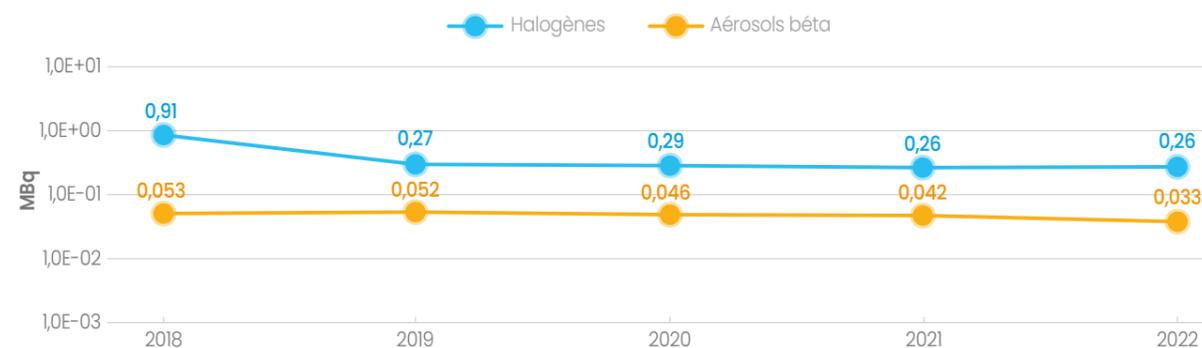


Figure 9: Rejets atmosphériques des INB depuis 2018.

La baisse observable à partir de 2018 sur la Figure 9, principalement imputable aux halogènes, s'explique par un changement des équipements de mesure pour des appareils plus performants permettant d'atteindre des seuils de décision (SD) plus faibles.

Nota: en mesure nucléaire, le seuil de décision 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.

L'activité annuelle des émetteurs bêta de $3,3 \cdot 10^{-2}$ MBq rejeté par le site de Fontenay-aux-Roses en 2022, en baisse de 21 % par rapport à 2021, correspond à 41 % de l'activité prévue à $8 \cdot 10^{-2}$ MBq (cf. tableau 2); celle des halogènes de $2,6 \cdot 10^{-1}$ MBq, constante par rapport à 2021, correspond à 26 % de l'activité prévisionnelle attendue à 1 MBq (cf. Tableau 2).

Globalement, l'activité annuelle des rejets cumulés aérosols bêta et halogènes en 2022 reste très faible au regard des limites fixées par les autorisations, à savoir inférieure à 0,01%.

Transferts des effluents liquides

Cadre réglementaire

Limites réglementaires radiologiques dans l'égout urbain

L'arrêté interministériel d'autorisation de 1988 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.

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 de Fontenay-aux-Roses.

Paramètres	Transferts maximaux autorisés des cuves des INB (en MBq/an)	Activité volumique maximale après mélange dans l'égout collecteur (en Bq/m ³)
Tritium	$2 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^5$
Emetteurs bêta (autres que tritium)	$4 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$
Emetteurs alpha	1000	

Limites réglementaires physico-chimiques dans les émissaires

L'arrêté interministériel d'autorisation de mars 1988 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. Elles seront intégrées prochainement à la nouvelle décision ASN en cours de révision. 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.

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

Paramètres	Concentration maximale en mg/l	Flux journalier maximum en kg/jour
Matières en suspension (MES)	600	90
Demande chimique en oxygène (DCO)	2000	300
Demande biochimique en oxygène (DB5)	800	120
Azote total Kjeldhal (NTK)	150	22,5
Phosphore total (Ptot)	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	1,5

Gestion des effluents liquides du site

Les effluents liquides des INB ont pour origine les eaux de lavage des sols ainsi que les eaux sanitaires (douches et lavabos) situés dans les zones réglementées des INB. Le bilan des rejets liquides des INB est établi selon les règles de comptabilisation des effluents décrites aux articles 3.2.7 et 3.2.8 de la « Décision environnement ».

Nota: le terme « rejets liquides » est utilisé ici et 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.

Ces effluents sont recueillis dans des cuves tampon. Après homogénéisation de l'effluent dans la cuve, un échantillon est analysé pour déterminer les activités volumiques alpha et bêta globales ainsi que l'activité en tritium. Une spectrométrie gamma est également effectuée pour identifier la présence éventuelle de radionucléides émetteurs gamma. Des analyses sont aussi effectuées sur les paramètres physico-chimiques principaux: MES, DBO_5 , DCO et le pH. Le déversement des cuves dans les émissaires 17 et 55 est autorisé dès lors que sont respectées les activités volumiques et concentrations maximales présentées respectivement dans les tableaux 3 et 4 présentant les valeurs limites autorisées dans l'égout urbain et les émissaires.

Nota: de fait, les limites radiologiques de l'arrêté interministériel d'autorisation de mars 1988 relatives au transfert des cuves dans les émissaires 17 et 55, à savoir $2 \cdot 10^6 \text{ Bq/m}^3$ pour les radioéléments autres que le tritium et $2 \cdot 10^5 \text{ Bq/m}^3$ pour les radioéléments émetteurs alpha et 10^8 Bq/m^3 pour le tritium sont largement respectés.

Nota: les paramètres réglementaires physico-chimiques présentés dans le tableau 4 autres que MES, DBO_5 , DCO et pH sont analysés en différé après transfert dans les émissaires.

Nota: aucun produit chimique n'est déversé directement dans le réseau d'évacuation des effluents liquides du site. Ils sont collectés dans des récipients puis évacués après tri vers les filières d'élimination appropriées. La traçabilité de ces éliminations est archivée par le producteur en charge des évacuations.

Les émissaires 17 et 55 collectent non seulement les cuves après autorisation de rejet mais également tous les sanitaires des bâtiments du site, et sont ensuite déversés dans l'égout urbain. Des mesures périodiques sont également effectuées dans les émissaires ainsi que dans l'égout urbain afin de vérifier la conformité des résultats obtenus par rapport aux valeurs limites réglementaires en vigueur prescrites réglementairement (cf. Tableaux 3 et 4).

Nota: 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 à la SIAAP de Fontenay-aux-Roses.

Surveillance des transferts des cuves dans les émissaires

Comptabilisation des volumes issus des cuves

La figure 10 présente les volumes d'effluents liquides transférés dans l'égout urbain de 2018 à 2022.

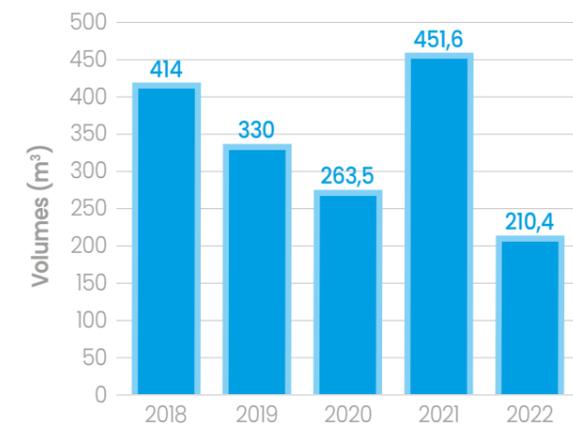


Figure 10: Volumes d'effluent liquide rejetés annuellement depuis 2018 par le site de Fontenay-aux-Roses.

La figure 10 montre une baisse régulière du volume d'effluent rejeté liée à une diminution d'activité de l'assainissement en faveur du traitement de déchets conduisant à moins de rejets liquides. En 2022,

210,4 m³ d'effluents liquides ont été transférés des INB vers l'égout urbain, soit une diminution de 53 % par rapport à l'année précédente.

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.

Mesure de la radioactivité des cuves des INB

La Figure 11 présente les mois concernés par des autorisations de rejets d'effluent présent dans les cuves tampons des INB vers le réseau de collecte du site et les activités radiologiques de ces effluents.

Durant l'année 2022, 8 rejets mensuels de cuves ont eu lieu avec :

- une activité alpha rejetée toujours inférieure à $3 \cdot 10^{-2} \text{ MBq}$,
- une activité bêta (hors tritium) rejetée toujours inférieures à $6 \cdot 10^{-2} \text{ MBq}$.

Nota: l'activité mesurée en tritium dans les effluents correspond à l'activité présente dans l'eau de ville fournie au site CEA.

Les activités annuelles en émetteur alpha, bêta et en tritium mesurées sur les effluents liquides depuis 2018 sont représentées sur le graphe de la Figure 12.

