



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

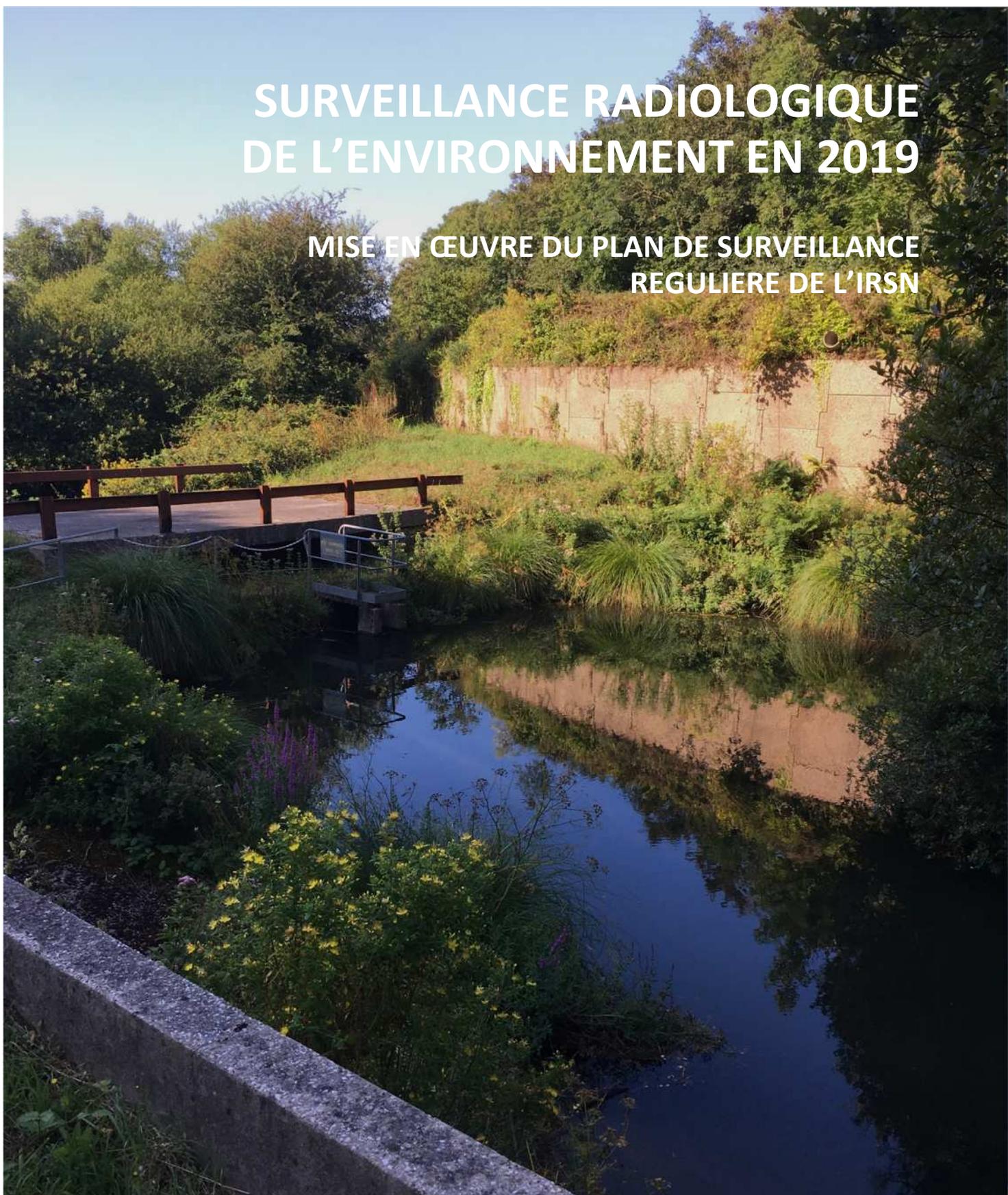
*Liberté
Égalité
Fraternité*

IRSN

INSTITUT DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT EN 2019

MISE EN ŒUVRE DU PLAN DE SURVEILLANCE
RÉGULIÈRE DE L'IRSN



L'EXPERT PUBLIC DES RISQUES NUCLEAIRES ET RADIOLOGIQUES

Expertiser, rechercher, protéger, anticiper, partager, telles sont les missions de l'IRSN au service des pouvoirs publics et de la population.

La singularité de l'Institut réside dans sa capacité à associer chercheurs et experts pour anticiper les questions à venir sur l'évolution et la maîtrise des risques nucléaires et radiologiques.

Les femmes et les hommes de l'IRSN ont à cœur de faire connaître leurs travaux et de partager leurs savoirs avec la société. Ils contribuent ainsi à améliorer l'accès à l'information et le dialogue avec les parties prenantes.

L'Institut concourt aux politiques publiques de sûreté et sécurité nucléaires, de santé, d'environnement et de gestion de crise.

Établissement Public à caractère Industriel et Commercial (EPIC), sous la tutelle conjointe du ministre chargé de l'Environnement, du ministre de la Défense, et des ministres chargés de l'Énergie, de la Recherche et de la Santé, l'IRSN inscrit pleinement son action dans les politiques de modernisation de l'État avec sa démarche de management des risques et la mise en œuvre d'une politique globale en matière de responsabilité sociétale

Dans le cadre de ses missions, l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) contribue notamment à la veille permanente en radioprotection sur le territoire national.

À cet égard, la surveillance radiologique de l'environnement, réalisée par l'IRSN, participe :

- à la vérification du fonctionnement des installations qui rejettent de la radioactivité dans l'environnement ;
- à l'analyse de l'évolution des niveaux de radioactivité – dans le temps et l'espace – et à la détection d'élévations inhabituelles de ces niveaux ;
- à l'évaluation de l'exposition des populations et des écosystèmes aux rayonnements ionisants ;
- à la mise en place de moyens susceptibles d'être mobilisés en situation d'urgence radiologique ou en situation post-accidentelle ;
- à la qualification des modèles de dispersion de la radioactivité dans l'environnement et d'évaluation de ses impacts.

Elle est assortie d'une obligation de transparence qui conduit l'Institut à publier régulièrement ses résultats de mesure et des synthèses sur l'état radiologique des territoires



DES RESEAUX DE PRELEVEMENT ET DE MESURE CONÇUS POUR UNE SURVEILLANCE REGULIERE

La surveillance radiologique régulière de l'environnement faite par l'IRSN repose sur des réseaux de balises de télédétection et de stations de prélèvement des milieux, installés de manière permanente en des points particuliers du territoire, au plus proche des installations nucléaires ou en dehors de l'influence de celles-ci.

Deux réseaux pour surveiller l'air

- **Le réseau Téléray**, constitué de sondes qui mesurent en continu le débit de dose gamma ambiant dans l'air. Elles transmettent en temps réel leurs données à la salle de télésurveillance de l'IRSN, et sont mises à disposition du public en quasi temps réel via un site web (www.teleray.irsn.fr). Dès qu'une augmentation anormale de radioactivité est détectée, une alarme est envoyée à l'IRSN et une investigation est menée.
- **Le réseau OPERA-Air**, qui est constitué de préleveurs d'aérosols fonctionnant en continu. Ils permettent d'obtenir une mesure précise, grâce à une analyse en laboratoire, des radionucléides fixés sur les aérosols présents dans l'air.

Deux réseaux pour surveiller l'eau

- **Le réseau Hydrotéléray** mesure en continu la radioactivité des principaux fleuves français recevant les effluents des centrales nucléaires.
- **Le réseau des hydro-collecteurs** prélève en continu les eaux et les matières en suspension dans les cours d'eau situés généralement en aval des installations nucléaires.

Un réseau pour surveiller les aliments

Avec l'aide des réseaux de préleveurs et des laboratoires de la Direction générale de l'alimentation (DGAL) et de la Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes (DGCCRF), l'IRSN organise la collecte périodique et la mesure de denrées alimentaires pour en évaluer la radioactivité.

Et les autres compartiments...

L'IRSN complète cette surveillance régulière par le prélèvement et l'analyse d'autres supports environnementaux de la radioactivité (sol, herbe, sédiment, mousse terrestre, mousse aquatique, algue, ...). Ils permettent l'établissement de chroniques précieuses dans l'optique d'une analyse temporelle des évolutions.

ET UNE APPROCHE TERRITORIALISÉE...

En complément de sa surveillance régulière, l'IRSN réalise des études ponctuelles à l'échelle régionale ou bien centrées sur l'environnement proche des installations nucléaires.

Les premières appelées « constats radiologiques régionaux » font la synthèse des connaissances relatives aux niveaux de radioactivité naturelle et artificielle sur l'emprise géographique d'une région, d'un territoire ou d'un bassin versant. Elles permettent la mesure d'échantillons rarement analysés, de denrées présentant une valeur économique particulière pour le territoire et de répondre à des attentes ou des questions particulières des parties prenantes. Elles contribuent également à établir une cartographie des zones d'influence des principales installations nucléaires d'une région et à actualiser les connaissances sur le bruit de fond radiologique local hors zone d'influence des installations nucléaires.

Les secondes appelées « Etudes radiologiques de sites » ont pour objectif d'affiner les connaissances sur l'influence radiologique d'une installation nucléaire sur son environnement proche, d'estimer de manière réaliste - par des mesures spécifiques combinées à des modélisations - les expositions des populations avoisinantes et d'associer les acteurs de la société civile à l'étude et à sa restitution.

... POUR DES MESURES RENDUES PUBLIQUES

Que ce soit dans le cas de la surveillance régulière, avec les réseaux de surveillance des différents milieux ou bien dans le cadre d'études ponctuelles, l'IRSN diffuse vers le public l'ensemble des résultats de ses mesures. Pour les mesures réalisées en temps réel par le réseau Téléray, la publication des résultats est quasi instantanée via un site web dédié (www.teleray.irsn.fr). Les mesures nécessitant un traitement préliminaire des échantillons et donc un temps d'acquisition plus long (cas des denrées par exemple) sont diffusées, quant à elles, dès que disponibles, sur le site public du RNM (www.mesure-radioactivite.fr).

INTRODUCTION

En vertu des missions qui lui sont confiées par décret¹, l'IRSN réalise une surveillance radiologique de l'environnement. Effectuée à proximité des installations rejetant des radionucléides dans l'environnement mais aussi à distance de celles-ci, cette surveillance vise à :

- détecter d'éventuelles augmentations de la radioactivité sur le territoire (qu'elles soient ponctuelles ou durables) ;
- évaluer l'impact des rejets radioactifs sur l'homme ou l'environnement ;
- informer les pouvoirs publics et les populations.

En fonction des techniques mises en œuvre, l'IRSN distingue la télé-surveillance (opérée à distance à l'aide de capteurs installés en permanence) et la surveillance faite à l'aide de prélèvements réalisés dans les différents milieux (air, sol, eau...) ainsi que des prélèvements de denrées alimentaires. Il distingue aussi la surveillance qui est effectuée de manière régulière (selon un plan annuel) et celle qui est effectuée ponctuellement, dans le cadre d'études planifiées (comme les constats radiologiques ou les études radiologiques de sites) ou de manière réactive, après signalement d'une anomalie par un exploitant, une autorité ou des citoyens.

Bien que variant peu d'une année sur l'autre, le plan de surveillance régulière de la radioactivité par prélèvements (PSR) de l'IRSN est réexaminé tous les ans. Il permet d'alimenter et d'actualiser des séries temporelles de mesures couvrant souvent plusieurs

décennies. Ces chroniques sont d'une aide précieuse pour la mise en évidence d'évolutions de long terme ou la définition de niveaux de référence auxquels se référer pour identifier une anomalie. Elles peuvent également être mises à profit pour l'évaluation *a posteriori* de l'exposition des hommes ou de l'environnement à l'échelle de vies entières. Tous les résultats de mesure de la radioactivité issus de cette surveillance sont accessibles en permanence au travers du site internet du réseau national de mesure de la radioactivité de l'environnement (RNM)² : www.mesure-radioactivite.fr

Le présent rapport présente le résultat de la surveillance régulière de l'IRSN dans le contexte de la mise à jour de sa stratégie, afin de permettre au public de mieux comprendre les orientations retenues, d'explicitier le plan de surveillance mis en œuvre et de présenter les résultats qui en sont tirés. Il vise notamment à replacer dans un contexte temporel élargi les principales données acquises en les expliquant et en les comparant à des chroniques et à des niveaux dits « de référence » obtenus sur des périodes temporelles plus longues³ afin d'appréhender l'évolution des activités mesurées et de les situer par rapport aux niveaux observés ailleurs en France, hors influence des installations nucléaires notamment. Il peut être regardé comme un complément du bilan de l'état radiologique de l'environnement français publié tous les trois ans par l'IRSN, à partir de l'analyse des données du RNM.

¹ Décret n°2016-283 du 10 mars 2016 - Article R592-39 du Code de l'environnement.

