
RAPPORT ENVIRONNEMENTAL CEA PARIS-SACLAY SITE DE FONTENAY-AUX-ROSES



BILAN 2018

SOMMAIRE

1	INTRODUCTION	5
1.1	LE SITE CEA DE FONTENAY-AUX-ROSES	5
1.2	PRESCRIPTIONS REGLEMENTAIRES DU CEA FAR.....	6
2	FAITS ENVIRONNEMENTAUX MARQUANTS POUR L'ANNEE 2016	7
3	ANOMALIES ET INCIDENTS.....	8
4	CONTROLE DES REJETS DES EFFLUENTS GAZEUX.....	10
4.1	SURVEILLANCE EN TEMPS REEL DES REJETS GAZEUX DES INB	10
4.2	REJET DES EFFLUENTS GAZEUX PAR LES INB.....	11
5	CONTROLE DES TRANSFERTS DES EFFLUENTS LIQUIDES PRODUITS PAR LES INB	12
5.1	NATURE ET ORIGINE DES EFFLUENTS LIQUIDES	13
5.2	GESTION ET CONTROLES DES EFFLUENTS LIQUIDES	13
5.3	TRANSFERTS D'EFFLUENTS LIQUIDES EN 2016	13
5.4	REJET D'ELEMENTS NON RADIOACTIFS (ELEMENTS CHIMIQUES ET METAUX LOURDS)	14
5.4.1	MESURES DES PARAMETRES CHIMIQUES DES CUVES DES LABORATOIRES.....	14
5.4.2	MESURES DES PARAMETRES CHIMIQUES DES EMISSAIRES	17
5.5	CONTROLES DES EMISSAIRES ET DE L'EGOUT URBAIN.....	19
5.6	CONSOMMATION, PRELEVEMENT D'EAU ET PREVISIONNEL	21
5.7	CONTROLE DES BOUES DE L'EGOUT URBAIN	22
6	SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE DE L'AMBIANCE ATMOSPHERIQUE.....	23
6.1	LES AEROSOLS.....	23
6.2	LES HALOGENES.....	25
6.3	EXPOSITION EXTERNE.....	26
6.3.1	AUX ALENTOURS DU SITE	26
6.3.2	EN LIMITE DU SITE	26
7	SURVEILLANCE DES EAUX	27
7.1	DETERMINATION DE L'ACTIVITE DES PRECIPITATIONS	27
7.2	ACTIVITE VOLUMIQUE DES EAUX DE SURFACE	28
7.3	ACTIVITE MASSIQUE DES SEDIMENTS – ETANG DE COLBERT	30
7.4	CONTROLE DE LA NAPPE PHREATIQUE PERCHEE	30
7.5	CONTROLE DES RESURGENCES.....	32

8	SURVEILLANCE DES VEGETAUX ET DES SOLS	34
8.1	SURVEILLANCE DES VEGETAUX.....	34
8.2	SURVEILLANCE DES SOLS	35
9	IMPACT SUR L'HOMME.....	36
9.1	REJETS GAZEUX	37
9.2	TRANSFERTS LIQUIDES	37
9.3	IMPACT RADIOLOGIQUE TOTAL	37
10	CONCLUSION.....	38

1 INTRODUCTION

Créé 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 à la ré-industrialisation de la France. L'ensemble de ses activités de recherche et de développement sont réparties sur neuf Centres dont quatre à caractère civil et cinq au titre des applications militaires. 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 enfin dans la vallée du Rhône (Marcoule/Pierrelatte).

1.1 LE CEA/PARIS-SACLAY SITE DE FONTENAY-AUX-ROSES



Figure 1 - Vue panoramique du site CEA de Fontenay-aux-Roses

Le site de Fontenay-aux-Roses est rattaché à la Direction de la recherche fondamentale (DRF) du Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives. Sa vocation est d'être un site de recherche et d'innovation de tout premier plan à l'échelle nationale et européenne dans le domaine des technologies biomédicales.

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 autour de thématiques placées au cœur des préoccupations sociétales telles que la radiobiologie, la toxicologie, la neurovirologie et les maladies neurodégénératives. Avec près de 300 chercheurs, la production scientifique des trois instituts confère au centre un rayonnement scientifique d'ampleur internationale. Le site de Fontenay-aux-Roses est actuellement fortement impliqué dans le

programme des investissements d'avenir avec deux grands projets, IDMIT pour la lutte contre les maladies infectieuses et Neuratris qui sera consacré aux neurosciences.



Figure 2 - Les laboratoires de recherche biomédicale

Implanté sur une superficie de 10 hectares, le site de Fontenay-aux-Roses accueille une partie de la Direction du Centre Paris-Saclay, les instituts de recherche de la Direction de la recherche fondamentale, une unité de la Direction de l'Énergie Nucléaire (DEN) en charge des opérations de Mise à l'arrêt définitif et de démantèlement (MAD/DEM) des deux installations nucléaires de base, le service Archives du CEA, des directions fonctionnelles et enfin l'ensemble des équipes de soutien aux programmes et aux unités du CEA sur le site de Fontenay-aux-Roses.

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.

1.2 PRESCRIPTIONS REGLEMENTAIRES DU CEA FAR

Ce rapport présente le bilan de la surveillance du site CEA de Fontenay-aux-Roses et de son environnement en application de l'article 4.4.4 de l'arrêté du 7 février 2012, dit « arrêté INB ». Son contenu est élaboré selon les prescriptions de l'article 5.3.1 de la Décision ASN 2013-DC-0360 (Décision environnement) homologuée par l'arrêté du 9 août 2013 relatif à la maîtrise des nuisances et de l'impact sur la santé de l'environnement des INB.

Les aspects réglementaires de la surveillance de l'environnement du site de Fontenay-aux-Roses sont définis dans le cadre des arrêtés d'autorisation de rejets d'effluents radioactifs. Ces autorisations fixent les limites ainsi que les modalités techniques et de contrôle des rejets :

- 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 1er mars 2011 ;
- La convention signée le 27 octobre 2015 avec la Société des Eaux de Versailles et de Saint Cloud (SEVESC) pour le déversement des effluents liquides du site dans l'émissaire 55.

Pour répondre à ces exigences réglementaires, le plan de surveillance de l'environnement du site de Fontenay-aux-Roses intègre les obligations réglementaires mentionnées précédemment mais



Figure 3 - Station de surveillance environnement - prélèvement d'herbe - mesure des aérosols sur filtre

prend également en compte la politique environnementale volontariste du Centre avec pour objectif majeur le maintien d'un niveau d'impact non significatif sur l'environnement. Dans ce cadre, la surveillance a été établie pour permettre de quantifier les rejets afin de garantir le respect des limites réglementaires, mais aussi pour déceler toute anomalie dans l'environnement et en évaluer l'impact. 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. A ce titre, la surveillance repose sur la mesure en continu de divers paramètres tels que la météorologie, l'intensité du rayonnement gamma, les niveaux de radioactivité dans l'air et dans les eaux ainsi que sur l'analyse différée en laboratoire de prélèvements ponctuels effectués dans les différents compartiments de l'environnement. Les échantillons collectés tout au long de l'année sont ainsi analysés par le Laboratoire d'Analyse Radiologique et Physicochimique (LARP) du Service de Protection contre les Rayonnements et de surveillance de l'Environnement (SPRE). Ce laboratoire est agréé au titre de l'article R.1333-11 du Code de la Santé Publique et dispose d'une accréditation COFRAC pour la mesure des paramètres tant radiologiques que chimiques. Enfin, le Laboratoire Dosimétrie Expertises (LDE) situé sur le site de Saclay réalise les mesures du débit de dose sur les dosimètres implantés en différents points du site et de l'environnement.

Les valeurs de radioactivité dans l'environnement correspondent aux valeurs moyennes mensuelles obtenues à partir des résultats de mesures de l'activité des échantillons de même nature provenant d'un même point de prélèvement des stations de mesure réparties autour du site.

Pour mémoire, depuis décembre 2012, les données concernant la surveillance de l'environnement et le contrôle des rejets font l'objet d'une publication mensuelle à l'attention de l'ASN avec copie à la CLI. A noter également que depuis le 1^{er} janvier 2010, les données relatives à la surveillance de l'environnement sont consultables en ligne sur le site internet : <http://www.mesure-radioactivite.fr>.

2 FAITS ENVIRONNEMENTAUX MARQUANTS POUR L'ANNEE 2018

Depuis le 1^{er} février 2017, les sites de Saclay et de Fontenay-aux-Roses sont regroupés dans un centre unique CEA/Paris-Saclay. Les deux sites peuvent ainsi mutualiser plus efficacement leurs ressources pour développer leurs programmes, avec une visibilité accrue au sein de l'Université Paris-Saclay. Pour le SPRE, cette mutualisation s'accompagne du regroupement des équipes du site de Saclay avec celles du site de Fontenay-aux-Roses. 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.

Pour la surveillance des rejets et de l'environnement, à noter les nombreux échanges techniques entre l'ASN, l'IRSN et le CEA pour le dossier de révision des autorisations de rejet du centre, ainsi que des modalités de surveillance de l'environnement transmis en octobre 2014 à l'ASN. Entre 2015 et 2016, l'instruction technique du dossier a donné lieu à de nombreux échanges finalisés par un projet de décision transmis au CEA début 2017. Le CEA est aujourd'hui en attente de la version définitive du futur arrêté.

Pour la surveillance des paramètres chimiques dans l'environnement, la Société des Eaux de Versailles et de Saint Cloud (SEVESC) a réalisé sur le site de CEA de Fontenay-aux-Roses 6 contrôles inopinés et 2 visites techniques au titre de la convention :

- Les résultats des 6 contrôles inopinés ont mis en exergue un dépassement récurrent du rapport DCO/DBO₅, malgré des valeurs correctes en DCO et DBO₅. Les concentrations respectives des deux paramètres sont toutefois largement en deçà des valeurs limites réglementaires.
- Par ailleurs, du phosphore total a été observé pour deux prélèvements, probablement dû à la présence de détergent dans l'effluent.



Figure 4 - Surveillance en continu des émetteurs $\beta\gamma$ de l'égout urbain et prélèvement de boues

3 ANOMALIES ET INCIDENTS

En 2018, deux événements significatifs ont été déclarés auprès de l'ASN :

- Evènement déclaré le 24/01/2018 relatif aux dépassements du seuil d'investigation alpha des rejets d'effluents radioactifs gazeux d'un émissaire du bâtiment 18 de l'INB 165.
- Evènement déclaré le 30/10/2018 relatif aux dysfonctionnements de la centralisation du système d'alarme.

Parmi les fiches d'écart ouvertes dans le système qualité du SPRE, 4 écarts ont été classés en Evènement Intéressant l'Environnement. Elles sont toutes liées à des dépassements du seuil réglementaire pH et ont fait l'objet d'investigations.

Tableau 1 - Evènements intéressant l'environnement déclarés en 2018

Fiche d'écart	Résumé évènement	Actions correctives
18-037	Dépassement de pH avéré à l'émissaire 17 (seuil inférieur)	Mail transmis aux installations rejetant dans cet émissaire pour investigation. Origine non identifiée.
18-080	Dépassement de pH avéré à l'émissaire 55 (seuil inférieur)	Mail transmis aux installations rejetant dans cet émissaire pour investigation. Echantillon prélevé pour analyse anions/cations afin d'identifier l'acide en cause. Origine non identifiée
18-084	Dépassement de pH avéré à l'émissaire 17 (seuil supérieur)	Mail transmis aux installations rejetant dans cet émissaire pour investigation. Rejet identifié dans une installation (IDMIT).
18-096	Dépassement de pH avéré à l'émissaire 17 (seuil inférieur)	Mail transmis aux installations rejetant dans cet émissaire pour investigation. Rejet identifié dans une installation (IDMIT).

Deux types de dysfonctionnements ont été rencontrés et notifiés dans les rapports trimestriels :

- les 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 ;
- les défauts électriques tels que les disjonctions des stations qui ont fait l'objet d'interventions sans délai (ex. réarmement de l'installation) ;

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 appareils de secours sont mis en place pour pérenniser la surveillance.