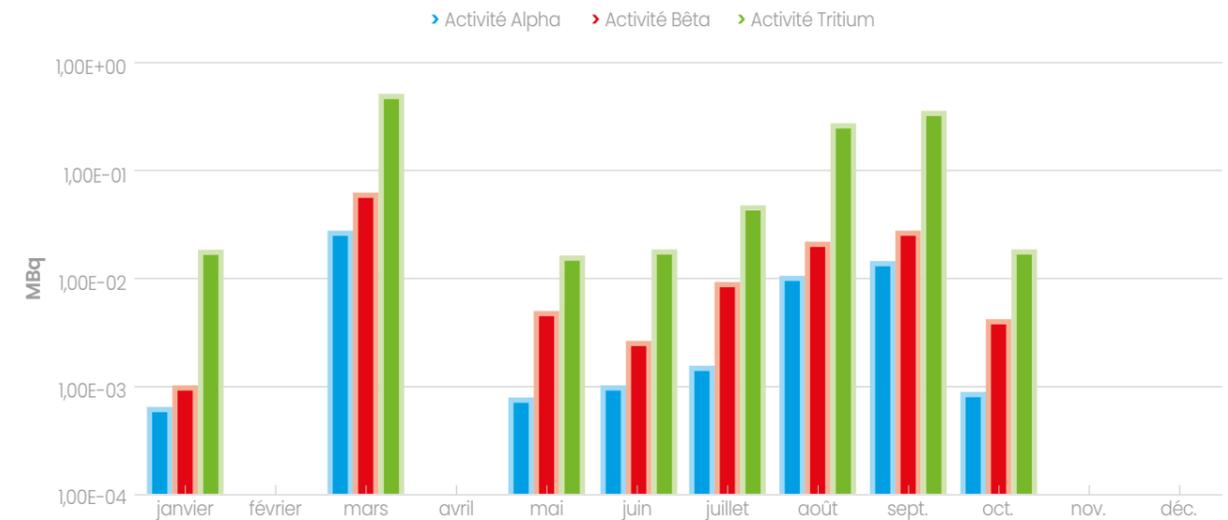


Figure 11: Activités mensuelles en émetteurs alpha, bêta et en tritium dans les effluents des cuves 2022.

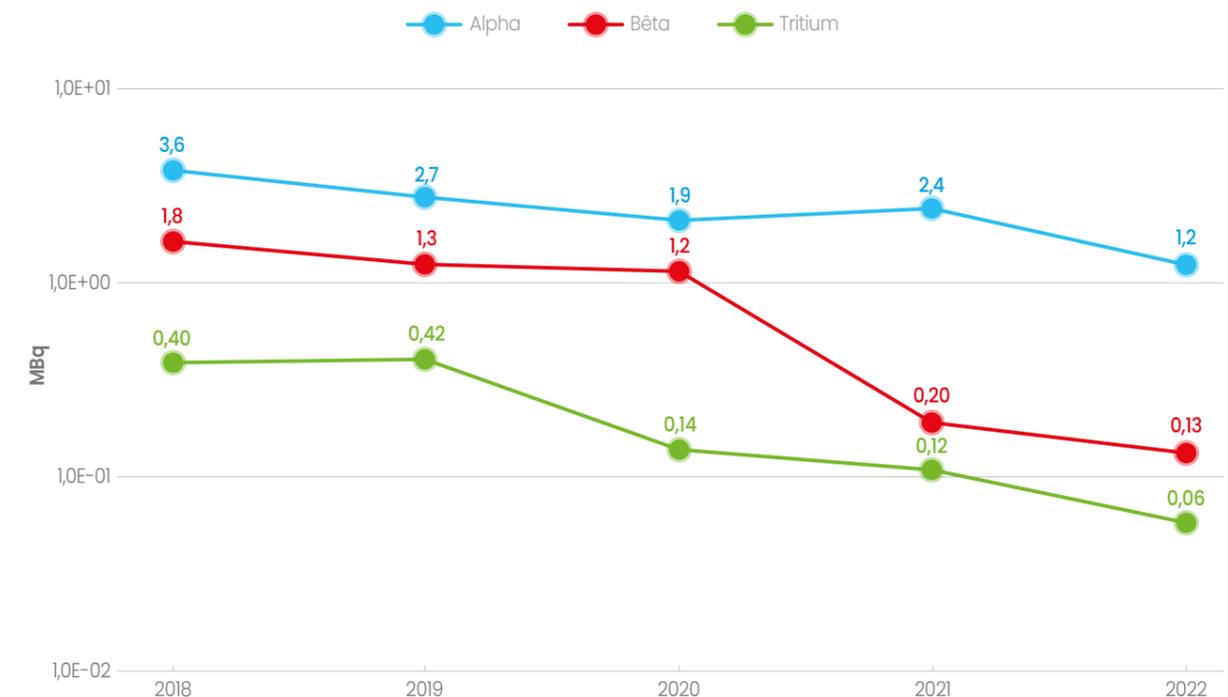


Figure 12: Activités radiologiques annuelles des rejets de cuves depuis 2018.

Nota: L'activité bêta n'intègre pas l'activité en Carbone 14.

La baisse d'activité en émetteurs alpha et bêta est à mettre au regard du volume moindre d'effluent liquide rejeté du fait d'activité d'assainissement plus orientée vers du traitement de déchets (cf. Figure 10).

Sur les cinq dernières années, les activités des rejets d'effluent liquides des émetteurs alpha et des émetteurs bêta (hors tritium) restent faibles et représentent toujours moins de 1 % des autorisations de rejet.

Mesures physico-chimiques
des cuves des INB

Le Tableau 5 présente les volumes d'effluents liquides transférés mensuellement en 2022 dans les émissaires 17 et 55, ainsi que les quantités correspondantes en paramètres physico-chimiques suivis pour les autorisations de rejets de cuves.

Le tableau 5 montre des quantités de paramètres chimiques variables suivant le nombre de rejets réalisés dans le mois. En effet, les mois pendant lesquels de grands volumes ont été transférés présentent des cumuls mensuels proportionnellement plus élevés.

Tableau 5: Surveillance des paramètres physico-chimiques dans les effluents des cuves.

	Volume (m³)	Paramètres chimiques (en grammes)							
		MES	DCO	DBO ₅	NTK	Ptot	CN	IH	F
Janvier	2,4	24	48	60	2,4	3,1	0,02	0,24	0,34
Février	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Mars	97,2	1570	2467	2430	111	57	0,97	9,9	12
Avril	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Mai	3	30	67	75	25	4,2	0,03	0,63	0,42
Juin	3,8	281	266	95	18	95	0,04	0,80	0,99
Juillet	6	132	244	150	91	8,4	0,06	0,60	0,93
Août	40	560	1104	1000	40	20	0,40	4,0	6,0
Septembre	55	770	1518	1375	55	28	0,55	5,5	8,3
Octobre	3	30	97	75	600	7,5	0,03	0,30	0,45
Novembre	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Décembre	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Total 2022	210,4	3397	5811	5260	942	223	2,1	22	29

	Volume (m³)	Traces métalliques (en grammes)						
		Fe + Al	Cu	Zn	Ni	Pb	Cr	Cd
Janvier	2,4	2,5	0,14	0,29	0,05	0,03	0,05	0,005
Février	0	-	-	-	-	-	-	-
Mars	97,2	77	17	23	2,0	1,7	1,9	0,20
Avril	0	-	-	-	-	-	-	-
Mai	3	7,2	0,29	4,8	0,54	0,03	1,2	0,006
Juin	3,8	54	4,2	13	0,10	0,33	0,08	0,02
Juillet	6	5,3	0,87	4,7	0,12	0,06	0,12	0,012
Août	40	29	8,8	12	0,80	1,3	0,80	0,08
Septembre	55	40	12	17	1,1	1,8	1,1	0,11
Octobre	3	4,2	0,42	2,1	0,19	0,05	0,06	0,006
Novembre	0	-	-	-	-	-	-	-
Décembre	0	-	-	-	-	-	-	-
Total 2022	210,4	219	44	77	4,9	5,3	5,3	0,44

Tableau 6: Comparaison des quantités de paramètres physico-chimiques rejetés annuellement depuis 2018 dans l'égout urbain via les cuves.

Années/ Paramètres	2018	2019	2020	2021	2022
Volumes (m³)	414	330	263,5	451,6	210,4
MES (g)	18317	8588	5348	8835	3397
DCO (g)	28402	10652	8469	11653	5811
DBO ₅ (g)	15410	8400	6588	13743	5260
NTK (g)	4971	1686	357	1456	942
Ptot (g)	3145	218	121	415	223
CN (g)	10	3,6	2,6	4,5	2,1
IH (g)	396	61	31,6	54	22
F (g)	83	50	44,8	149	29
Fe+Al (g)	704	500	138,3	516	219
Cu (g)	124	107	44,2	116	44
Zn (g)	215	193	132,2	198	77
Ni (g)	56	6,9	5,74	13	4,9
Pb (g)	38	21	7,39	17	5,3
Cr (g)	31	6,7	5,63	9,8	5,3
Cd (g)	27	0,85	0,52	0,94	0,44

Le tableau 6 présente les volumes d'effluents liquides rejetés annuellement depuis 2018 dans les émissaires 17 et 55 ainsi que les quantités correspondantes en paramètres physico-chimiques.