² Réseau constitué d'exploitants nucléaires, de pouvoirs publics, d'associations citoyennes et de l'IRSN

³ Ces niveaux sont calculés selon 6 paramètres : min, max, moyenne, médiane, quantile 10 % et 90 % à partir des données disponibles dans les bases de données de l'IRSN

SOMMAIRE

1. ELEMENTS DE CONTEXTE	8
1.1 LE PLAN DE SURVEILLANCE REGULIERE 2019	8
1.2 MOYENS MIS EN ŒUVRE	9
— Le réseau de préleveurs.....	9
— Moyens automatisés	11
1.3 PRELEVEMENTS ET ANALYSES REALISES	15
1.4 VERIFICATIONS TECHNIQUES DANS LE CADRE DU TRAITE EURATOM	16
2. AMONT DU CYCLE	17
2.1 ORANO MALVESI.....	17
2.2 ORANO TRICASTIN	19
2.3 FRAMATOME ROMANS-SUR-ISERE.....	21
3. CNPE EDF.....	24
3.1 ELEMENTS GENERAUX.....	24
— Compartiments atmosphérique et terrestre	24
— Compartiment aquatique	27
3.2 GARONNE / ESTUAIRE DE LA GIRONDE	33
3.3 LOIRE ET VIENNE	35
3.4 MANCHE / MER DU NORD.....	44
3.5 NORD-EST.....	48
— Cattenom	48
— Chooz	51
— Fessenheim	53
3.6 RHONE	56
— Bugey	57
— Saint-Alban.....	59
— Cruas	61
— Tricastin.....	63
— Rhône aval : Station observatoire du Rhône à Arles (SORA)	64
3.7 SEINE.....	68
4. AVAL DU CYCLE	72
4.1 LA HAGUE.....	72
4.2 CENTRE CEA DE MARCOULE ET ORANO MELOX.....	87
5. INSTALLATIONS DE RECHERCHE.....	92
5.1 CENTRE CEA DE BRUYERES-LE-CHATEL.....	92
5.2 CENTRE CEA DE CADARACHE	95
5.3 CENTRE CEA DE FONTENAY-AUX-ROSES	96
5.4 CENTRE CEA DE SACLAY ET CIS-BIO.....	97
5.5 CENTRE CEA DE VALDUC.....	102

5.6	POLYGONE D'EXPERIMENTATION DE MORONVILLIERS (PEM)	104
5.7	ILL ET CEA DE GRENOBLE	105
5.8	AUTRES SITES	109
	— CERN	109
	— GANIL	110
6.	BASES NAVALES	111
7.	AUTRES INSTALLATIONS	115
7.1	ANDRA CSA	115
7.2	SOMANU	115
7.3	SOLVAY LA ROCHELLE	116
7.4	DETECTIONS DE REJETS ATTRIBUABLES AU SECTEUR MEDICAL	117
8.	INSTALLATIONS EN DEMANTELEMENT / ANCIENS SITES	118
8.1	BRENNILIS	118
8.2	CREYS-MALVILLE	118
8.3	SICN VEUREY	118
9.	SITES MINIERS	120
9.1	SITES DU LIMOUSIN	123
9.2	L'ECARPIERE	127
9.3	LODEVE (LE BOSC)	129
9.4	BAUZOT	130
9.5	LE BERNARDAN	131
9.6	BERTHOLENE	132
9.7	LES BOIS NOIRS	134
9.8	LE CELLIER	135
9.9	GUEUGNON	136
9.10	SAINT-PIERRE	137
10.	SURVEILLANCE GENERALE DU TERRITOIRE	139
10.1	SURVEILLANCE ATMOSPHERIQUE	139
	— Prélèvements et analyses	139
	— Exploitation des résultats	139
10.2	SURVEILLANCE MARINE	142
	— La surveillance des eaux de mer	142
	— Activités mesurées dans les sédiments	145
	— Le suivi des algues et des mollusques	148
10.3	EAUX SOUTERRAINES	153
	— Activités en tritium	153
	— Radionucléides artificiels détectés (hors ³ H)	159
10.4	SURVEILLANCE ALIMENTAIRE	160
	— Denrées collectées	160
	— Niveaux observés	160
	— Conclusions	176

10.5 CAMPAGNES LOCALES DE DETERMINATION DU BRUIT DE FOND	177
10.6 DROM-COM	180
11. EVENEMENTS.....	182
11.1 DETECTIONS ET INVESTIGATIONS DIRECTES.....	182
— Rejet de ⁷⁵ Se depuis les laboratoires du réacteur BR2 à Mol (Belgique).....	182
— Détection de ⁶⁰ Co Bugey à la cheminée du BANG de Bugey.....	183
— Détection de ⁵⁸ Co dans l'air à Chinon	184
— Mesures élevées en indices bêta globaux sur les sites EDF	185
11.2 SCRUTATION STATISTIQUE	191
— Introduction	191
— Synthèse des résultats pour le PSR 2019	192
— Analyse globale de la répartition des VSHR	193
— Analyse des VSHR de type 2	193
— Bilan	198
11.3 EVENEMENTS SIGNIFICATIFS POUR L'ENVIRONNEMENT DECLARES EN 2019	198
12. TRANSPARENCE ET MISE A DISPOSITION DES DONNEES	202
13. RETOUR D'EXPERIENCE	203
14. CONCLUSIONS	205
15. LISTE DES ACRONYMES	206
16. ANNEXES.....	208
16.1 REPRESENTATION GRAPHIQUE DES DONNEES.....	208
16.2 METHODOLOGIE MATHEMATIQUE DE SCRUTATION DES DONNEES	209
— Présentation de l'algorithme	209
— Détection des VSHR sévères	210
— Visualisation des résultats	211
16.3 ACTUALISATION DES VALEURS DE REFERENCE.....	212
16.4 VALEURS DE REFERENCE UTILISEES POUR LA SCRUTATION DES DONNEES.....	215

ELEMENTS DE CONTEXTE

1.1 LE PLAN DE SURVEILLANCE REGULIERE 2019

Le plan de surveillance régulière (PSR) 2019 prévoyait initialement la réalisation de 5073 prélèvements (4489 après ajustement⁴, voir le tableau 4) sur l'ensemble du territoire (à l'exception de la Polynésie, qui fait l'objet d'un plan particulier de surveillance spécifique et donne lieu à un rapport dédié, disponible sur le site www.irsn.fr). 4107 ont été effectivement reçus et analysés.

Ces échantillons répondent à plusieurs objectifs :

- assurer la surveillance de la radioactivité dans l'environnement des sites et installations nucléaires pour s'assurer de leur bon fonctionnement et détecter d'éventuelles anomalies (53 sites en 2019) ;
- constituer des points de référence à distance de ceux-ci ;
- assurer la surveillance générale du territoire métropolitain (compartiment atmosphérique, façades maritimes, fleuves...);
- assurer la surveillance des DROM-COM ;
- assurer la surveillance des denrées produites sur le territoire national.

Les radionucléides recherchés à proximité des sites nucléaires prennent en compte les spécificités et l'historique du site. Leur choix répond aux principes suivants :

Tableau 1. Radionucléides recherchés par type d'installation surveillée

Site / Installation	Emetteurs α						Emetteurs β			Emetteurs γ ⁵
	Ra	Th	U	Pu	Am	Cm	³ H	¹⁴ C	⁹⁰ Sr	
Ancien site minier	+	(+)	+							
Amont du cycle			+							
Réacteur EDF							+	+		+
Aval du cycle			(+)	+	+	+	+	+	+	+
Centre de recherche			(+)	+	+		+	(+)		+
Stockage		(+)	(+)	(+)	(+)		+			+
Bases navales				(+)	(+)		+	(+)		+

+ : Radionucléides recherchés prioritairement / (+) : Autres radionucléides recherchés

Sur le volet alimentaire, le spectre des radionucléides recherchés est généralement moins large et se focalise sur ceux considérés comme les plus mobiles et les plus répandus dans ces matrices, du fait d'événements passés (essais nucléaires, accident de Tchernobyl...) ou de leur origine naturelle. Les analyses réalisées sont en général une mesure par spectrométrie gamma, la mesure du tritium (libre, lié ou sous les deux formes) et du carbone 14. Elles peuvent être complétées à proximité de certains sites comme la Hague ou Marcoule par la mesure de transuraniens ou du ⁹⁰Sr.

Du fait de ce croisement entre installations et radionucléides, le PSR prévoyait la réalisation de 6842 analyses.

⁴ Certaines stations de prélèvement n'ayant pu être installées en 2019.

⁵ Par défaut, tous les radionucléides sont analysés. Les résultats sont rendus en routine pour les radionucléides suivants : ⁷Be, ⁴⁰K, ⁵⁴Mn, ⁵⁸Co, ⁶⁰Co, ⁹⁵Zr, ¹⁰³Ru, ¹⁰⁶Ru, ^{110m}Ag, ¹²⁴Sb, ¹²⁵Sb, ¹²⁹I, ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs, ¹⁴⁰Ba, ²²⁸Ac et ²⁴¹Am ; sachant que toute détection (valeur significative) d'un radionucléide hors de cette liste est également communiquée.

1.2 MOYENS MIS EN ŒUVRE

Le réseau de préleveurs



Figure 1. Membres du réseau de préleveurs de l'IRSN au 01/01/2021

L'IRSN, dans le cadre du PSR 2019, a réalisé 829 prélèvements, soit environ 20 % du total des échantillons reçus. Les autres échantillons ont été collectés par son réseau de préleveurs composé d'exploitants, de services de l'Etat et d'organismes publics, de collectivités locales ou d'associations, qui les transmettent à l'IRSN pour traitement et/ou analyse.

Tableau 2. Echantillons transmis par le réseau de préleveurs au titre du PSR 2019

Organismes	Prélèvements reçus au 28/02/2020	
Associations	AASQA	86
	Associations de chasse locales	11
	ANDRA	99
Exploitants	CEA	121
	CERN	48
	EDF	1749
	Framatome	61
	GANIL	22
	ILL	150
	Marine Nationale	53
	ORANO	30
	Solvay	51
	Organismes publics et collectivités locales	ARS
DGAL		108
DGCCRF		35
France Agrimer		29
Inovalys		4
IRSN		829
LRCE Limoges		3
Météo France		432
Observatoire du Pic du Midi		34
Université Clermont-Ferrand		73
Université Paul Sabatier	49	

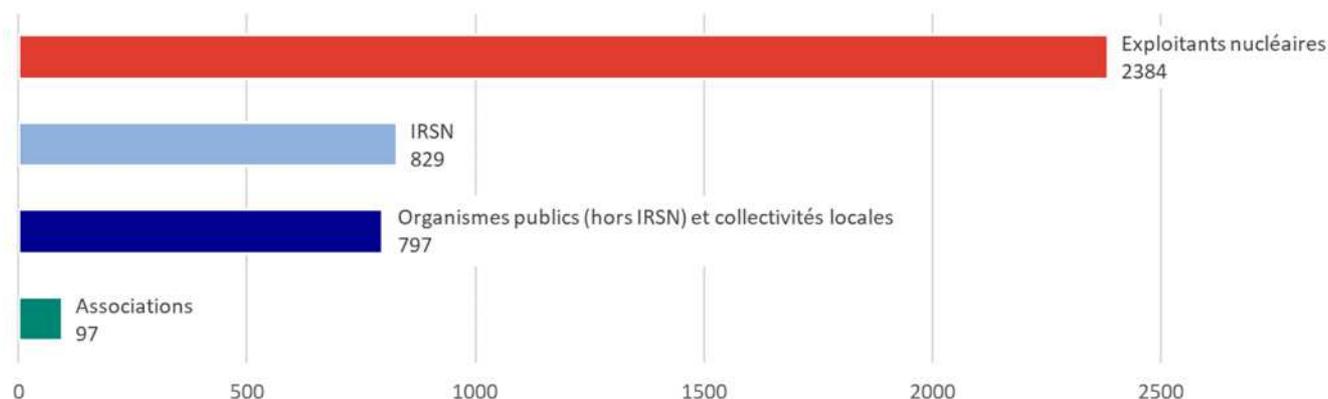


Figure 2. Prélèvements transmis par le réseau de préleveurs au titre du PSR 2019

Plusieurs conventions nationales encadrent cette activité, avec Météo France ou la DGAL et la DGCCRF par exemple.

Moyens automatisés

Aérosols

Le réseau de surveillance des aérosols de l'IRSN en France métropolitaine comptait 48 stations au 31/12/2019 :

Tableau 3. Stations du réseau OPERA-Air déployées au 31/12/2019

Type de station	Stations en métropole	Débit	Fréquence de relevé des filtres
OPERA-Air 80	37	80 m ³ /h	Hebdomadaire
OPERA-Air 400	1	400 m ³ /h	Hebdomadaire
OPERA-Air 700	7	700 m ³ /h	Hebdomadaire
OPERA-Air 900	2	900 m ³ /h	Hebdomadaire
Cinderella	1	500 m ³ /h	Quotidienne

Il restait 4 stations à déployer fin 2019, à Biarritz et sur les sites de Malvésí, Romans-sur-Isère et Valduc. La station de Biarritz a été déployée en 2020, et les stations de Romans-sur-Isère et Malvésí en 2021. Il ne reste donc plus à ce jour qu'une station à installer à Valduc (la station 80 m³/h du Vésinet étant amenée à être redéployée).

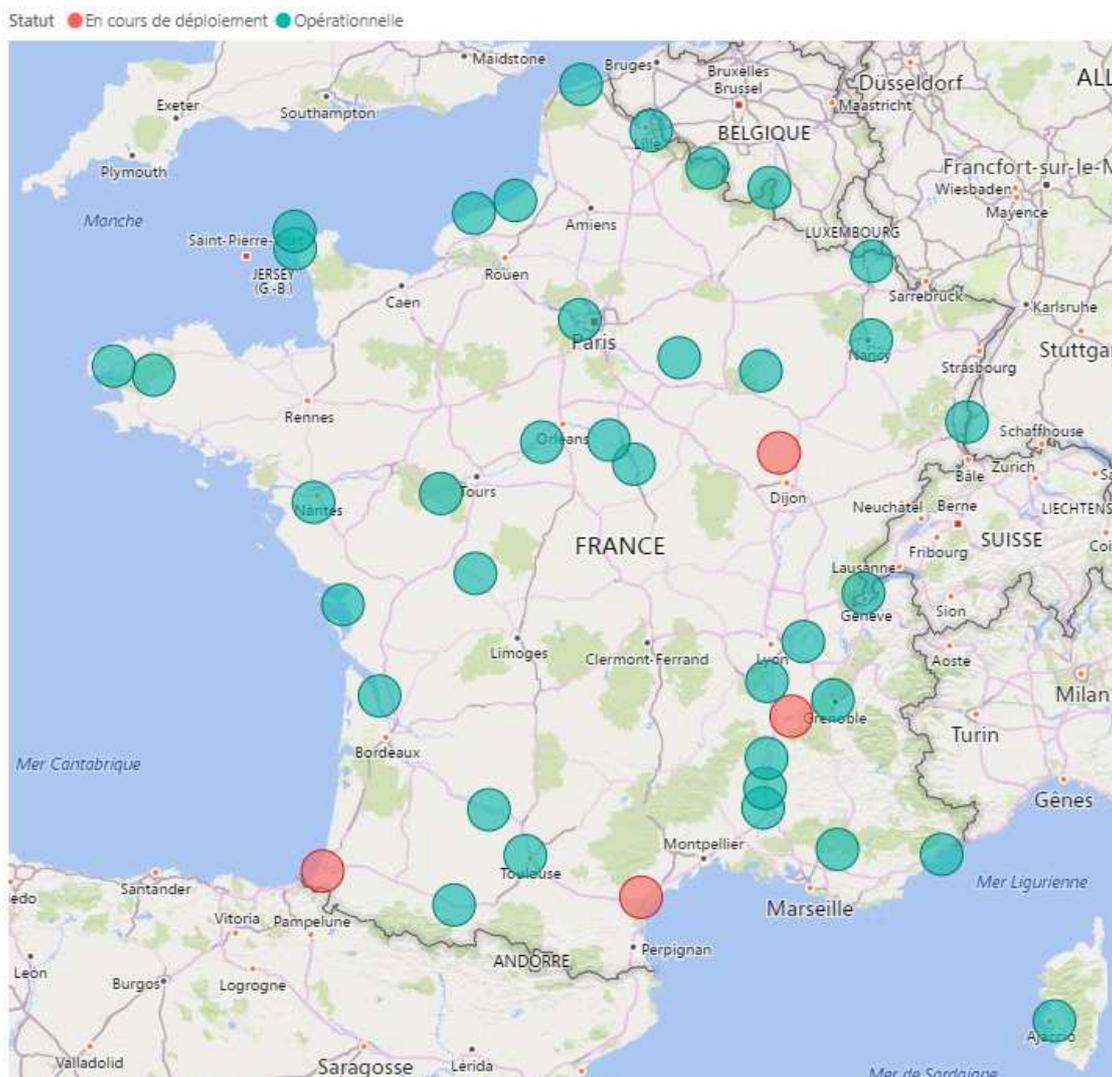


Figure 3. Stations 80 m³/h du réseau OPERA-Air déployées au 31/12/2019

Ces stations sont équipées de voies iodes activables par les préleveurs sur place sur demande de l'IRSN, à l'exception de la station de la Hague, active par défaut. La supervision à distance des stations (signaux de vie, activation à distance de la voie iode et réception des débits et paramètres) au moyen de routeurs 4G avec report au Vésinet a été initiée en 2019 et sera progressivement étendue à l'ensemble du réseau en 2021-2022.