Il est à noter que 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 de la Section de Contrôle des Rejets et de l'Environnement (SCRE) et leurs éventuels prestataires.

4 CONTROLE DES REJETS DES EFFLUENTS GAZEUX

Les rejets gazeux du site proviennent pour l'essentiel de la ventilation « procédé » des installations nucléaires. Les bâtiments des INB 165 et 166 sont équipés de filtres dits THE (Très Haute Efficacité) avant le rejet des effluents gazeux dans l'environnement et d'un système de prélèvement d'air sur filtre permettant de réaliser un échantillon et ainsi une analyse de l'activité présente sur le filtre. Connaissant le volume d'air ayant traversé le filtre, on peut en déduire l'activité volumique du rejet.

Tous les réseaux « procédé » et « ventilation » 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 rejets gazeux du site sont réglementés par l'arrêté du 30 mars 1988 relatif à l'autorisation de rejet d'effluents radioactifs gazeux. Les limites réglementaires annuelles sont fixées à :

- 20 TBq pour les gaz
- 10 GBq pour les halogènes et aérosols.

4.1 SURVEILLANCE EN TEMPS REEL DES REJETS GAZEUX DES INB

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. Au total, le centre compte neuf émissaires (figure 5) 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 de rejets potentiels de gaz rares.

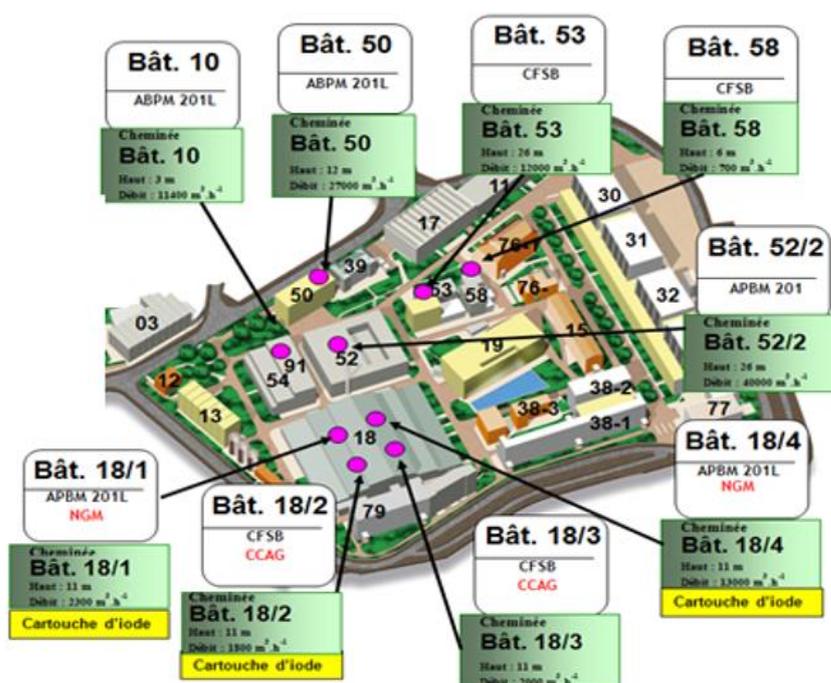


Figure 5 - Localisation des émissaires gazeux du site de Fontenay-aux-Roses

4.2 REJET 2018 DES EFFLUENTS GAZEUX PAR LES INB

Les activités mensuelles des aérosols bêta et des halogènes mesurés sur les effluents gazeux sont représentées sur le graphe de la figure ci-dessous. A noter que depuis 1995, date de l'arrêt des opérations sur combustible irradié, l'activité mensuelle des gaz est mesurée systématiquement inférieure au seuil de décision des appareils de mesure, soit inférieure à $1,6 \cdot 10^{11}$ Bq.

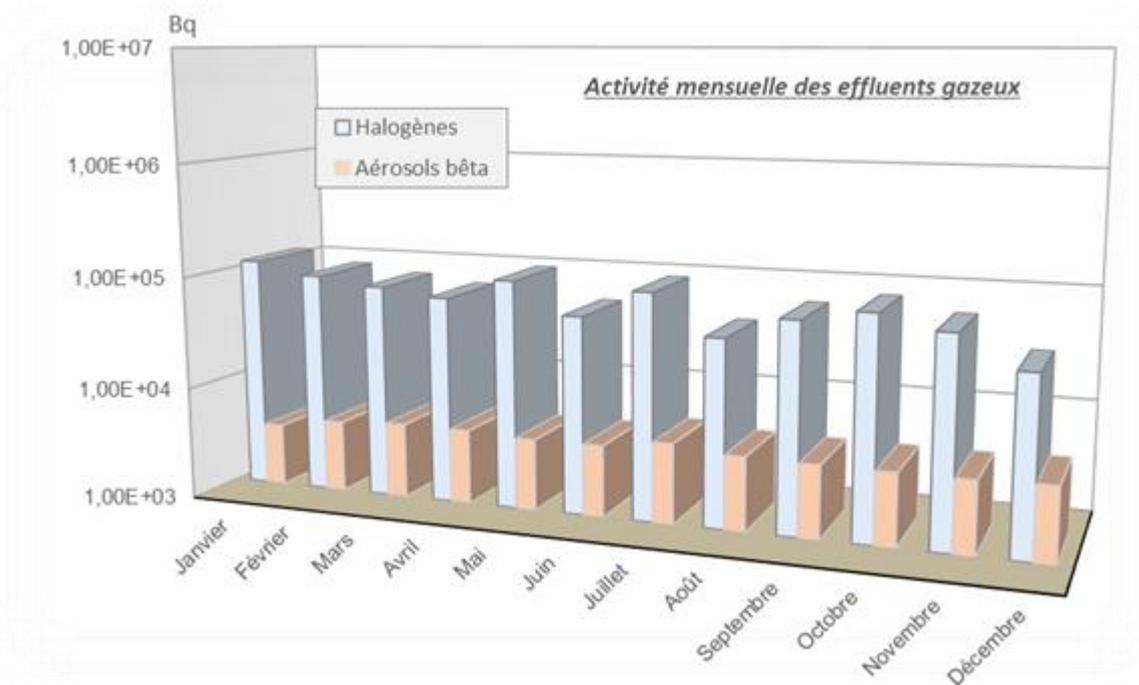


Figure 6 - Activité mensuelle des effluents gazeux 2018

L'évolution des rejets gazeux des INB du site de Fontenay-aux-Roses en comparaison du prévisionnel établi pour l'année 2018 n'amène pas de commentaire particulier. L'activité des aérosols bêta de $5,3 \cdot 10^4$ Bq représente 53% de l'activité prévue ($1,0 \cdot 10^5$ Bq). Celle des halogènes de $9,1 \cdot 10^5$ Bq est de l'ordre de 10 % de l'activité prévisionnelle attendue ($9,0 \cdot 10^6$ Bq).



Figure 7 - Appareils de surveillance atmosphérique

L'activité annuelle des rejets cumulés aérosols bêta et halogènes reste faible au regard des limites fixées par les autorisations, inférieure à 0,01 %. Hormis pour les gaz rares systématiquement non détectés (valeurs inférieures à la limite de détection des appareils), l'évolution des rejets en

aérosols bêta et halogènes depuis les cinq dernières années (2014 à 2018) est représentée sur la figure ci-après.

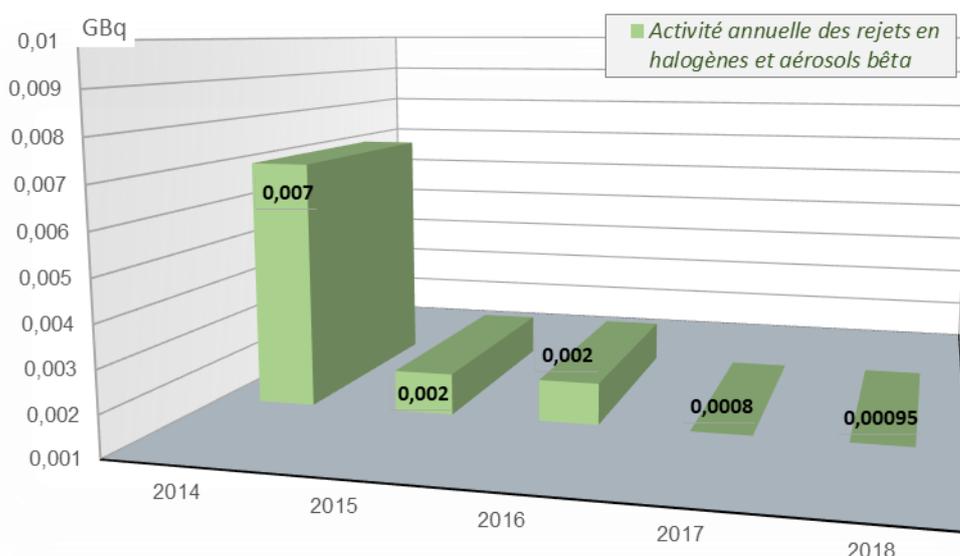


Figure 8 - Activité pluriannuelle des effluents gazeux

La baisse observable depuis 2015 est principalement imputable aux halogènes qui s'explique par un changement des équipements de mesure plus sensibles (seuil de décision plus bas).

Pour rappel, la limite réglementaire annuelle est de 10 GBq pour le cumul des activités des halogènes gazeux et des aérosols bêta. Il n'y a pas de rejets d'aérosols alpha.

5 CONTROLE DES TRANSFERTS DES EFFLUENTS LIQUIDES PRODUITS PAR LES INB

Les effluents liquides des INB du site de Fontenay-aux-Roses sont rejetés au travers de deux émissaires avant d'être transférés à l'égout urbain situé en aval du centre :

- 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,
- 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.

Les rejets des INB du site CEA de Fontenay-aux-Roses sont réglementés par l'arrêté ministériel du 30 mars 1988 relatif à l'autorisation de rejet d'effluents radioactifs liquides des INB et pour la partie physico-chimique par l'arrêté du Conseil Général du 1er mars 2011 relatif à l'autorisation de déversement dans le réseau départemental d'assainissement des rejets d'eaux usées non domestiques uniquement pour l'émissaire 17. D'autre part, la convention avec la SEVESC en date du 27 octobre 2015 pour le raccordement du centre au réseau d'assainissement de la communauté d'agglomération Sud-de-Seine réglemente le déversement des effluents liquides du site dans l'émissaire 55. Les limites réglementaires annuelles pour les rejets liquides* des INB sont respectivement de 200 GBq pour le tritium, de 40 GBq pour l'ensemble des radioéléments autres que le tritium et de 1 GBq pour les radioéléments émetteurs alpha.

Dans les chapitres suivants, le bilan des rejets liquides* est établi selon les règles de comptabilisation des effluents décrites dans les paragraphes 3.2.7 et 3.2.8 de l'arrêté du 9 août 2013 portant homologation de la décision n°2013-DC-0360 de l'ASN.

(* Le terme « rejets liquides » est utilisé dans la mesure où il est communément usité. D'un point de vue réglementaire, il s'agit de transferts d'effluents vers l'égout urbain et non de rejets dans l'environnement.

5.1 NATURE ET ORIGINE DES EFFLUENTS LIQUIDES

Ces effluents de fonctionnement 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. A ce titre, ils sont donc susceptibles de contenir des traces de radioactivité artificielle.

5.2 GESTION ET CONTROLES DES EFFLUENTS LIQUIDES

Aucun effluent liquide susceptible de contenir des éléments radioactifs n'est rejeté sans autorisation préalable du SPRE. Les effluents liquides de fonctionnement des installations sont recueillis dans des cuves tampon, puis transférés vers l'égout urbain après autorisation de rejet délivrée par le SPRE et vérification de sa conformité avec la réglementation en vigueur (activité volumique, activité totale rejetée, conformité chimique de l'effluent).

Après homogénéisation de l'effluent, un échantillon est analysé pour déterminer les activités alpha et bêta globales ainsi que l'activité des émetteurs bêta par scintillation liquide. Une spectrométrie gamma est également effectuée pour identifier la présence éventuelle de radionucléides émetteurs gamma significatifs. Pour les éléments chimiques se reporter au paragraphe 5.4.