Globalement, de même que les volumes rejetés, les quantités de substances chimiques transférées à l'égout urbain diminuent progressivement depuis 2018 (excepté en 2021 du fait de transferts reportés en 2021 suite à la pandémie de 2020) du fait de la nature des activités d'assainissement plus orientée vers le traitement de déchets solides.

Nota: l'indice phénol et les agents de surfaces anioniques ne sont pas présents dans les tableaux 5 et 6 car non mesurés en vue des autorisations de rejet des cuves dans les émissaires. Ils sont néanmoins mesurés semestriellement dans les émissaires pour la surveillance réglementaire physico-chimiques (cf. tableau 4).

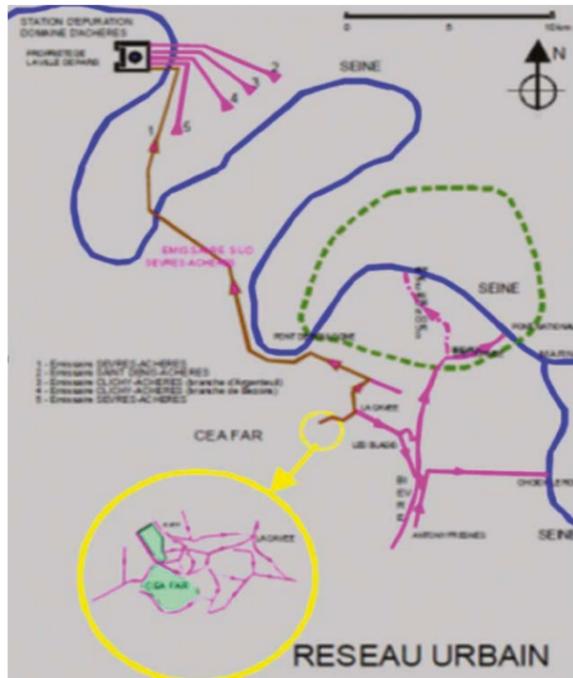
Surveillance des transferts des émissaires vers l'égout urbain

Surveillance des émissaires
et de l'égout urbain

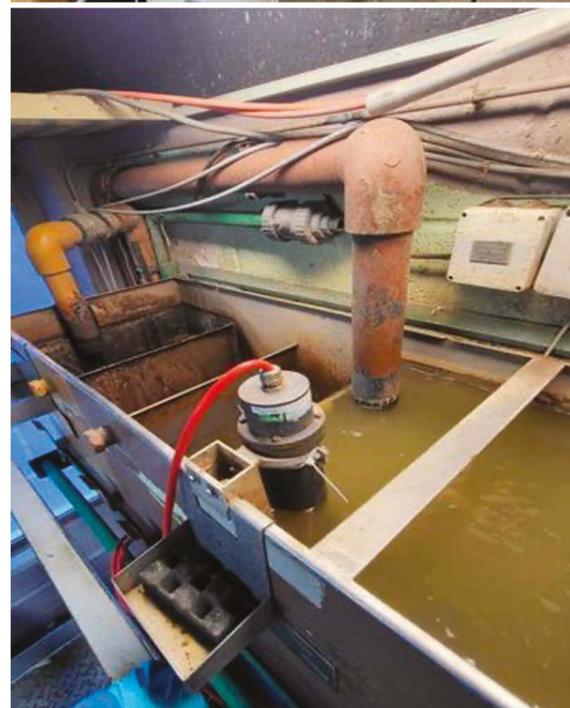
Des stations de contrôles sont implantées au niveau des émissaires 17 et 55. Elles sont équipées d'un échantillonneur d'effluents, d'un dispositif pour le contrôle de radioactivité par mesure gamma et d'un pH-mètre.

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 prélèvement 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.

Tableau 7: Volumes mensuels mesurés aux émissaires 17 et 55 ainsi qu'à l'égout urbain.

	Volumes mensuels (m ³)		
	Émissaire 17	Émissaire 55	Égout urbain en aval des 2 émissaires
Janvier	1659	979	10984
Février	784	403	5664
Mars	616	132	5005
Avril	1516	840	5718
Mai	607	329	4699
Juin	1667	907	9962
Juillet	1064	251	9341
Août	1249	1101	33456
Septembre	1363	595	18489
Octobre	1492	710	12357
Novembre	1666	830	10618
Décembre	3991	947	10880
Total 2022	17674	8024	137173

Le Tableau 7 présente les volumes mensuels aux émissaires 55 et 17 ainsi qu'à l'égout urbain, calculés sur la base des débits enregistrés.

Les volumes mesurés aux émissaires 17 et 55 représentent environ 20 % du volume de l'égout urbain, ce qui montre le faible impact des rejets du site de Fontenay-aux-Roses en terme de volumes transférés.

Mesure de la radioactivité des émissaires et de l'égout urbain

Le Tableau 8 présente les valeurs moyennes annuelles de radioactivité des échantillons prélevés journalièrement sur 24H au niveau des émissaires et de l'égout urbain, ainsi que la valeur maximale relevée en 2022 en émetteurs alpha, bêta, tritium et carbone 14. Les mesures de ces échantillons sont effectuées en différé au laboratoire.

Les résultats des contrôles de la radioactivité montrent des moyennes journalières à l'égout urbain très faibles au regard des valeurs réglementaires.

Tableau 8: Activité volumiques annuelles moyennes et maximales aux émissaires et à l'égout urbain.

	Activités sur échantillons de 24h (Bq/m ³)					
	Émissaire 17		Émissaire 55		Égout urbain en aval des 2 émissaires	
	Moyenne	Maximale	Moyenne	Maximale	Moyenne	Maximale
Émetteurs alpha	48	220	93	1000	46	140
Émetteurs bêta	837	2300	1380	3100	662	1400
Tritium	13690	27000	10892	32000	11895	26000
Carbone 14	1762	5600	2292	7000	1881	6500

Mesure des paramètres physico-chimiques en sortie de site

Le tableau 9 présente les valeurs moyenne 2022 ainsi que les valeurs maximales des paramètres physico-chimiques mesurés sur les prélèvements moyens 24 heures au niveau des émissaires 17 et 55. Ces valeurs respectent en majorité les valeurs limites réglementaires présentées au tableau 4, à l'exception de quelques dépassements ponctuels des paramètres physico-chimiques suivants: pH, phosphore total, azote total Kjeldhal, MES, DCO, DBO et deux traces métalliques aluminium (Al) et fer (Fe).

Ces dépassements ont fait l'objet de fiches d'écart ouvertes dans le système qualité du SPRE, et d'informations des autorités au moyen des registres mensuels et trimestriels réglementaires. Malgré ces dépassements ponctuels, la valeur limite réglementaire du flux maximal journalier par paramètre physico-chimique est toujours respectée. Les causes potentielles de ces dépassements ponctuels sont explicitées au chapitre 3.

Tableau 9: Valeurs annuelles moyennes et maximales en paramètres physico-chimiques aux émissaires comparées aux valeurs limites réglementaires présentées dans le tableau 4.

	Unité	Limite réglementaire	Valeurs sur échantillons de 24h			
			Émissaire 17		Émissaire 55	
			Moyenne	Maximale	Moyenne	Maximale
pH	-	5,5 < - < 8,5	7,4	7,1 < - < 8,2	8,6	8,0 < - < 9,0
MES	mg/l	600	167	760	564	1700
DCO	mg O2/l	2000	258	650	1226	3000
DBO ₅	mg O2/l	800	82	270	551	1800
DCO/DBO ₅	-	2,5	-	7,1	-	5,5
NTK	mg N/l	150	27	51	122	200
Ptot	mg P/l	50	36	89	14	29
IH	mg/l	10	0,16	0,34	0,13	0,39
Cyanures	mg/l	0,1	0,01	0,01	< 0,01	< 0,01
Fluorures	mg/l	15	0,14	0,27	0,15	0,27
Fe + Al	mg/l	5	0,83	3,5	5,2	25
Cuivre	mg/l	0,5	0,13	0,31	0,20	0,37
Zinc	mg/l	2	0,15	0,36	0,40	1,1
Nickel	mg/l	0,5	0,02	0,03	0,02	0,03
Plomb	mg/l	0,5	0,01	0,01	0,05	0,27
Chrome total	mg/l	0,5	< 0,02	< 0,02	0,02	0,03
Cadmium	mg/l	0,2	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Agents de surf. anioniques	mg/l	10	0,15	0,20	0,35	0,40
Indice phénol	mg/l	0,3	< 0,01	< 0,01	0,02	0,02

Mesure des boues de l'égout urbain

La figure 13 et le tableau 10 présentent les activités radiologiques massiques 2022 des échantillons de boues prélevés mensuellement.

