



Surveillance du suivi de la qualité de l'air et des eaux au voisinage du site CEA d'Itteville

Année 2019



En application des arrêtés préfectoraux
n° 2000-PREF-DCL/0482 et n° 2000-PREF-DCL/0483
du 11 septembre 2000

SOMMAIRE

1	Introduction	4
2	Modalités de surveillance	4
3	Surveillance de la qualité de l'air	5
3.1	Surveillance des descendants du radon	5
3.1.1	Localisation des points de mesure des descendants du radon	5
3.1.2	Résultats des mesures	7
3.2	Surveillance de l'exposition externe	10
3.2.1	Localisation des points de surveillance de l'exposition externe	10
3.2.2	Résultats de mesure et conclusions	10
3.3	Surveillance de la qualité de l'air par un organisme indépendant	11
4	Surveillance de la qualité des eaux	12
4.1	Localisation des points de surveillance	12
4.2	Résultats et conclusions des analyses radiologiques et physico-chimiques	14
4.2.1	Analyses radiologiques	14
4.2.2	Analyses chimiques	16
4.3	Surveillance de la qualité des eaux par un organisme indépendant	16
5	Surveillance des sédiments du ru des Prés Picards	22
6	Entretien du site	23
7	Caractérisation radiologique précise des dépôts présents sous le site	24
8	Conclusion	24
9	Annexes	26
Annexe 1 :	Énergie alpha potentielle volumique (nJ/m^3) due aux descendants à vie courte du radon depuis 1994	26
Annexe 2 :	Concentration en uranium des eaux aux points Juine Amont, Juine Aval, Essonne Amont et Essonne Aval depuis 2002	26
Annexe 3 :	Concentration en uranium des eaux souterraines prélevées aux différents points de suivi réglementaire depuis 2005	26

Annexe 4: Exigences de la qualité des eaux	26
Annexe 5 : Résultats des spectrométries alpha sur les eaux souterraines	26
Annexe 6 : Calcul de la DTI des eaux souterraines	26

1 INTRODUCTION

Après avoir exploité jusqu'au début des années 70 puis démantelé une installation de traitement de minerais d'uranium à Itteville, au lieu-dit « Le Bouchet », le CEA continue d'assurer la surveillance d'un terrain annexe ayant servi de bassin de décantation des boues. Au cours de travaux entrepris en 1993, ce site a été réhabilité, en confinant la radioactivité sous une couche d'argile compactée. Des prescriptions relatives à la surveillance de l'environnement de ce site suite à sa réhabilitation sont fixées par l'arrêté préfectoral n°92-2784 du 3 août 1992 et les arrêtés n°2 000-PREF-DCL/0482 et /0483 du 11 septembre 2000.

Ces prescriptions concernent le suivi de la qualité de l'air, des eaux superficielles et des eaux souterraines, ainsi que l'entretien du site (clôture, arrosage, tonte de la couverture, vérification a minima annuelle de la couverture étanche).

Ce document a pour principal objectif de présenter les résultats de mesure de l'année 2019 relatifs au suivi de la qualité de l'air, des eaux et des sédiments du site et de ses environs.

2 MODALITES DE SURVEILLANCE

La surveillance du site du Bouchet et de ses environs est assurée :

- par 5 stations, réparties autour du site, équipées de dosimètres radon de site relevés mensuellement,
- par 7 dosimètres radio-photoluminescents répartis autour de la clôture de la zone surveillée et relevés trimestriellement,
- par 4 prélèvements réalisés trimestriellement dans les eaux de surface : dans la Juine et dans l'Essonne en amont et en aval du site,
- par 6 prélèvements réalisés trimestriellement dans le forage profond de l'Epine et dans 5 piézomètres situés au voisinage du dépôt,
- par un prélèvement annuel réalisé dans les sédiments du ru des prés picards.

Conformément à l'arrêté préfectoral de 1992, les mesures associées à cette surveillance sont :

- pour la surveillance de l'air :
 - o les mesures des émetteurs alpha émis par les descendants solides à vie courte des gaz radon 222 et 220 selon la norme NF EN ISO 11665-2,
 - o l'irradiation externe,
- pour la surveillance des eaux, les mesures :
 - o des activités volumiques globales alpha et bêta (en Bq/l) par compteur proportionnel selon la méthode normalisée NF ISO 10704,
 - o du radium 226 (en Bq/l) par ICP-MS (méthode interne accréditée COFRAC du prestataire) et par émanométrie selon la méthode normalisée NF ISO 13165-2,
 - o de l'uranium pondéral par ICP-MS sur la base de l'équivalence 1 µg d'uranium naturel = $2,54 \cdot 10^{-2}$ Bq ($^{234}\text{U} + ^{235}\text{U} + ^{238}\text{U}$), selon la norme NF M60-805-4.

Ces mesures dans les eaux sont complétées par des mesures physico-chimiques, définies dans l'arrêté préfectoral de 2000 et à la demande de la CLI : ammonium, calcium, potassium, aluminium, arsenic, baryum, béryllium, cadmium, chrome, cuivre, fer, manganèse, mercure, nickel, plomb et zinc réalisées selon des méthodes normalisées (NF EN ISO 17294-2 et ISO 7150-1).

Les prélèvements sont réalisés, conformément à la norme NF ISO CEI 17025, par les équipes du SPRE du CEA Paris-Saclay.

Les analyses sont réalisées par les laboratoires agréés du SPRE du CEA Paris-Saclay, à l'exception :

- des mesures en radium 226 sur l'eau, réalisées par le laboratoire agréé d'ORANO-SEPA Bessines,
- de la surveillance radon réalisée par la société ONET Technologies.

Par ailleurs, annuellement, une inter-comparaison des résultats avec un laboratoire agréé et indépendant, choisi en accord avec l'inspection des installations classées, est réalisée. Le laboratoire choisi en 2019 est Eurofins, qui réalise eux-mêmes toutes les mesures, qu'elles soient nucléaires et physico-chimiques.

3 SURVEILLANCE DE LA QUALITE DE L'AIR

3.1 SURVEILLANCE DES DESCENDANTS DU RADON

Les limites de concentration moyennes annuelles en énergie alpha potentielle (EAPv), dans l'atmosphère au droit du dépôt, fixées par l'article 2 de l'arrêté préfectoral 92-2784 sont les suivantes :

- 280 nJ/m³ (nano-joule par mètre cube d'air) pour les descendants à vie courte du radon 222,
- 850 nJ/m³ (nano-joule par mètre cube d'air) pour les descendants à vie courte du radon 220.

Ces limites s'expriment en valeur ajoutée aux concentrations naturelles en région parisienne, soit respectivement 40 et 30 nJ/m³.

Nota : L'EAPv est définie comme la somme des énergies des particules alpha émises au cours de la désintégration de tous les produits de filiation à vie courte du radon, contenus à un instant donné dans un certain volume d'air, pris comme unité.

3.1.1 LOCALISATION DES POINTS DE MESURE DES DESCENDANTS DU RADON

La mesure de l'EAPv est effectuée au niveau des cinq stations décrites dans le tableau n°1 et localisées sur la figure n°1.

La station n° 1 (château d'eau de Vert-le-Petit), compte tenu de son éloignement, est considérée comme station de référence et représente donc l'exposition naturelle de cette région.

Station Numéro	Localisation des stations de prélèvement
1	Château d'eau de Vert-le-Petit, hors influence du site
2	En limite de site, à l'est du dépôt, dans l'enceinte ARIANEGROUP, avenue de la Gare
3	Sur le dépôt
4	A Itteville, 26 chemin des Prés Picards, dans le jardin d'un particulier
5	A Ballancourt, Domaine du Moulin, allée des Pêcheurs, dans le jardin d'un particulier

Tableau 1 - Localisation des 5 stations de prélèvements

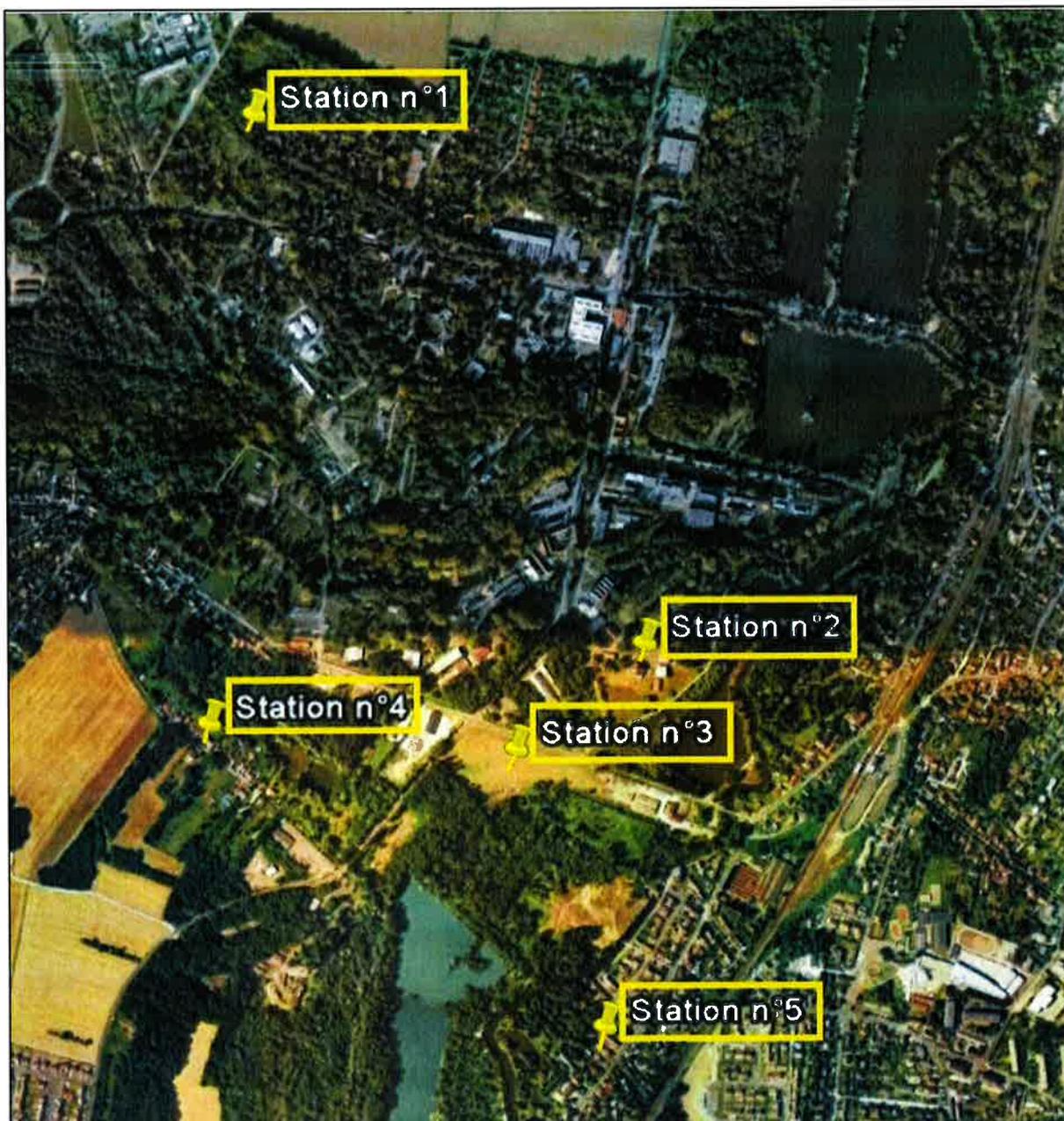


Figure n°1 - Localisation des 5 stations de prélèvement

3.1.2 RESULTATS DES MESURES

Les résultats de l'EAPv de l'année 2019 sont consignés dans le tableau n°2 et sur la figure n°2.