Hydrocollecteurs

23 hydrocollecteurs sont actuellement déployés sur les fleuves et façades maritimes, prélevant 15 mL d'eau toutes les 65 minutes. Leur maintenance est internalisée et assurée par l'IRSN.

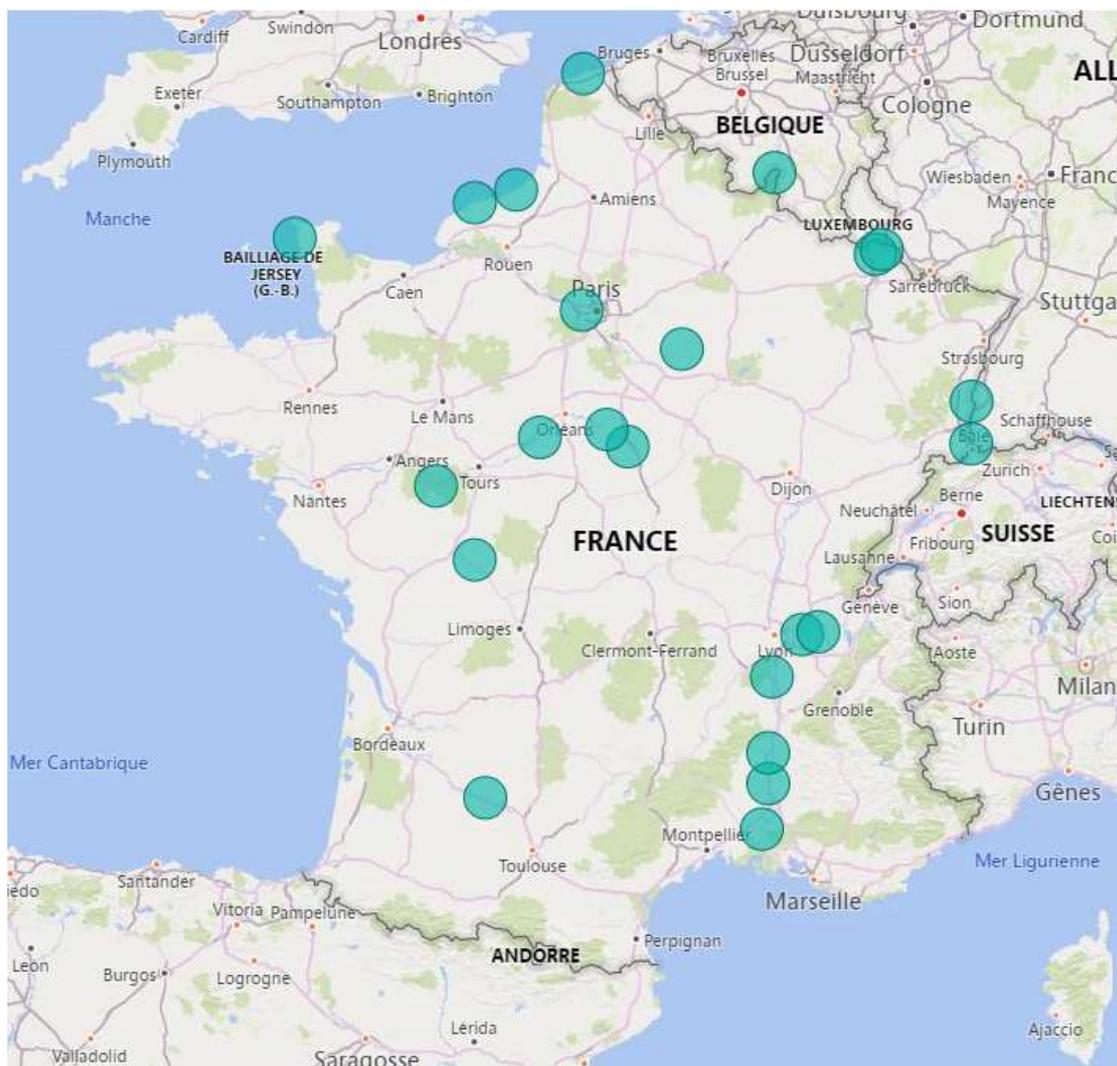


Figure 4. Hydrocollecteurs IRSN déployés au 31/12/2019

Il convient de noter qu'EDF et l'ILL transmettent également à l'IRSN des prélèvements réalisés par leurs hydrocollecteurs situés respectivement sur la Gironde près du CNPE du Blayais et sur l'Isère à Grenoble.

Traitement et métrologie

Tous les échantillons prélevés dans le cadre du plan de surveillance ont été traités et analysés par les laboratoires de l'IRSN, à l'exception des analyses d'hydrogène (Institut des sciences analytiques - UMR 5280, Villeurbanne) et de certaines mesures de ^{14}C (Hertelendi Laboratory of Environmental Studies, Debrecen, Hongrie et LMC14 à Saclay). Le tableau suivant précise les méthodes de traitement et de mesure appliquées :

Tableau 4. Méthodes de traitement et d'analyse employées dans le cadre du PSR 2019

Indicateur	Radionucléide recherché	Méthode de traitement	Méthode analytique
Aérosols	Emetteurs gamma	Compaction	Spectrométrie gamma
	U iso Pu iso		ICP-MS Spectrométrie alpha
Tritium dans l'air (barboteur)	³ H	-	Scintillation liquide
Tritium dans l'air (piégeur passif)	³ H	Désorption	Scintillation liquide
Cartouche iode	Iode gazeux	-	Spectrométrie gamma
Eaux atmosphériques	³ H	Filtration	Scintillation liquide
	Emetteurs gamma	-	Spectrométrie gamma
Eau de mer	³ H	-	Scintillation liquide
	¹³⁷ Cs	Coprécipitation	Spectrométrie gamma
Eau douce	Indice alpha global	Filtration	Comptage alpha
	Indice bêta global	Filtration	Comptage bêta
	³ H	Filtration	Scintillation liquide
	Emetteurs gamma	-	Spectrométrie gamma
	⁹⁰ Sr	-	Scintillation liquide
	²²⁶ Ra	Filtration	ICP-MS
	²³⁴ U, ²³⁵ U, ²³⁸ U	Filtration + acidification	ICP-MS
²³⁸ Pu, ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	-	Spectrométrie alpha	
²⁴¹ Am	-	Spectrométrie alpha	
Sédiments / MES	Emetteurs gamma	Lyophilisation	Spectrométrie gamma
	⁹⁰ Sr	Lyophilisation + calcination	Scintillation liquide
	²²⁶ Ra	Lyophilisation + calcination	Scintillation solide
	²³⁰ Th, ²³² Th	Lyophilisation + calcination	ICP-MS
	²³⁴ U, ²³⁵ U, ²³⁸ U	Lyophilisation + calcination	ICP-MS
	²³⁸ Pu, ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	Lyophilisation + calcination	Spectrométrie alpha
	²⁴¹ Am	Lyophilisation + calcination	Spectrométrie alpha
	²⁴⁴ Cm	Lyophilisation + calcination	Spectrométrie alpha
Sol	Emetteurs gamma	Séchage	Spectrométrie gamma
	⁹⁰ Sr	Séchage + calcination	Scintillation liquide
	²³⁸ Pu, ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	Séchage + calcination	Spectrométrie alpha
	²⁴¹ Am	Séchage + calcination	Spectrométrie alpha
	²⁴⁴ Cm	Séchage + calcination	Spectrométrie alpha
Végétaux aquatiques et algues	³ H (libre)	Lyophilisation	Scintillation liquide
	³ H (lié)	Lyophilisation	Sc. liq. (four) / AMS (³ He)
	¹⁴ C	Lyophilisation	AMS
	Emetteurs gamma	Séchage	Spectrométrie gamma
	¹²⁹ I	-	Spectrométrie gamma
	⁹⁰ Sr	Séchage + calcination	Scintillation liquide
	²³⁴ U, ²³⁵ U, ²³⁸ U	Séchage + calcination	Spectrométrie alpha
	²³⁸ Pu, ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	Séchage + calcination	Spectrométrie alpha
	²⁴¹ Am	Séchage + calcination	Spectrométrie alpha
	²⁴⁴ Cm	Séchage + calcination	Spectrométrie alpha

Indicateur	Radionucléide recherché	Méthode de traitement	Méthode analytique
Végétaux terrestres (aiguilles de conifère, feuilles d'arbres, herbe, plantes aromatiques)	³ H (libre)	Lyophilisation	Scintillation liquide
	³ H (lié)	Lyophilisation	Sc. liq. (four) / AMS (³ He)
	¹⁴ C	Lyophilisation	AMS
	Emetteurs gamma	Séchage	Spectrométrie gamma
	⁹⁰ Sr	Séchage + calcination	Scintillation liquide
	²³⁴ U, ²³⁵ U, ²³⁸ U	Séchage + calcination	Spectrométrie alpha
	²³⁸ Pu, ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu ²⁴¹ Am	Séchage + calcination Séchage + calcination	Spectrométrie alpha Spectrométrie alpha
Céréales	³ H (lié)	Lyophilisation	Sc. liq. (four) / AMS (³ He)
	¹⁴ C	Lyophilisation	AMS
	Emetteurs gamma	Séchage	Spectrométrie gamma
	⁹⁰ Sr	Séchage + calcination	Scintillation liquide
	²³⁴ U, ²³⁵ U, ²³⁸ U	Séchage + calcination	Spectrométrie alpha
	²³⁸ Pu, ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	Séchage + calcination	Spectrométrie alpha
	²⁴¹ Am	Séchage + calcination	Spectrométrie alpha
Fruits et légumes	³ H (libre)	Lyophilisation	Scintillation liquide
	³ H (lié)	Lyophilisation	Sc. liq. (four) / AMS (³ He)
	¹⁴ C	Lyophilisation	AMS
	Emetteurs gamma	Séchage	Spectrométrie gamma
	²³⁴ U, ²³⁵ U, ²³⁸ U	Séchage + calcination	Spectrométrie alpha
	²³⁸ Pu, ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu ²⁴¹ Am	Séchage + calcination Séchage + calcination	Spectrométrie alpha Spectrométrie alpha
Boissons alcoolisées	³ H libre	Lyophilisation	Scintillation liquide
	Emetteurs gamma	-	Spectrométrie gamma
Lait	³ H (libre)	Distillation	Scintillation liquide
	³ H (lié)	Lyophilisation	Sc. liq. (four) / AMS (³ He)
	¹⁴ C	Lyophilisation	AMS
	Emetteurs gamma	-	Spectrométrie gamma
	¹²⁹ I	Ajout de bronopol	Spectrométrie gamma
	⁹⁰ Sr ²³⁴ U, ²³⁵ U, ²³⁸ U	Lyophilisation + calcination Lyophilisation + calcination	Scintillation liquide Spectrométrie alpha
Poissons et mollusques	³ H (libre)	Lyophilisation	Scintillation liquide
	³ H (lié)	Lyophilisation	Sc. liq. (four) / AMS (³ He)
	¹⁴ C	Lyophilisation	AMS
	Emetteurs gamma	Séchage	Spectrométrie gamma
	⁹⁰ Sr	Séchage + calcination	Scintillation liquide
	²³⁴ U, ²³⁵ U, ²³⁸ U	Séchage + calcination	Spectrométrie alpha
	²³⁸ Pu, ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	Séchage + calcination	Spectrométrie alpha
	²⁴¹ Am ²⁴⁴ Cm	Séchage + calcination Séchage + calcination	Spectrométrie alpha Spectrométrie alpha
Viande (animaux d'élevage et gibier)	³ H (lié)	Lyophilisation	Sc. liq. (four) / AMS (³ He)
	¹⁴ C	Lyophilisation	AMS
	Emetteurs gamma	Séchage	Spectrométrie gamma
	⁹⁰ Sr	Séchage + calcination	Scintillation liquide

1.3 PRELEVEMENTS ET ANALYSES REALISES

4107 prélèvements ont été reçus à l'IRSN dans le cadre du PSR 2019, soit 382 de moins (- 8,5 %) que le nombre prévu. Le tableau ci-dessous présente le bilan des échantillons effectivement réceptionnés par rapport à l'attendu :

Tableau 5. Bilan des échantillons reçus à l'IRSN dans le cadre du PSR 2019⁶

Type	Prévus	Reçus	Ecart		Cause
Aérosols	2444	2198	246	10,1 %	Dysfonctionnement de certaines stations
Aiguilles de conifère	2	2	0	0,0 %	
Animaux d'élevage	6	3	3	50,0 %	Prélèvements non reçus
Boissons alcoolisées	3	3	0	0,0 %	
Cartouche iode	52	48	4	7,7 %	
Céréales	31	30	1	3,2 %	
Champignons	13	6	7	53,8 %	Critère géographique n'ayant pu être rempli
Eau de mer	140	137	3	2,1 %	
Eau douce	444	432	12	2,7 %	
Eau saumâtre	24	24	0	0,0 %	
Eaux atmosphériques	360	351	9	2,5 %	
Feuilles d'arbre	9	9	0	0,0 %	
Fromage	12	12	0	0,0 %	
Fruits	9	7	2	22,2 %	Prélèvements non reçus
Gibier / Animaux sauvages	4	11	-7	-175,0 %	Transmission d'échantillons supérieure à la demande
Herbe	26	29	-3	-11,5 %	Prise d'échantillons complémentaires
Herbes aromatiques	2	2	0	0,0 %	
Lait	90	85	5	5,6 %	
Légumes	29	25	4	13,8 %	Prélèvements non reçus
MES	280	263	17	6,1 %	
Mollusques	23	38	-15	-65,2 %	Transmission d'échantillons supérieure à la demande
Poisson	31	35	-4	-12,9 %	Campagne de pêche complémentaire
Sédiment	146	111	35	24,0 %	Pas de sédiment lors du prélèvement
Sol	20	10	10	50,0 %	Décalage de campagnes de mesures <i>in situ</i>
Tritium	234	184	50	21,4 %	Problème ponctuel de ressources d'un des préleveurs (20)
Végétaux aquatiques	55	52	3	5,5 %	
Total général	4489	4107	382	8,5 %	

⁶ En rouge dans le tableau figurent les matrices pour lesquelles un écart supérieur à 10 % entre l'attendu et le réalisé a été constaté.