La figure 13 et le tableau 10 montrent des activités radiologiques mensuelles comprises:

- entre 240 et 610 Bq/kg sec pour l'indice de radioactivité bêta,
- entre 65 et 420 Bq/kg sec pour l'alpha.

Les activités en Césium-137 fluctuent entre 0,55 et 2,3 Bq/kg sec et entre 0,44 et 3 Bq/kg sec en Américium-241.

Les activités radiologiques moyennes annuelles calculées sur la base des résultats mensuels sont de 431 Bq/kg sec en émetteurs bêta et de 263 Bq/kg sec en émetteurs alpha. Les activités moyennes des boues en ¹³⁷Cs et en ²⁴¹Am, respectivement de 1,1 Bq/kg et 1,2 Bq/kg sec.

Les activités moyennes 2022 des boues restent dans les valeurs habituellement observées dans ces égouts (cf. tableau 10).

Tableau 10: Activités radiologiques massiques moyennes et maximales 2022 des boues de l'égout urbain.

	Boues de l'égout urbain (Bq/kg sec)	
	Moyenne	Maximale
Emetteurs alpha	263	420
Emetteurs bêta	431	610
Américium 241	1,2	3,0
Césium 137	1,1	2,3

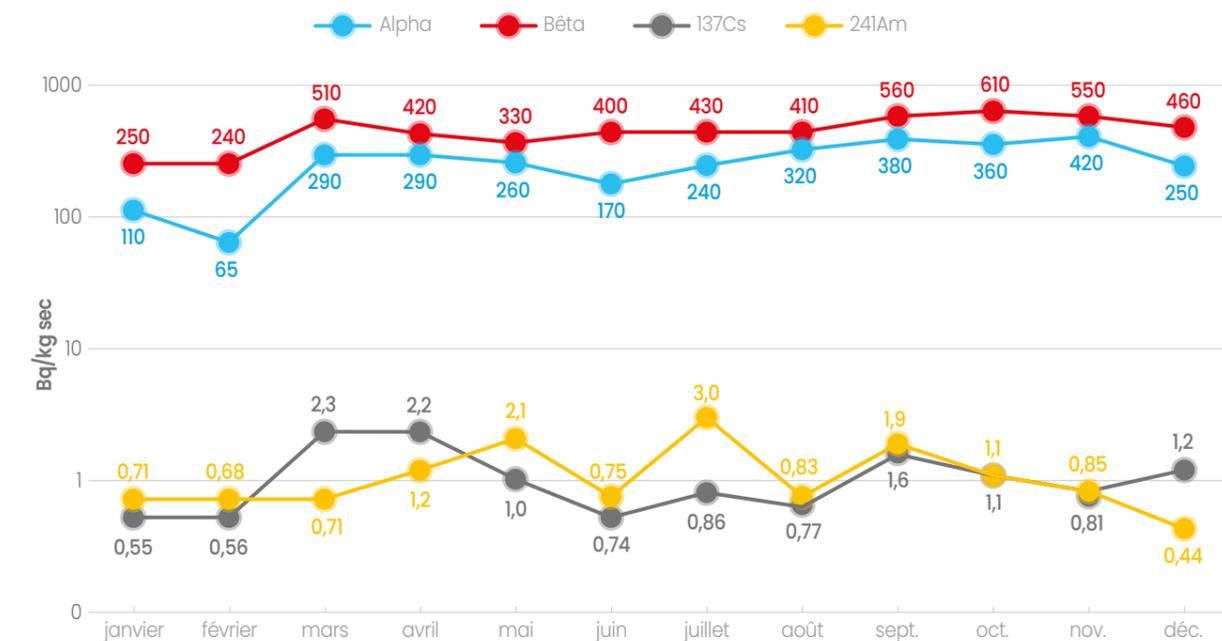


Figure 13: Activités radiologiques massiques mensuelles 2022 des boues de l'égout urbain.

6

La surveillance de l'environnement du site

► Cadre réglementaire

Les prescriptions individuelles du site CEA de Fontenay-aux-Roses 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. Il s'agit donc de niveaux d'activité proportionnés aux enjeux, seuil « repère » 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.

Tableau 11: Seuils de décision prescrit par la « Décision environnement » au regard des enjeux environnementaux.

MATRICE	MESURE	UNITÉ	SD
EAU	αTotal	Bq/L	5.10 ⁻²
	βTotal		2,5.10 ⁻¹
	³ H		10
AIR	αTotal ⁽¹⁾	mBq/m ³	5.10 ⁻¹
	βTotal ⁽¹⁾		2,5.10 ⁻¹
	γ ⁽²⁾		5.10 ⁻²
BIO	γ(¹³⁷ Cs) ⁽³⁾	Bq/kg	5.10 ⁻¹

(1) Pour un prélèvement de 24 heures.

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

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

Concernant le débit d'équivalent de dose, le seuil utilisé est celui du bruit de fond augmenté de 0,114 μSv/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 11 pour les différents échantillons prélevés dans l'environnement du site.

► Surveillance atmosphérique

La surveillance de l'air est effectuée à partir des 4 stations de surveillance: ATMOS, FAR2, CLAMART et BAGNEUX (cf. figure 6). 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 1400 m³. Une mesure en différée 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.

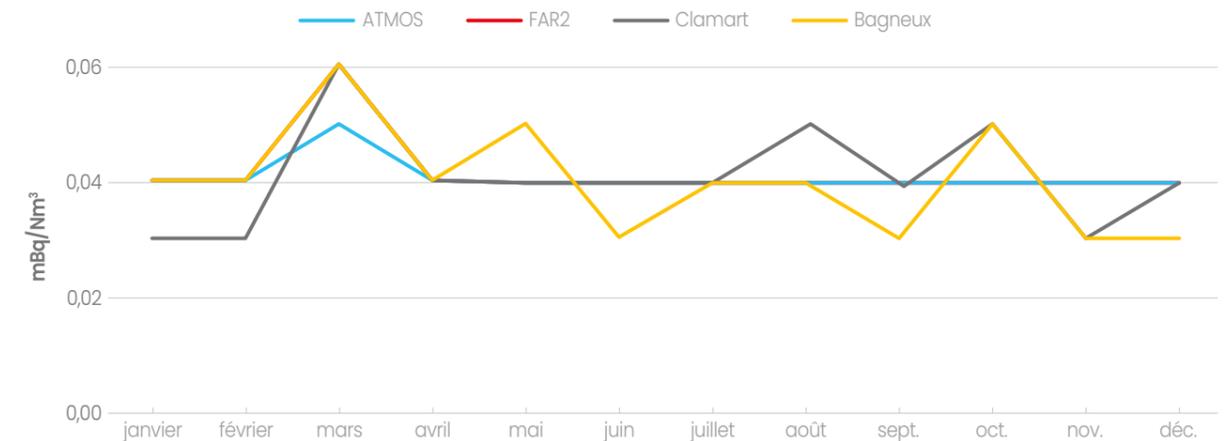


Figure 14: Activités moyennes mensuelles 2022 en émetteurs alpha au niveau des stations de surveillance atmosphériques.

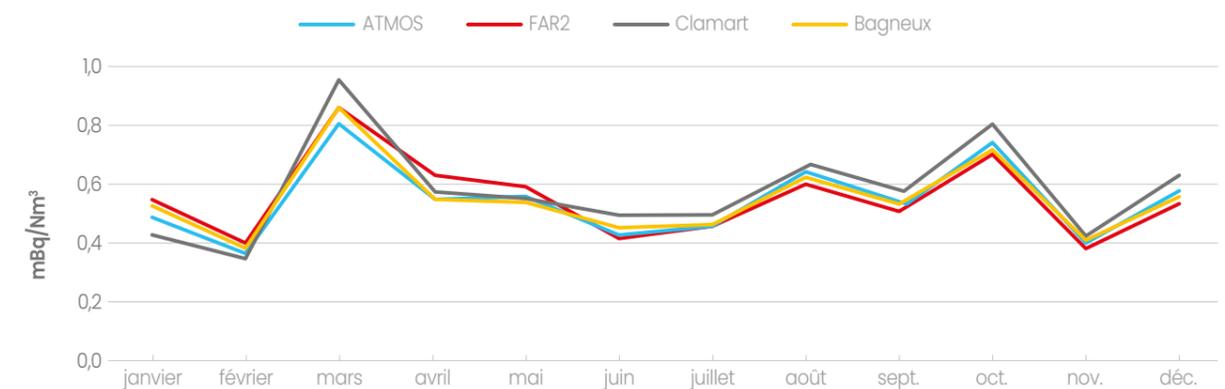


Figure 15: Activités moyennes mensuelles 2022 en émetteurs bêta au niveau des stations de surveillance atmosphériques.