5.3 TRANSFERTS D'EFFLUENTS LIQUIDES EN 2018

En 2018, 414 m³ d'effluents liquides ont été transférés vers l'égout urbain (milieu récepteur). Le bilan des activités globales mensuelles alpha et bêta ainsi que la teneur en tritium et carbone 14 des effluents avant rejet sont reportées dans le tableau ci-après. Il est à noter qu'aucun rejet de cuves n'a eu lieu au mois d'avril et de décembre.

Tableau 2 - Activité mensuelle des rejets liquides 2018 en provenance des INB

	α global (en Bq)	β global (hors ^3H et ^{14}C) (en Bq)	^3H (en Bq)	^{14}C (en Bq)	Volume (m ³)
Janvier	1,3E+02	1,3E+03	1,7E+04	<1,1E+04	3
Février	1,1E+05	6,9E+04	1,6E+06	<3,6E+05	96
Mars	4,1E+04	7,5E+04	4,7E+05	<3,2E+05	106
Avril	Pas de transfert	Pas de transfert	Pas de transfert	Pas de transfert	0
Mai	2,6E+02	1,2E+03	3,2E+04	<8,7E+03	3
Juin	9,6E+02	4,3E+03	1,7E+04	<1,1E+04	3
Juillet	3,9E+04	2,7E+04	2,9E+05	<1,6E+05	44
Août	2,9E+04	2,2E+04	2,5E+05	<1,4E+05	38
Septembre	1,5E+03	1,8E+04	2,4E+05	<5,4E+04	16
Octobre	2,5E+03	5,5E+03	9,5E+04	<4,7E+04	13
Novembre	1,7E+05	8,5E+04	5,8E+05	<3,6E+05	92
Décembre	Pas de transfert	Pas de transfert	Pas de transfert	Pas de transfert	0
Total	4,0E+05	3,1E+05	3,6E+06	<1,5E+06	414

Nota : Aucun radionucléide gamma, ni aucune trace en carbone 14 n'ont été détectés dans les effluents transférés.

Le bilan des activités des effluents liquides des cinq dernières années est porté sur le **tableau 3** et la figure 9 ci-après.

Tableau 3 - Activité des rejets liquides 2018 en provenance des INB

Activité rejetée (GBq)	2014	2015	2016	2017	2018
Alpha global	< 0,00013	0,00045	0,00018	0,00019	0,0004
Bêta (hors Tritium)	0,0027	0,0030	0,0017	0,0022	0,0018
Tritium	< 0,005	< 0,005	< 0,003	0,005	0,004

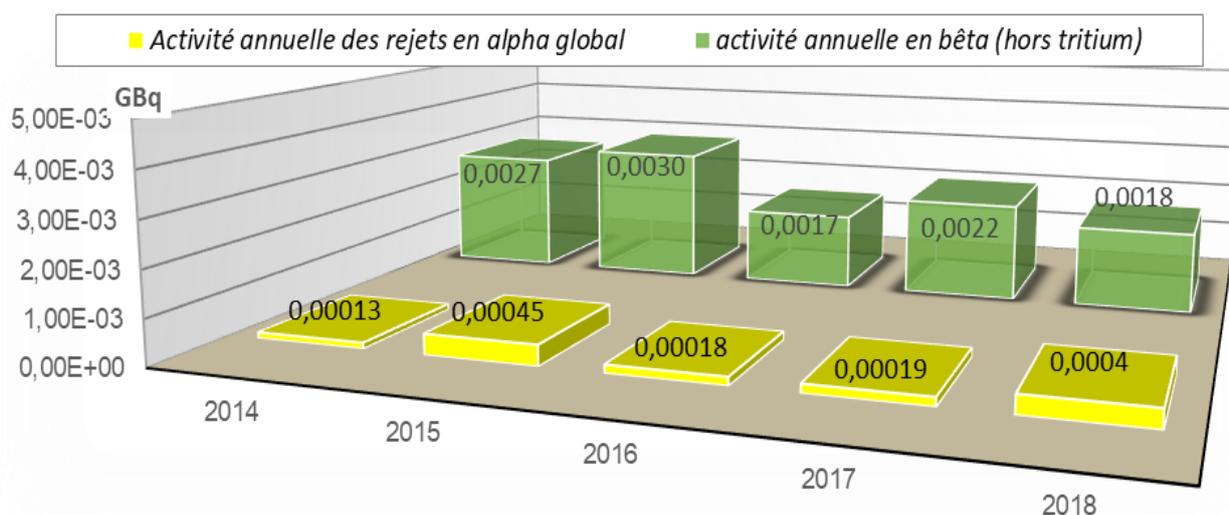


Figure 9 - Rejets liquides du CEA Fontenay-aux-Roses de 2014 à 2018

A titre de rappel, les limites réglementaires annuelles pour les émetteurs alpha sont de 1 GBq, pour les émetteurs bêta (hors tritium) 40 GBq et 200 GBq pour le tritium.

Sur les cinq dernières années, les activités des rejets liquides des émetteurs alpha et des émetteurs bêta (hors tritium) restent faibles et représentent moins du pourcent des autorisations de rejet. A noter également que conformément aux prescriptions fixées par ces mêmes autorisations et bien que le carbone 14 soit systématiquement mesuré inférieur au seuil de décision, l'activité des émetteurs bêta (hors tritium) prend en compte d'une part l'activité bêta globale et d'autre part l'activité en carbone 14 calculée en considérant son seuil de décision, ce qui contribue à une majoration des rejets bêta.

5.4 REJET D'ELEMENTS NON RADIOACTIFS (ELEMENTS CHIMIQUES ET METAUX LOURDS)

5.4.1 MESURES DES PARAMETRES CHIMIQUES DES CUVES DES LABORATOIRES

Les rejets sont autorisés après la vérification de la conformité des paramètres principaux radiologiques et physico-chimiques : matières en suspension (MES), la Demande Biologique en Oxygène à 5 jours (DBO₅), la Demande Chimique en Oxygène (DCO) et le pH. Les autres

paramètres réglementaires sont analysés après le rejet. Les bilans mensuels figurent dans les tableaux 4 et 5 et sur les figures 10, 11 et 12.

Tableau 4 - Surveillance mensuelle des paramètres chimiques des rejets liquides des INB en 2018

Mois	Éléments chimiques							Volume rejeté (m ³)
	MES (g)	DCO (g)	DBO ₅ (g)	NTK (g)	P _t (g)	HT (g)	F (g)	
Janvier	30	60	75	60	7,5	9	0,75	3
Février	5877	4302	2400	1920	243	279	24	96
Mars	1081	2159	2650	2171	2520	17	27	106
Avril	pas de transfert	pas de	pas de	pas de	pas de	pas de	pas de	pas de
Mai	30	60	75	3	1,2	0,3	0,33	3
Juin	64	141	75	126	7,8	0,3	0,30	3
Juillet	2214	2196	1100	193	60	22	4,8	44
Août	2364	2091	950	89	51	18	4,6	38
Septembre	160	320	400	16	50	1,6	1,6	16
Octobre	241	329	325	136	12	1,5	1,5	13
Novembre	6256	16744	7360	258	193	48	18,4	92
Décembre	pas de	pas de	pas de	pas de	pas de	pas de	pas de	pas de
TOTAL	18317	28402	15410	4971	3145	396	83	414

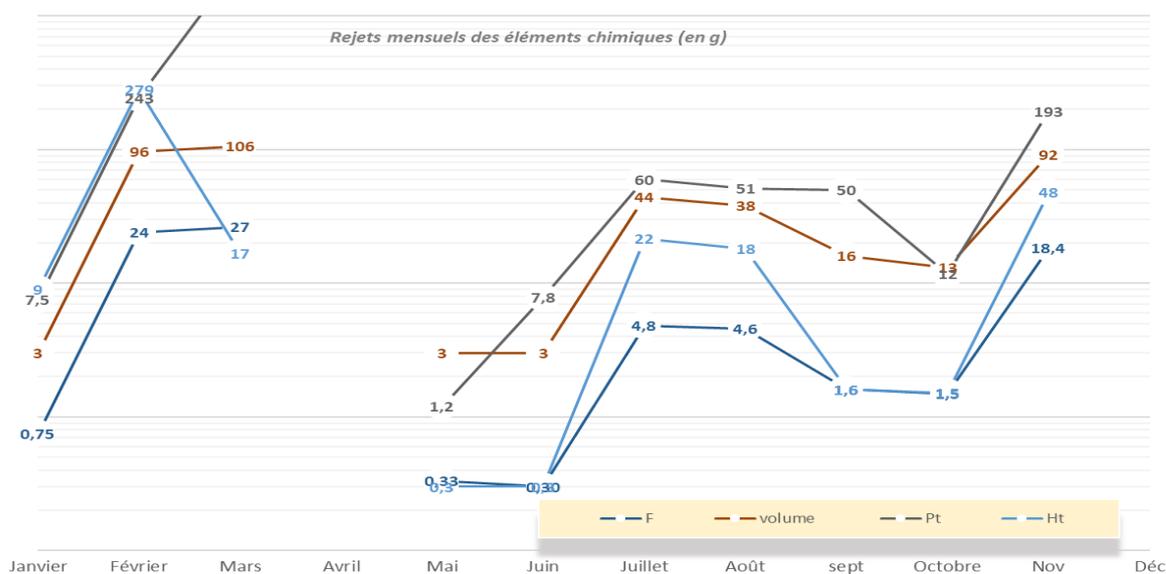


Figure 10 - Paramètres chimiques des rejets liquides mensuels 2018

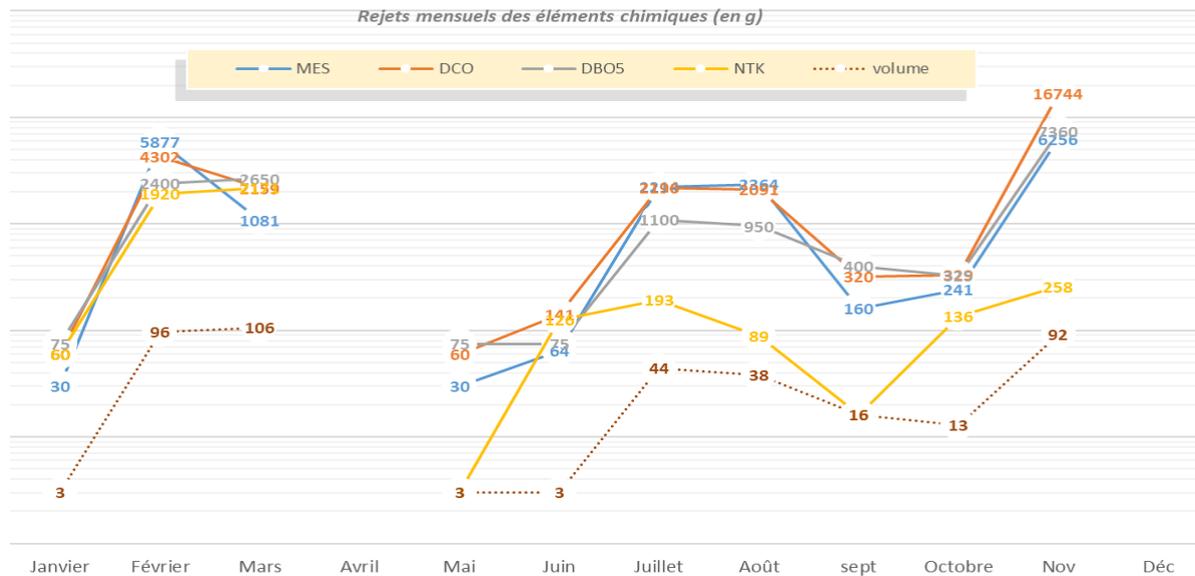


Figure 11 - Paramètres chimiques des rejets liquides mensuels 2018

Les mois pendant lesquels des cuves de grands volumes ont été rejetées présentent des cumuls mensuels généralement plus élevés, mais sans jamais pour autant dépasser les flux maxima journaliers autorisés par l'arrêté d'autorisation de déversement d'eaux usées non domestiques du 1^{er} mars 2011 ou par la convention du 27 octobre 2015.