On pourra notamment noter :

- les difficultés de réception des prélèvements réalisés dans les DROM-COM, identifiées depuis de nombreuses années : sur 18 prélèvements prévus, seuls 10 ont été reçus, soit 56 %, ce qui représente cependant une amélioration par rapport à l'année précédente (voir paragraphe 3.4). Par ailleurs, deux prélèvements de poissons non prévus au PSR ont été reçus et analysés ;
- l'absence de prélèvement pour certaines matrices alimentaires dans le cadre de la convention entre la DGAL, la DGCCRF et l'IRSN : sur 160 prélèvements prévus (hors eaux de mer des DROM-COM), 141 ont été réalisés, soit 88 % (voir paragraphe 3.3). Ce point fait l'objet d'un suivi semestriel en réunion de suivi de convention.

1.4 VERIFICATIONS TECHNIQUES DANS LE CADRE DU TRAITE EURATOM

Aucune visite de vérification au titre de l'article 35 du Traité EURATOM n'a eu lieu en France en 2019.

AMONT DU CYCLE

2.1 ORANO MALVESI

Pour rappel, l'usine ORANO de Malvési réalise la conversion de l'uranium reçu sous forme de concentrés uranifères en tétrafluorure d'uranium (UF_4). Ce composé sera ensuite converti en hexafluorure d'uranium (UF_6) dans l'usine ORANO de Pierrelatte. Si le site de Malvési comporte également des lagunes ayant accueilli par le passé des radionucléides ne correspondant pas aux activités actuelles (plutonium par exemple), la surveillance régulière du site se focalise essentiellement sur les différents isotopes de l'uranium, de loin les principaux radionucléides rejetés par le site.

Sur les 17 prélèvements initialement prévus dans le plan, 16 ont été réceptionnés au laboratoire. Le prélèvement manquant est le prélèvement annuel de poisson. Aucun prélèvement d'aérosols ou d'eau de pluie n'a été réalisé car l'installation du préleveur aérosols et du collecteur d'eau de pluie est toujours en cours.

Parmi les résultats disponibles à la date de rédaction de ce rapport, aucun ne s'éloigne des valeurs usuellement observées. Le marquage de l'environnement dû à l'influence du site est visible notamment par les activités en uranium dans les différents compartiments. Les sédiments du canal de Cadariège et du canal du Tauran, présentent ainsi une activité de l'ordre de 40 Bq/kg sec en ^{238}U , ce qui correspond à la moyenne des niveaux observés en France (IRSN, 2013).

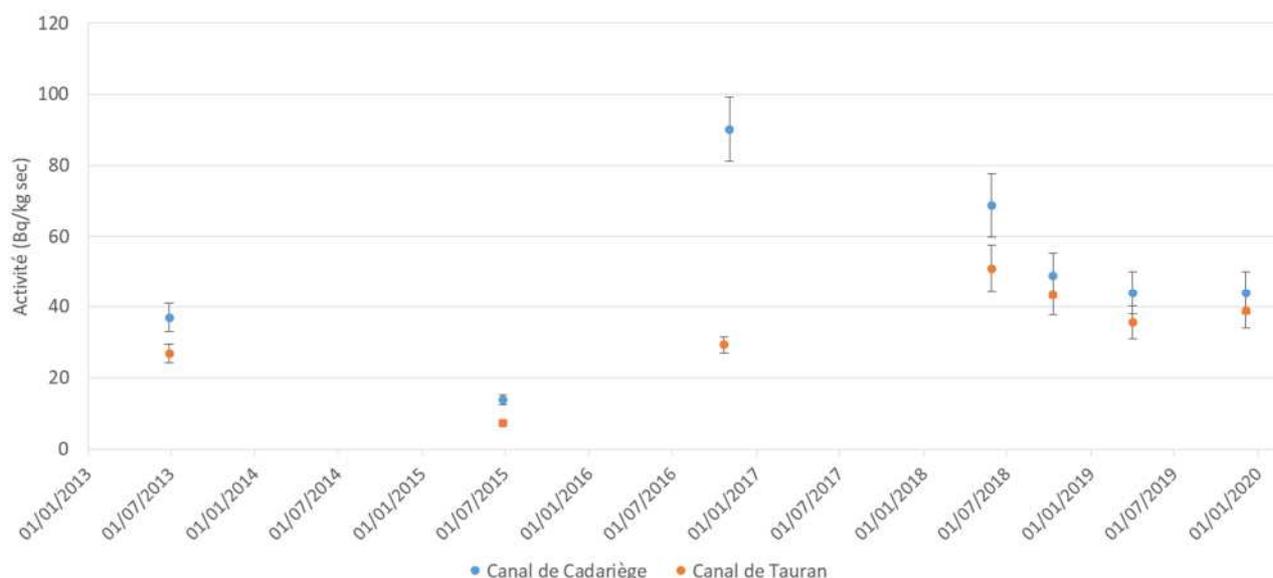


Figure 5. Activités en ^{238}U dans les sédiments à proximité du site de Malvési

Les activités en ^{238}U dans les végétaux sont toujours significatives sur le terrain de Livière-Haute et très largement supérieures aux valeurs hors influence des installations, même si les activités en 2017, 2018 et 2019 sont en diminution par rapport aux années antérieures, en lien avec la diminution de l'activité du site⁷. Toutefois, de manière inhabituelle, les activités en ^{236}U mesurées en 2019 sont significatives (respectivement de l'ordre de 3.10^{-2} et 3.10^{-3} Bq/kg sec aux stations Livière Haute et Source de l'Oeillal) et témoignent d'une contamination d'origine anthropique.

⁷ Dans le cadre du passage du procédé COMURHEX I à COMURHEX II, la production d' UF_4 a diminué continument sur 3 ans de plus de 13 084 t en 2015 à 1 051 t en 2018.

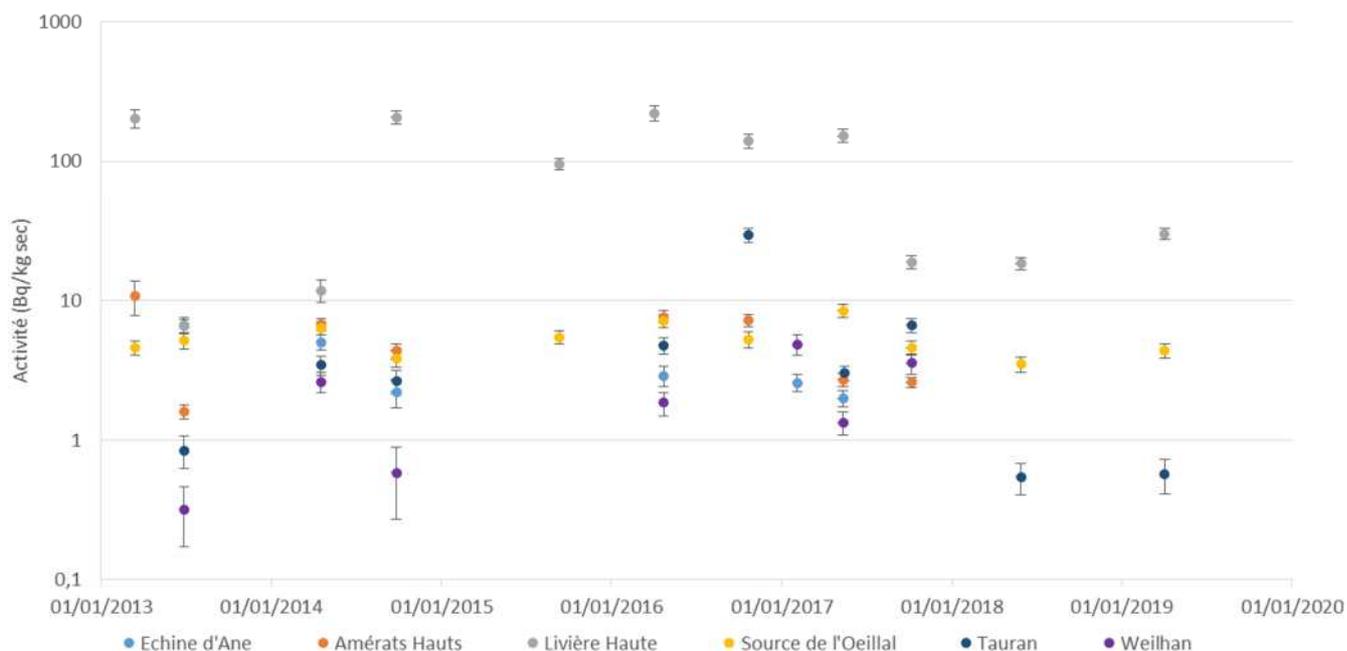


Figure 6. Activités en ^{238}U dans les végétaux à proximité du site de Malvésí

Des prélèvements de mollusques sont également réalisés à Port-la-Nouvelle, en lien avec les étangs de Bages et de Sigean, avec analyse de l'uranium isotopique. Les activités relevées et leurs ratios ne mettent pas en lumière d'influence du site de Malvésí.

Tableau 6. Activités des isotopes de l'uranium dans les mollusques prélevés à Port-la-Nouvelle

Activité ^{234}U	$1,56.10^{-1} \pm 1,82.10^{-2}$
Activité ^{235}U	$6,44E.10^{-3} \pm 6,55.10^{-4}$
Activité ^{236}U	$< 1,42.10^{-5}$ Bq/kg frais
Activité ^{238}U	$1,40.10^{-1} \pm 1,42.10^{-2}$
Rapport des activités $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$	1,12
Teneur massique $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$	0,72 % \pm 0,02 %

2.2 ORANO TRICASTIN

Les résultats relevant plus spécifiquement de la surveillance du CNPE sont traités dans le paragraphe 2.2. L'analyse concerne ici sur les mesures d'uranium dans les différents compartiments de l'environnement.

Le site du Tricastin est entouré de nombreux cours d'eau, dont en aval la Gaffière, la Mayre Girarde, le Lauzon (confluence des deux précédents) et le canal de Donzère-Mondragon comme présentés sur le schéma ci-dessous.

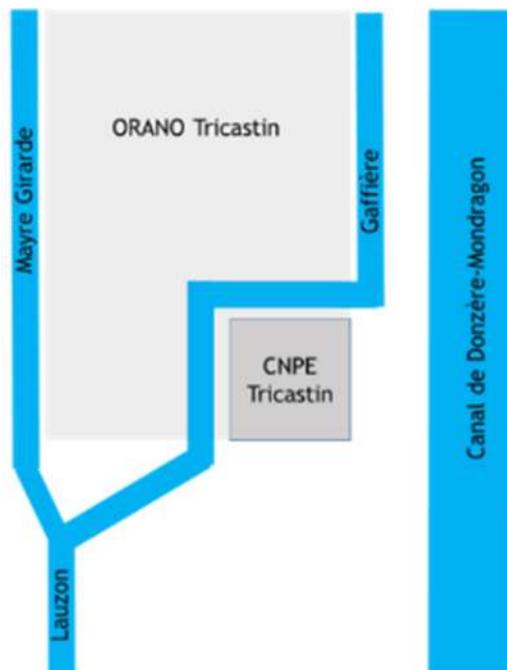


Figure 7. Schéma simplifié des cours d'eau en aval hydraulique du site du Tricastin

Les analyses réalisées sur la Gaffière, marquée à l'époque de l'incident de rejet de la SOCATRI en 2008, confirment le retour des activités vers les niveaux mesurés en amont du cours d'eau, avec un écart amont / aval constant depuis 2014 correspondant à l'influence des activités industrielles du site.

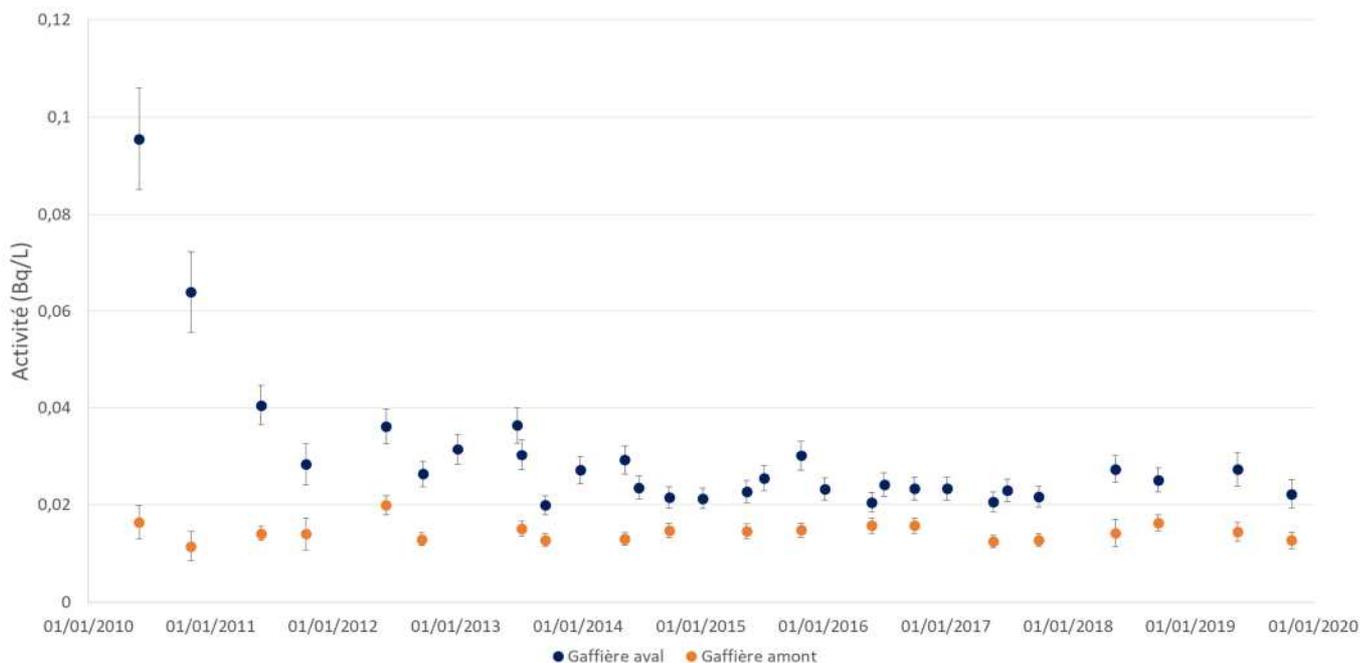


Figure 8. Activités en ^{238}U dans les eaux de la Gaffière en amont et aval du site du Tricastin

Les marquages observés historiquement sur le Lauzon (exutoire principal du site pendant de nombreuses années) n'évoluent plus depuis plusieurs années.