Les Figures 14 et 15 présentent les moyennes mensuelles calculées sur l'ensemble des résultats journaliers de mesure en émetteurs alpha et bêta, effectuées au niveau des stations atmosphériques de surveillance de l'environnement.

Nota: 1 Nm³ représente 1 m³ de gaz à la pression atmosphérique.

La valeur moyenne mensuelle maximum de radioactivité en émetteurs alpha obtenue en 2022 sur les aérosols des stations de l'environnement du CEA de Fontenay-aux-Roses est celle du mois de mars (cf. figure 14), calculée à 0,06 mBq/Nm³. 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 11).

Les valeurs moyenne de radioactivité en émetteurs bêta obtenue en 2022 sur les aérosols des stations de l'environnement du CEA de Fontenay-aux-Roses oscillent entre la valeur de 0,38 mBq/Nm³ mesurée en février et 0,96 mBq/Nm³ mesurée en mars 2023 (cf. figure 15). 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 11).

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 les variations naturelles du taux d'émanation radon et de l'empoussièrément 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 2022, l'activité volumique en ¹³¹I est restée systématiquement inférieure au seuil de décision du laboratoire d'essai, soit < 3,0.10⁻⁴ 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 11).

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



Dosimètre RPL et sonde gamma traceur.

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 et) est réalisée :

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

Le tableau 12 présente les débits d'équivalent de dose ambient moyens calculés pour l'année 2022 à partir des données issues de la balise irradiation et du dosimètre RPL situés dans chacune des stations de surveillance atmosphériques de l'environnement.

Tableau 12: Débits d'équivalent de dose ambient mesurés au niveau des stations de surveillance atmosphériques de l'environnement.

	Équivalent de dose ambient moyen (µSv/h)				
	ATMOS	BAGNEUX	CLAMART	FAR2	Moyenne
Balises	0,078	0,079	0,082	0,086	0,081
RPL	0,063	0,063	0,078	0,078	0,070



Débits d'équivalent de dose ambient moyens

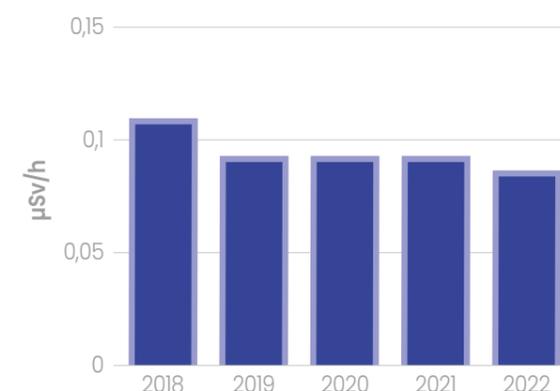


Figure 16: Débits d'équivalent de dose ambient moyens issus des mesures en continu des balises irradiation.

En 2022, le débit d'équivalent de dose ambient moyen annuel calculé à partir des données issues de la mesure en continu des balises d'irradiation est de 0,081 µSv/h, ce qui est comparable aux débits des années passées (cf. Figure 16).

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 ambient 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 mesures minimisées en deçà des 100KeV lorsqu'elles sont effectuées par les RPL du fait de la gamme de mesure plus large pour ces dosimètres (33keV → 3MeV contre 45keV → 2MeV pour les gammatracer),
- des étalonnages effectués de manière différente notamment en énergie avec des traceurs différents (¹³⁷Cs pour la sondes gammatracer et ⁶⁰Co pour les dosimètres RPL).

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

Les débits d'équivalent de dose ambient moyens mesurés en 2022 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. tableau 11).

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 17) conformément aux arrêtés d'autorisation. Le tableau 13 présente les débits d'équivalent de dose ambient moyens

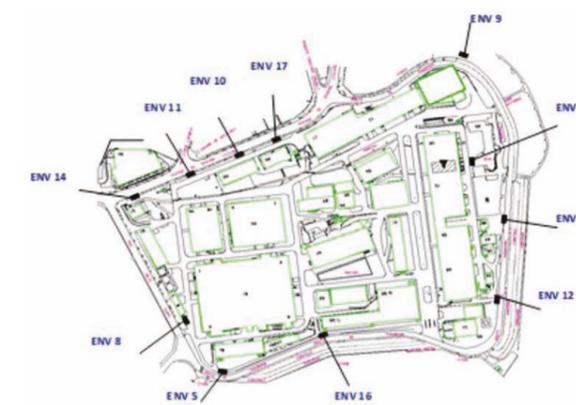


Figure 17: Implantation des dosimètres RPL en clôture du site de Fontenay-aux-Roses.

calculés pour l'année 2022 à partir des données issues de ces dosimètres RPL.

Les débits d'équivalent de dose ambient moyens mesurés en 2022 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. Tableau 11). En effet, l'irradiation mesurée en périphérie du site est en moyenne de 0,076 µSv/h, ce qui correspond au niveau de l'irradiation ambiante naturelle de la région parisienne.

Tableau 13: Débits d'équivalent de dose ambient mesurés en limite de site.

	Débit d'équivalent de dose moyen (µSv/h)
ENV5	0,076
ENV8	0,076
ENV9	0,072
ENV10	0,076
ENV11	0,076
ENV12	0,098
ENV13	0,072
ENV14	0,081
ENV15	0,069
ENV 16	0,073
ENV17	0,071
Moyenne clôture	0,076



Pluviomètre 1 m²



Pluviomètre 0,04 m² à lecture directe

Surveillance des eaux

Pluies

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

- deux pluviomètres de 1 m² de surface, installés dans les stations ATMOS et FAR2; l'eau de pluie ainsi récoltée fait l'objet d'une recherche systématique de l'activité alpha et bêta et d'une mesure en tritium pour la station ATMOS uniquement;
- 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, bêta et tritium mesurées sur 4 périodes hebdomadaires dans le mois.

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.

Tableau 14: Hauteurs et activités radiologiques moyennes des pluies collectées dans les stations ATMOS et FAR2 du site de Fontenay-aux-Roses.

	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	Tritium	Alpha		Bêta	
Janvier	62,7	0,03	0,08	< 3,1	63,5	0,02	0,05
Février	41,9	0,02	0,09	< 3,3	45	0,02	0,05
Mars	14	0,03	0,21	< 3,2	14,7	< 0,02	0,16
Avril	57,2	< 0,02	0,07	< 3,1	64,6	< 0,03	0,08
Mai	14,8	0,04	0,28	< 3,9	14,5	0,04	0,33
Juin	73	0,02	0,12	< 3,4	67,5	0,03	0,14
Juillet	11,7	0,03	0,19	< 3,2	13,7	0,07	0,6
Août	43,2	< 0,02	0,07	< 3,1	45,5	< 0,02	0,14
Septembre	57,5	0,02	0,06	< 3,3	61,9	0,01	0,06
Octobre	55	0,02	0,2	< 3,9	55,2	0,02	0,08
Novembre	44,7	0,03	0,15	< 3,1	48,6	0,03	0,08
Décembre	50,8	0,02	0,12	< 3,0	52	< 0,01	0,07
Moyenne annuelle	Total = 527	0,02	0,13	< 3,3	Total = 547	0,02	0,11

En 2022, les émetteurs alpha ont une activité volumique moyenne annuelle au niveau des stations environnementales égale à 0,02 Bq/L avec des moyennes mensuelles très peu dispersées autour de cette valeur. L'activité volumique moyenne mensuelle maximale calculée étant de 0,07 Bq/L au niveau de la station FAR2 en juillet. Pour les émetteurs bêta, l'activité volumique moyenne annuelle est de 0,1 Bq/L avec une activité volumique moyenne mensuelle maximale égale à 0,28 Bq/L en mai au niveau de la station FAR ATMOS. Les mesures en tritium sont quant à elle systématiquement inférieure au seuil de décision du laboratoire de mesure.

Les niveaux d'activités mesurés sont en majorités inférieurs aux seuils prescrits par la « Décision environnement » pour la protection de population (cf. Tableau 11) ou restent compatibles à ce dernier aux incertitudes près. Ceux obtenus à plus bas niveau en tritium par le laboratoire d'essais montre l'absence de ce radionucléide dans l'eau de pluie.