Tableau 5 - Rejets des traces métalliques provenant des INB en 2018

Mois	Rejets de métaux en provenance des INB en 2018 (en g)							Volume rejeté (m ³)
	Fe+Al	Cu	Zn	Ni	Pb	Cr	Cd	
Janvier	4,5	0,39	0,75	0,75	0,39	0,39	0,39	3
Février	224	45	64	24	12	12	12	96
Mars	109	27	27	27	14	14	14	106
Avril	pas de	pas de	pas de	pas de	pas de	pas de	pas de	pas de
Mai	0,30	0,09	0,90	0,09	0,03	0,06	0,006	3
Juin	2,6	0,39	1,2	0,06	0,06	0,06	0,006	3
Juillet	24	1,2	5,9	0,88	0,47	0,88	0,088	44
Août	100	7,1	34	0,82	0,86	0,76	0,10	38
Septembre	4,8	3,2	3,5	0,32	0,16	0,32	0,032	16
Octobre	9,2	0,66	6,7	0,26	0,20	0,26	0,026	13
Novembre	225	40	72	1,8	9,2	1,8	0,28	92
Décembre	pas de	pas de	pas de	pas de	pas de	pas de	pas de	pas de
TOTAL	704	124	215	56	38	31	27	414

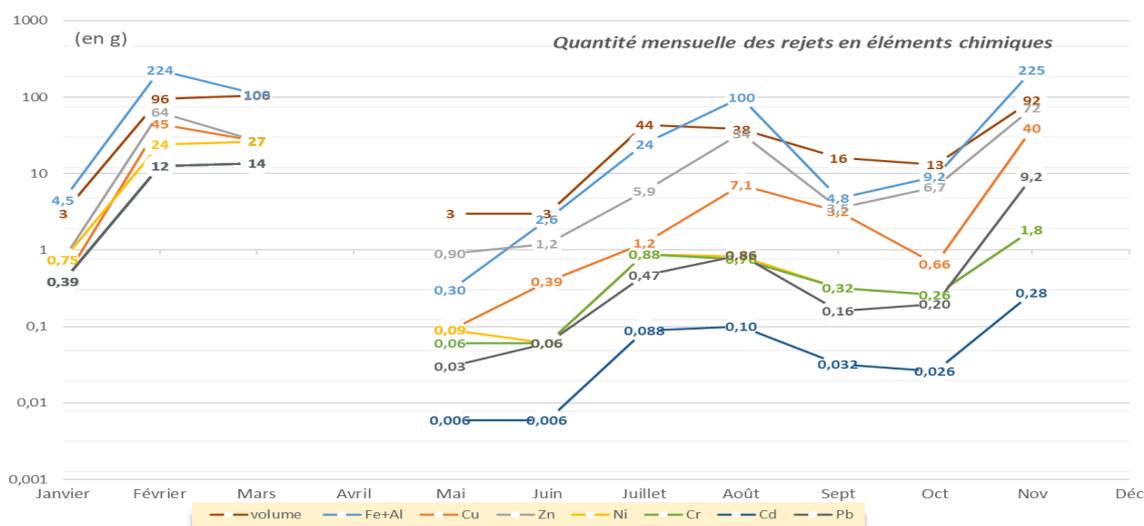


Figure 12 - Rejets mensuels Fer + Al, Cu, Zn, Ni, Cr, Cd et Pb en provenance des INB (2018)

Nous observons les mêmes tendances que pour les **figures 10 et 11**, à savoir que les cumuls mensuels des traces métalliques suivent les variations des volumes des cuves rejetées.

5.4.2 MESURES DES PARAMETRES CHIMIQUES DES EMISSAIRES

Les émissaires 17 et 55, décrits précédemment (cf. introduction du § 6) sont présentés sur la **figure 13** (page 19). Les valeurs moyennes 2018 des paramètres chimiques mesurés sur les prélèvements moyens 24 heures au niveau de l'émissaire 17 sont présentées dans le **tableau 6**. Ces valeurs respectent généralement les concentrations maximales fixées dans l'arrêté du 1^{er} mars 2011 d'autorisation de déversement dans le réseau départemental d'assainissement des rejets d'eaux usées non domestiques.

Pour les valeurs maximales, il est à noter des dépassements de la limite réglementaire pour le ratio DCO/DBO₅, bien que les valeurs en DCO et DBO₅ restent en deçà des limites réglementaires.

Tableau n° 6 - Valeurs minimales maximales et moyennes, pour l'année 2018 des paramètres chimiques mesurés sur les prélèvements réglementaires à l'émissaire 17

Paramètre	Unité	limite réglementaire	Valeur minimale	Valeur maximale	Moyenne annuelle 2018
pH	/	5,5 << 8,5	7,3	8,3	7,7
MES	mg/l	600	< 2,0	240	71
DCO	mg O ₂ /l	2000	<6,0	590	158
DBO₅	mg O ₂ /l	800	<3,0	250	62
DCO/DBO₅	/	2,5	1,4	9,4	/
Azote Kjeldahl	mg N/l	150	< 1,0	37	15
Phosphore total	mg P/l	50	0,17	33	8,5
Hydrocarbures totaux	mg/l	10	< 0,10	2,8	0,38
Cyanures	mg/l	0,1	< 0,01	< 0,04	<0,02
Fluorures	mg/l	15	< 0,10	0,79	0,19

Paramètre (suite)	Unité	Limite réglementaire	Valeur minimale	Valeur maximale	Moyenne annuelle 2018
Fer + aluminium	mg/l	5	<0,3	1,8	0,75
Cuivre	mg/l	0,5	< 0,02	0,16	0,06
Zinc	mg/l	2	< 0,10	0,98	0,21
Nickel	mg/l	0,5	< 0,02	< 0,25	0,08
Plomb	mg/l	0,5	< 0,01	< 0,13	0,04
Chrome	mg/l	0,5	<0,02	< 0,13	0,05
Cadmium	mg/l	0,2	< 0,002	< 0,13	0,03

Nota : MES = matières en suspension ; DBO₅ = Demande Biologique en Oxygène à 5 jours ; DCO = Demande Chimique en Oxygène.

Les valeurs moyennes des paramètres chimiques mesurés à l'émissaire 55, sont reportées dans le **tableau 7** ci-après. Ces valeurs respectent les concentrations maximales fixées dans la Convention de raccordement du CEA au réseau d'assainissement de la communauté d'agglomération Sud-de-Seine datée du 27 octobre 2015.

Pour les valeurs maximales, on note un très léger dépassement de la teneur en hydrocarbures et du ratio DCO/DBO₅ (DCO et DBO₅ dans les limites réglementaires), ainsi qu'un dépassement récurrent du pH n'ayant pu être associé à des rejets identifiés du site mais sans conséquence sur le pH mesuré à l'égout urbain.

Tableau n° 7 - Valeurs minimales maximales et moyennes, pour l'année 2018
des paramètres chimiques mesurés sur les prélèvements réglementaires à l'émissaire 55

Paramètre	Unité	Limite réglementaire	Valeur minimale	Valeur maximale	Moyenne annuelle 2018
pH	/	5,5<<8,5	8,0	8,7	8,4
MES	mg/l	600	41	280	125
DCO	mg O ₂ /l	2000	81	520	290
DBO ₅	mg O ₂ /l	800	37	160	86
DCO/DBO ₅	/	2,5	1.6	6,8	/
Azote Kjeldahl	mg N/l	150	28	150	85
Phosphore total	mg P/l	50	0,8	8,6	5,1
Hydrocarbures totaux	mg/l	10	< 0.10	11	1,1
Cyanures	mg/l	0,1	< 0,01	< 0,04	0,02
Fluorures	mg/l	15	< 0,10	0,44	0,16
Fer + aluminium	mg/l	5	< 0,3	1,5	0,83
Cuivre	mg/l	0,5	0,03	0,21	0,10
Zinc	mg/l	2	< 0,10	0,25	0,16
Nickel	mg/l	0,5	< 0,02	< 0,25	0,08
Plomb	mg/l	0,5	< 0,01	< 0,13	0,04
Chrome	mg/l	0,5	< 0,02	< 0,13	0,05
Cadmium	mg/l	0,2	< 0,002	< 0,13	0,03

Nota : MES = matières en suspension (MES) ; DBO₅ = Demande Biologique en Oxygène à 5 jours ; DCO = Demande Chimique en Oxygène.

Aucun produit chimique n'est déversé directement dans le réseau de collecte des effluents liquides du site. Ils sont collectés dans des contenants puis évacués après tri vers les filières d'élimination appropriées. La traçabilité est archivée par le producteur en charge des évacuations.

5.5 CONTROLES DES EMISSAIRES ET DE L'EGOUT URBAIN

L'implantation des stations de contrôle des émissaires 17 et 55 ainsi que de l'égout urbain est représentée sur la **figure 13**. Les volumes mensuels calculés à partir des débits mesurés sont donnés dans le **tableau 8**.

Les stations de contrôle des deux émissaires sont équipées d'un échantillonneur d'effluents, d'un dispositif pour le contrôle de radioactivité par mesure gamma et d'un pH-mètre. La station 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 (**tableau 9**).

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).

Pour être conforme à l'arrêté du 30/03/1988, l'activité volumique ajoutée, calculée après mélange dans l'égout collecteur, doit être au maximum, en valeur moyenne quotidienne, de :

- 20 Bq/l pour l'ensemble des radioéléments autres que le tritium,
- 500 Bq/l pour le tritium.

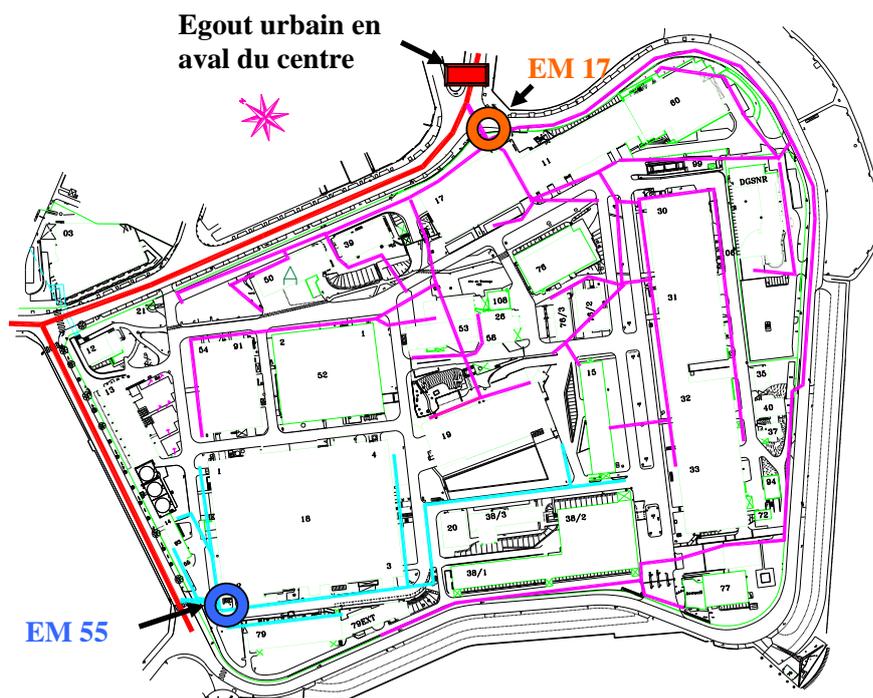
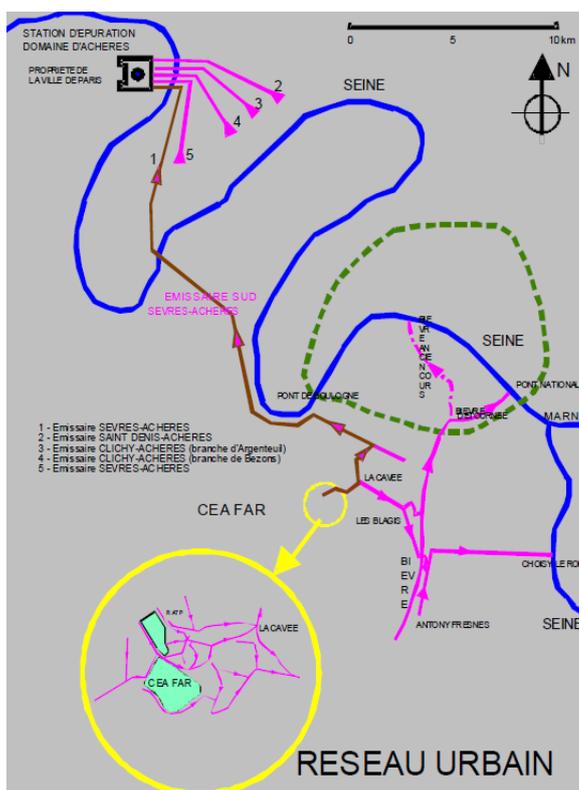


Figure 13 - Implantation des stations de contrôle des émissaires et de l'égout urbain



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



Surveillance continue des émetteurs $\beta\gamma$ des eaux de l'égout urbain

Figure 14 - Egot urbain

Tableau 8 - Volumes mensuels (en m^3) d'eaux mesurés aux émissaires 17 et 55 du site de Fontenay-aux-Roses et à l'égout urbain

Mois	Emissaire 17	Emissaire 55	Egot urbain
Janvier	5450	334	17117
Février	3564	447	9674
Mars	4300	400	10838
Avril	2370	165	7661
Mai	2372	174	10630
Juin	5457	147	14376
Juillet	2107	225	5722
Août	2367	221	5654
Septembre	1834	157	4411
Octobre	2109	287	5665
Novembre	3426	332	11640
Décembre	3328	161	18379
Total 2018	38684	3050	121767

A l'égout urbain les résultats des mesures journalières de la radioactivité réalisées en laboratoire révèlent des valeurs maximales mensuelles de 0,2 Bq/l pour les émetteurs alpha, 1,5 Bq/l pour les émetteurs bêta et 24 Bq/l pour le tritium.