Période	Station 1 Château d'eau				Station 2 Enceinte ARIANE GROUP				Station 3 Déposante				Station 4 Chemin Prés Picards				Station 5 Allée des Pêcheurs			
	EAPv ²²² Rn		EAPv ²²⁰ Rn		EAPv ²²² Rn		EAPv ²²⁰ Rn		EAPv ²²² Rn		EAPv ²²⁰ Rn		EAPv ²²² Rn		EAPv ²²⁰ Rn		EAPv ²²² Rn		EAPv ²²⁰ Rn	
	nJ/m ³	%	nJ/m ³	%	nJ/m ³	%	(nJ/m ³)	%	nJ/m ³	%	nJ/m ³	%	nJ/m ³	%	nJ/m ³	%	nJ/m ³	%	nJ/m ³	%
janvier-19	23 ± 17	7,5 ± 21	32 ± 19	9,4 ± 22	30 ± 17	9,3 ± 22	36 ± 17	9,4 ± 23	28 ± 18	7,2 ± 22										
février-19	23 ± 17	7,7 ± 23	25 ± 16	9,3 ± 23	23 ± 17	9,2 ± 22	28 ± 18	8,9 ± 22	20 ± 20	7,6 ± 24										
mars-19	39 ± 18	21 ± 19	97 ± 18	37 ± 19	92 ± 18	37 ± 19	110 ± 18	48 ± 19	101 ± 18	37 ± 19										
avril-19	37 ± 19	24 ± 17	44 ± 18	23 ± 17	48 ± 19	23 ± 17	48 ± 19	40 ± 18	40 ± 18	21 ± 19										
mai-19	19 ± 16	12 ± 17	26 ± 19	8,6 ± 22	22 ± 18	8,8 ± 22	26 ± 19	15 ± 20	21 ± 19	11 ± 18										
juin-19	23 ± 17	10 ± 20	non mesuré	non mesuré	27 ± 19	8,1 ± 21	29 ± 17	11 ± 18	26 ± 19	10 ± 20										
juillet-19	21 ± 19	13 ± 23	26 ± 19	12 ± 17	25 ± 16	13 ± 23	34 ± 18	20 ± 20	33 ± 18	17 ± 18										
août-19	31 ± 19	20 ± 20	38 ± 18	19 ± 21	35 ± 17	16 ± 19	41 ± 20	29 ± 17	32 ± 19	16 ± 19										
septembre-19	26 ± 19	21 ± 19	37 ± 19	19 ± 16	34 ± 18	16 ± 19	37 ± 19	33 ± 18	30 ± 17	16 ± 19										
octobre-19	18 ± 17	7,3 ± 23	22 ± 18	8,4 ± 21	22 ± 18	7,1 ± 24	26 ± 19	14 ± 21	19 ± 16	12 ± 17										
novembre-19	27 ± 19	8 ± 21	28 ± 14	6,7 ± 22	28 ± 18	7,7 ± 22	29 ± 17	5,9 ± 24	29 ± 17	8,8 ± 20										
décembre-19	20 ± 20	6,5 ± 22	23 ± 17	8,3 ± 22	30 ± 17	7,7 ± 23	21 ± 19	7,8 ± 23	23 ± 17	3,9 ± 28										
Moyenne	26	13	36	15	35	14	39	20	34	14										

Tableau 2 - Valeurs mensuelles des mesures EAPv dues aux descendants à vie courte du radon 220 et du radon 222 au cours de l'année 2019 (les incertitudes sont données en %, en considérant un facteur d'élargissement k=2 et en ne prenant en compte que l'incertitude liée à la mesure)

En juin, un défaut de prélèvement de la station 2 n'a pas permis d'exploiter les résultats (très faible débit de prélèvement).

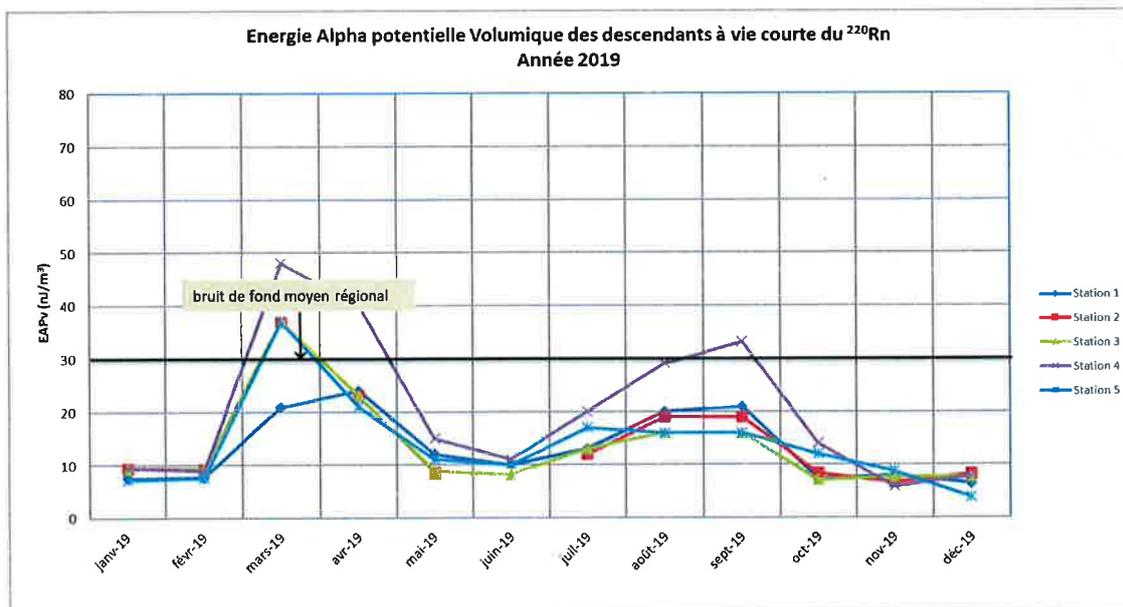
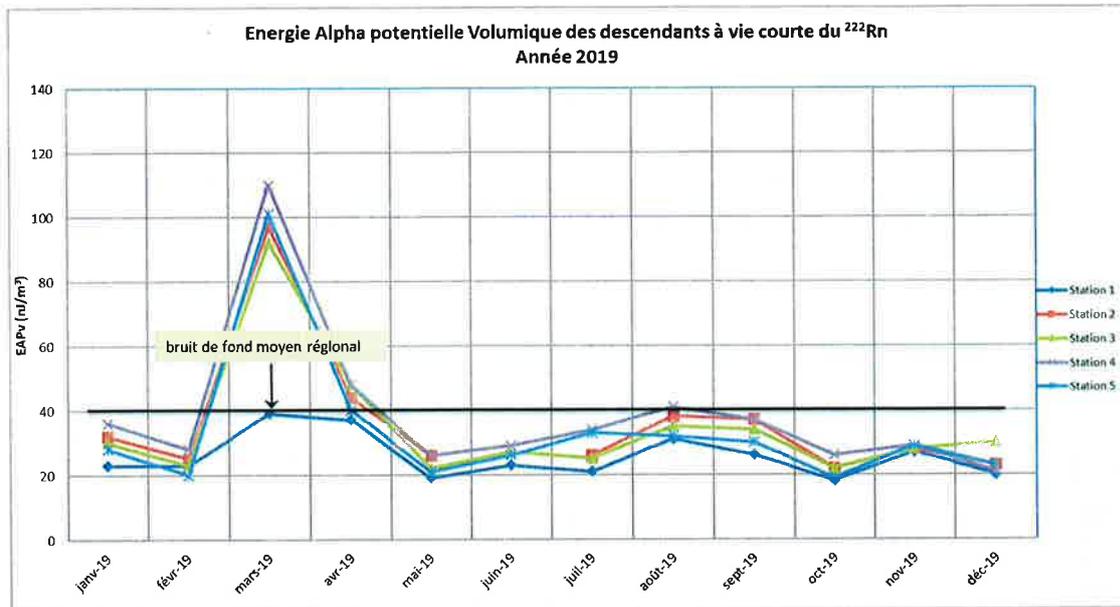


Figure n°2 – Évolutions sur 12 mois des EAPv (^{222}Rn et ^{220}Rn) dans les cinq stations

En valeur moyenne annuelle, la valeur d'EAPv des descendants du radon 222 mesurée au niveau de la station n°1 de référence est égale à 26 nJ/m^3 . Cette valeur est inférieure à la valeur considérée comme représentative des concentrations naturelles en région parisienne selon l'arrêté préfectoral n°92-2784 du 3 août 1992 (40 nJ/m^3).

En valeur moyenne annuelle, la valeur d'EAPv des descendants du radon 220 mesurée au niveau de la station n°1 de référence est égale à 13 nJ/m^3 . Cette valeur est inférieure à la valeur considérée comme représentative des concentrations naturelles en région parisienne selon l'arrêté préfectoral n°92-2784 du 3 août 1992 (30 nJ/m^3).

Au cours de l'année 2019, l'évolution mensuelle de l'EAPv observée dans les stations 2 à 5 est globalement du même ordre de grandeur que celle de la station n°1 représentative du bruit de fond régional (voir figure 2).

A noter toutefois que toutes les stations en mars et avril et seule la station 4 en août présentent des valeurs d'EAPv pour le radon 222 supérieures au bruit de fond régional, mais qui restent néanmoins très inférieures à la limite de 280 nJ.m^{-3} fixée par l'arrêté préfectoral. Des événements similaires ont déjà eu lieu les années précédentes (01/2009, 09 à 11/2011, 12/2013, 09 à 11/2014, 09 à 12/2017, 01 et 09 à 11/2018) et sont très vraisemblablement aussi associés à des conditions météorologiques particulières (température, pluviométrie, barométrie) impactant l'émanation du radon.

A noter aussi que les stations 2, 3, 4 et 5 en mars et uniquement la station 4 en avril et septembre, présentent des valeurs d'EAPv pour le radon 220 supérieures au bruit de fond régional, mais qui restent néanmoins très inférieures à la limite de 850 nJ.m^{-3} fixée par l'arrêté préfectoral. Des événements similaires ont déjà eu lieu les années précédentes (10/2009, 10/2010, 09 à 11/2011, 09/2012, 08 et 09/2013, 09/2014, 08/2015, 08-09 et 12/2017, 04-05 et 11/2018) et sont très vraisemblablement aussi associés à des conditions météorologiques particulières (température, pluviométrie, barométrie) impactant l'émanation du radon.

Aussi, pendant cette période, il est à préciser que la maintenance du dispositif de prélèvement n'avait pas été réalisée, ce qui a pu contribuer à observer cette tendance haute des valeurs mesurées.

En conclusion, les valeurs d'EAPv obtenues montrent que les limites fixées par l'arrêté préfectoral du 3 août 1992 sont respectées. Depuis 1994, les valeurs moyennes annuelles d'EAPv mesurées (voir tableau en Annexe 1) sur le site et dans son environnement très proche sont similaires aux valeurs du bruit de fond régional qui fluctuent d'un mois sur l'autre.

3.2 SURVEILLANCE DE L'EXPOSITION EXTERNE

3.2.1 LOCALISATION DES POINTS DE SURVEILLANCE DE L'EXPOSITION EXTERNE

La surveillance de l'irradiation externe en limite de site est assurée à partir de sept dosimètres radio-photoluminescents implantés comme indiqué sur la Figure n°3.

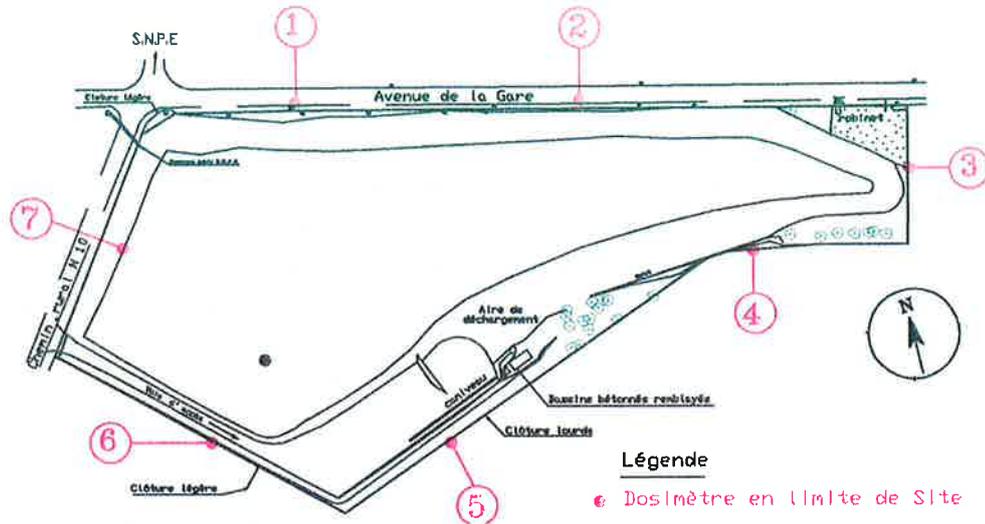


Figure n°3 - Implantation des dosimètres radio-photoluminescents en limite du site du Bouchet.

3.2.2 RESULTATS DE MESURE ET CONCLUSIONS

Les résultats sont présentés dans le tableau 3.

LOCALISATION	DEBIT D'EQUIVALENT DE DOSE HORAIRE MOYEN en nSv/h			
	1 ^{er} trimestre 2019 du 10/01 au 02/04 82 jours d'exposition	2 ^{ème} trimestre 2019 du 02/04 au 05/07 94 jours d'exposition	3 ^{ème} trimestre 2019 du 05/07 au 03/10 90 jours d'exposition	4 ^{ème} trimestre 2019 du 03/10 au 07/01/20 96 jours d'exposition
	Ded horaire brut $H^*(10)$ en nSv/h avec $U(d)$ à $k=2$, en %	Ded horaire brut $H^*(10)$ en nSv/h $U(d)$ à $k=2$, en %	Ded horaire brut $H^*(10)$ en nSv/h $U(d)$ à $k=2$, en %	Ded horaire brut $H^*(10)$ en nSv/h $U(d)$ à $k=2$, en %
1	70 ± 19	89 ± 16	87 ± 18	87 ± 17
2	93 ± 18	103 ± 16	102 ± 17	102 ± 17
3	68 ± 19	81 ± 16	75 ± 18	73 ± 17
4	72 ± 19	85 ± 16	83 ± 18	80 ± 17
5	65 ± 19	73 ± 17	73 ± 18	69 ± 18
6	69 ± 19	72 ± 17	62 ± 19	64 ± 18
7	62 ± 19	80 ± 16	78 ± 18	76 ± 17

Tableau 3 - Résultats des dosimètres radio-photoluminescents en limite du site d'Itteville

Ces résultats sont à comparer aux valeurs de bruit de fond généralement mesurées, dans la région, comprises entre 0,08 et 0,15 $\mu\text{Sv/h}$ (rapport CRII-RAD – ITTEVILLE 1995 publication juin 1996).