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 18) jusqu'à une distance d'environ 6 km pour les plus éloignés du site.

Étang 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.

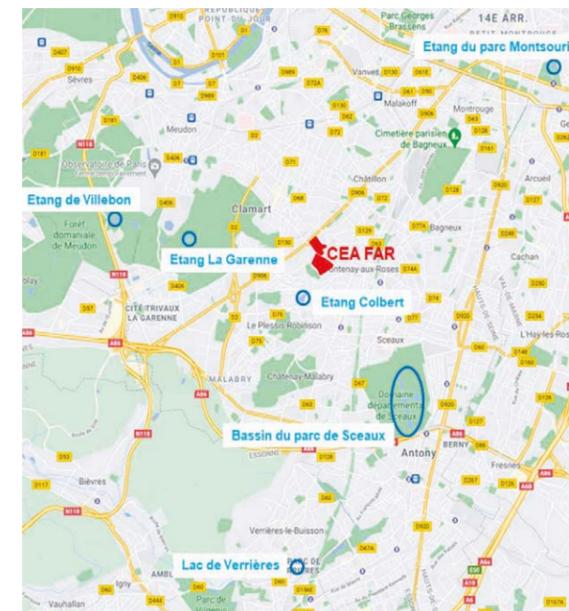


Figure 18: Localisation des plans d'eau prélevés pour surveillance autour du site CEA de Fontenay-aux-Roses.

Tableau 15: Activités volumiques mensuelles des eaux de l'étang Colbert en émetteurs alpha, bêta et en tritium.

	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

Le tableau 15 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).

Les activités volumiques de l'étang Colbert mesurées en 2022 sont stables par rapport aux années précédentes.

Les activités volumiques mesurées en 2022 en tritium et en émetteurs bêta sont inférieures aux seuils correspondants prescrits par la « décision environnement » (cf. tableau 11). Celle obtenue à plus bas niveau en tritium par le laboratoire d'essais montre 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.



Plan d'eau de l'étang Colbert.

Tableau 16: Activités massiques radiologiques mesurées depuis 2018 dans les sédiments de l'étang Colbert.

	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
2018	677	913	360	283	< 0,40	18	< 0,70
2019	730	935	335	305	< 0,52	20	< 0,72
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

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 supérieur au seuil de la « Décision environnement » (cf. tableau 11), 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 sédiment est également réalisé au niveau de l'étang Colbert. Le tableau 16 présente les activités radiologiques annuelles de ce sédiment depuis 2018.

En 2022, les sédiments de l'étang Colbert présentent une activité massique en ¹³⁷Cs de 12 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 Villebon, Montsouris, La Garenne, Sceaux et Verrières

Les eaux de surface sont également prélevées annuellement dans des plans d'eau plus éloignés du site de Fontenay-aux-Roses que sont les étangs de Villebon, La Garenne et Montsouris, ainsi que le bassin du parc de Sceaux et le lac de Verrières. Le tableau 17 présente les activités volumiques radiologiques mesurées en 2022 dans les échantillons prélevés en 2022 dans ces plans d'eau.

Bien que les activités globales en émetteurs alpha et bêta varient d'un point à l'autre (activité alpha globale plus importante à La Garenne et activité bêta globale plus importante à Verrières comme les années précédentes), elles sont représentatives de la radioactivité naturelle.

Tableau 17: Activités volumiques 2022 en émetteurs alpha, bêta et en tritium des plans d'eaux environnant le site de Fontenay-aux-Roses.

	Activités volumiques des plans d'eau environnant (Bq/L)		
	Alpha	Bêta	Tritium
Étang de Verrières	< 0,03	0,52	< 2,8
Étang de Montsouris	0,07	0,19	< 3,6
Étang de La Garenne	0,50	0,12	< 3,5
Étang de Sceaux	0,05	0,25	< 3,8
Étang de Villebon	< 0,02	0,13	< 3,5

Eaux souterraines

Au droit du site CEA de Fontenay-aux-Roses (cf. figure 19), à 60 mètre 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 localisés des sources résurgentes que sont respectivement la Fontaine de Vénus et les Fontaines du Lavoir et du Moulin surplombant l'étang Colbert.

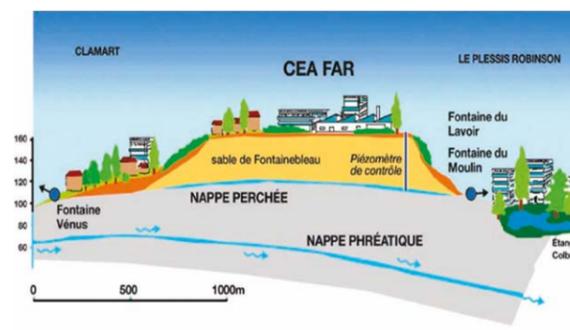


Figure 19: Schéma hydrogéologique du site de Fontenay-aux-Roses.

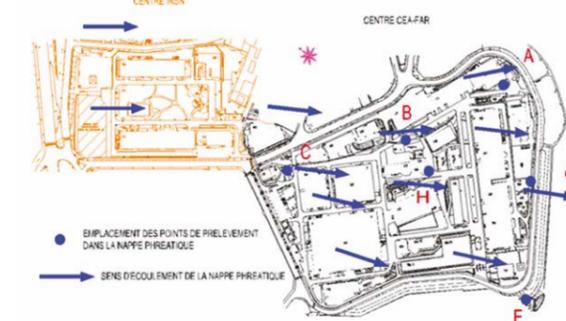


Figure 20: Sens d'écoulement de la nappe au droit du site de Fontenay-aux-Roses et implantation des piézomètres de surveillance de l'environnement

Mesures par piézomètres

Dans le cadre de la surveillance environnementale du site de Fontenay-aux-Roses, la nappe phréatique 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 20) pour des mesures de l'activité alpha et bêta globale, de tritium et par spectrométrie gamma. La figure 21 présente les activités volumiques moyennes en émetteurs alpha, bêta et en tritium de ces 6 piézomètres depuis 2018.

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

Cas des piézomètres A, B, C, G et H: Ces piézomètres présentent des activités volumiques moyennes annuelles en émetteurs bêta stables depuis 2018, comprises entre 0,14 Bq/L et 0,27 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 11), ou restent compatibles à ce dernier aux incertitudes près. Les activités volumiques moyennes annuelles en émetteurs alpha de ces piézomètres sont stables depuis 2018, comprises entre 0,15 Bq/L et 0,27 Bq/L. Les niveaux d'activités mesurés sont supérieurs au seuil prescrit par la « Décision environnement » (cf. Tableau 11), mais compatibles avec les niveaux d'activité de la radioactivité naturelle.

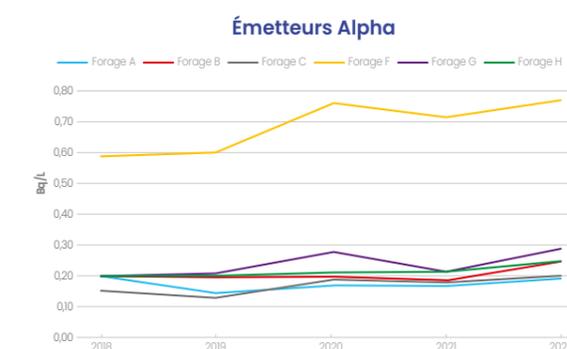
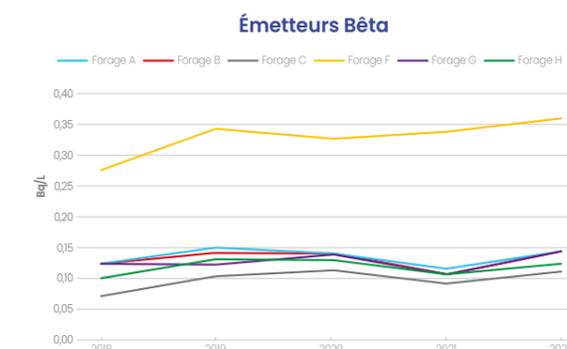
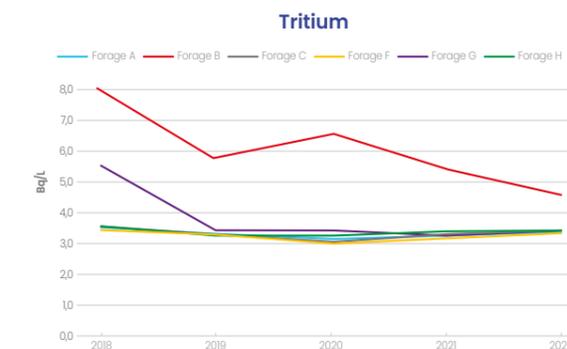


Figure 21: Activités volumiques moyennes en émetteurs alpha et bêta ainsi qu'en tritium des 6 piézomètres du site de Fontenay-aux-Roses.