Tableau 9 - Valeurs maximales mensuelles des activités relevées aux émissaires et à l'égout urbain
(Résultats exprimés en Bq/m³)

Mois	Emissaire 17				Emissaire 55				Egout urbain			
	alpha	bêta	³ H	¹⁴ C	alpha	bêta	³ H	¹⁴ C	alpha	bêta	³ H	¹⁴ C
Janvier	49	400	7300	<1500	39	1200	5000	<2100	96	930	10000	<1900
Février	<40	340	5900	<1700	<29	720	5000	<2100	100	670	7300	<1800
Mars	<34	800	14000	<1800	40	1400	6100	<2500	190	1200	14000	<2000
Avril	<60	1400	16000	<1800	63	1700	10000	<2100	78	1500	24000	<2600
Mai	67	1100	18000	<1700	75	1900	12000	<2700	88	1200	20000	<2000
Juin	67	1500	9700	<1700	<32	1100	7000	<2300	100	1300	21000	<1900
Juillet	<44	870	11000	<1700	<36	1400	10000	<2800	100	960	13000	<3000
Août	<40	510	15000	<1500	78	810	7100	<2700	56	880	21000	<1800
Septembre	<89	390	20000	<2100	130	950	10000	<2600	80	810	20000	<3000
Octobre	<52	290	20000	<1700	74	610	6800	<2400	94	1100	18000	<2400
Novembre	<49	120	16000	<1400	240	2500	<5300	<4700	78	860	17000	<2200
Décembre	33	100	12000	<1500	<32	990	6600	<2000	93	1400	14000	<3400

5.6 CONSOMMATION, PRELEVEMENT D'EAU ET PREVISIONNEL

En 2018, les volumes d'eau (eau de ville) consommés par les INB représentent 1165 m³ pour l'INB 165 et 698 m³ pour l'INB 166 soit une quantité bien inférieure par rapport au prévisionnel estimé pour les deux INB.

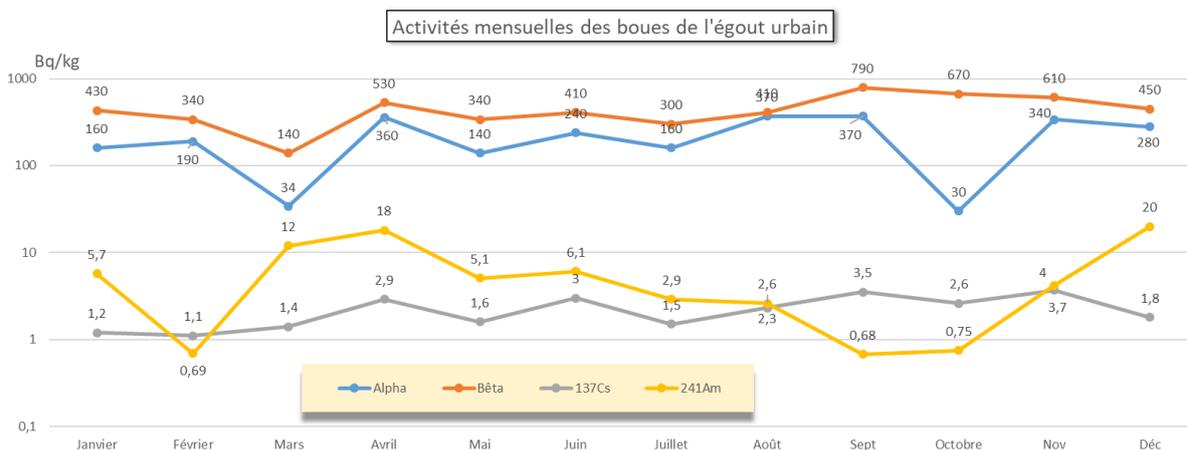
A titre informatif, les effluents des cuves représentent moins de 25 % du volume consommé. Pour l'année 2019, les prévisions de la consommation en eau des INB sont estimées à 1100 m³ pour l'INB 165 et 800 m³ pour l'INB 166.

Pour les prélèvements d'eau souterraine, à l'exception des échantillons mensuels de la nappe phréatique destinés aux analyses environnementales (fraction négligeable), le site ne réalise aucun prélèvement d'eau souterraine.

5.7 CONTROLE DES BOUES DE L'EGOUT URBAIN

Un échantillon de boues est prélevé mensuellement à des fins d'analyses dans les laboratoires du SPRE. L'évolution des indices d'activité alpha et bêta globales ainsi que les activités spécifiques en ^{137}Cs et en ^{241}Am mesurées sur les boues est présentée sur le tableau 10 et la figure 15 ci-après.

Figure 15 - Surveillance radiologique 2018 des boues au niveau de l'égout urbain (en Bq/kg sec)



On peut noter que les activités moyennes en émetteurs alpha et bêta en 2018, respectivement de l'ordre de 200 Bq/kg sec et 450 Bq/kg sec, sont essentiellement dues à la radioactivité d'origine naturelle.

Les activités moyennes des boues en ^{137}Cs et ^{241}Am , respectivement de l'ordre de 2 Bq/kg sec et 7 Bq/kg sec restent dans les valeurs habituellement observées.

Tableau 10 - Activité des boues prélevées mensuellement dans l'égout urbain
(Résultats 2018 exprimés en Bq/kg sec)

	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Jui	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Alpha	160	190	34	360	140	240	160	370	370	30	340	280
Bêta	430	340	140	530	340	410	300	410	790	670	610	450
^{137}Cs	1,2	1,1	1,4	2,9	1,6	3	1,5	2,3	3,5	2,6	3,7	1,8
^{241}Am	5,7	0,69	12	18	5,1	6,1	2,9	2,6	0,68	0,75	4	20

6 SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE DE L'AMBIANCE ATMOSPHERIQUE

La surveillance de l'air est effectuée à partir des 4 stations de surveillance : ATMOS, FAR2, CLAMART et BAGNEUX situées à une distance comprise entre 200 m et 2,0 km autour du site CEA de Fontenay-aux-Roses (**Figure 16**).

Les stations sont équipées de dispositifs pour :

- la mesure en direct des activités alpha et bêta des poussières atmosphériques collectées sur filtres (4 stations), avec des mesures différées en laboratoire après décroissance des radionucléides naturels,
- la recherche d'halogènes sur les cartouches de prélèvement (2 stations),
- la mesure de l'irradiation ambiante (4 stations).



Figure 16 - Implantation des stations de contrôle de l'environnement

Ce dispositif est complété de mesures de l'irradiation ambiante tout autour de la clôture du site.

6.1 LES AEROSOLS

Les prélèvements atmosphériques ont pour but de collecter les poussières et les aérosols de l'air ambiant sur un filtre plan. Pour une durée de prélèvement de 24 heures, le volume d'air filtré quotidiennement est de l'ordre de 1 400 m³. Les mesures des activités alpha et bêta directes et retardées sont transmises en temps réel au Tableau de Contrôle de l'Environnement. En complément, une mesure différée (5 jours après le prélèvement) est réalisée en laboratoire après décroissance des produits solides de filiation des descendants du radon et du thoron. Les niveaux de radioactivité mesurés en laboratoire sont généralement proches des limites de détection, soit 4.10⁻⁵ Bq/m³ en alpha et 1.10⁻⁴ Bq/m³ en bêta. Les résultats présentés dans les **figures 17 et 18** correspondent aux moyennes mensuelles calculées sur l'ensemble des résultats journaliers.

Les **tableaux 11 et 12** regroupent les résultats des mesures en laboratoire des filtres pour chacune des quatre stations de surveillance.

Tableau 11 - surveillance des aérosols alpha en 2018 (en mBq/Nm³ d'air soit 10⁻³ Bq/m³)

Mois	ATMOS	FAR2	Bagneux	Clamart
Janvier	0,01	0,01	0,01	0,01
Février	0,02	0,02	0,02	0,02
Mars	0,02	0,02	0,02	0,03
Avril	0,02	0,02	0,02	0,02
Mai	0,03	0,03	0,03	0,03
Juin	0,03	0,02	0,02	0,02
Juillet	0,02	0,02	0,03	0,03
Août	0,02	0,02	0,02	0,02
Septembre	0,02	0,02	0,04	0,03
Octobre	0,03	0,03	0,03	0,04
Novembre	0,02	0,02	0,02	0,04
Décembre	0,01	0,02	0,02	0,04
Moyenne	0,02	0,02	0,02	0,03

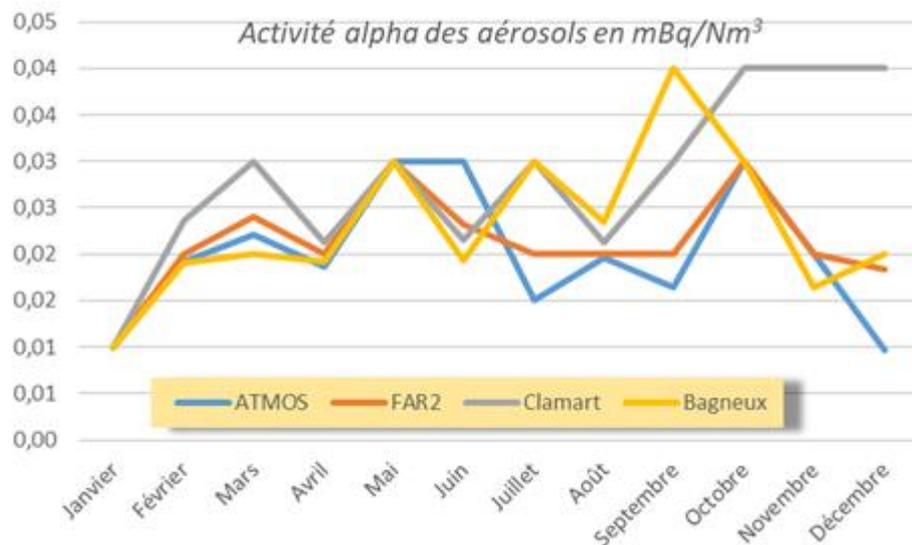


Figure 17 - Surveillance des aérosols alpha en 2018

Tableau 12 - surveillance des aérosols bêta en 2018 (en mBq/m³ d'air soit 10⁻³ Bq/m³)