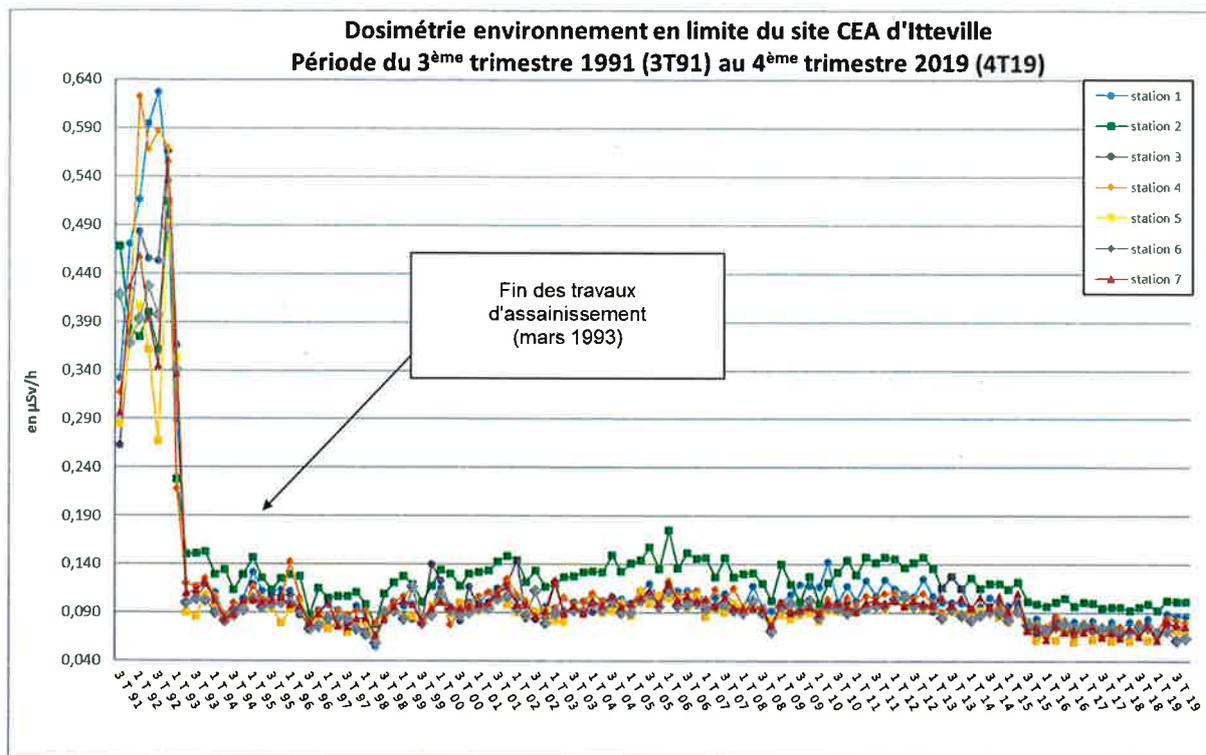


Figure n°4 - Évolution du débit de dose horaire moyen (3^{ème} trimestre 1991- 4^{ème} trimestre 2019) en limite du site d'Itteville.

Les valeurs du débit de dose en limite de site restent légèrement plus élevées à la station n°2, avenue de la Gare. Les variations observées sur les mesures d'un trimestre à l'autre peuvent être attribuées aux fluctuations liées aux variations de l'irradiation ambiante naturelle ainsi qu'aux incertitudes de mesure, ces dernières étant égales à environ 20%.

Toutefois, toutes les valeurs du débit de dose, depuis la réhabilitation du site en 1993, restent dans l'intervalle du bruit de fond de la région parisienne (voir figure n°4).

3.3 SURVEILLANCE DE LA QUALITE DE L'AIR PAR UN ORGANISME INDEPENDANT

Des mesures de la qualité de l'air, destinées à définir l'exposition externe et interne en limite de site, sont à effectuer annuellement, conformément à l'arrêté, par un organisme indépendant selon un protocole préétabli.

Or, cette mesure n'est réalisée que par le seul laboratoire Algade en France. L'IRSN, prestataire en 2017, a été remplacé par la société ONET Technologies en 2018 qui sous-traite aussi les mesures au laboratoire Algade.

4 SURVEILLANCE DE LA QUALITE DES EAUX

Contrairement à la surveillance de l'air, il n'y a pas de limites fixées réglementairement dans les arrêtés préfectoraux pour la surveillance des eaux autour du site du Bouchet. Cependant, un certain nombre de paramètres listés au § 2 sont périodiquement mesurés et leurs concentrations, dans les eaux de surface, peuvent être comparées, à titre indicatif, aux limites fixées pour les eaux de surface de qualité A2 dans l'annexe 1 du décret 2001-1220 du 20 décembre 2001 (voir Annexe 4).

4.1 LOCALISATION DES POINTS DE SURVEILLANCE

Les points de surveillance des eaux de surface et des eaux souterraines sont consignés dans le tableau n°4 et leur localisation est représentée sur le schéma de la Figure 5.

N°de point	Localisation des points de prélèvements	Caractéristiques	Coordonnées GPS
Point 122	Juine amont	Eau de surface	48.53647 N 2.35364 E
Point 125	Juine aval	Eau de surface	48.53695 N 2.36444 E
Point 126	Essonne amont	Eau de surface	48.52278 N 2.36333 E
Point 124	Essonne aval	Eau de surface	48.53861 N 2.37306 E
PZ-01	ARIANEGROUP/CRB (remplace PZ-1505)	Profondeur 5 à 6 m	48.53417 N 2.360833 E
PZ-VP	ARIANEGROUP/CRB (remplace PZ-PK)	Profondeur 4,75 à 5,5 m	48.53274 N 2.362733 E
PZ-CEB	DGA-Maîtrise NRBC/CEB	Profondeur 4,75 à 5,5 m	48.53306 N 2.36528 E
PZ-02	DGA-Maîtrise NRBC/CEB (remplace PZ-PI)	Profondeur 5 à 6 m	48.53592 N 2.371214 E
PZ-PROF	DGA-Maîtrise NRBC/CEB	Forage profond	48.5375 N 2.36611 E
EPINE	Domaine de l'Épine (Itteville)	Forage profond	48.53765 N 2.346336 E

Tableau n° 4 – Localisation des points de surveillance

Certains points sont en place depuis de nombreuses années (voir Figure n°5), d'autres ont été remplacés ou réhabilités, notamment :

- le point PZ-VP a été intégré fin 2006 à la surveillance systématique du site. Il remplace le piézomètre PZ-PK.
- le piézomètre PZ-CEB a été intégré en 2009 à la surveillance systématique du site, suite à la destruction du précédent au cours d'un chantier mené par la DGA (Direction Générale de l'Armement).
- le piézomètre PZ-01 a été foré à 6 m de profondeur avec une crépine entre 5 et 6 m, le 23 août 2012 et intégré en 2014 à la surveillance systématique du site. Il remplace le PZ-1505 et permet de surveiller exclusivement la nappe alluviale en supprimant l'interférence due à l'eau interstitielle de tourbe (courrier DSM/SAC/UPSE/11-080 du 17 novembre 2011).
- le piézomètre PZ-02 a été foré à 6 m de profondeur avec une crépine entre 5 et 6 m, le 23 août 2012 et intégré depuis 2014 à la surveillance systématique du site. Il remplace le PZ-PI et permet de surveiller exclusivement la nappe alluviale en supprimant l'interférence due à l'eau interstitielle de tourbe (courrier DSM/SAC/UPSE/11-080 du 17 novembre 2011).

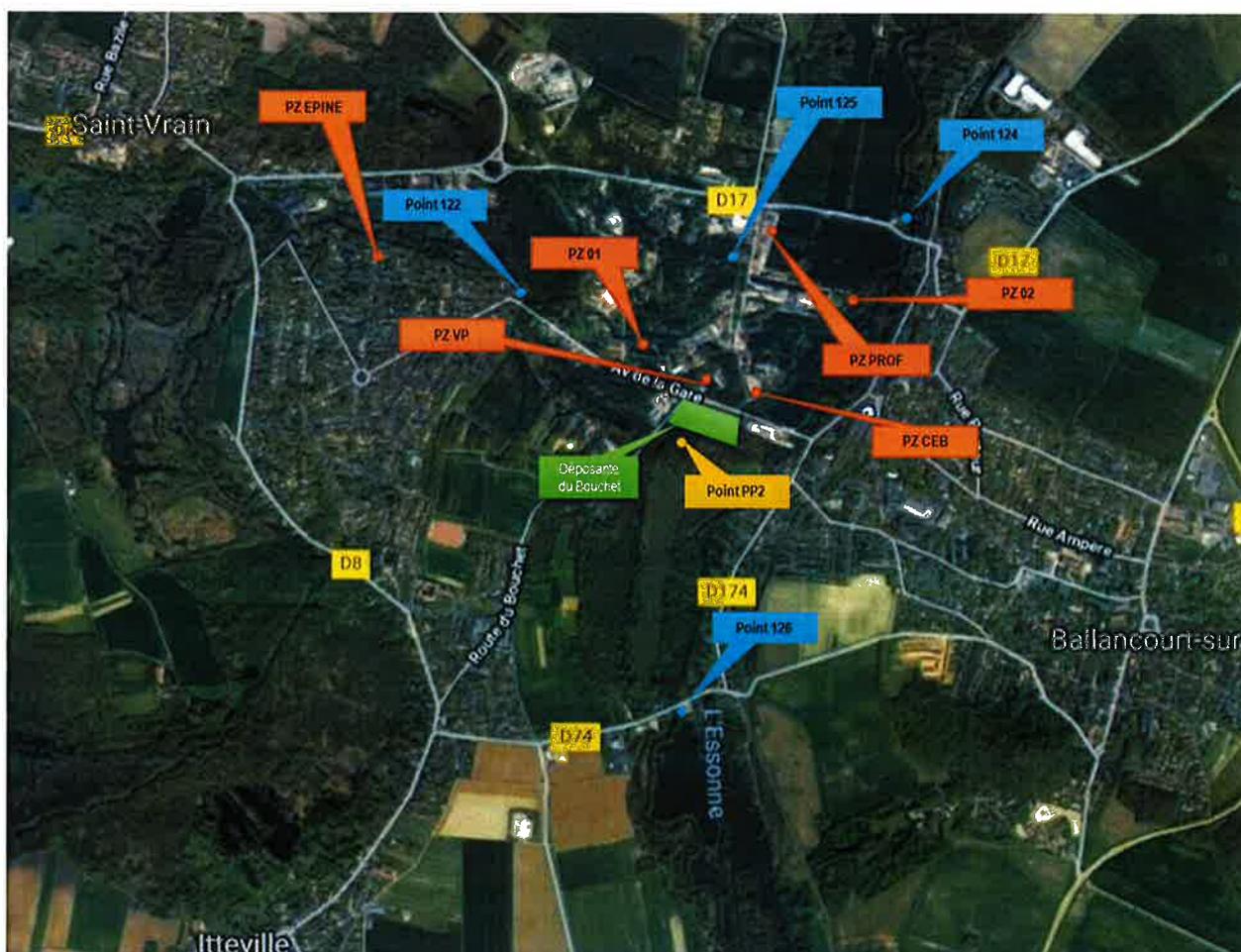


Figure n°5 - Localisation des points de surveillance des eaux de surface et souterraines du site CEA d'Itteville

4.2 RESULTATS ET CONCLUSIONS DES ANALYSES RADIOLOGIQUES ET PHYSICO-CHIMIQUES

Les résultats des mesures radiologiques et des analyses chimiques effectuées par le CEA Paris-Saclay, sont consignés dans les tableaux n° 5 à 6 en pages suivantes. Les courbes de l'évolution de la concentration en uranium des eaux de surface et des eaux souterraines sont regroupées dans les Annexe 2 et Annexe 3.

4.2.1 ANALYSES RADIOLOGIQUES

4.2.1.1 Résultats des mesures

Les résultats des mesures radiologiques ne font apparaître aucun marquage radioactif particulier des eaux de surface. Il est cependant à noter (tableaux 5a et 5b ci-après) que la concentration en uranium est d'une part plus importante dans l'Essonne (2,4 à 6,7 µg/l) que dans la Juine Amont ou Aval (1,6 à 2,5 µg/l) et d'autre part systématiquement supérieure en Essonne Amont (4,4 à 6,7 µg/l) qu'en Essonne Aval (2,4 à 4,0 µg/l), l'Essonne Aval bénéficiant d'une dilution par les eaux de la Juine. Cet uranium est d'origine naturelle et n'a aucun lien avec l'ancienne exploitation de l'usine du Bouchet.

Pour les eaux souterraines (tableaux 6a à 6c pages suivantes), aucun point ne dépasse la valeur guide provisoire limite en concentration d'uranium de 30 µg/l recommandée pour l'eau potable par l'Organisation Mondiale de la Santé (valeur maximale de 12 µg/L). Pour les eaux du forage profond PZ-PROF et celui du domaine de l'Epine (commune d'Itteville) utilisé pour la distribution en eau des habitations, la teneur en uranium reste au maximum de l'ordre de quelques µg/l. Il en est de même pour les autres points, sauf au point PZ-CEB, pour lequel la valeur mesurée au 4^{ème} trimestre est de 12 µg/l. Toutefois, cette valeur n'est pas en cohérence avec les trois autres trimestres et l'historique (facteur 20 environ).