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 11), 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 0,36 Bq/L en 2022. De même celle en émetteurs alpha calculée en 2018 à 0,57 Bq/L croit à 0,76 Bq/L en 2022. D'autre part, les mesures des radionucléides ¹³⁷Cs et ²⁴¹Am 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 seront menées dans le cadre du dossier de démantèlement des INB du site de Fontenay-aux-Roses pour confirmer la présence de radioéléments naturels et fournir une explication sur l'évolution à la hausse de son activité radiologique.

Résurgences de la nappe

Des prélèvements sont réalisés au niveau des résurgences de la nappe phréatique 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 mensuelle. La résurgence de la fontaine de Vénus à Clamart 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 22).

La figure 23 présente les activités moyennes calculées en 2022 pour les Fontaines du Moulin et du Lavoir, ainsi que l'activité annuelle mesurée à la Fontaine 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 « repère » de la décision environnement (cf. tableau 11).

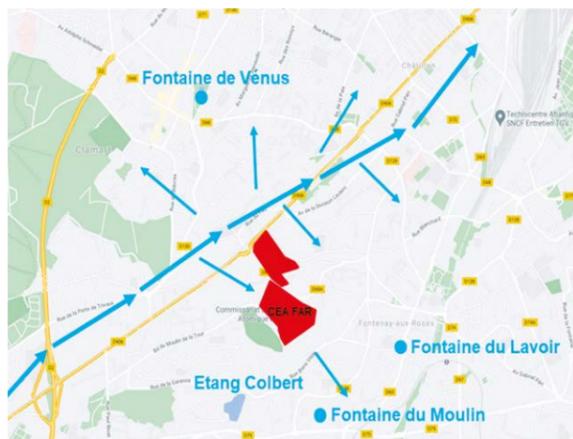


Figure 22: Résurgences de la nappe aux Fontaines environnant le site de Fontenay-aux-Roses.

Activités volumiques moyennes des résurgences - 2022

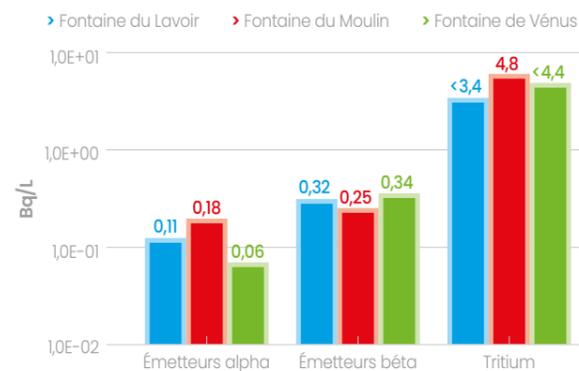


Figure 23: Activités volumiques en émetteurs alpha, bêta et en tritium des Fontaines du Lavoir du Moulin et de Vénus.

Surveillance des végétaux

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

Les figures 24 et 25 présentent les résultats de spectrométrie gamma des prélèvements de végétaux effectués en 2022. La figure 24 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 25 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 consommable par l'homme, les résultats présentés dans le présent rapport sont exprimés en Bq/kg frais.

Activités massiques moyennes des végétaux - 2022

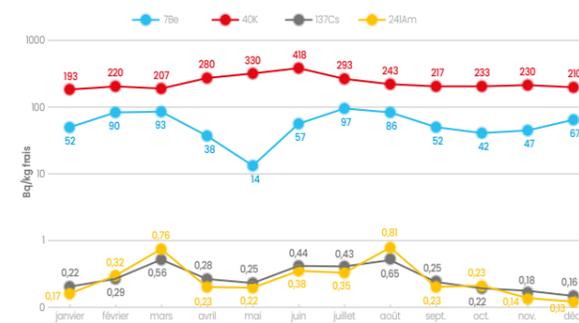


Figure 24: Activités massiques moyennes des végétaux prélevés dans les stations environnementales du CEA; moyennes mensuelles toutes stations environnementales confondues.

Activités massiques moyennes des végétaux - 2022

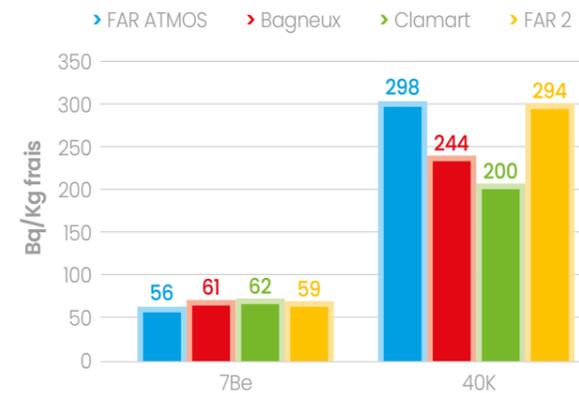


Figure 25: Activités massiques moyennes des végétaux prélevés dans les stations environnementales du CEA; moyennes mensuelles par station environnementales.

- Résultats relatifs aux radionucléides artificiels: Les résultats de la figure 24 montrent pour l'année 2022 et pour les valeurs moyennes en ¹³⁷Cs et ²⁴¹Am, soient 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 2022 n'a détecté aucun radionucléide artificiel.
- Résultats relatifs aux radionucléides naturels: Les résultats des figures 24 et 25 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 260 Bq/kg frais. Le ⁷Be, radionucléide naturel, est également détecté avec une activité moyenne de l'ordre de 60 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).

Surveillance des sols

Terre des stations de surveillance

Les sols font également l'objet d'une surveillance annuelle dans les 4 stations de surveillance extérieures au site. Le tableau 18 présente les activités massiques 2022 des prélèvements de sols effectués aléatoirement au niveau du sol des stations. 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.

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.

Tableau 18: Activités massiques en émetteurs alpha, bêta ainsi qu'en césium-137 et en américium-241 dans les sols des 4 stations environnementales du site de Fontenay-aux-Roses.

	Activités massiques des sols dans les stations - 2022 (Bq/kg sec)			
	Alpha	Bêta	¹³⁷ Cs	²⁴¹ Am
FAR ATMOS	360	550	6,8	< 0,51
Bagneux	410	630	0,95	< 0,45
Clamart	620	750	3,8	< 0,59
FAR2	450	610	10	6,6

- Résultats de mesure en radionucléides artificiels sur les stations FAR AMOS, Bagneux et Clamart: Les mesures annuelles réalisées par spectrométrie gamma en 2022 sur les sols donnent pour ces trois stations une valeur moyenne de l'ordre de 3,8 Bq/kg sec en ¹³⁷Cs, radionucléide artificiel provenant des retombées atmosphériques des essais nucléaires aériens et en quantité moindre aux retombées de l'accident de Tchernobyl. Les valeurs en ²⁴¹Am sont inférieures au seuil de détection du laboratoire d'essais.
- Résultats de mesure en radionucléides artificiels sur la station FAR2: Le prélèvement ponctuel de sol réalisé en 2022 sur cette station montre une activité massique en césium-137 supérieure d'un facteur 2,5 à celle habituellement mesurée et une activité massique en américium-241 supérieur au seuil de décision du laboratoire. L'ASN a été informé de ces résultats de mesures. Le léger marquage provient des activités passées du site qui ont conduit à contaminer ce local qui a été assaini dans les années 1990 par le CEA. La caractérisation de ce marquage a permis de conclure à l'absence d'impact sanitaire sur la population et sur l'environnement.

Terre des parcs Villebon, Montsouris, La Garenne, Sceaux et Verrières

Des échantillons de sol sont également prélevés annuellement à proximité des plans d'eau de Villebon, Montsouris, La Garenne, Sceaux et Verrières. Le tableau 19 présente les activités massiques de ces prélèvements.

Les activités globales alpha et bêta sont représentatives des niveaux de radioactivité naturelle des sols en potassium 40 et en uranium naturel.

Comme pour les sols des stations, hormis les radionucléides naturels, les terres au bord des étangs renferment en faible quantité du Césium-137 imputable aux retombées atmosphériques des essais nucléaires aériens et en quantité moindre à celles de l'accident de Tchernobyl. Les valeurs en ²⁴¹Am sont inférieures au seuil de décision du laboratoire d'essais attestant de l'absence de ce radionucléide dans ces prélèvements de sols.

Tableau 19: Activités massiques en émetteurs alpha, bêta ainsi qu'en ¹³⁷Cs et en ²⁴¹Am dans les prélèvements de sol environnant les plans d'eau faisant l'objet d'une surveillance par le site de Fontenay-aux-Roses.