Mois	ATMOS	FAR2	Bagneux	Clamart
Janvier	0,30	0,32	0,33	
Février	0,47	0,51	0,50	0,42
Mars	0,42	0,44	0,43	0,30
Avril	0,55	0,56	0,62	0,56
Mai	0,72	0,74	0,77	0,78
Juin	0,61	0,52	0,58	0,56
Juillet	0,73	0,60	0,84	0,75
Août	0,54	0,43	0,59	0,53
Septembre	0,56	0,53	0,72	0,73
Octobre	0,76	0,69	0,89	1,20
Novembre	0,59	0,68	0,78	1,20
Décembre	0,29	0,34	0,43	0,60
Moyenne	0,55	0,53	0,62	0,66

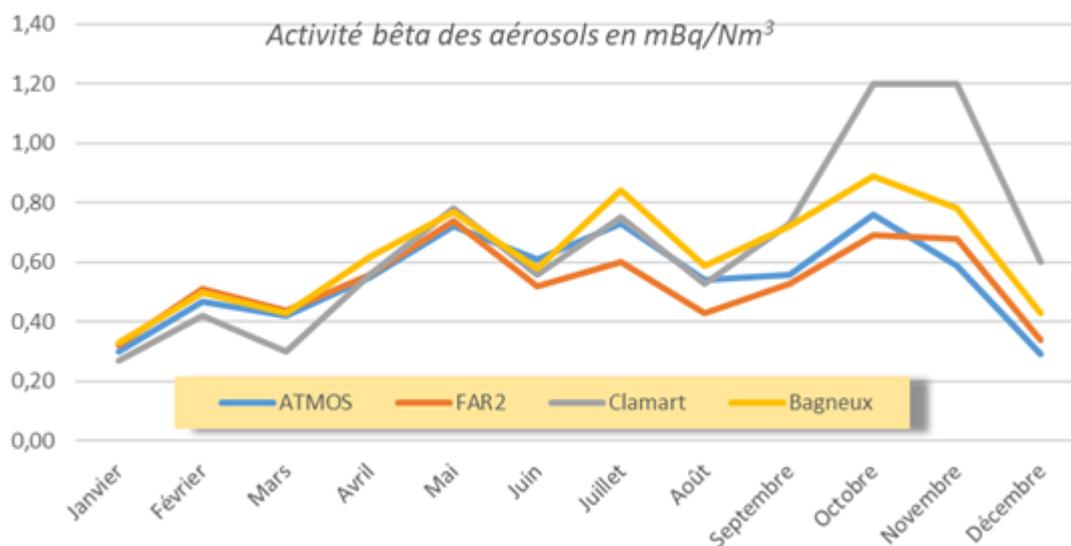


Figure 18 – Surveillance des aérosols bêta en 2018

Les fluctuations observables sont identiques d'une station à l'autre et reflètent les variations naturelles du taux d'émanation radon et de l'empoussièrement de l'air. Il est à noter cependant des valeurs plus élevées à la station de Clamart au mois d'octobre qui s'expliquent par des travaux menés dans la zone de prélèvement.

6.2 LES HALOGENES

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 Bagneux. A partir du mois d'octobre, la surveillance des halogènes a été réalisée à la station FAR2 à la place de Bagneux, et ce en prévision de la nouvelle Décision ASN de rejet. En

2018, l'activité volumique en ^{131}I est restée systématiquement inférieure au seuil de décision des appareils, soit $< 3,0 \cdot 10^{-4} \text{ Bq/m}^3$. Aucune trace d'autres iodes n'a été mise en évidence.

6.3 EXPOSITION EXTERNE

6.3.1 AUX ALENTOURS DU SITE

L'exposition ambiante mesurée dans les stations externes (ATMOS, Bagneux, Clamart et FAR2) est mesurée :

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

En 2018, le débit d'équivalent de dose ambiante moyen annuel calculé à partir des données issues de la mesure en continu des balises d'irradiation (agrément 6_16 délivré par l'ASN) est comparable à celui mesuré en 2017, à savoir $0,093 \mu\text{Sv/h}$. A titre de comparaison, le tableau 13 ci-après regroupe pour chaque station environnementale le niveau d'irradiation ambiante moyen mesuré par les balises et par l'exploitation des résultats du développement des dosimètres RPL (IRSN).

Tableau n° 13 - Exposition externe moyenne mesurée par les dosimètres RPL en 2018

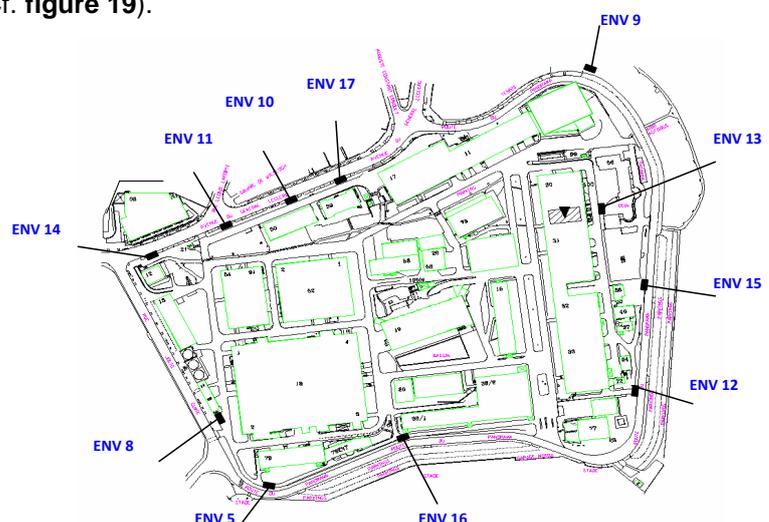
Stations	ATMOS	Bagneux	Clamart	FAR2
RPL	0,064 $\mu\text{Sv/h}$	0,065 $\mu\text{Sv/h}$	0,073 $\mu\text{Sv/h}$	0,069 $\mu\text{Sv/h}$
Balises	0,077 $\mu\text{Sv/h}$	0,080 $\mu\text{Sv/h}$	0,110 $\mu\text{Sv/h}$	0,108 $\mu\text{Sv/h}$

Les niveaux d'exposition externe sont du même ordre de grandeur et similaires à l'irradiation ambiante naturelle de la région parisienne. Les différences entre les débits de dose enregistrés par les balises d'irradiation avec les valeurs des RPL s'expliquent par les incertitudes de mesure et leur position dans les stations de surveillance.

6.3.2 EN LIMITE DU SITE

Le niveau d'exposition ambiante est mesuré par 11 dosimètres RPL disposés le long de la clôture du site conformément aux arrêtés (Cf. **figure 19**).

Figure 19 - Implantation des dosimètres intégrateurs



L'exposition ambiante mesurée en périphérie du site est en moyenne de 0,067 $\mu\text{Sv/h}$, valeur du niveau de l'irradiation ambiante naturelle de la région parisienne.

Tableau 14 - Exposition ambiante moyenne annuelle à la clôture du centre

Point de mesure	Exposition ambiante moyenne annuelle en $\mu\text{Sv/h}$
ENV5	0,069
ENV8	0,067
ENV9	0,064
ENV10	0,074
ENV11	0,064
ENV12	0,068
ENV13	0,061
ENV14	0,073
ENV15	0,062
ENV16	0,072
ENV17	0,064
Moyenne clôture	0,067

7 SURVEILLANCE DES EAUX

7.1 DETERMINATION DE L'ACTIVITE DES PRECIPITATIONS

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

- deux pluviomètres de 1 m^2 de surface de collection (figure 20), installés dans les stations de ATMOS et Bagneux. L'eau de pluie 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 m^2 de surface de collection (figure 21), installés dans les stations de ATMOS et Bagneux pour le relevé de la hauteur des précipitations.



Figure 20 - Pluviomètre 1 m^2



Figure 21 - pluviomètre 0,04 m^2 à lecture directe

Le **tableau 15** ci-après regroupe la moyenne des activités mesurées sur les eaux de pluie récoltées aux stations de ATMOS et de Bagneux.

A partir du mois d'octobre, la surveillance des précipitations a été réalisée à la station FAR2 en remplacement de Bagneux en prévision de la nouvelle décision ASN de rejet.

Tableau 15 - Activités moyennes mensuelles pondérées de l'activité volumique en alpha, bêta et tritium des précipitations atmosphériques (en Bq/l) en 2018

Mois	Station ATMOS				Station BAGNEUX		
	Hauteur Pluie [mm]	Activité moyenne [Bq/l]			Hauteur Pluie [mm]	Activité moyenne [Bq/l]	
		alpha	bêta	Tritium		alpha	bêta
Janvier	61	0,01	0,06	<6,6	58	0,01	0,04
Février	40	0,01	0,03	<16	85	0,01	0,04
Mars	93	0,01	0,03	<6,6	90	0,01	0,03
Avril	54	0,02	0,05	<7,1	52	0,02	0,10
Mai	63	0,02	0,06	<6,5	50	0,01	0,07
Juin	139	0,02	0,03	<6,4	140	0,01	0,03
Juillet	88	0,04	0,20	<6,5	5	0,03	0,25
Août	33	0,03	0,12	<6,5	46	0,03	0,10
Septembre	10	0,05	0,18	<6,6	10	0,02	0,16
Octobre	23	0,06	0,49	<7,2	23*	0,06*	0,33*
Novembre	72	0,02	0,10	<6,5	74*	0,02*	0,03*
Décembre	18	0,06	0,22	<6,7	17*	0,06*	0,12*
Moyenne annuelle	Total=693	0,03	0,13	< 7,4	Total=649	0,03	0,11

* A partir du mois d'octobre, la surveillance des eaux de pluie a été réalisée à la station FAR2 à la place de BAGNEUX en prévision de la nouvelle décision ASN.

Concernant les émetteurs alpha, l'activité moyenne est de 0,03 Bq/l (0,02 Bq/l en 2017). Pour les émetteurs bêta, l'activité spécifique moyenne est de 0,12 Bq/l (0,10 Bq/l en 2017).

Le tritium n'a jamais été détecté à la station de surveillance ATMOS. Son activité spécifique moyenne est inférieure au seuil de décision (environ 7,0 Bq/l).

Enfin, l'activité moyenne annuelle par unité de surface est de l'ordre de 1,7 Bq/m² en alpha et de 7,5 Bq/m² en bêta au niveau de la station ATMOS et d'environ 1,6 Bq/m² en alpha et 5,9 Bq/m² en bêta pour les stations de Bagneux/FAR2. Ces activités sont analogues d'une station à l'autre et représentatives des niveaux de radioactivité naturelle.

7.2 ACTIVITE VOLUMIQUE DES EAUX DE SURFACE

7.2.1 Etang COLBERT

Les eaux de surface sont prélevées mensuellement à l'étang Colbert. Les activités volumiques moyennes sont présentées dans le **tableau 16** ci-après.

Figure 22 - Etang Colbert



Tableau 16 - Activité volumique moyenne alpha, bêta et tritium des eaux de surface (Étang COLBERT) de 2014 à 2018 (Bq/l).

Année	Alpha (Bq/l)	Bêta (Bq/l)	Tritium (Bq/l)
2014	0,05	0,15	< 10
2015	0,06	0,15	< 10
2016	0,05	0,14	< 10
2017	0,05	0,16	< 10
2018	0,09	0,12	< 4

Les mesures effectuées par spectrométrie gamma montrent l'absence de radioactivité artificielle et sont toutes inférieures aux seuils de décision. Les activités volumiques alpha et bêta sont représentatives des niveaux de radioactivité naturelle généralement présente dans l'eau tels que le potassium 40 et l'uranium.

7.2.2 Etangs Villebon, Montsouris, La Garenne, Sceaux, Verrières

Les eaux de surface sont prélevées annuellement aux étangs de Villebon, Montsouris, La Garenne, Sceaux et Verrières. Les activités volumiques moyennes sont présentées dans le **tableau 17** ci-après. Bien que les activités globales alpha et bêta varient d'un point à l'autre (activité alpha globale la plus importante à La Garenne et activité bêta globale la plus importante à Verrières comme les années précédentes), elles sont représentatives de la radioactivité naturelle.

Tableau 17 - Activité volumique moyenne alpha, bêta et tritium des eaux de surface (Étangs Villebon, Montsouris, La Garenne, Sceaux) en 2018 (Bq/l).