La dépositante ne conduit donc pas à un marquage en uranium de la nappe alluviale.

En outre, les teneurs en radium 226 sont faibles (au maximum de 0,14 Bq/l), quels que soient le lieu de prélèvement et le type d'eau (eau de surface, eau de la nappe alluviale et eau profonde). La présence de ²²⁶Ra est d'origine naturelle, sans relation avec la dépositante d'Itteville.

4.2.1.2 Focus sur les eaux souterraines

Une étude a été réalisée au niveau du laboratoire du SPRE, afin d'étudier l'évolution des activités alpha global sur les eaux de nappe prélevées en mars 2018 (note technique DRF/P-SAC/USPS/SPRE/LARP/2018-0530).

Elle a permis de montrer qu'un état d'équilibre est obtenu à partir de la mesure (alpha ou beta global) réalisée 15 jours après l'évaporation dans la coupelle. En effet, le facteur multiplicatif obtenu sur les échantillons de mars 2018 entre le 1^{er} jour de comptage et le 15^{ème} jour après l'évaporation varie d'un facteur 2 à 3 en fonction des échantillons.

Depuis 2013, les échantillons prélevés dans les nappes du Bouchet sont mesurés à J+15 par le laboratoire interne du CEA. A contrario, les mesures réalisées par les laboratoires externes lors des validations de notre auto-surveillance le sont dès réception des échantillons.

L'écart sur le protocole de mesure et donc la non prise en compte des phénomènes de re-croissance des descendants du radium par les laboratoires extérieurs permet d'expliquer le facteur multiplicatif entre les mesures des 2 laboratoires.

Par ailleurs, conformément aux demandes du courrier de la direction des relations avec les collectivités locales n°170734 du 09/06/2017 et faisant suite au courrier ASN de la division de Paris CODEP-PRS-2017-000817 et conformément à l'arrêté du 12 mai 2004 modifié fixant les modalités de contrôle de la qualité radiologique des eaux destinées à la consommation humaine, une recherche des émetteurs alpha artificiels a été réalisée en 2019 sur les six eaux souterraines.

Les résultats de ces analyses sont présentés en Annexe 5. Les rapports LARC N° 2019-1284-RAD et LARC N° 2019-1456-RAD permettent de confirmer qu'il n'y a pas de marquage significatif des eaux des nappes superficielles en émetteurs à rayonnement alpha artificiels.

La DTI (Dose Totale Indicative) a aussi été calculée sur l'ensemble des 6 eaux souterraines, car leur activité moyenne en alpha global est supérieure à 0,1 Bq/l.

La méthode de calcul est présentée en Annexe 6.

Les résultats obtenus sont les suivants :

- DTI EPINE = 0,016 mSv/an,
- DTI PZCEB = 0,024 mSv/an,
- DTI PZ01 = 0,012 mSv/an,
- DTI PZ02 = 0,011 mSv/an,
- DTI PZ Prof = 0,015 mSv/an,
- DTI PZ VP = 0,051 mSv/an.

Bien que le Sr-90 soit considéré dans le spectre du calcul des DTI, le radionucléide prépondérant reste le radium-226 (> 70% pour tous les points sauf PZVP) qui est d'origine naturelle. A noter que le point PZVP présente deux autres radionucléides prépondérants, le Pb-210 et le Po-210, descendants du Ra-226.

A noter que la contribution en Sr-90 ne représente qu'au maximum 0,1 % de la DTI.

Ces valeurs sont bien inférieures à la recommandation de l'Organisation Mondiale pour la Santé (O.M.S) de 0,1 mSv/an pour l'eau potable consommée par le public.

4.2.2 ANALYSES CHIMIQUES

Les éléments mesurés dans les eaux de surface (Juine et Essonne), ainsi que dans les eaux souterraines ne présentent pas d'anomalie particulière.

Pour les eaux de surface, les valeurs mesurées en aval et en amont du site montrent des compositions chimiques similaires.

Pour les eaux souterraines, quelques valeurs sont à noter :

- l'ammonium aux points PZ-CEB, PZ-VP, PZ-01, PZ-02 avec une valeur maximale relevée de 4,8 mg/L,
- le calcium aux points PZ-CEB, PZ-VP, PZ-01, PZ-02 avec une valeur maximale de 310 mg/L,
- le fer aux points PZ01, PZ02, PZ-VP et PZ-CEB avec une valeur maximale relevée de 3,5 mg/l,
- le manganèse aux points PZ-CEB, PZ-VP, PZ-01, PZ-02 avec une valeur maximale relevée de 0,66 mg/l.

À noter que certaines eaux souterraines peuvent avoir des teneurs en manganèse élevées, en particulier lorsqu'il y a une attaque par l'eau du terrain traversé, en milieu réducteur ou sous l'action de certaines bactéries.

À noter également que les eaux souterraines de la région sont assez riches en baryum.

4.3 SURVEILLANCE DE LA QUALITE DES EAUX PAR UN ORGANISME INDEPENDANT

Conformément à l'arrêté préfectoral n° 2000-PREF-DCL/0483 du 11 septembre 2000, les analyses prescrites ont fait l'objet d'une inter-comparaison avec le laboratoire Eurofins, pour les vecteurs radiologique et physico-chimique, retenus comme organisme indépendant, selon un protocole de mesures préétabli.

Les résultats des mesures radiologiques et chimiques effectuées sur les échantillons d'eaux de surface et d'eaux souterraines par les laboratoires Eurofins sont consignés dans les tableaux n°5a à 6c.

Les résultats des analyses radiologiques transmises par les laboratoires Eurofins et le CEA Paris-Saclay, tous deux agréés par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), sont cohérents et compatibles entre eux aussi bien pour les eaux de surface que pour les eaux souterraines.

En ce qui concerne les analyses chimiques et aussi bien pour les eaux de surface que pour les eaux souterraines, les résultats du laboratoire EUROFINS et ceux du CEA Paris-Saclay, tous deux accrédités par le Comité français d'accréditation (COFRAC), sont en bonne cohérence.

Tableau n°5a – Résultats d'analyse des eaux de surface

Juine amont Pt 122	2019									
	Trimestre 1		Trimestre 2		Trimestre 3		EUROFINS		Trimestre 4	
	13/03/19		19/06/19		19/09/19		19/09/19		12/12/19	
	Résultat	Incertitude (en%)	Résultat	Incertitude (en%)	Résultat	Incertitude (en%)	Résultat	Incertitude (en%)	Résultat	Incertitude (en%)
Activité volumique des émetteurs α (Bq/l)	0,070	± 45	0,063	± 54	0,096	± 38	< 0,020		0,041	± 77
Activité volumique des émetteurs β (Bq/l)	0,12	± 31	0,20	± 24	0,12	± 29	0,11	± 73	0,19	± 25
Activité volumique en radium 226 (Bq/l)	0,025	± 44	0,022	± 55	0,025	± 40	< 0,020		0,024	± 50
Uranium total (μ g/l)	2,3	± 10	1,7	± 30	1,6	± 14	1,7	± 20	2,0	± 15
Ion ammonium (mg/l)	0,040	± 35	0,050	± 35	0,070	± 35	0,037	± 10	0,080	± 35
Calcium (mg/l)	110	± 12	110	± 12	97	± 15	100	± 30	110	± 14
Potassium (mg/l)	3,6	± 17	4,3	± 15	3,2	± 33	3,2	± 30	3,4	± 32
Aluminium (μ g/l)	< 10		14	± 38	< 10		4,8	± 31	< 10	
Arsenic (μ g/l)	1,0	± 14	1,5	± 23	1,1	± 13	1,2	± 20	1,1	± 27
Baryum (μ g/l)	48	± 10	63	± 29	48	± 12	46	± 15	51	± 16
Béryllium (μ g/l)	< 0,10		< 0,10		< 0,10		< 0,010		< 0,10	
Cadmium (μ g/l)	< 0,10		< 0,10		< 0,10		< 0,010		< 0,10	
Chrome (μ g/l)	< 1,0		< 1,0		< 1,0		0,10	± 30	< 1,0	
Cuivre (μ g/l)	1,4	± 23	1,9	± 20	1,9	± 8	1,4	± 16	< 1,0	
Fer (μ g/l)	10	± 19	31	± 31	18	± 11	18	± 35	13	± 35
Manganèse (μ g/l)	11	± 15	9,6	± 26	7,5	± 10	8,4	± 30	10	± 26
Mercure (μ g/l)	< 0,050		< 0,050		< 0,050		< 0,010		< 0,050	
Nickel (μ g/l)	< 1,0		< 1,0		< 1,0		0,30	± 27	< 1,0	
Plomb (μ g/l)	< 0,50		< 0,50		< 0,50		0,10	± 40	< 0,50	
Zinc (μ g/l)	5,2	± 16	5,4	± 18	17	± 8	15	± 33	6,6	± 32

Juine aval Pt 125	2019									
	Trimestre 1		Trimestre 2		Trimestre 3		EUROFINS		Trimestre 4	
	13/03/19		19/06/19		19/09/19		19/09/19		12/12/19	
	Résultat	Incertitude (en%)	Résultat	Incertitude (en%)	Résultat	Incertitude (en%)	Résultat	Incertitude (en%)	Résultat	Incertitude (en%)
Activité volumique des émetteurs α (Bq/l)	0,053	± 49	0,044	± 72	0,077	± 43	0,090	± 56	0,047	± 69
Activité volumique des émetteurs β (Bq/l)	0,078	± 43	0,20	± 25	0,15	± 25	0,47	± 17	0,13	± 32
Activité volumique en radium 226 (Bq/l)	< 0,020		0,030	± 43	< 0,020		< 0,020		< 0,020	
Uranium total (μ g/l)	2,5	± 10	1,8	± 7	1,6	± 15	1,6	± 20	2,0	± 13
Ion ammonium (mg/l)	0,38	± 35	0,070	± 35	0,050	± 35	0,039	± 10	0,11	± 35
Calcium (mg/l)	110	± 12	110	± 12	99	± 15	100	± 30	110	± 15
Potassium (mg/l)	4,0	± 16	4,0	± 15	3,9	± 29	3,8	± 30	3,8	± 30
Aluminium (μ g/l)	< 10		< 10		< 10		3,8	± 32	< 10	
Arsenic (μ g/l)	1,0	± 17	1,5	± 8	1,1	± 13	1,2	± 20	1,1	± 15
Baryum (μ g/l)	51	± 11	53	± 13	49	± 12	50	± 16	52	± 13
Béryllium (μ g/l)	< 0,10		< 0,10		< 0,10		< 0,010		< 0,10	
Cadmium (μ g/l)	< 0,10		< 0,10		< 0,10		< 0,010		< 0,10	
Chrome (μ g/l)	< 1,0		< 1,0		< 1,0		0,070	± 33	< 1,0	
Cuivre (μ g/l)	7,8	± 21	1,0	± 8	1,4	± 10	0,90	± 16	< 1,0	
Fer (μ g/l)	11	± 18	6,7	± 10	7,3	± 13	12	± 35	13	± 15
Manganèse (μ g/l)	12	± 16	8,6	± 11	5,1	± 12	5,5	± 30	12	± 12
Mercure (μ g/l)	< 0,050		< 0,050		< 0,050		< 0,010		< 0,050	
Nickel (μ g/l)	1,1	± 12	< 1,0		< 1,0		0,30	± 27	< 1,0	
Plomb (μ g/l)	< 0,50		< 0,50		< 0,50		< 0,10		< 0,50	
Zinc (μ g/l)	24	± 15	< 5,0		6,9	± 10	5,2	± 31	5,1	± 16

Tableau n°5b – Résultats d'analyse des eaux de surface

Essonne amont Pt 126	2019									
	Trimestre 1		Trimestre 2		Trimestre 3		EUROFINS		Trimestre 4	
	13/03/19		19/06/19		19/09/19		19/09/19		12/12/19	
	Résultat	Incertitude (en%)	Résultat	Incertitude (en%)	Résultat	Incertitude (en%)	Résultat	Incertitude (en%)	Résultat	Incertitude (en%)
Activité volumique des émetteurs α (Bq/l)	0,17 ± 30	0,10 ± 41	0,13 ± 33	0,060 ± 67	0,12 ± 39					
Activité volumique des émetteurs β (Bq/l)	0,21 ± 21	0,19 ± 25	0,17 ± 23	0,22 ± 18	0,27 ± 21					
Activité volumique en radium 226 (Bq/l)	< 0,020	< 0,020	< 0,020	< 0,014	< 0,020					
Uranium total (µg/l)	6,7 ± 10	5,4 ± 7	4,4 ± 14	4,4 ± 20	6,2 ± 14					
Ion ammonium (mg/l)	0,020 ± 35	0,040 ± 35	< 0,010	0,064 ± 10	0,070 ± 35					
Calcium (mg/l)	110 ± 12	100 ± 12	88 ± 15	94 ± 30	110 ± 14					
Potassium (mg/l)	4,3 ± 15	4,4 ± 15	4,0 ± 29	3,9 ± 30	4,1 ± 28					
Aluminium (µg/l)	< 10	< 10	< 10	1,6 ± 39	< 10					
Arsenic (µg/l)	0,74 ± 15	1,0 ± 12	0,70 ± 15	0,81 ± 20	0,83 ± 16					
Baryum (µg/l)	70 ± 11	62 ± 13	57 ± 12	57 ± 16	69 ± 14					
Béryllium (µg/l)	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,010	< 0,10					
Cadmium (µg/l)	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,010	< 0,10					
Chrome (µg/l)	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 0,050	< 1,0					
Cuivre (µg/l)	< 1,0	1,1 ± 8	2,3 ± 9	0,70 ± 17	< 1,0					
Fer (µg/l)	7,3 ± 18	16 ± 10	9,3 ± 11	10 ± 40	7,9 ± 15					
Manganèse (µg/l)	6,2 ± 15	8,4 ± 11	5,5 ± 10	5,5 ± 30	5,0 ± 12					
Mercuré (µg/l)	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,010	< 0,050					
Nickel (µg/l)	< 1,0	< 1,0	< 1,0	0,20 ± 35	< 1,0					
Plomb (µg/l)	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,10	< 0,50					
Zinc (µg/l)	< 5,0	< 5,0	8,7 ± 8	3,0 ± 32	< 5,0					