	Activité massiques des sols à proximité des plans d'eau - 2022 (Bq/kg sec)			
	Alpha	Bêta	¹³⁷ Cs	²⁴¹ Am
La Garenne	360	560	0,59	< 0,55
Verrières	250	450	2,0	< 0,47
Montsouris	410	810	1,3	< 0,50
Sceaux	580	840	4,1	< 0,63
Villebon	130	380	< 0,25	< 0,34

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 24), 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.

À 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.

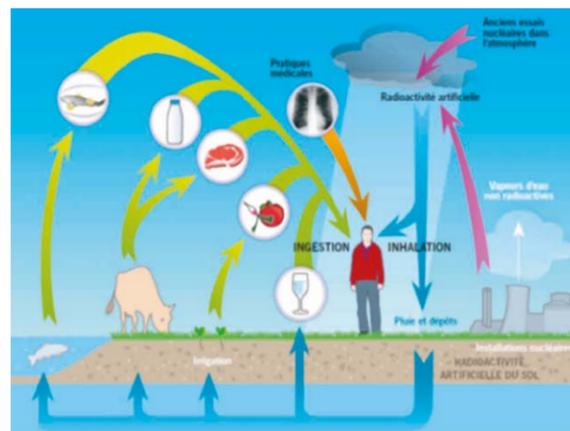


Figure 24: Voies d'atteinte sur l'homme des rejets réglementés des INB.

Cette étude précise que quels que soient le site et le type d'alimentation « rural » ou « moyen » 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.

► 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.

► 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).

► Impact radiologique total

Pour 2022, l'impact radiologique annuel au population riveraine 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). Elle 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).

Conclusion

En 2022, les valeurs des rejets d'effluents radioactifs liquides et atmosphériques du site CEA Paris-Saclay de Fontenay-aux-Roses se situent largement en dessous des limites réglementaires.

Les différentes mesures de surveillance de l'environnement réalisées par le site de Fontenay-aux-Roses mettent en évidence le très faible niveau des rejets de l'année 2022 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 permettant 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

ASN: Autorité de Sûreté Nucléaire

CERES: Code d'Évaluations Rapides Environnementales et sanitaires

CIPR: Commission internationale de protection radiologique

CLI: Commission locale d'information

COFRAC: Comité français d'accréditation

DBO₅: 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: Meilleure 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 2

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 de Fontenay-aux-Roses du CEA Paris-Saclay.

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

Figure 4: Implantation des émissaires et de l'égout urbain sur le site de Fontenay-aux-Roses.

Figure 5: Localisation des émissaires de rejet atmosphériques du site de Fontenay-aux-Roses.

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

Figure 7: Consommation du site de Fontenay-aux-Roses en eau potable de 2018 à 2022.

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

Figure 9: Rejets atmosphériques des INB depuis 2018.

Figure 10: Volumes d'effluent rejeté annuellement depuis 2018 par le site de Fontenay-aux-Roses.

Figure 11: Activités mensuelles en émetteurs alpha, bêta et en tritium dans les effluents des cuves 2022.

Figure 12: Activités radiologiques annuelles des rejets de cuves depuis 2018.

Figure 13: Activités radiologiques massiques mensuelles 2022 des boues de l'égout urbain.

Figure 14: Activités moyennes mensuelles 2022 en émetteurs alpha au niveau des stations de surveillance atmosphériques.

Figure 15: Activités moyennes mensuelles 2022 en émetteurs bêta au niveau des stations de surveillance atmosphériques.

Figure 16: Débits d'équivalent de dose ambiant moyens issus des mesures en continu des balises irradiation.

Figure 17: Implantation des dosimètres RPL en clôture du site de Fontenay-aux-Roses.

Figure 18: Localisation des plans d'eau prélevés pour surveillance autour du site CEA de Fontenay-aux-Roses.

Figure 19: Schéma hydrogéologique du site de Fontenay-aux-Roses.

Figure 20: Sens d'écoulement de la nappe au droit du site de Fontenay-aux-Roses et implantation de ses piézomètres de surveillance de l'environnement.

Figure 21: Activités volumiques moyennes en émetteurs alpha et bêta ainsi qu'en tritium des 6 piézomètres du site de Fontenay-aux-Roses.

Figure 22: Résurgences de la nappe aux Fontaines environnant le site de Fontenay-aux-Roses.

Figure 23: Activités volumiques en émetteurs alpha, bêta et en tritium des Fontaines du Lavoisier du Moulin et de Vénus.

Figure 24: Voies d'atteinte sur l'homme des rejets réglementés des INB.

Annexe 3

liste des tableaux

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

Tableau 2: Limites prévisionnelles de rejets des INB 165 et 166 pour 2022.

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

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

Tableau 5: Surveillance des paramètres physico-chimiques dans les effluents des cuves.

Tableau 6: Comparaison des quantités de paramètres physico-chimiques rejetés annuellement dans l'égout urbain via les cuves.

Tableau 7: Volumes mensuels mesurés aux émissaires 17 et 55 ainsi qu'à l'égout urbain.

Tableau 8: Activités volumiques annuelles moyennes et maximales aux émissaires et à l'égout urbain.

Tableau 9: Valeurs annuelles moyennes et maximales en paramètres physico-chimiques aux émissaires comparées aux valeurs limites réglementaires présentées dans le Tableau 4.

Tableau 10: Activités radiologiques massiques moyennes et maximales 2022 des boues de l'égout urbain.

Tableau 11: Seuils de décision prescrit par la « Décision environnement » au regard des enjeux environnementaux.

Tableau 12: Débits d'équivalent de dose ambiant mesurés au niveau des stations de surveillance atmosphériques.

Tableau 13: Débits d'équivalent de dose ambiant mesurés en limite de site.

Tableau 14: Hauteurs et activités radiologiques moyennes des pluies collectées dans les stations ATMOS et FAR2 du site de Fontenay-aux-Roses.

Tableau 15: Activités volumiques mensuelles des eaux de l'étang Colbert en émetteurs alpha, bêta et en tritium.

Tableau 16: Activités massiques radiologiques mesurées depuis 2018 dans les sédiments de l'étang Colbert.

Tableau 17: Activités volumiques 2022 en émetteurs alpha, bêta et en tritium des plans d'eau environnant le site de Fontenay-aux-Roses.

Tableau 18: Activités en émetteurs alpha, bêta ainsi qu'en césium-137 et en américium-241 dans les sols des 4 stations environnementales du site 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.

Becquerel (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) dissoute 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 aérobies: 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 éléments.

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 « rayon » d'énergies suffisantes 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.

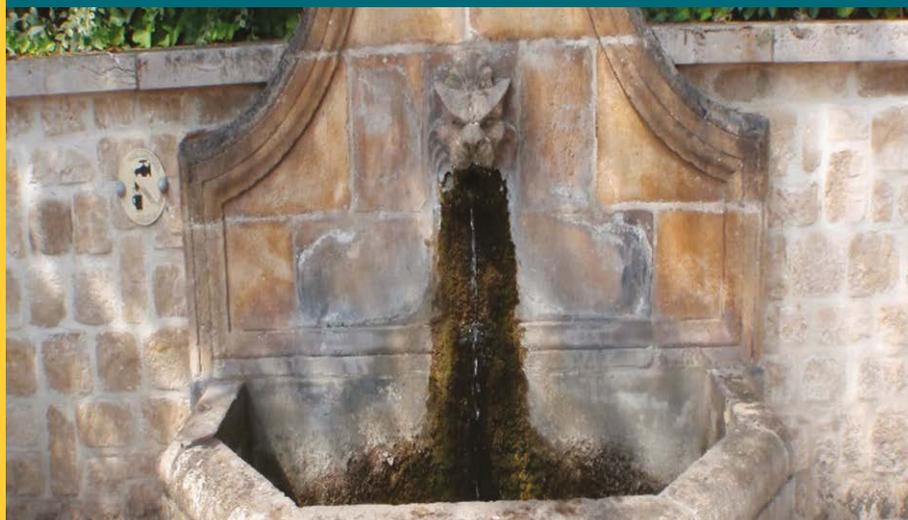
Sievert (Sv): unité de mesure de l'impact de la radioactivité sur la santé humaine; elle s'exprime généralement en millisievert (mSv, millième de Sv).

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

Crédits photos: CEA
Réalisation: www.lezartscreation.com

Direction du centre
CEA Paris-Saclay
91191 Gif-sur-Yvette Cedex
Téléphone: 01 69 08 34 16 / Télécopie: 01 69 08 97 19
www.cea.fr

Rapport
environnemental
2022



Fontaine de Fontenay-aux-Roses

cea