Année	Alpha (Bq/l)	Bêta (Bq/l)	Tritium (Bq/l)
Villebon	<0,02	0,10	<2,8
Montsouris	<0,02	0,09	5,7
La Garenne	0,34	0,11	<2,9
Sceaux	<0,03	0,14	<3,5
Verrières	<0,04	0,51	<3,3

7.3 ACTIVITE MASSIQUE DES SEDIMENTS – ETANG DE COLBERT

Les sédiments de l'étang COLBERT présentent une activité massique moyenne en ^{137}Cs de l'ordre de 18 Bq/kg sec (**Tableau 18**). Celles en ^{60}Co et ^{241}Am restent systématiquement inférieures aux seuils de décision, respectivement 0,40 Bq/kg sec et 0,70 Bq/kg sec.

Tableau 18 - Activité massique des sédiments de l'étang COLBERT de 2014 à 2018 (Bq/kg sec)

Année	Alpha global	Bêta global	^7Be (naturel)	^{40}K (naturel)	^{60}Co	^{137}Cs	^{241}Am
2014	304	1450	266	408	< 2,8	27	< 7,9
2015	329	1403	110	293	< 4,5	26	< 6,8
2016	375	1543	181	304	< 0,45	27	< 1,3
2017	396	1603	193	274	< 0,87	20	< 1,6
2018	677	913	360	283	< 0,40	18	< 0,7

L'étang Colbert n'étant pas relié au réseau urbain recevant les eaux du site CEA de Fontenay-aux-Roses, les sédiments ne peuvent être marqués que par les retombées atmosphériques. Les activités alpha, bêta, ^7Be et ^{40}K sont représentatives des radionucléides naturels. Quant au ^{137}Cs , l'activité mesurée provient des retombées des anciens essais nucléaires aériens et de l'accident de Tchernobyl.

7.4 CONTROLE DE LA NAPPE PHREATIQUE PERCHÉE

La nappe phréatique perchée, située à 60 m sous le site CEA de Fontenay-aux-Roses, fait l'objet de prélèvements mensuels (6 points de prélèvements) pour des mesures par spectrométrie gamma, des indices de l'activité alpha et bêta globale, du tritium et du pH. L'implantation des piézomètres est donnée en **figure 23**.



Figure 23 – Sens d'écoulement de la nappe et implantation des piézomètres

Le volume d'eau prélevé annuellement au titre de la surveillance réglementaire de la nappe phréatique est de l'ordre de 13 m³, ce volume représente essentiellement le volume de purge avant prélèvement.

Les mesures mensuelles réalisées par spectrométrie gamma montrent systématiquement des valeurs inférieures au seuil de décision. Ainsi les valeurs en ¹³⁷Cs et en ²⁴¹Am restent respectivement inférieures à 0,12 Bq/l et 0,30 Bq/l.

Les indices des activités alpha et bêta globales mesurés sur les prélèvements mensuels donnent des valeurs moyennes respectives de 0,25 Bq/l et 0,14 Bq/l valeurs représentatives des niveaux de la radioactivité naturelle. Quant au tritium, son activité volumique varie autour d'une valeur moyenne de 5,0 Bq/l.

L'évolution de 2014 à 2018 des activités moyennes annuelles alpha, bêta et tritium des six piézomètres réglementaires est représentée par les 3 graphes ci-dessous et illustrée par la **figure 24**.

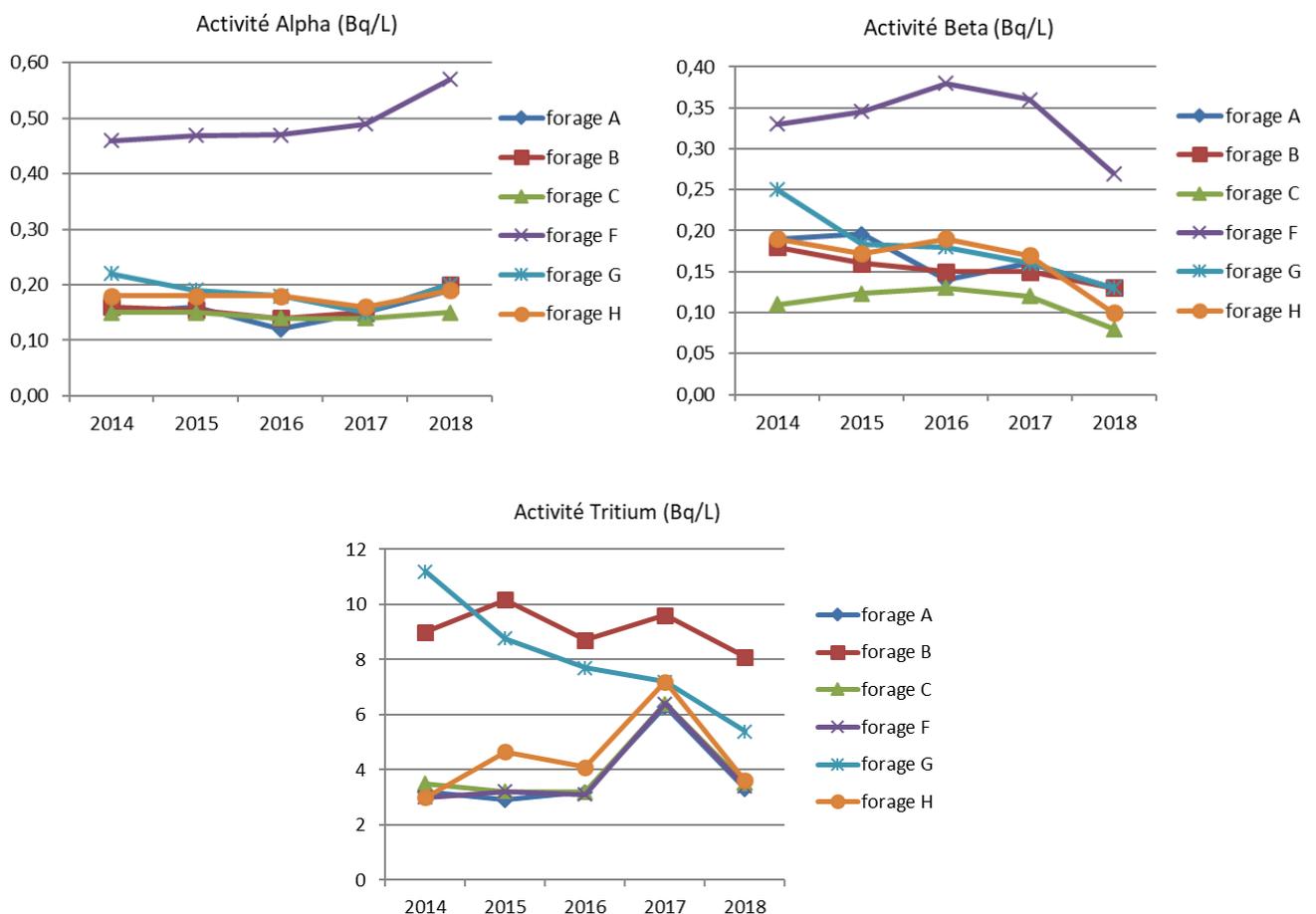


Figure 24 - Evolution des activités α , β et tritium moyennes annuelles des piézomètres de 2014 à 2018

Nota : pour les forages A et F, les activités en tritium sont systématiquement non détectées (valeurs inférieures au seuil de décision).

7.5 CONTROLE DES RESURGENCES

Deux points de résurgence de la nappe phréatique font également l'objet d'une surveillance mensuelle : la fontaine du Lavoir et la fontaine du Moulin à Fontenay-aux-Roses, situées en aval du centre.

Tableau 19 - Activité volumique α , β et tritium des résurgences

2018	Activité volumique [Bq/l] Fontaine du LAVOIR			Activité volumique [Bq/l] Fontaine du MOULIN		
	Alpha	Bêta	Tritium	Alpha	Bêta	Tritium
Janvier	/	/	/	0,14	0,21	<3,3
Février	0,12	0,35	<3,5	0,08	0,12	4,7
Mars	0,12	0,43	<3,1	0,16	0,29	5,2
Avril	0,14	0,62	<3,1	0,28	0,54	7,0
Mai	0,15	0,27	<2,9	0,10	0,19	5,0
Juin	0,10	0,08	<3,5	0,18	0,17	<3,4
Juillet	<0,06	0,29	<3,2	0,09	0,11	<3,0
Août	0,12	0,31	<3,4	0,12	0,26	<3,3
Septembre	0,16	0,32	<2,9	0,20	0,24	6,6
Octobre	0,10	0,35	<3,0	0,20	0,18	4,0
Novembre	0,11	0,38	<3,4	0,16	0,22	<3,4
Décembre	0,12	0,32	<2,9	0,21	0,24	7,6

La résurgence du « Moulin » (**figure 25**) correspond à un bassin dans lequel se déversent les eaux captées de l'ancienne fontaine du Moulin. Elle présente des activités moyennes de l'ordre de 0,16 Bq/l en alpha et 0,23 Bq/l en bêta représentatives du bruit de fond naturel.

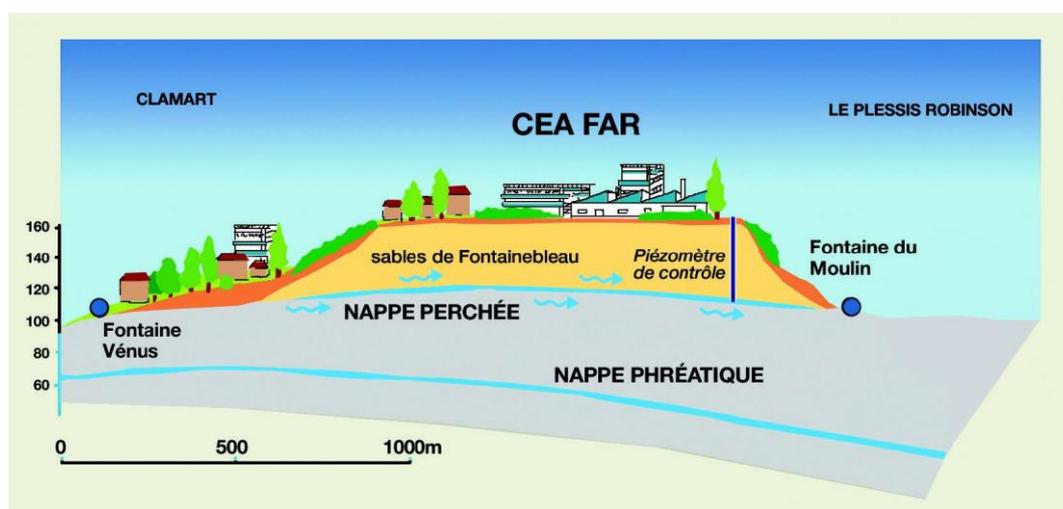


Figure 25 - Ecoulement de la nappe phréatique

La fontaine du Lavoir fait apparaître des activités moyennes de l'ordre de 0,12 Bq/l en alpha (due essentiellement à l'uranium naturel) et 0,34 Bq/l en bêta (due essentiellement au ^{40}K , radionucléide

d'origine naturelle). Un prélèvement n'a pu être effectué au mois de janvier en raison de travaux de voirie ayant conduit à la rupture de l'arrivée d'eau alimentant la fontaine.

Quant au tritium, il n'est détecté qu'à la fontaine du Moulin avec une activité moyenne de 5,0 Bq/l et une valeur maximale de 7,6 Bq/l.

Les graphes des **figures 26 et 27** montrent les évolutions des activités alpha, beta et tritium des fontaines du Moulin et du Lavoir pour l'année 2018.