Essonne aval Pt 124	2019									
	Trimestre 1		Trimestre 2		Trimestre 3		EUROFINS		Trimestre 4	
	13/03/19		19/06/19		19/09/19		19/09/19		12/12/19	
	Résultat	Incertitude (en%)	Résultat	Incertitude (en%)	Résultat	Incertitude (en%)	Résultat	Incertitude (en%)	Résultat	Incertitude (en%)
Activité volumique des émetteurs α (Bq/l)	0,098 ± 38	0,075 ± 50	0,064 ± 46	0,030 ± 100	0,070 ± 52					
Activité volumique des émetteurs β (Bq/l)	0,17 ± 24	0,17 ± 27	0,16 ± 24	0,25 ± 36	0,19 ± 25					
Activité volumique en radium 226 (Bq/l)	0,024 ± 54	0,031 ± 45	0,020 ± 45	< 0,015	< 0,020					
Uranium total (µg/l)	4,0 ± 9	3,3 ± 8	2,4 ± 13	2,5 ± 20	3,8 ± 18					
Ion ammonium (mg/l)	0,12 ± 35	0,060 ± 35	< 0,010	0,062 ± 10	0,090 ± 35					
Calcium (mg/l)	110 ± 12	100 ± 12	96 ± 15	100 ± 30	110 ± 14					
Potassium (mg/l)	3,8 ± 16	4,0 ± 15	3,5 ± 31	3,7 ± 30	3,7 ± 30					
Aluminium (µg/l)	< 10	< 10	< 10	1,7 ± 4	< 10					
Arsenic (µg/l)	0,99 ± 14	1,3 ± 13	1,0 ± 14	1,1 ± 20	1,0 ± 15					
Baryum (µg/l)	58 ± 10	57 ± 14	50 ± 12	51 ± 16	62 ± 17					
Béryllium (µg/l)	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,010	< 0,10					
Cadmium (µg/l)	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,010	< 0,10					
Chrome (µg/l)	< 1,0	< 1,0	< 1,0	0,070 ± 33	< 1,0					
Cuivre (µg/l)	6,5 ± 21	2,4 ± 8	< 1,0	3,1 ± 15	< 1,0					
Fer (µg/l)	12 ± 18	6,0 ± 10	7,2 ± 12	8,0 ± 35	10 ± 17					
Manganèse (µg/l)	14 ± 15	11 ± 11	8,7 ± 11	8,7 ± 30	9,2 ± 14					
Mercuré (µg/l)	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,010	< 0,050					
Nickel (µg/l)	< 1,0	< 1,0	< 1,0	0,30 ± 27	< 1,0					
Plomb (µg/l)	0,94 ± 12	< 0,50	< 0,50	< 0,10	< 0,50					
Zinc (µg/l)	11 ± 15	< 5,0	< 5,0	6,1 ± 31	< 5,0					

Tableau n°6a – Résultats d'analyse des eaux souterraines

Forage EPINE	2019									
	Trimestre 1		Trimestre 2		Trimestre 3		EUROFINS		Trimestre 4	
	13/03/19		19/06/19		19/09/19		19/09/19		12/12/19	
	Résultat	Incertitude (en%)	Résultat	Incertitude (en%)	Résultat	Incertitude (en%)	Résultat	Incertitude (en%)	Résultat	Incertitude (en%)
Activité volumique des émetteurs α (Bq/l)	0,23	± 27	0,22	± 30	0,26	± 26	0,26	± 38	0,32	± 26
Activité volumique des émetteurs β (Bq/l)	0,26	± 19	0,20	± 24	0,23	± 20	0,45	± 18	0,32	± 19
Activité volumique en radium 226 (Bq/l)	0,080	± 39	0,022	± 45	0,10	± 40	0,060	± 40	0,060	± 40
Uranium total ($\mu\text{g/l}$)	< 0,10		1,7	± 31	0,96	± 13	0,92	± 20	0,80	± 13
Ion ammonium (mg/l)	0,12	± 35	< 0,010		< 0,010		0,077	± 10	0,010	± 35
Calcium (mg/l)	64	± 13	85	± 12	78	± 16	80	± 30	80	± 16
Polassium (mg/l)	5,6	± 13	5,1	± 14	4,7	± 26	4,6	± 30	4,6	± 26
Aluminium ($\mu\text{g/l}$)	< 10		31	± 16	24	± 15	31	± 30	30	± 16
Arsenic ($\mu\text{g/l}$)	< 0,10		0,21	± 23	0,14	± 13	0,17	± 20	0,13	± 26
Baryum ($\mu\text{g/l}$)	490	± 13	260	± 16	260	± 17	240	± 15	330	± 18
Béryllium ($\mu\text{g/l}$)	< 0,10		< 0,10		< 0,10		0,010		< 0,10	
Cadmium ($\mu\text{g/l}$)	< 0,10		< 0,10		< 0,10		0,020	± 25	< 0,10	
Chrome ($\mu\text{g/l}$)	< 1,0		< 1,0		< 1,0		0,13	± 28	< 1,0	
Cuivre ($\mu\text{g/l}$)	< 1,0		40	± 11	10	± 8	13	± 15	5,6	± 9
Fer ($\mu\text{g/l}$)	34	± 18	6,0	± 34	5,6	± 11	7,0	± 36	67	± 14
Manganèse ($\mu\text{g/l}$)	< 5,0		< 5,0		< 5,0		1,1	± 30	5,9	± 13
Mercuré ($\mu\text{g/l}$)	< 0,050		< 0,050		< 0,050		0,010		< 0,050	
Nickel ($\mu\text{g/l}$)	< 1,0		< 1,0		< 1,0		0,30	± 27	< 1,0	
Plomb ($\mu\text{g/l}$)	< 0,50		< 0,50		< 0,50		0,30	± 27	< 0,50	
Zinc ($\mu\text{g/l}$)	< 5,0		7,1	± 10	14	± 8	20	± 30	14	± 15

PZ-PROF	2019									
	Trimestre 1		Trimestre 2		Trimestre 3		EUROFINS		Trimestre 4	
	13/03/19		19/06/19		19/09/19		19/09/19		12/12/19	
	Résultat	Incertitude (en%)	Résultat	Incertitude (en%)	Résultat	Incertitude (en%)	Résultat	Incertitude (en%)	Résultat	Incertitude (en%)
Activité volumique des émetteurs α (Bq/l)	0,35	± 24	0,21	± 28	0,23	± 27	0,43	± 42	0,41	± 25
Activité volumique des émetteurs β (Bq/l)	0,28	± 18	0,19	± 23	0,29	± 18	0,38	± 21	0,27	± 21
Activité volumique en radium 226 (Bq/l)	0,070	± 40	0,076	± 40	0,077	± 40	0,060	± 42	0,071	± 39
Uranium total ($\mu\text{g/l}$)	< 0,10		< 0,10		< 0,10		< 0,010		< 0,10	
Ion ammonium (mg/l)	0,11	± 35	0,11	± 35	0,13	± 35	0,13	± 10	< 0,010	
Calcium (mg/l)	54	± 14	62	± 13	50	± 18	54	± 30	52	± 17
Polassium (mg/l)	5,8	± 13	5,7	± 13	5,7	± 23	5,5	± 30	5,4	± 24
Aluminium ($\mu\text{g/l}$)	< 10		< 10		< 10		< 1,0		< 10	
Arsenic ($\mu\text{g/l}$)	< 0,10		< 0,10		< 0,10		0,090	± 21	< 0,10	
Baryum ($\mu\text{g/l}$)	270	± 14	280	± 12	300	± 20	270	± 15	280	± 17
Béryllium ($\mu\text{g/l}$)	< 0,10		< 0,10		< 0,10		0,010		< 0,10	
Cadmium ($\mu\text{g/l}$)	< 0,10		< 0,10		< 0,10		0,010		< 0,10	
Chrome ($\mu\text{g/l}$)	< 1,0		< 1,0		< 1,0		0,050		< 1,0	
Cuivre ($\mu\text{g/l}$)	1,5	± 22	< 1,0		< 1,0		0,40	± 20	5,6	± 9
Fer ($\mu\text{g/l}$)	12	± 18	12	± 10	16	± 13	18	± 35	12	± 26
Manganèse ($\mu\text{g/l}$)	< 5,0		< 5,0		< 5,0		5,0	± 30	< 5,0	
Mercuré ($\mu\text{g/l}$)	< 0,050		< 0,050		< 0,050		0,010		< 0,050	
Nickel ($\mu\text{g/l}$)	< 1,0		< 1,0		< 1,0		0,20		< 1,0	
Plomb ($\mu\text{g/l}$)	< 0,50		< 0,50		< 0,50		0,10		< 0,50	
Zinc ($\mu\text{g/l}$)	13	± 15	< 5,0		< 5,0		5,3	± 31	< 5,0	

Tableau n°6b – Résultats d'analyse des eaux souterraines

PZ-01	2019									
	Trimestre 1		Trimestre 2		Trimestre 3		EUROFINS		Trimestre 4	
	13/03/19		19/06/19		19/09/19		19/09/19		12/12/19	
	Résultat	Incertitude (en%)	Résultat	Incertitude (en%)	Résultat	Incertitude (en%)	Résultat	Incertitude (en%)	Résultat	Incertitude (en%)
Activité volumique des émetteurs α (Bq/l)	0,21 ± 39	0,33 ± 34	0,13 ± 48	0,060 ± 67	0,26 ± 39					
Activité volumique des émetteurs β (Bq/l)	0,25 ± 33	0,28 ± 31	0,26 ± 30	0,29 ± 14	0,27 ± 34					
Activité volumique en radium 226 (Bq/l)	0,060 ± 42	< 0,020	0,045 ± 40	0,050 ± 42	0,037 ± 41					
Uranium total (μ g/l)	0,19 ± 12	0,18 ± 7	0,16 ± 14	0,16 ± 20	0,18 ± 19					
Ion ammonium (mg/l)	2,9 ± 35	1,5 ± 35	2,5 ± 35	2,4 ± 10	2,6 ± 35					
Calcium (mg/l)	270 ± 12	310 ± 12	260 ± 12	200 ± 30	280 ± 12					
Potassium (mg/l)	6,3 ± 13	6,3 ± 13	6,3 ± 21	6,2 ± 30	6,0 ± 22					
Aluminium (μ g/l)	< 10	< 10	< 10	1,7 ± 28	< 10					
Arsenic (μ g/l)	1,5 ± 16	2,6 ± 11	2,1 ± 13	2,5 ± 20	2,1 ± 10					
Baryum (μ g/l)	340 ± 14	340 ± 13	350 ± 17	340 ± 15	330 ± 17					
Béryllium (μ g/l)	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,060 ± 30	< 0,10					
Cadmium (μ g/l)	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,010	< 0,10					
Chrome (μ g/l)	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 0,050	< 1,0					
Cuivre (μ g/l)	< 1,0	2,4 ± 8	< 1,0	1,0 ± 16	< 1,0					
Fer (μ g/l)	1900 ± 17	3400 ± 15	3400 ± 17	3500 ± 35	2600 ± 18					
Manganèse (μ g/l)	440 ± 19	310 ± 13	300 ± 15	350 ± 30	260 ± 17					
Mercure (μ g/l)	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,010	< 0,050					
Nickel (μ g/l)	5,7 ± 13	5,6 ± 13	4,9 ± 12	6,5 ± 15	4,6 ± 13					
Plomb (μ g/l)	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,10	< 0,50					
Zinc (μ g/l)	< 5,0	16 ± 10	9,0 ± 9	9,2 ± 30	< 5,0					