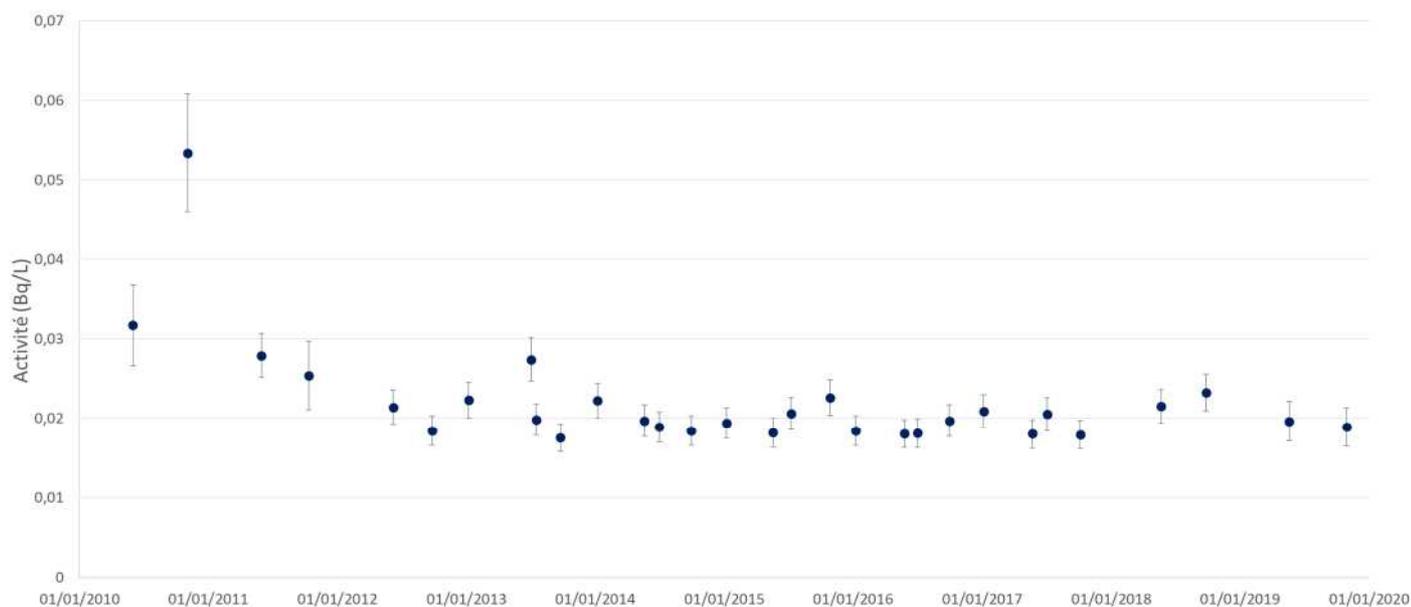


Figure 9. Activités en ^{238}U dans les eaux du Lauzon (aval du point de rejet du site du Tricastin)

La différence des activités en ^{238}U mesurées depuis 2017 dans la Gaffière entre l'amont et l'aval et les niveaux dans le Lauzon montrent l'influence du site sur son environnement. Par ailleurs, on constate que l'activité mesurée en aval dans le Lauzon est systématiquement inférieure à celle mesurée dans la Gaffière, ce qui s'explique par un phénomène de dilution par la Mayre-Girarde, qui ne comporte pas de point de rejet radiologique aujourd'hui.

Les activités mesurées en uranium dans les matières en suspension (MES) en 2019 sont cohérentes avec les activités mesurées depuis 2015. Le ratio isotopique $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ est quant à lui très proche du ratio naturel.

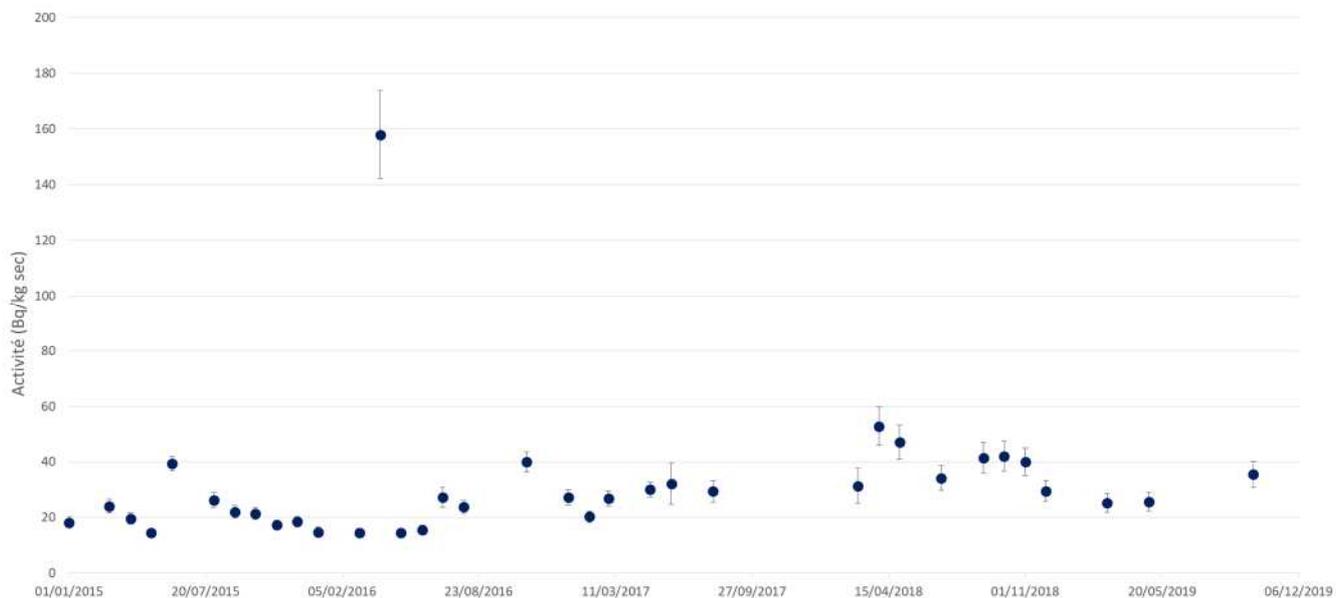


Figure 10. Activités en ^{238}U dans les MES du canal de Donzère en aval du site du Tricastin

Par ailleurs, aucune valeur significative en ^{236}U n'a été relevée. Deux valeurs significatives en $^{239+240}\text{Pu}$ et en ^{241}Am , respectivement de $3,8 \cdot 10^{-2}$ Bq/kg sec et $1,7 \cdot 10^{-1}$ Bq/kg sec ont été mesurées.

Sur le volet atmosphérique, les activités mesurées en uranium sont stables, avec une teneur $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ proche du ratio naturel (0,00724) dans les filtres analysés mensuellement. Par ailleurs, la détection systématique de ^{236}U dans l'environnement du site à des niveaux très supérieures aux microtraces naturelles de ce radionucléide montre l'influence de l'installation TU5 de dénitration de l'uranium de retraitement.

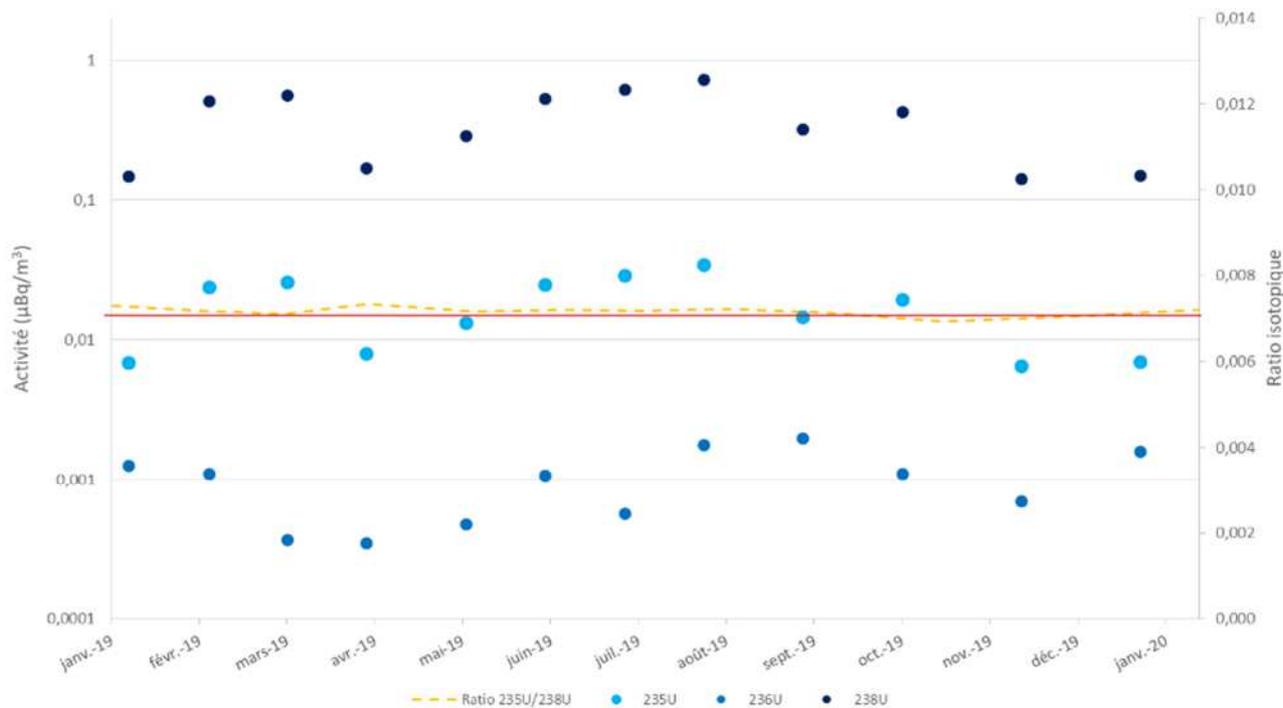


Figure 11. Activités en uranium dans les aérosols mesurés au point AS1 du CNPE du Tricastin

2.3 FRAMATOME ROMANS-SUR-ISERE

Sur son site de Romans-sur-Isère, la société Framatome exploite une unité de fabrication d'éléments combustibles pour les réacteurs de recherche (ex CERCA) et une unité de fabrication de combustibles nucléaires destinés aux réacteurs à eau légère (ex FBFC). La surveillance régulière de ce site, redéployée en 2018, repose donc essentiellement sur des analyses d'uranium.

Afin d'acquérir des données complémentaires sur le volet aquatique, une campagne de pêche (truite et barbeau) a été réalisée dans l'Isère en amont et en aval de l'installation en septembre 2019. Les activités en ^{238}U mesurées dans le barbeau fluviatile en amont et en aval sont légèrement supérieures aux valeurs hors influence. L'activité mesurée dans la truite en aval est quant à elle moins élevée et s'approche de la moyenne hors influence, ce qui pourrait s'expliquer par la différence d'espèce (mobilité, modes alimentaires...). Le ratio isotopique $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ est quant à lui très proche du ratio naturel de 0,00724.

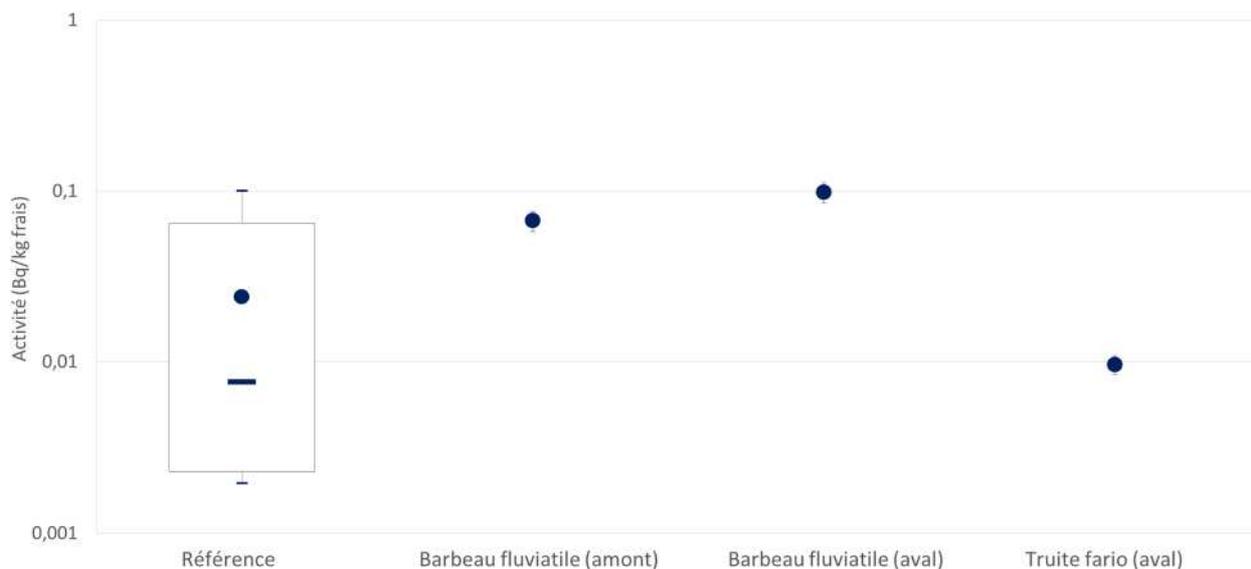


Figure 12. Activités en ^{238}U dans les poissons prélevés en amont et aval du point de rejet du site de Romans-sur-Isère

Deux campagnes de prélèvement ont été réalisées en 2019 :

- échantillons d'eau et de sédiment le 18/06/2019 ;
- échantillons d'eau et de sédiments le 16/09/2019, et de roseaux les 16 et 17/09/2019.

Les activités en uranium dans l'eau sont quasiment identiques en amont et en aval. Dans le cas des sédiments, les activités sont soit comparables, soit inférieures, ce qui pourrait être lié au taux de matières organiques présentes. Les seules matrices témoignant de l'influence du site sont les végétaux aquatiques, avec des activités de l'uranium dans les roseaux prélevés en aval deux fois plus élevées environ qu'en amont. Aucune valeur significative en ^{236}U n'a été relevée dans les indicateurs prélevés.