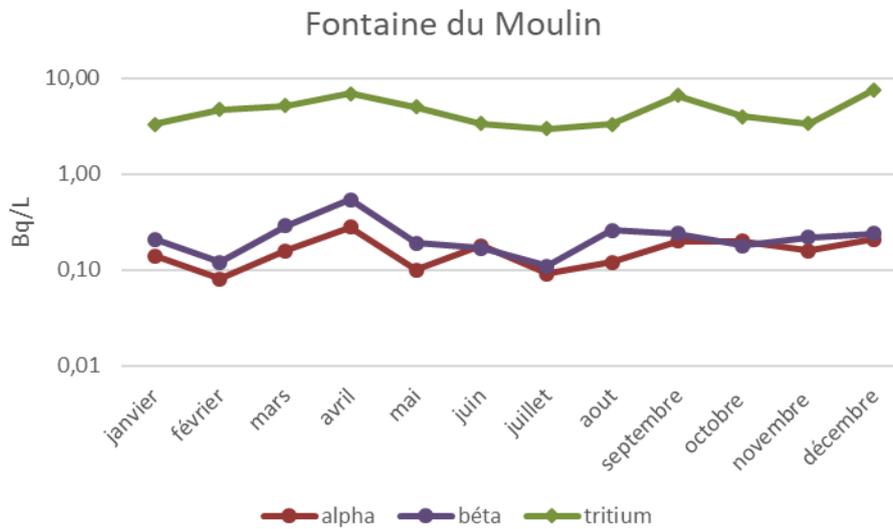


Figure 26 - Evolution mensuelle des activités α , β et tritium de la fontaine du Moulin

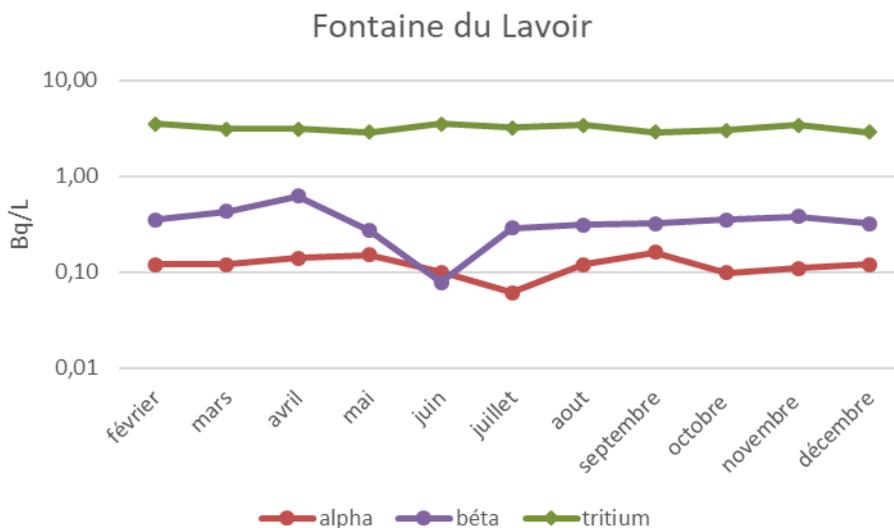


Figure 27 - Evolution mensuelle des activités α , β de la fontaine du Lavoir

La résurgence « Vénus » de Clamart sert de référence avec un suivi annuel. L'étude hydrogéologique montre que cette résurgence se situe en amont du site de Fontenay-aux-Roses par rapport à la direction de l'écoulement de la nappe phréatique (cf. figure 25).

Cette résurgence présente en 2018 des activités de 0,16 Bq/l en émetteurs alpha, 0,19 Bq/l en émetteurs bêta et une teneur en tritium inférieure au seuil de décision de 3,4 Bq/l.

8 SURVEILLANCE DES VEGETAUX ET DES SOLS

8.1 SURVEILLANCE DES VEGETAUX

Les végétaux font l'objet d'une surveillance mensuelle en quatre points situés dans les stations de surveillance extérieures au site. Les végétaux renferment une radioactivité naturelle due majoritairement à leur teneur en ^{40}K (31 mg de potassium correspond à une activité de 1 Bq). L'activité en ^{40}K mesurée sur des échantillons de végétaux frais varie selon la nature des produits



autour d'une teneur moyenne de 200 Bq/kg. Aucun radionucléide artificiel n'a été détecté en 2018. Le ^7Be , radionucléide naturel, est également détecté avec une activité moyenne de 74 Bq/kg frais. Les concentrations mesurées dans les prélèvements varient selon l'état d'avancement de leur stade végétatif (herbe jeune, foin ...) (**tableau 15**).

Tableau 19 - Activité massique des végétaux frais de 2018 (Bq/kg frais)

Activité par radionucléide	Clamart	Bagneux	FAR 2	ATMOS
^7Be (moyenne)	74	73	66	81
^{40}K (moyenne)	165	226	183	209
^{137}Cs (max) (*)	<0,75	<0,48	<0,71	<0,57
^{241}Am (max) (*)	<0,76	<0,60	<0,64	<0,70

(*) : Seuil de décision maximal mesuré

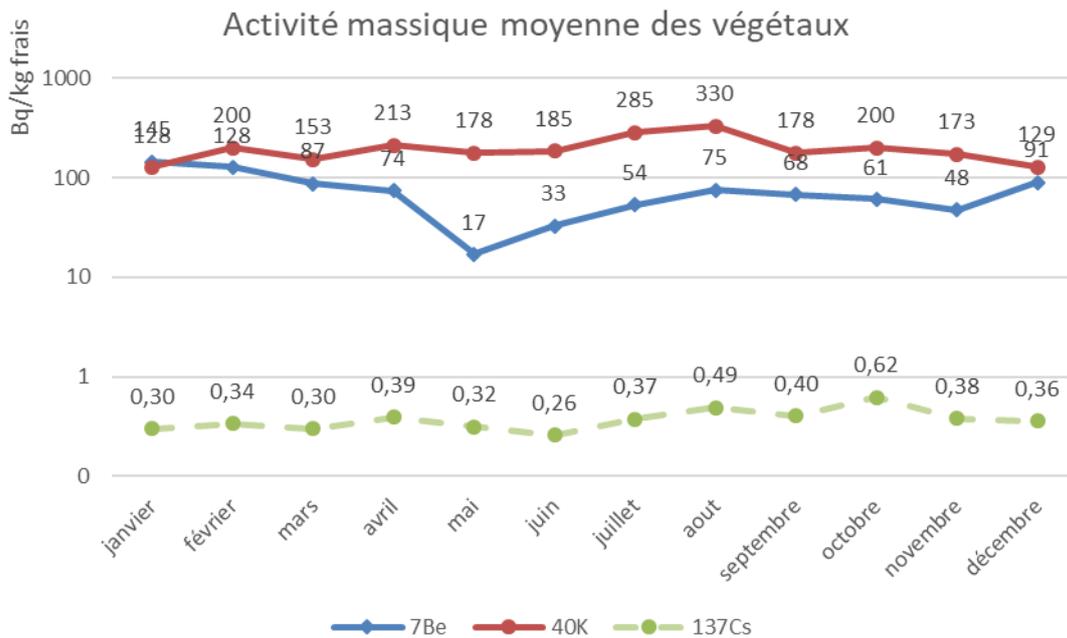


Figure 29 – Evolution mensuelle de l'activité en ^7Be , ^{40}K et ^{137}Cs des végétaux

8.2 SURVEILLANCE DES SOLS

Terre des stations de surveillance

Les sols font également l'objet d'une surveillance annuelle en 4 points situés dans les stations de surveillance extérieures au site. 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. (**tableaux 20 et 21**).

Les mesures annuelles réalisées par spectrométrie gamma en 2018 sur les sols donnent des valeurs moyennes de l'ordre de 5,0 Bq/kg sec en ^{137}Cs , radionucléide artificiel provenant des retombées atmosphériques des essais nucléaires aériens et en quantité moindre aux retombées de l'accident de Tchernobyl. Les valeurs en ^{241}Am pour les 4 points sont toutes inférieures au seuil de décision.

Tableau 20 - Activités massiques moyennes alpha, bêta globales et ^{137}Cs mesurées en 2018 sur des sols des quatre stations (Bq/kg sec)

Stations	Activité globale Alpha	Activité globale Bêta	^{137}Cs
<i>Clamart</i>	350	440	3,3
<i>Bagneux</i>	370	470	3,1
<i>FAR 2</i>	360	470	4,0
<i>ATMOS</i>	350	610	7,0

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

Des échantillons de sol sont également prélevés annuellement à proximité des étangs de Villebon, Montsouris, La Garenne, Sceaux et Verrières. Les activités massiques moyennes sont présentées dans le tableau 21 ci-dessous.

Tableau 21 - Activité massique des terres au bord des étangs de Villebon, Montsouris, La Garenne, Sceaux (en Bq/kg sec)

Localisation	Activité globale Alpha	Activité globale Bêta	^{137}Cs
Villebon	150	330	<0,27
Montsouris	240	790	<0,30
La Garenne	420	640	1,5
Sceaux	590	830	5,4
Verrières	440	750	3,6

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

9 IMPACT SUR L'HOMME

L'évaluation de l'impact sanitaire est basée, de façon conservative, sur les rejets annuels liquides et gazeux actuels. Cette évaluation est déterminée à partir de la modélisation des données environnementales issues des résultats de mesures sur les échantillons.

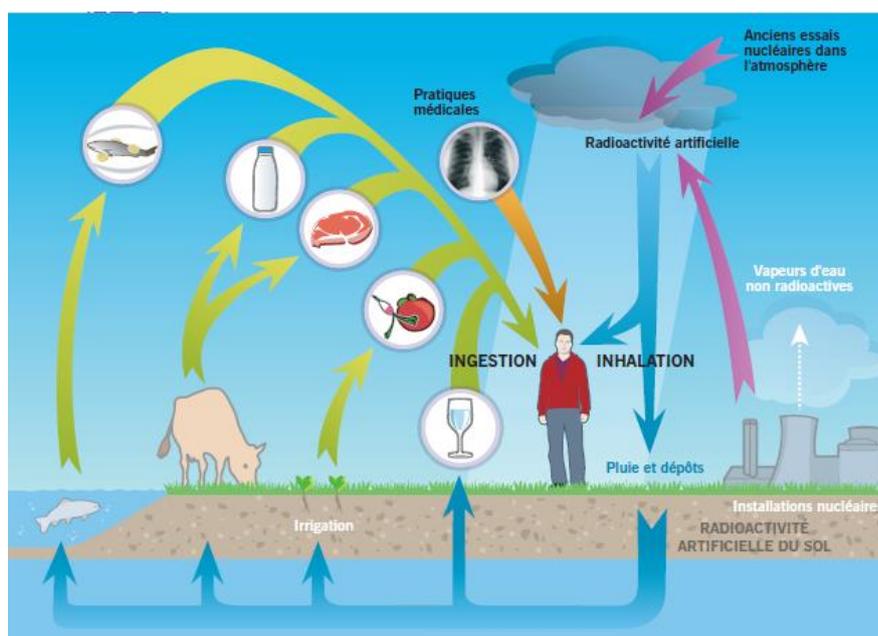


Figure 30 - Les voies d'atteinte à l'homme

9.1 REJETS GAZEUX

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

Les groupes de référence sont choisis en fonction de la rose des vents, de l'existence d'habitations, de cultures et d'élevages dans un rayon de 1500 mètres 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 externe due aux dépôts sur le sol,
- l'exposition interne par ingestion de produits d'origine végétale.

9.2 TRANSFERTS LIQUIDES

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

Les groupes de référence sont constitués de personnes consommant :

- 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.

On considère que ces personnes travaillent dans les champs à proximité d'Achères huit heures par jour en distinguant les personnes travaillant sur les cultures maraîchères (exposition due aux sols irrigués) et les personnes travaillant dans les champs de céréales (soumises à l'exposition due aux sols sur lesquels des boues ont été répandues).

L'autre groupe de référence retenu dans l'étude d'impact concerne l'enfant pour une exposition interne par ingestion (eau de boisson, poissons, végétaux).

9.3 IMPACT RADIOLOGIQUE TOTAL

Pour 2018, l'impact radiologique annuel des rejets des effluents radioactifs gazeux et liquides est très inférieur à 0,01 mSv. 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 ou encore de 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).

10 CONCLUSION

En 2018, les valeurs des rejets des effluents radioactifs liquides et gazeux restent largement inférieures aux limites réglementaires.

L'ensemble des mesures effectuées en laboratoire mettent en évidence le très faible niveau des rejets de l'année 2018 et leur très faible impact sanitaire et environnemental permettant de conclure à une absence d'incidence sur les populations vivant autour du site 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.



L'étang Colbert