PZ-02	2019									
	Trimestre 1		Trimestre 2		Trimestre 3		EUROFINS		Trimestre 4	
	13/03/19		19/06/19		19/09/19		19/09/19		12/12/19	
	Résultat	Incertitude (en%)	Résultat	Incertitude (en%)	Résultat	Incertitude (en%)	Résultat	Incertitude (en%)	Résultat	Incertitude (en%)
Activité volumique des émetteurs α (Bq/l)	0,46 ± 27	0,22 ± 39	0,29 ± 31	0,11 ± 55	0,29 ± 35					
Activité volumique des émetteurs β (Bq/l)	0,30 ± 28	0,35 ± 26	0,16 ± 44	0,12 ± 33	0,18 ± 49					
Activité volumique en radium 226 (Bq/l)	0,040 ± 43	0,062 ± 40	0,033 ± 39	0,050 ± 38	0,081 ± 40					
Uranium total (μ g/l)	0,12 ± 9	< 0,10	0,12 ± 14	0,10 ± 20	< 0,10					
Ion ammonium (mg/l)	0,19 ± 35	0,17 ± 35	0,22 ± 35	0,21 ± 10	2,0 ± 35					
Calcium (mg/l)	150 ± 13	210 ± 12	150 ± 13	150 ± 30	160 ± 13					
Potassium (mg/l)	2,9 ± 19	3,1 ± 18	2,8 ± 35	2,7 ± 30	2,7 ± 35					
Aluminium (μ g/l)	16 ± 25	< 10	36 ± 15	37 ± 30	< 10					
Arsenic (μ g/l)	0,60 ± 15	0,58 ± 19	1,0 ± 12	0,94 ± 20	0,59 ± 26					
Baryum (μ g/l)	290 ± 13	290 ± 26	300 ± 17	290 ± 15	290 ± 17					
Béryllium (μ g/l)	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,020 ± 35	< 0,10					
Cadmium (μ g/l)	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,010	< 0,10					
Chrome (μ g/l)	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 0,050	< 1,0					
Cuivre (μ g/l)	< 1,0	2,0 ± 9	< 1,0	0,50 ± 18	< 1,0					
Fer (μ g/l)	270 ± 18	490 ± 19	1100 ± 18	1000 ± 35	430 ± 18					
Manganèse (μ g/l)	410 ± 21	400 ± 22	280 ± 15	280 ± 30	300 ± 16					
Mercure (μ g/l)	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,010	< 0,050					
Nickel (μ g/l)	1,2 ± 10	< 1,0	2,6 ± 10	1,1 ± 16	< 1,0					
Plomb (μ g/l)	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,10	< 0,50					
Zinc (μ g/l)	6,4 ± 16	5,7 ± 11	7,8 ± 9	5,0 ± 31	< 5,0					

Tableau n°6c – Résultats d'analyse des eaux souterraines

PZ-CEB	2019									
	Trimestre 1		Trimestre 2		Trimestre 3		EUROFINS		Trimestre 4	
	13/03/19		19/06/19		19/09/19		19/09/19		12/12/19	
	Résultat	Incertitude (en%)	Résultat	Incertitude (en%)	Résultat	Incertitude (en%)	Résultat	Incertitude (en%)	Résultat	Incertitude (en%)
Activité volumique des émetteurs α (Bq/l)	0,20 ± 37	0,62 ± 26	0,45 ± 27	0,25 ± 48	0,53 ± 28					
Activité volumique des émetteurs β (Bq/l)	0,15 ± 50	0,35 ± 26	0,29 ± 28	0,23 ± 22	0,40 ± 26					
Activité volumique en radium 226 (Bq/l)	0,080 ± 41	0,068 ± 40	0,089 ± 39	0,14 ± 24	0,065 ± 40					
Uranium total (µg/l)	0,83 ± 15	0,71 ± 6	0,19 ± 13	0,18 ± 20	12 ± 16					
Ion ammonium (mg/l)	1,9 ± 35	1,9 ± 35	2,3 ± 35	2,5 ± 10	1,3 ± 35					
Calcium (mg/l)	220 ± 12	240 ± 12,0	170 ± 13	160 ± 30	200 ± 12					
Potassium (mg/l)	3,5 ± 17	3,7 ± 16	3,4 ± 32	3,4 ± 30	3,4 ± 32					
Aluminium (µg/l)	< 10	< 10	< 10	1,5 ± 40	< 10					
Arsenic (µg/l)	1,3 ± 14	1,5 ± 11	4,1 ± 11	4,7 ± 20	1,2 ± 13					
Baryum (µg/l)	480 ± 14	530 ± 17	530 ± 17	480 ± 15	420 ± 17					
Béryllium (µg/l)	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,010	< 0,10					
Cadmium (µg/l)	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,020 ± 25	< 0,10					
Chrome (µg/l)	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 0,050	< 1,0					
Cuivre (µg/l)	3,6 ± 21	1,7 ± 8	< 1,0	1,7 ± 15	< 1,0					
Fer (µg/l)	390 ± 15	650 ± 15	2500 ± 17	2600 ± 35	19 ± 16					
Manganèse (µg/l)	390 ± 18	660 ± 17	350 ± 15	380 ± 30	140 ± 15					
Mercuré (µg/l)	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,010	< 0,050					
Nickel (µg/l)	2,3 ± 13	1,3 ± 14	1,1 ± 10	1,4 ± 16	< 1,0					
Plomb (µg/l)	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,10	< 0,50					
Zinc (µg/l)	12 ± 15	7,8 ± 10	5,3 ± 8	10 ± 30	< 5,0					

PZ-VP	2019									
	Trimestre 1		Trimestre 2		Trimestre 3		EUROFINS		Trimestre 4	
	13/03/19		19/06/19		19/09/19		19/09/19		12/12/19	
	Résultat	Incertitude (en%)	Résultat	Incertitude (en%)	Résultat	Incertitude (en%)	Résultat	Incertitude (en%)	Résultat	Incertitude (en%)
Activité volumique des émetteurs α (Bq/l)	0,40 ± 29	0,52 ± 27	0,52 ± 26	0,20 ± 50	0,43 ± 30					
Activité volumique des émetteurs β (Bq/l)	0,25 ± 32	0,38 ± 25	0,27 ± 29	0,21 ± 19	0,29 ± 33					
Activité volumique en radium 226 (Bq/l)	0,060 ± 38	0,11 ± 40	0,10 ± 39	0,13 ± 22	0,11 ± 40					
Uranium total (µg/l)	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,010 ± 40	< 0,10					
Ion ammonium (mg/l)	4,8 ± 35	4,6 ± 35	4,6 ± 35	4,5 ± 10	4,4 ± 35					
Calcium (mg/l)	170 ± 13	240 ± 12	170 ± 13	170 ± 30	170 ± 13					
Potassium (mg/l)	3,5 ± 17	3,8 ± 16	3,7 ± 30	3,5 ± 30	3,5 ± 31					
Aluminium (µg/l)	< 10	< 10	< 10	1,2 ± 45	< 10					
Arsenic (µg/l)	1,2 ± 14	1,4 ± 13	1,3 ± 15	1,4 ± 20	1,2 ± 15					
Baryum (µg/l)	470 ± 14	540 ± 16	540 ± 17	510 ± 15	530 ± 17					
Béryllium (µg/l)	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10					
Cadmium (µg/l)	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,010	< 0,10					
Chrome (µg/l)	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 0,050	< 1,0					
Cuivre (µg/l)	1,9 ± 22	< 1,0	1,1 ± 10	0,50 ± 18	< 1,0					
Fer (µg/l)	1500 ± 15	2400 ± 16	2400 ± 19	2700 ± 35	1400 ± 18					
Manganèse (µg/l)	280 ± 22	290 ± 26	310 ± 15	360 ± 30	280 ± 15					
Mercuré (µg/l)	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,010	< 0,050					
Nickel (µg/l)	< 1,0	< 1,0	< 1,0	0,70 ± 17	< 1,0					
Plomb (µg/l)	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,10	< 0,50					
Zinc (µg/l)	9,7 ± 15	< 5,0	5,8 ± 10	5,7 ± 31	< 5,0					

5 SURVEILLANCE DES SEDIMENTS DU RU DES PRES PICARDS

Conformément à l'arrêté préfectoral n°2000-PREF-DCL-0483 du 11 septembre 2000, une analyse annuelle a été réalisée au cours du second trimestre 2019 sur un prélèvement de sédiments du ru des prés Picards.

Les résultats des analyses effectuées sur ces sédiments sont regroupés dans le tableau n°7 ci-après.

Résultats des analyses radiologiques		Résultats des analyses chimiques	
Activité massique des émetteurs α (en Bq/kg _{sec})	280 ± 46 %	Éléments	Concentration en g/kg _{sec}
Activité massique des émetteurs β (en Bq/kg _{sec})	400 ± 28%	Ca	1,1 ± 26%
Spectrométrie γ (en Bq/kg _{sec}) au 19/06/2019		K	1,1 ± 26%
⁴⁰ K	40 ± 25%	Al	0,69 ± 29%
¹³⁷ Cs	< 0,45	Ba	0,18 ± 27%
²³⁴ Th	120 ± 21 %	Fe	6,2 ± 27%
²²⁶ Ra	97 ± 30 %	Éléments	Concentration en mg/kg _{sec}
²¹⁴ Pb	58 ± 21%	As	38 ± 25%
²¹⁴ Bi	57 ± 21%	Be	< 0,76
²¹⁰ Pb	57 ± 22%	Cd	< 0,76
²³⁵ U	< 5,2	Cr	< 7,6
²²⁸ Ac	< 2,2	Cu	12 ± 25%
²⁰⁸ Tl	0,87 ± 69 %	Mn	200 ± 27%
		Hg	< 0,38
		Ni	< 7,6
		Pb	13 ± 25%
		Zn	< 38
		U	9,1 ± 24%

Tableau n°7 - Résultats des analyses radiologiques et chimiques des sédiments

Ces résultats font apparaître une activité en uranium des sédiments se situant dans la fourchette basse des valeurs observées depuis 2001. Cette concentration variable d'une année sur l'autre, présentée sur la figure n° 6, est vraisemblablement due à une hétérogénéité des sédiments du ru des prés Picards.

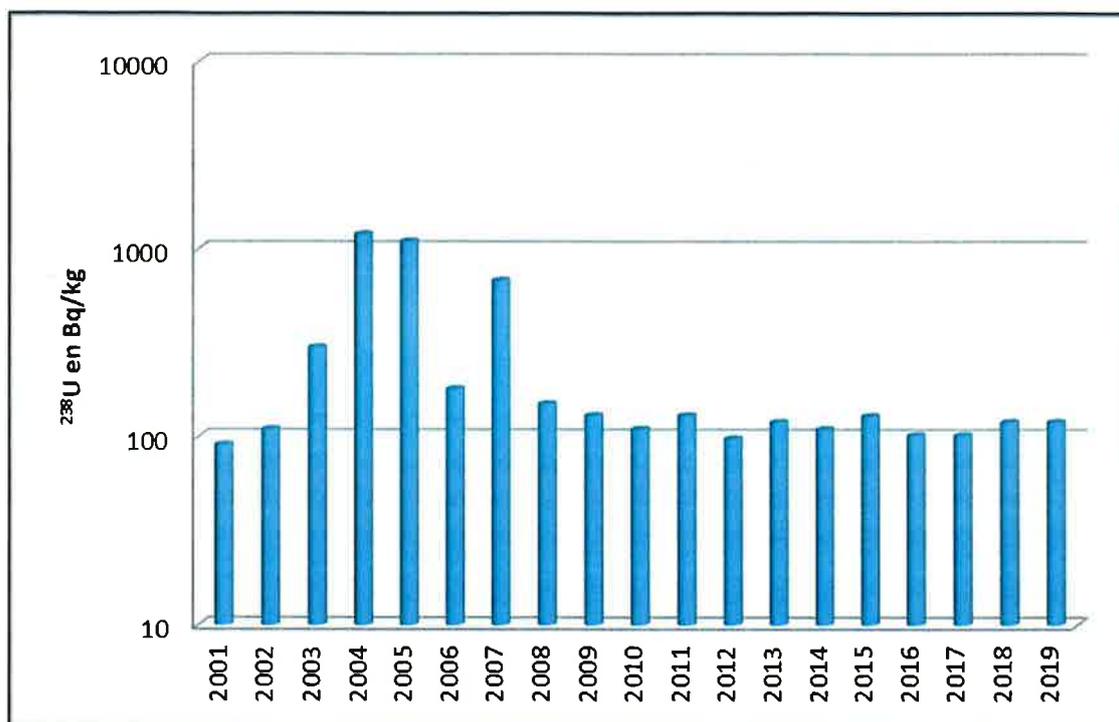


Figure n°6 – Activité en ^{238}U des sédiments du ru des prés Picards

Cette hypothèse est corroborée par les contrôles antérieurs de ce ru qui ont démontré une activité hétérogène des sédiments, avec des valeurs plus fortes en profondeur qu'en surface dues à un phénomène de transfert ancien (cf. rapport CRII-RAD – Contrôles radiologiques sur le site CEA d'Itteville (Essonne) – Référence : Itteville 95 – juin 1996).

6 ENTRETIEN DU SITE

Le site fait l'objet d'une tonte régulière (en juin et en septembre 2019) et à cette occasion d'une inspection visuelle. Aucune anomalie n'a été constatée au cours de l'année 2019. Par ailleurs, afin d'assurer une bonne humidification de la couverture argileuse, il est procédé à un arrosage en cas de besoin du site en période estivale (en juillet 2019) sous la responsabilité du CEA.



7 CARACTERISATION RADIOLOGIQUE PRECISE DES DEPOTS PRESENTS SOUS LE SITE

Bien que la dépositrice ait été réhabilitée en 1992-93 par la mise en place d'un géotextile et de couches protectrices successives d'argile, de sable et graviers et de terre végétale, et qu'il ne soit pas mis en évidence de dégradation de l'efficacité de cette protection (pas de diffusion de radon), il est envisagé d'assainir ce site de dépôt lorsqu'il sera possible d'évacuer les déchets radifères vers les sites de stockage appropriés.