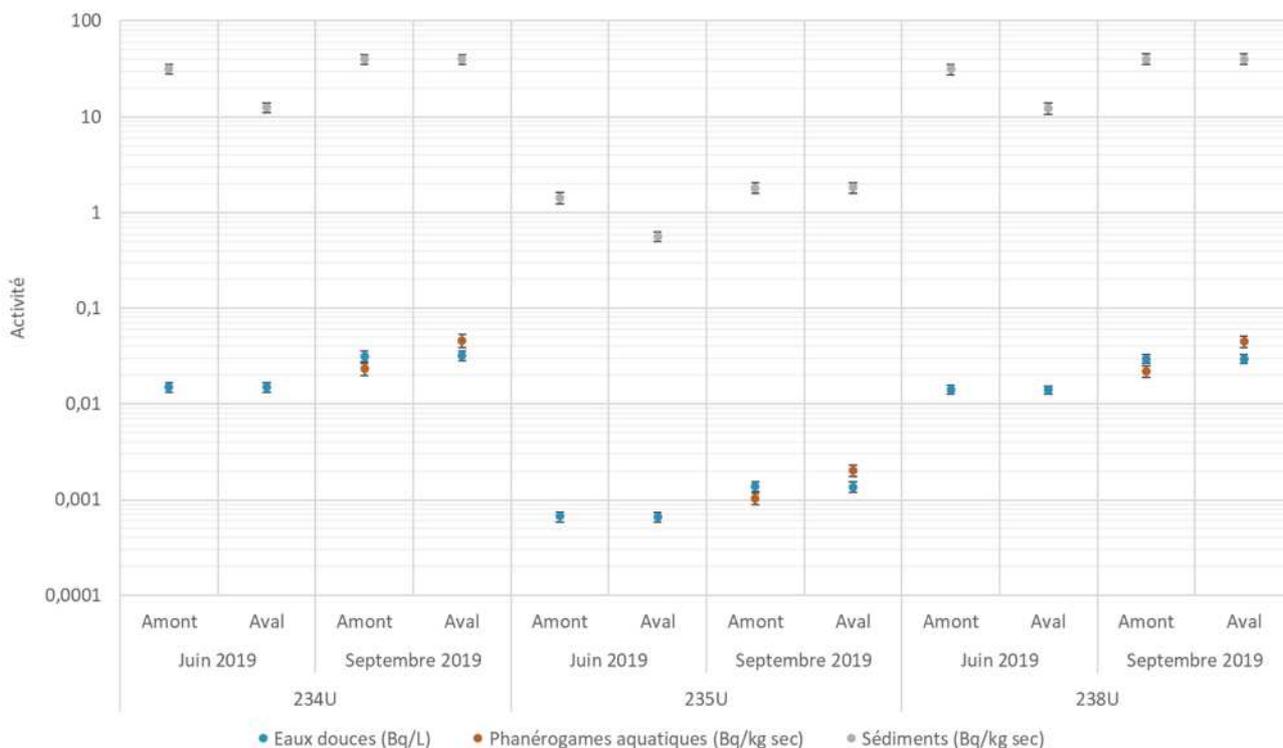


Figure 13. Activité de l'uranium dans les eaux, sédiments et végétaux aquatiques prélevés en amont et en aval du site de Romans-sur-Isère en 2019

Les ratios isotopiques $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ sont très proches de l'uranium naturel pour l'ensemble des matrices.

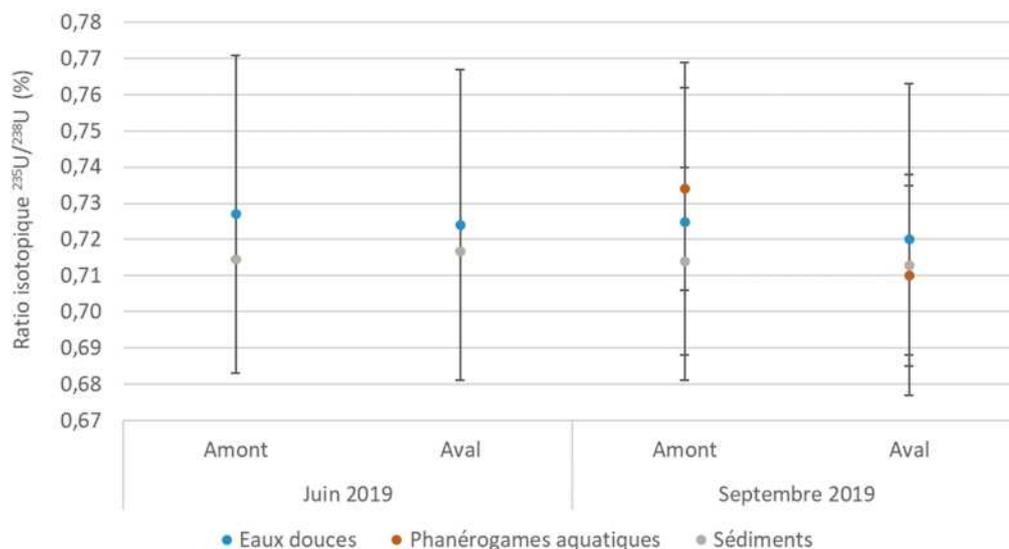


Figure 14. Ratios isotopiques $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ dans les eaux, sédiments et végétaux aquatiques prélevés en amont et en aval du site de Romans-sur-Isère en 2019

Les niveaux observés en ^{137}Cs dans les sédiments en amont et en aval sont de l'ordre de 3 à 4 Bq/kg sec, de l'ordre de grandeur des niveaux observés hors influence des installations nucléaires.

Sur le volet terrestre, les prélèvements d'herbes au sud du site ne mettent pas en évidence de mesure atypique liée à l'uranium mis en œuvre sur le site.

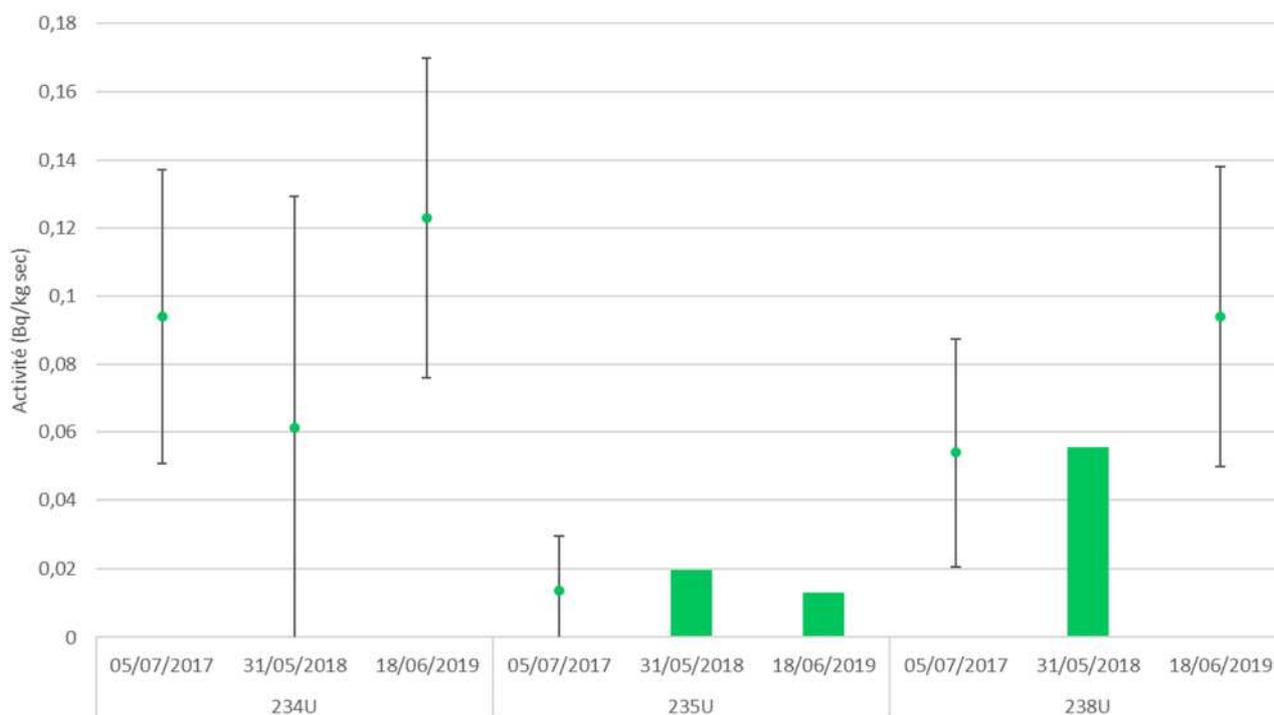


Figure 15. Activités en uranium mesurées dans les prélèvements d'herbe à proximité de Romans-sur-Isère

L'installation des préleveurs d'aérosols et d'eau de pluie prévus initialement en 2018 ont eu lieu au premier semestre 2021.

CNPE EDF

3.1 ELEMENTS GENERAUX

Compartiments atmosphérique et terrestre

Seules deux détections de radionucléides artificiels ont eu lieu en 2019 sur les prélèvements d'aérosols à proximité immédiate des CNPE, à Cruas :

Tableau 7. Radionucléides artificiels mesurés significativement sur les filtres aérosols prélevés à proximité immédiate des CNPE

CNPE	Date de prélèvement	Radionucléide	Activité
Cruas	23/04/2019	^{110m}Ag	$4 \pm 1,2 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$
Cruas	15/07/2019	^{58}Co	$11,4 \pm 2,3 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$

L'analyse mensuelle du tritium dans l'eau de pluie réalisée sur tous les CNPE montre une faible dispersion des activités et un niveau proche du bruit de fond hors influence, autour de 1 Bq/L. Il est à noter que sur les sites du Bugey, de Fessenheim et de Saint-Laurent-des-Eaux, aucune valeur significative n'a été mesurée en 2019.

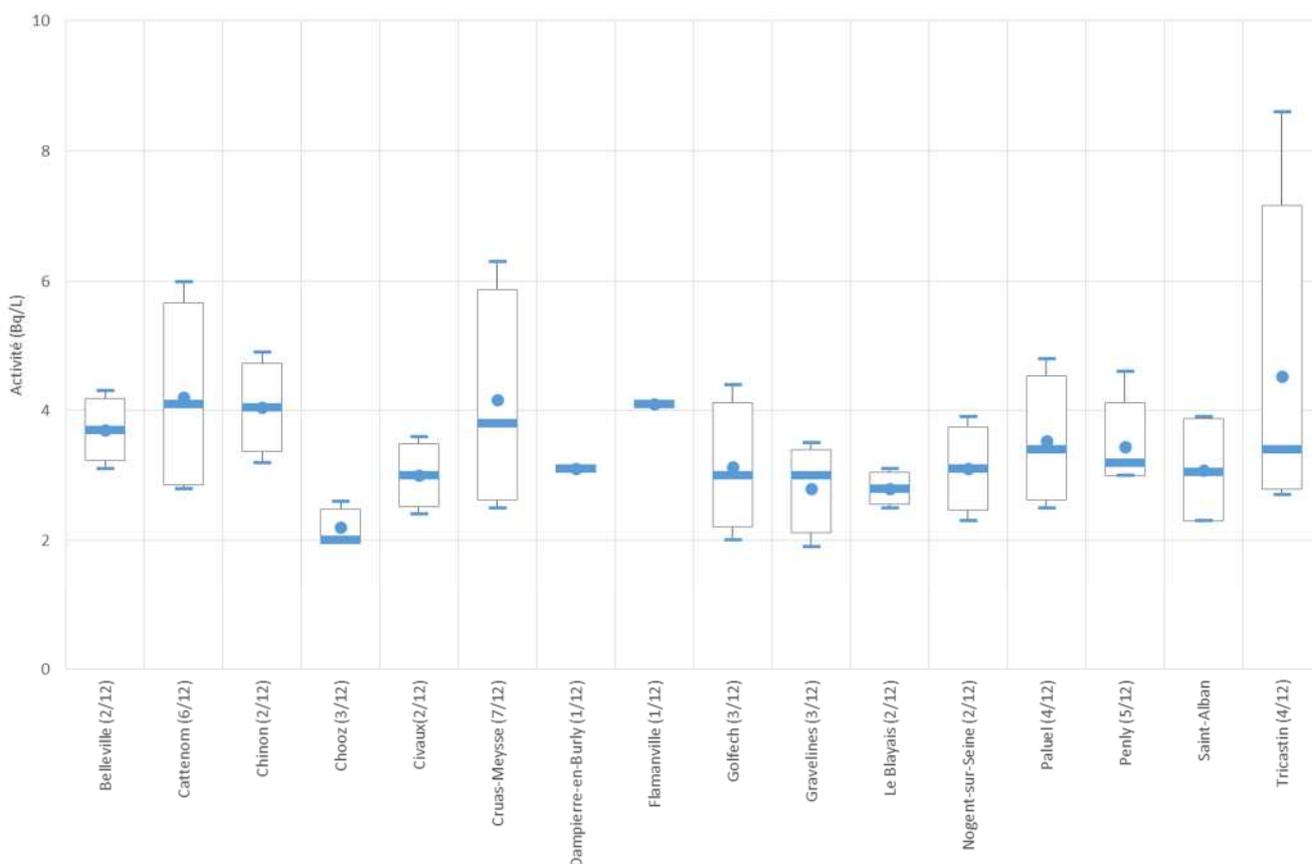


Figure 16. Gammes d'activités mensuelles du ^3H dans les eaux de pluies prélevées sur les CNPE EDF en 2019

L'influence des rejets atmosphériques des CNPE est également susceptible d'être décelée via les analyses réalisées dans les indicateurs biologiques, telles que le ^{14}C dans les céréales ou le ^3H dans les légumes à feuilles. En 2019, aucun prélèvement

de blé ou de légume feuille réalisé à proximité d'un CNPE n'a présenté d'activité en ^{14}C significativement différente des niveaux habituellement observés en France hors influence.

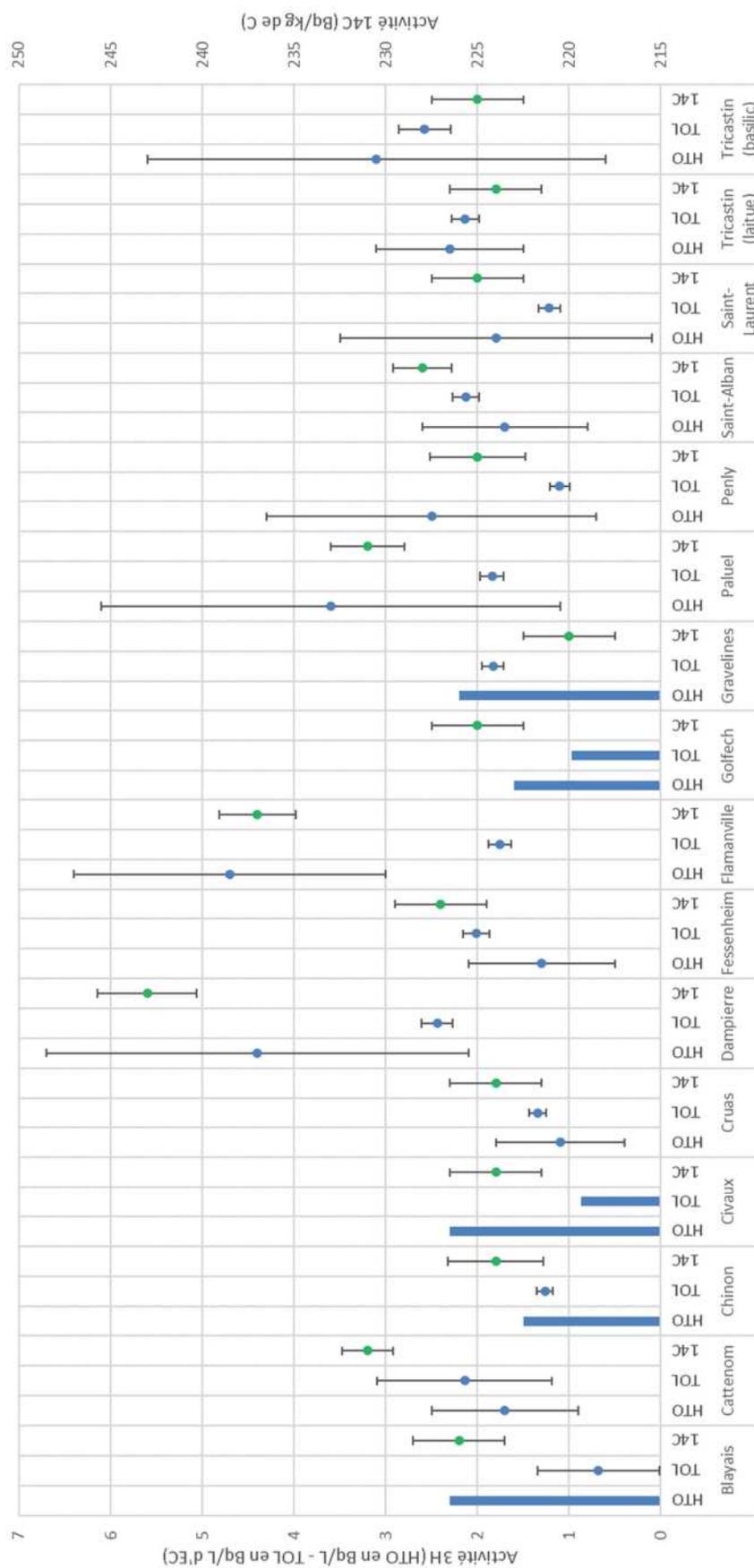


Figure 17. Activités en ^3H (HTO et TOL) et ^{14}C dans les légumes feuilles prélevés à proximité des CNPE EDF