Afin de dimensionner au mieux les parts respectives des déchets TFA (très faiblement actifs) et FA-VL (faiblement actifs à vie longue), le CEA a procédé entre fin juillet 2007 et fin avril 2008, après accord du Préfet de l'Essonne le 26 février 2007, à une centaine de carottages sur toute l'épaisseur du dépôt (jusqu'à 6 mètres) et répartis de façon homogène sur l'ensemble du terrain, en prenant soin de ne pas détériorer le géotextile.

À partir de l'analyse de plus de 1 200 échantillons ainsi constitués, il a été possible d'évaluer la quantité de déchets TFA à environ 28 000 tonnes et celles des déchets FA-VL à environ 12 000 tonnes. Le radionucléide le plus dimensionnant est le radium 226 ; son activité moyenne est de 6 Bq/g pour les déchets TFA et de 60 Bq/g pour les déchets FA-VL.

Toutefois, cet assainissement du site ne pourra être entrepris que lorsqu'un site de stockage des déchets FA-VL sera mis en service par l'ANDRA.

8 CONCLUSION

Les analyses réalisées au cours de l'année 2019, au titre de la surveillance de la qualité de l'air, confirment que les objectifs fixés par les arrêtés préfectoraux restent parfaitement atteints :

- toutes les valeurs EAPv des descendants des radons 220 et 222 sont inférieures aux limites moyennes annuelles fixées par l'article 2 de l'arrêté de 1992 et comparables à celles observées dans la région,
- l'irradiation ambiante en limite de site fluctue dans le bruit de fond de l'irradiation naturelle de la région parisienne.

Au titre de la surveillance de la qualité des eaux, les concentrations en radium 226 sont très faibles aussi bien pour les eaux de surface que pour les eaux souterraines, au maximum de 0,14 Bq/l. L'origine de ce radium 226 est naturelle.

Concernant l'uranium, les mesures montrent une origine naturelle pour les eaux de surface et les eaux profondes, avec des concentrations inférieures aux recommandations OMS sur l'eau potable (30 µg/l). Il en est de même pour les points prélevant de manière exclusive l'eau de la nappe alluviale. Ce résultat permet d'en déduire que la dépositrice réhabilitée ne conduit pas à un marquage de la nappe alluviale.

Il est à noter qu'une légère fluctuation saisonnière de la concentration en uranium est également enregistrée pour les eaux de surface en dehors de toute influence potentielle du site de l'ancienne usine du Bouchet.

Enfin, la qualité chimique des eaux superficielles et souterraines (hormis pour l'ammonium, le manganèse et le fer) respecte les limites fixées pour les eaux de qualité A2. A noter que certaines eaux souterraines peuvent avoir des teneurs en manganèse élevées, en particulier lorsqu'il y a une attaque par l'eau du terrain traversé en milieu réducteur ou sous l'action de certaines bactéries. Enfin, bien que certaines des concentrations en fer puissent apparaître élevées, il peut être rappelé que les limites adoptées dans les réglementations ont été retenues pour pallier les inconvénients ménagers et non pour éviter les accidents toxiques ; les eaux ferrugineuses contenant plus de 5 mg/l peuvent être ingérées sans danger.

9 ANNEXES

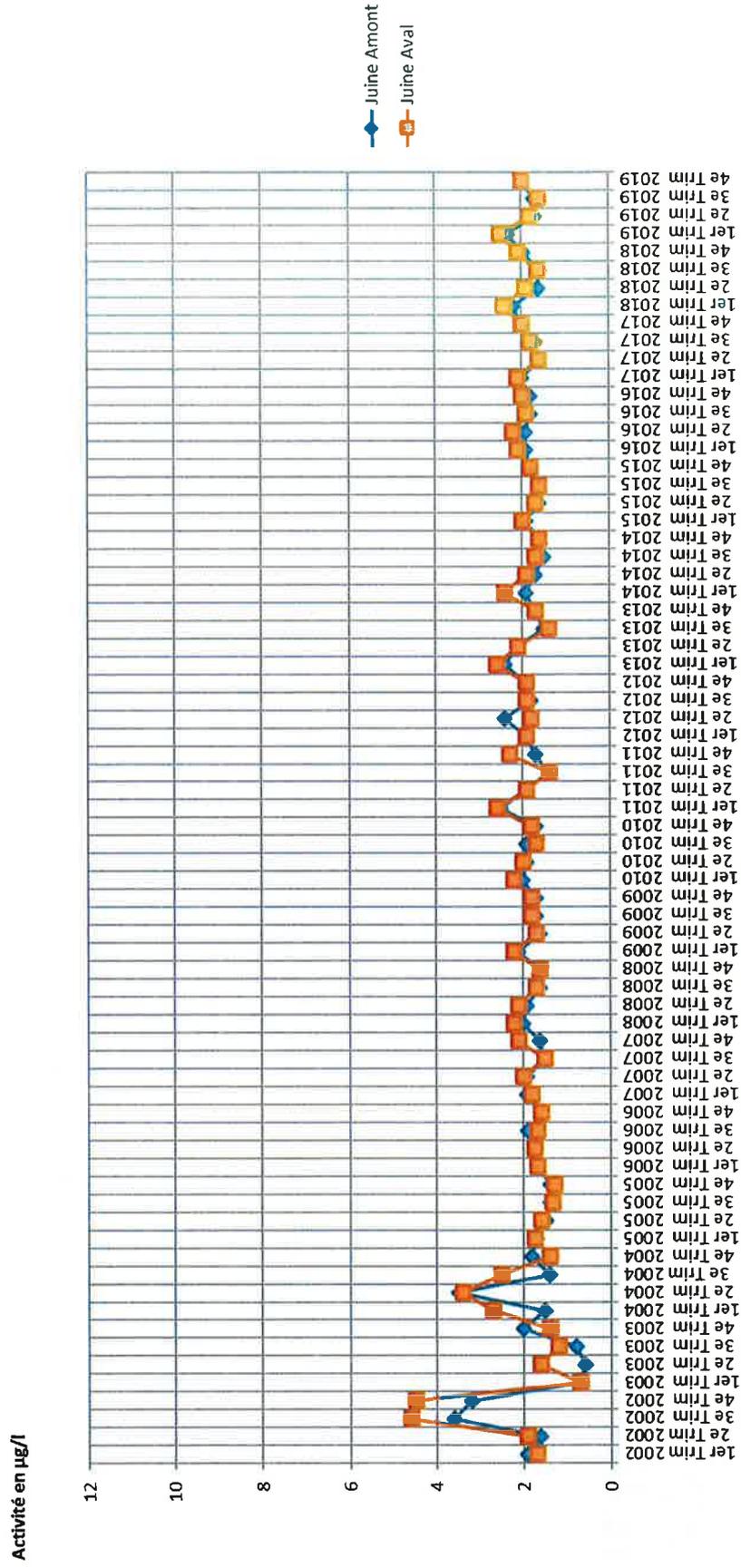
- Annexe 1 : Énergie alpha potentielle volumique (nJ/m^3) due aux descendants à vie courte du radon depuis 1994
- Annexe 2 : Concentration en uranium des eaux aux points Juine Amont, Juine Aval, Essonne Amont et Essonne Aval depuis 2002
- Annexe 3 : Concentration en uranium des eaux souterraines prélevées aux différents points de suivi réglementaire depuis 2005
- Annexe 4 : Exigences de la qualité des eaux
- Annexe 5 : Résultats des spectrométries alpha sur les eaux souterraines
- Annexe 6 : Calcul de la DTI des eaux souterraines

Annexe 1 ÉNERGIE ALPHA POTENTIELLE VOLUMIQUE DUE AUX DESCENDANTS À VIE
COURTE DU RADON DEPUIS 1997

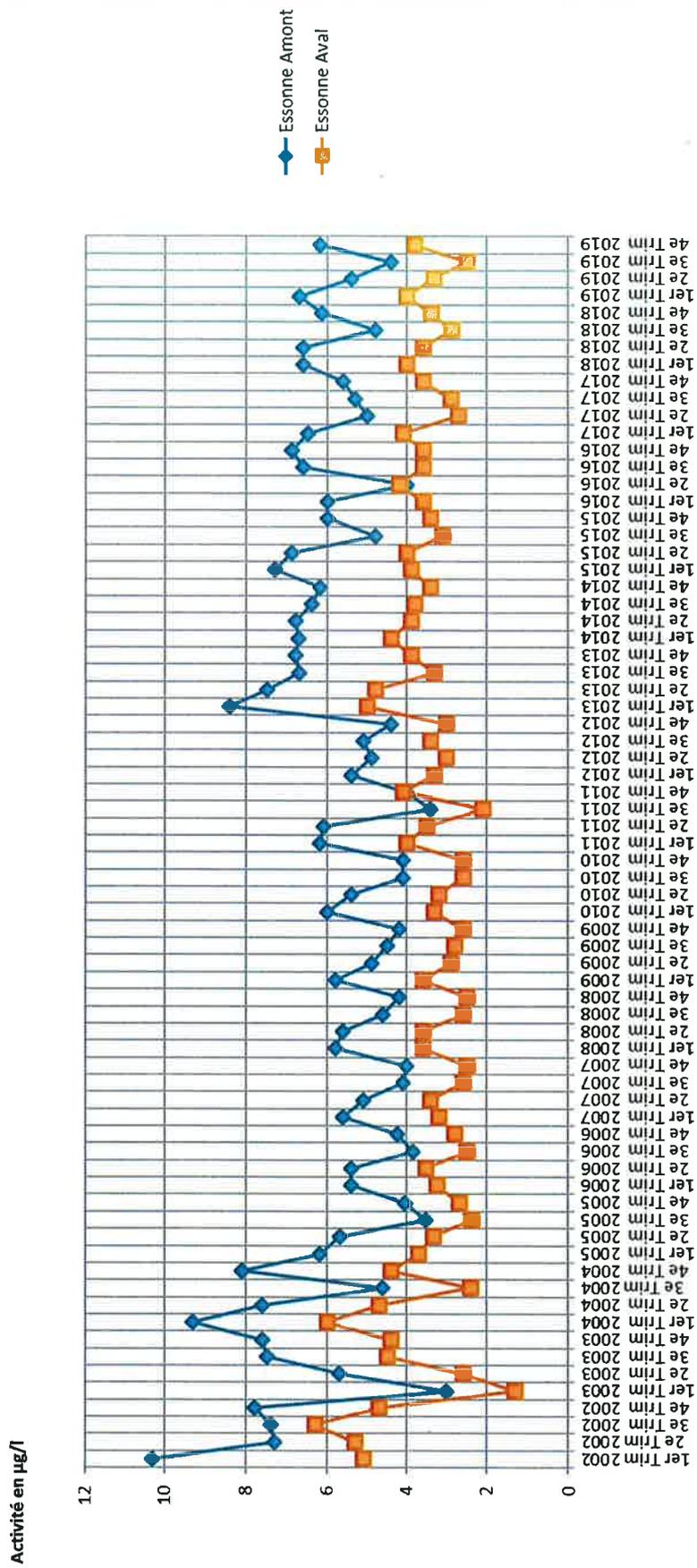
Sont récapitulées ci-dessous les moyennes annuelles des mesures effectuées de 1997 à 2019 aux cinq stations (EAPv en nJ/m³).

EAPv	Année	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Station 5
		Château d'eau Vert Le Petit	Enceinte Airbus-Safran	Déposante	Itteville Chemin Prés picards	Ballancourt Allée des pêcheurs
²²⁰ Rn	1997	20	16	17	18	Appareil débranché
	1998	19	20	16	17	Appareil débranché
	1999	17	19	14	15	19
	2000	17	14	13	12	14
	2001	12	12	16	14	12
	2002	13	14	15	13	15
	2003	17	16	18	15	15
	2004	14	13	14	12	12
	2005	20	13	14	12	12
	2006	16	15	15	13	17
	2007	14	13	13	13	13
	2008	16	14	14	14	14
	2009	18	15	15	15	15
	2010	15	14	14	19	15
	2011	18	19	16	23	17
	2012	15	12	12	17	13
	2013	14	12	12	18	12
	2014	15	13	15	16	15
	2015	17	15	14	19	14
	2016	14	15	11	20	14
2017	15	13	11	22	14	
2018	16	14	15	25	15	
2019	13	15	14	20	14	
²²² Rn	1997	33	31	33	36	Appareil débranché
	1998	26	36	30	30	Appareil débranché
	1999	27	37	25	29	29
	2000	29	28	26	26	26
	2001	22	28	31	29	26
	2002	25	29	29	28	26
	2003	32	35	39	37	31
	2004	24	26	28	23	21
	2005	24	26	28	23	21
	2006	30	30	36	31	34
	2007	27	37	33	29	28
	2008	30	33	32	31	30
	2009	37	39	39	34	31
	2010	28	35	33	32	29
	2011	34	43	37	34	34
	2012	28	28	30	29	27
	2013	27	33	29	30	26
	2014	23	34	34	28	29
	2015	33	37	34	34	30
	2016	30	39	31	39	35
2017	32	35	29	42	33	
2018	29	34	32	38	31	
2019	26	36	35	39	34	

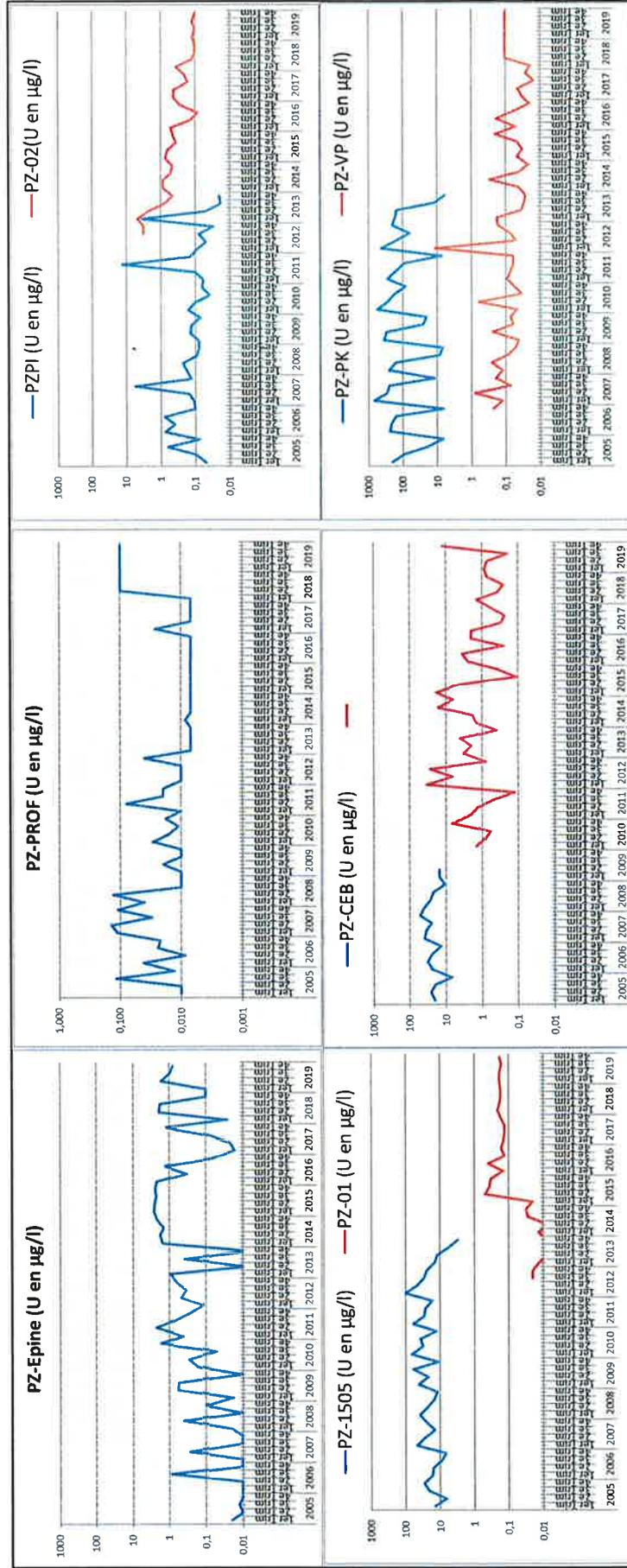
Concentration en uranium des eaux aux points Juine Amont et Juine Aval



Concentration en uranium des eaux aux points Essonne Amont et Essonne Aval



Annexe 3 CONCENTRATION EN URANIUM DES EAUX SOUTERRAINES PRÉLEVÉES AUX DIFFÉRENTS POINTS DE SUIVI RÉGLEMENTAIRE DEPUIS 2005



Annexe 4 EXIGENCES DE QUALITÉ DES EAUX

Éléments	Unités	Eaux de surface de Qualité A2 ⁽¹⁾	Eaux de Boisson ⁽²⁾	
			Référence de qualité	Limite de qualité
Ion ammonium	mg/l	< 1,5	< 0,1	-
Calcium	mg/l	-	-	-
Potassium	mg/l	-	-	-
Aluminium	µg/l	-	< 200	-
Arsenic	µg/l	< 50	-	< 10
Baryum	µg/l	< 1000	-	< 700
Cadmium	µg/l	< 5	-	< 5
Béryllium	µg/l	-	-	-
Chrome	µg/l	< 50	-	< 50
Cuivre	µg/l	< 50	< 1000	< 2000
Fer	µg/l	< 2000	< 200	-
Manganèse	µg/l	< 100	< 50	-
Mercure	µg/l	< 1	-	< 1
Nickel	µg/l	-	-	< 20
Plomb	µg/l	< 50	-	< 10
Zinc	µg/l	< 5000	-	-

(1) Décret 2001-1220 du 20 décembre 2001 : limites de qualité des eaux douces superficielles utilisées ou destinées à être utilisées pour la production d'eau destinées à la consommation humaine. Valeur limite impérative.

(2) Décret 2001-1220 du 20 décembre 2001 : limites de qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

Résultats d'analyse des spectro alpha des prélèvements réalisés au 3T 2019

RAPPORT D'ANALYSES RADIOCHIMIQUES						
LARC N° 2019-1284-RAD						
Référence échantillon	Date de prélèvement	²³⁸ Pu (Bq/L)	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu (Bq/L)	²⁴¹ Am (Bq/L)	⁹⁰ Sr (Bq/L)	Obs.
PZProf T	19/09/2019	≤ 5,3E-05	≤ 1,5E-04	≤ 9,4E-05	≤ 3,5E-03	
<i>Incertitude (%)</i>						
<i>Date de calcul d'activité</i>		19/09/19	19/09/19	19/09/19	19/09/19	
PZ2 T	19/09/2019	≤ 3,9E-05	≤ 8,6E-05	≤ 6,1E-05	≤ 7,2E-04	
<i>Incertitude (%)</i>						
<i>Date de calcul d'activité</i>		19/09/19	19/09/19	19/09/19	19/09/19	
PZVP T	19/09/2019	≤ 4,8E-05	≤ 4,8E-05	≤ 5,4E-05	3,4E-03	
<i>Incertitude (%)</i>					31	
<i>Date de calcul d'activité</i>		19/09/19	19/09/19	19/09/19	19/09/19	

Résultats d'analyse des spectro alpha des prélèvements réalisés au 4T 2019

RAPPORT D'ANALYSES RADIOCHIMIQUES						
LARC N° 2019-1456-RAD						
Référence échantillon	Date de prélèvement	²³⁸ Pu (Bq/L)	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu (Bq/L)	²⁴¹ Am (Bq/L)	⁹⁰ Sr (Bq/L)	Obs.
PZCEB T	12/12/2019	≤ 3,4E-04	≤ 5,9E-04	≤ 9,2E-05	≤ 2,1E-03	
<i>Incertitude (%)</i>						
<i>Date de calcul d'activité</i>		12/12/19	12/12/19	12/12/19	12/12/19	
PZ1 T	12/12/2019	≤ 5,8E-05	≤ 7,1E-05	≤ 7,2E-05	≤ 4,0E-04	
<i>Incertitude (%)</i>						
<i>Date de calcul d'activité</i>		12/12/19	12/12/19	12/12/19	12/12/19	
Epine T	12/12/2019	≤ 4,6E-05	≤ 1,3E-04	≤ 6,8E-05	≤ 8,6E-04	
<i>Incertitude (%)</i>						
<i>Date de calcul d'activité</i>		12/12/19	12/12/19	12/12/19	12/12/19	

Annexe 6 CALCUL DE LA DTI DES EAUX SOUTERRAINES

Le calcul utilisé pour l'estimation de la DTI est le suivant :

$$DTI = \sum_{k=0}^n (DPUI_n \times A_n) \times Q_{eau} = \sum_{k=0}^n (DPUI_n \times A_n) \times 730$$

Avec :

↓ DTI = en Sv/an ; dose totale indicative, correspondant à la dose efficace engagée résultant de l'incorporation, pendant un an, de tous les radionucléides naturels et artificiels détectés dans une distribution d'eau à l'exclusion du radon et de ses descendants à vie courte

↓ Q_{eau} = en l ; quantité d'eau ingérée par an

Nota : Comme précisé dans l'arrêté du 12 mai 2007, il a été considéré dans le calcul un adulte consommant 730 litres d'eau par an.

↓ $DPUI_n$ = en Sv/Bq ; les coefficients de dose par unité d'incorporation de chacun des radionucléides considérés

Nota : Les DPUI utilisées sont ceux définis dans la directive EURATOM 96/29, tableau A, dont une extraction est présentée ci-dessous.

Radionucléide	²³⁴ U	²³⁸ U	²²⁶ Ra	²²⁸ Ra	²¹⁰ Po	⁴⁰ K
DPUI (Sv/Bq)	4,90 ^E -8	4,50 ^E -08	2,80 ^E -7	6,90 ^E -07	1,20 ^E -06	6,2 ^E -9
Radionucléide	²¹⁰ Pb	¹⁴ C	⁹⁰ Sr	⁶⁰ Co	¹³¹ I	²¹⁴ Pb
DPUI (Sv/Bq)	6,90 ^E -07	5,80 ^E -10	2,80 ^E -08	3,40 ^E -09	2,20 ^E -08	1,40E-10
Radionucléide	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	²³⁸ Pu	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	²⁴¹ Am	²¹⁴ Bi
DPUI (Sv/Bq)	1,90 ^E -08	1,30 ^E -08	2,30 ^E -07	2,50 ^E -07	2,00 ^E -07	1,10E-10

↓ A_n = en Bq/l ; activité dans l'eau de chaque radionucléide

Les résultats pris en compte dans le calcul de la DTI sont ceux qui sont significatifs (voir absence de surlignage gris).

Radionucléide	²³⁴ U	²³⁸ U	²²⁶ Ra	²²⁸ Ra	²¹⁰ Po	⁴⁰ K
EPINE (Bq/L)	0,0113	0,0110	0,064	0,005	< 0,0230	0,2
PZCEB (Bq/L)	0,0350	0,0341	0,088	0,0077	< 0,0290	0,085
PZ01 (Bq/L)	0,0022	0,0021	0,042	0,0056	< 0,0170	0,15
PZ02 (Bq/L)	0,0014	0,0013	0,053	< 0,0076	< 0,0260	0,13
PZProf (Bq/L)	0,0010	0,0010	0,071	< 0,0066	< 0,0017	0,19
PZVP (Bq/L)	< 0,0010	< 0,0010	0,102	< 0,0054	0,022	0,12
Radionucléide	²¹⁰ Pb	¹⁴ C	⁹⁰ Sr	⁶⁰ Co	¹³¹ I	²¹⁴ Pb
EPINE (Bq/L)	< 0,0230	< 0,0330	< 0,0009	< 0,0010	< 0,1300	0,064
PZCEB (Bq/L)	< 0,0290	< 0,0330	< 0,0021	< 0,0020	< 0,2200	0,72
PZ01 (Bq/L)	< 0,0170	0,057	< 0,0004	< 0,0013	< 0,1300	0,23
PZ02 (Bq/L)	< 0,0260	< 0,0350	< 0,0007	< 0,0015	< 0,0970	0,039
PZProf (Bq/L)	< 0,0017	< 0,0350	< 0,0035	< 0,0013	< 0,0710	0,069
PZVP (Bq/L)	0,022	< 0,0370	0,0034	< 0,0010	< 0,0660	0,066
Radionucléide	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	²³⁸ Pu	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	²⁴¹ Am	²¹⁴ Bi
EPINE (Bq/L)	< 0,0011	< 0,0011	< 0,000046	< 0,000130	< 0,000068	0,058
PZCEB (Bq/L)	< 0,0019	< 0,0018	< 0,000340	< 0,000590	< 0,000092	0,066
PZ01 (Bq/L)	< 0,0011	< 0,0011	< 0,000058	< 0,000071	< 0,000072	0,021
PZ02 (Bq/L)	< 0,0014	< 0,0015	< 0,000039	< 0,000086	< 0,000061	0,034
PZProf (Bq/L)	< 0,0012	< 0,0013	< 0,000053	< 0,000150	< 0,000094	0,071
PZVP (Bq/L)	< 0,0011	< 0,0012	< 0,000048	< 0,000048	< 0,000054	0,063

Nota :

Les résultats d'activité correspondant aux radionucléides ci-dessus sont :

- extraits des résultats d'activité moyennes provenant des prélèvements de septembre ou décembre 2019 pour les mesures en spectrométrie gamma (volume échantillon = 60 litres) :
 - o les activités en ²²⁸Ra ont été considérées à l'équilibre avec les mesures en ²²⁸Ac,
 - o les activités en ²¹⁰Po du même ordre de grandeur que celles du ²¹⁰Pb,
- ceux provenant des prélèvements de septembre ou décembre 2019 pour les spectrométries alpha,
- les résultats moyens des activités en ²³⁴U et ²³⁸U recalculées à partir des concentrations en Uranium dans les échantillons de l'année 2019 selon les formules suivantes :
 - o 1 µg d'U nat = 0,0254 Bq d'U nat
 - o 1 Bq d'U nat = 0,483 Bq d'²³⁸U + 0,023 Bq d'²³⁵U + 0,495 d'²³⁴U,
- les résultats moyens des activités en ²²⁶Ra mesurées à partir des échantillons de l'année 2019,
- ceux provenant des prélèvements de septembre ou décembre 2019 pour les ⁹⁰Sr.

Les activités en ¹⁴C et ⁹⁰Sr peuvent être négligées.