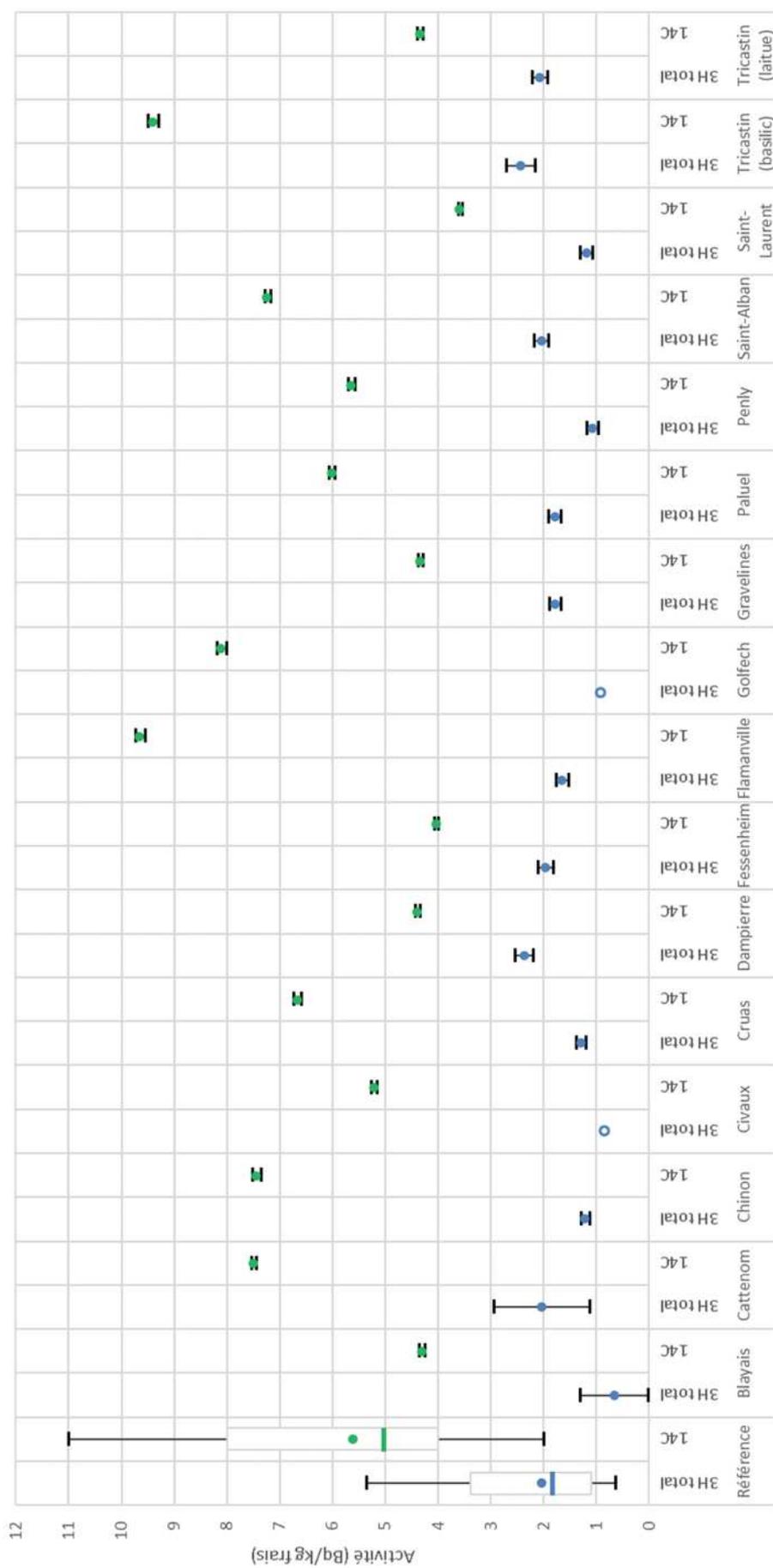


Figure 18. Activités en ^3H total et ^{14}C en Bq/kg frais dans les légumes feuilles prélevés à proximité des CNPE EDF

Compartiment aquatique

Le tritium, radionucléide dont l'activité est majoritaire dans le spectre de rejet des CNPE EDF par voie liquide, fait l'objet d'une surveillance mensuelle⁸ en aval des sites. Les chroniques ainsi obtenues permettent de suivre l'évolution au sein d'un même bassin versant mais également de réaliser des gammes d'activités pour chaque site. La figure ci-dessous montre la dispersion de l'activité en tritium en fonction du site et du cours d'eau récepteur pour l'année 2019. On note que les valeurs peuvent varier du fait des rejets et du régime hydraulique jusqu'à un facteur 15 au cours de l'année pour un même CNPE et d'un facteur 10 pour la moyenne annuelle des sites.

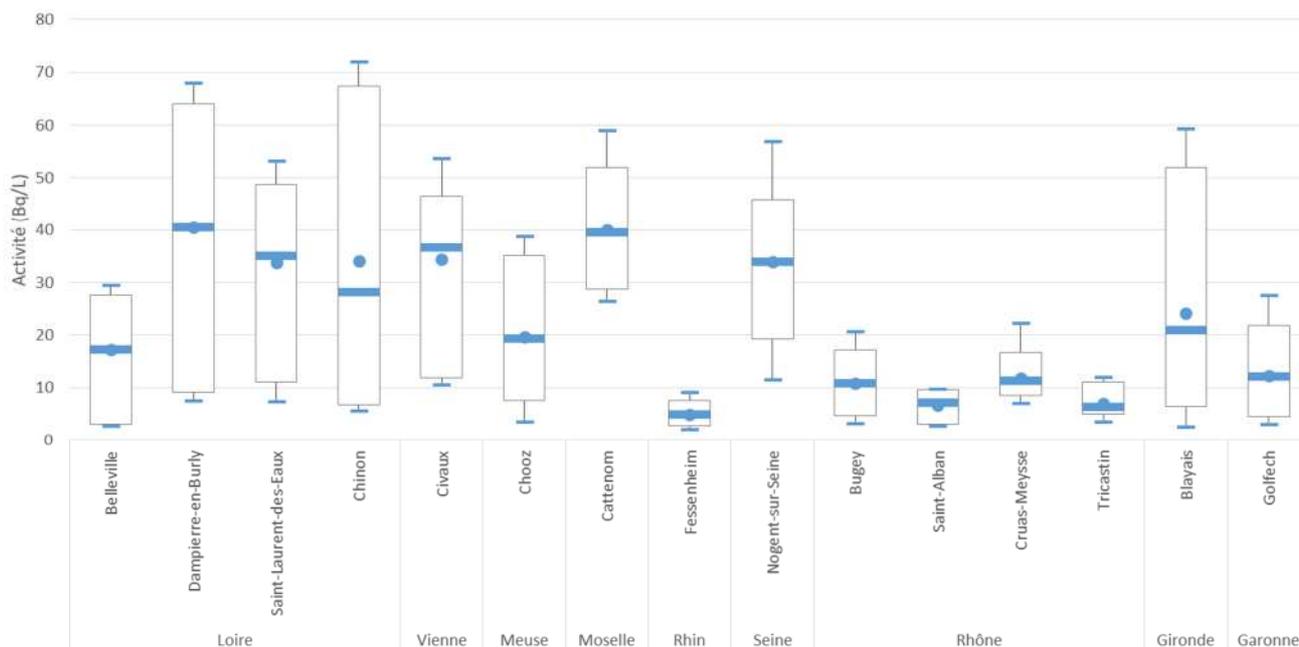


Figure 19. Gammes d'activités en ^3H dans les eaux douces et estuariennes prélevées en aval des CNPE EDF en 2019

Il convient sur ce point de noter que les gammes d'activités en tritium sont non seulement influencées par les conditions de rejet des CNPE, mais également par la topographie et le régime hydraulique des milieux de rejets, et n'a donc pas de lien univoque avec ceux-ci.

Les graphiques ci-dessous présentent les rejets liquides pour les principaux radionucléides observés en aval des CNPE EDF. On peut observer en 2019 une bonne corrélation avec l'évolution des niveaux d'activités observés au cours du temps (^{137}Cs à Chooz et à Cattenom ou ^{60}Co à Cattenom par exemple, présentant les plus fortes activités observées historiquement sur ce site).

⁸ Cette fréquence est devenue quasi-hebdomadaire à partir du 01/01/2020, avec un échantillon par période de 6 jours : 1 au 6, 7 au 13, 14 au 20, 20 au 27, 27 au dernier jour du mois, sauf pour Blayais (4 échantillons par mois).

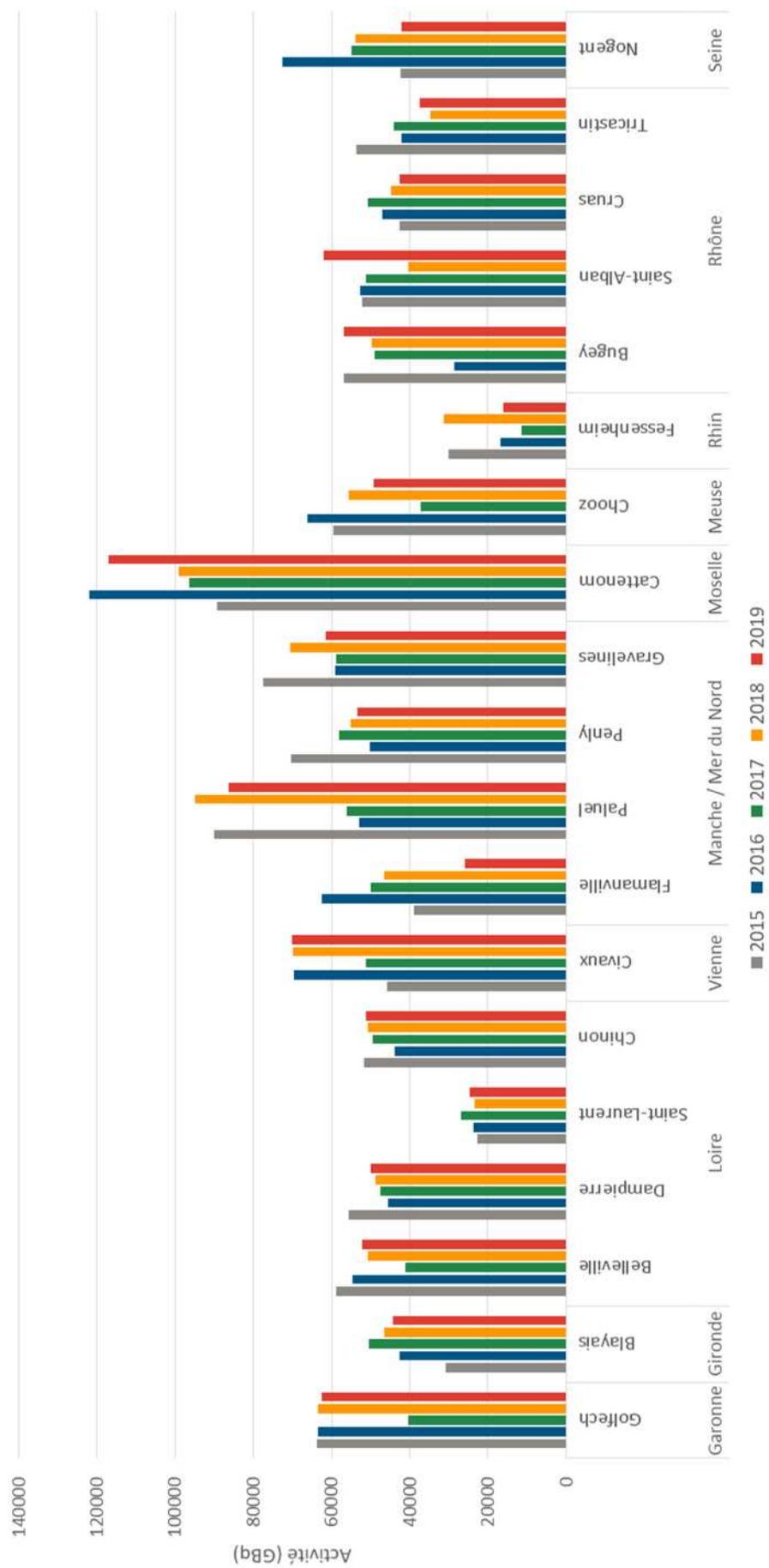


Figure 20. Activité ^3H dans les rejets liquides des CNPE EDF pour la période 2015-2019

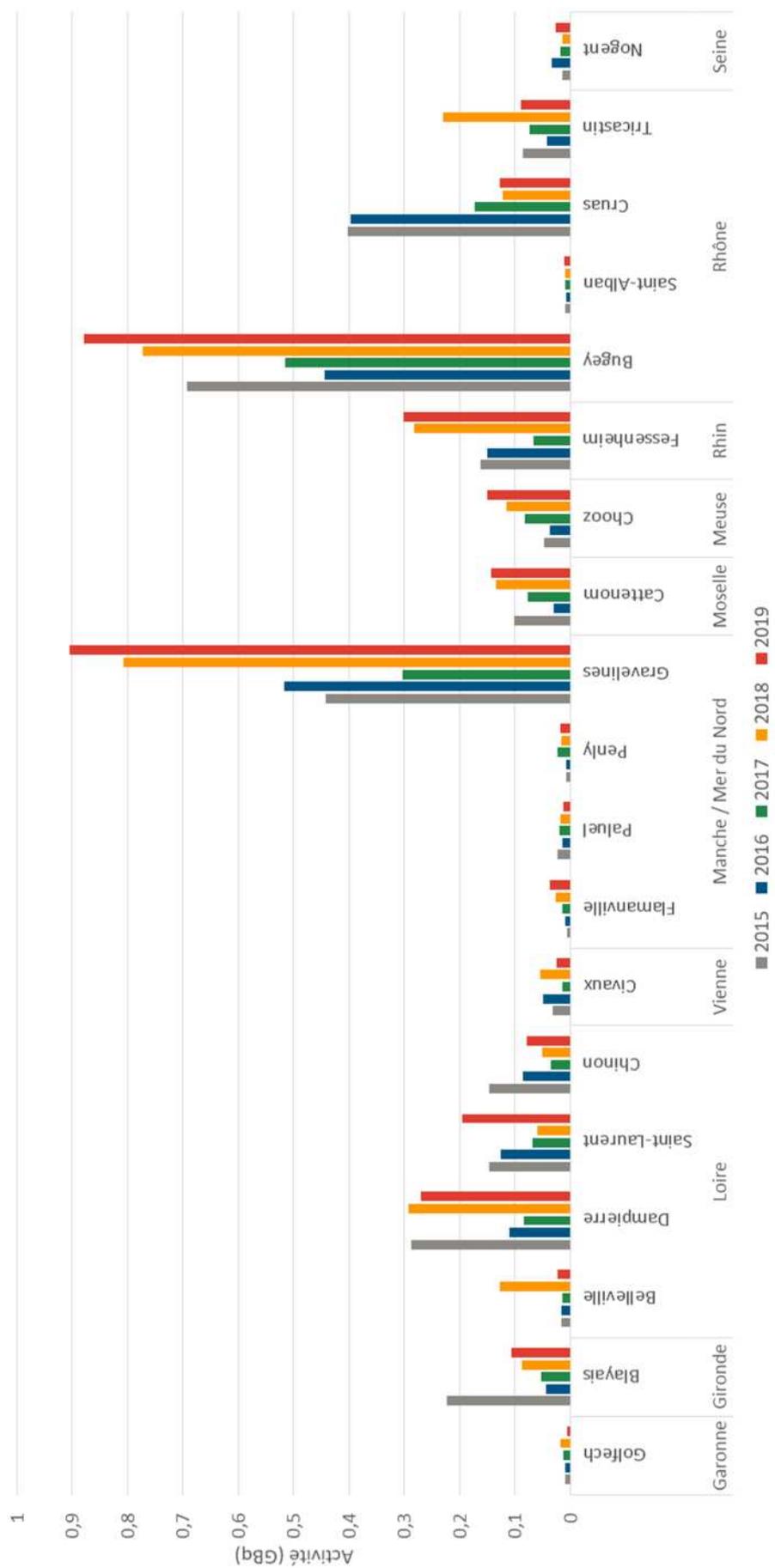


Figure 21. Activité ^{110m}Ag dans les rejets liquides des CNPE EDF pour la période 2015-2019

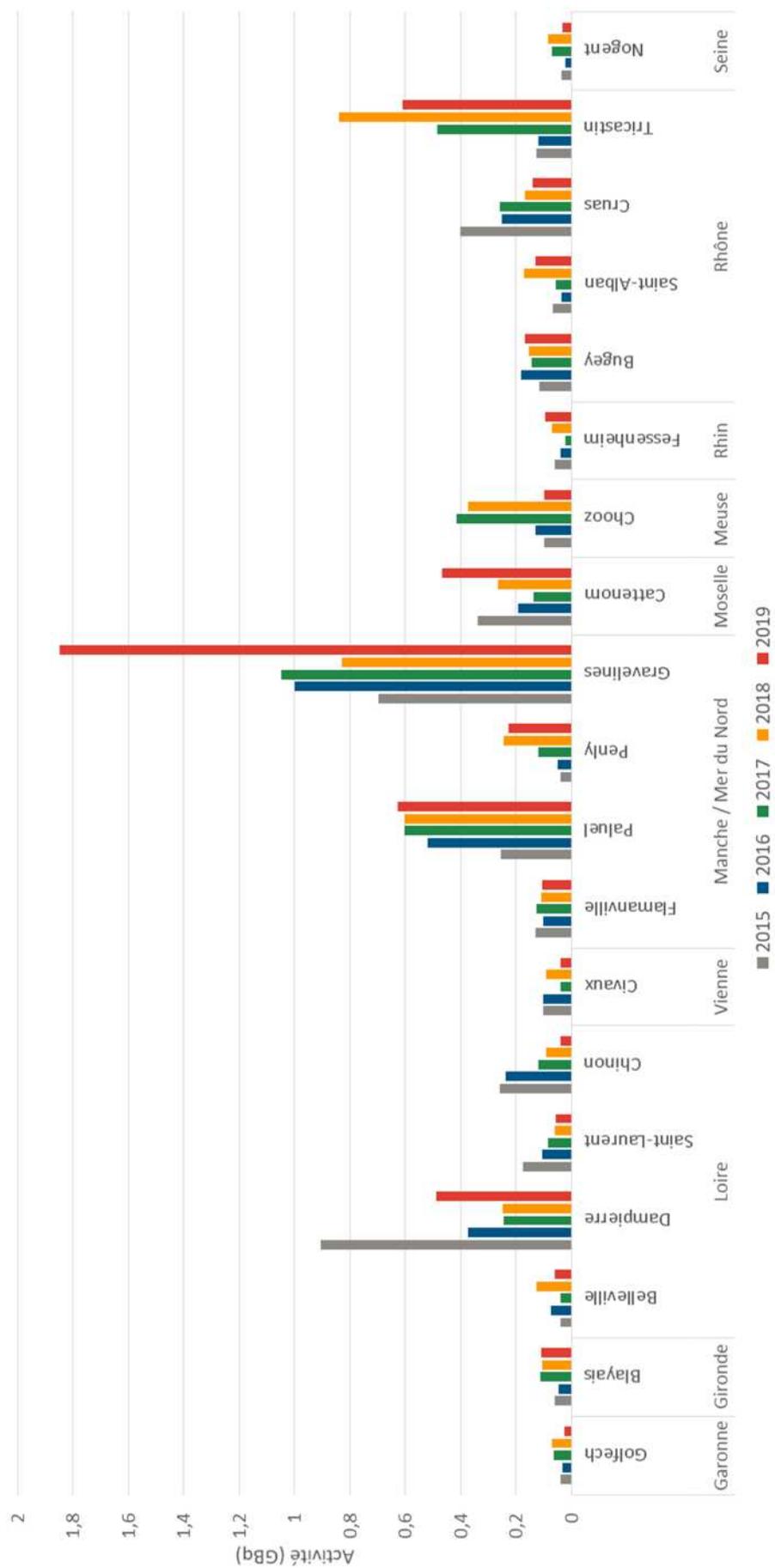


Figure 22. Activité ⁶⁰Co dans les rejets liquides des CNPE EDF pour la période 2015-2019

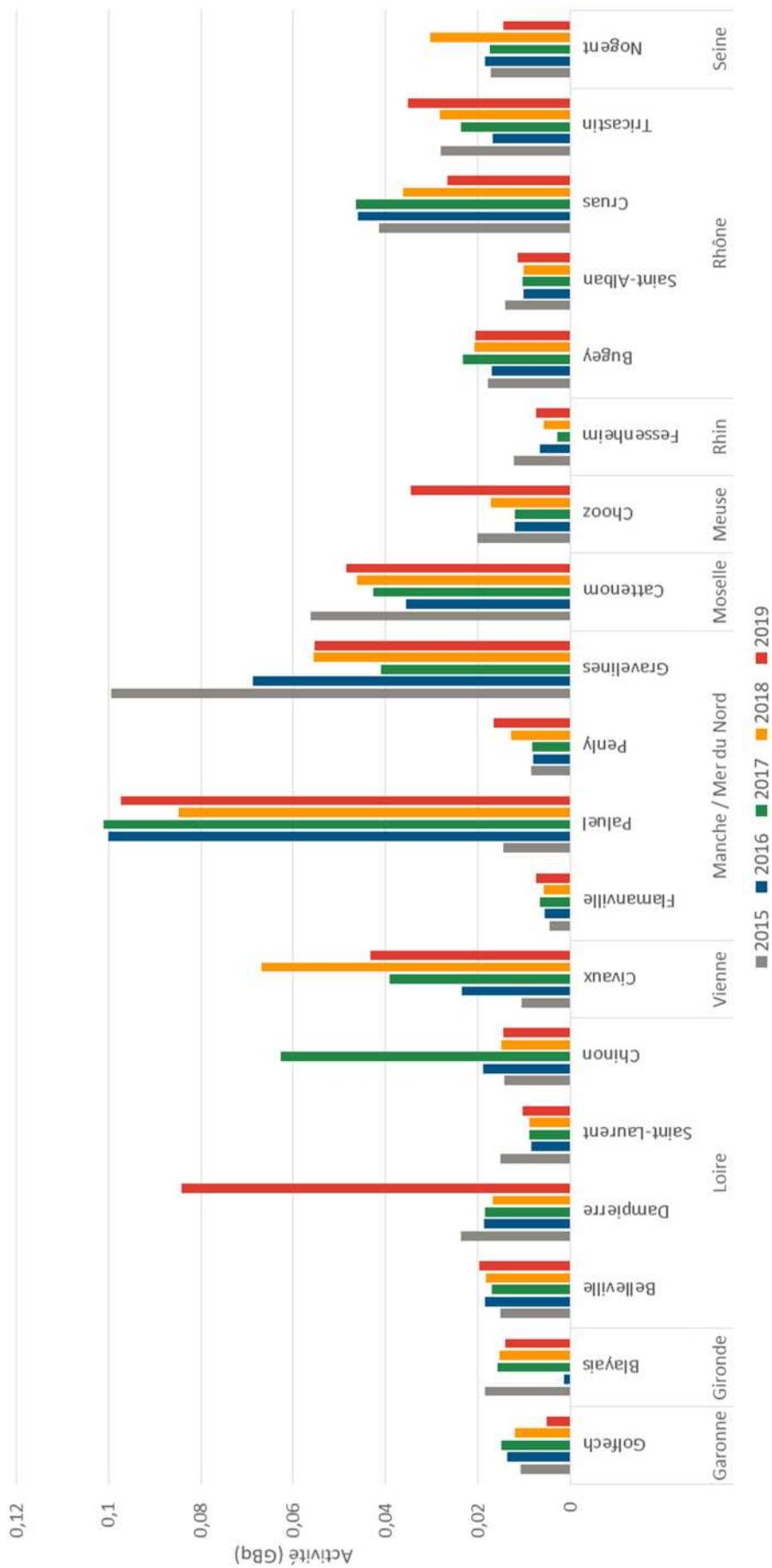


Figure 23. Activité ¹³⁷Cs dans les rejets liquides des CNPE EDF pour la période 2015-2019

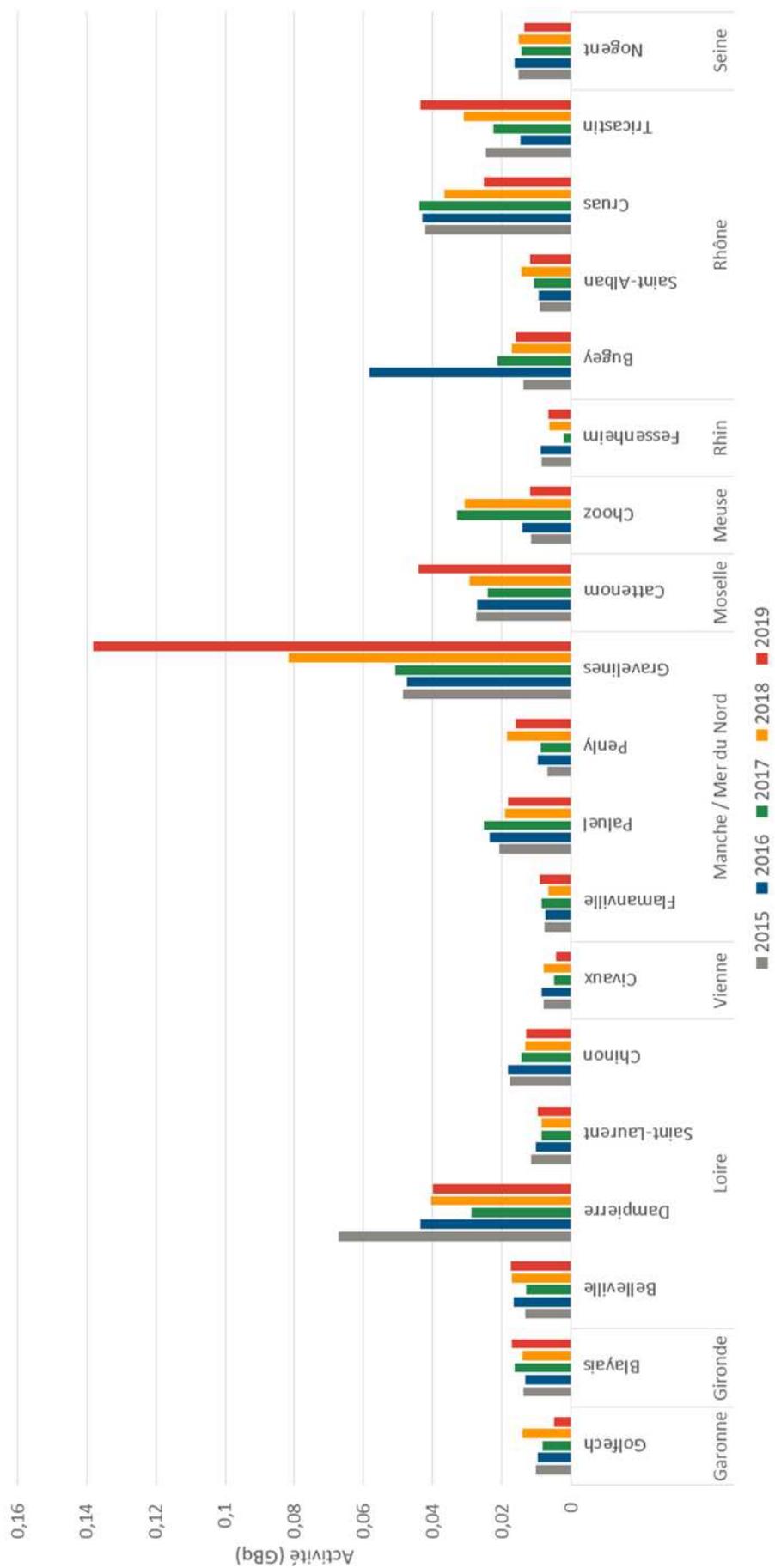


Figure 24. Activité ⁵⁴Mn dans les rejets liquides des CNPE EDF pour la période 2015-2019

3.2 GARONNE / ESTUAIRE DE LA GIRONDE

Deux CNPE sont traités dans ce paragraphe :

- le CNPE de Golfech, situé dans le département du Tarn-et-Garonne, au bord de la Garonne ;
- le CNPE du Blayais, situé dans le département de la Gironde, dans l'estuaire de la Gironde.

Aucune valeur anormalement élevée n'a été relevée durant l'année 2019 pour ces deux installations. On peut notamment retenir les points suivants :

- les valeurs en ^{137}Cs dans les matières en suspension sont cohérentes avec celles observées dans les cours d'eau du reste du territoire français ;

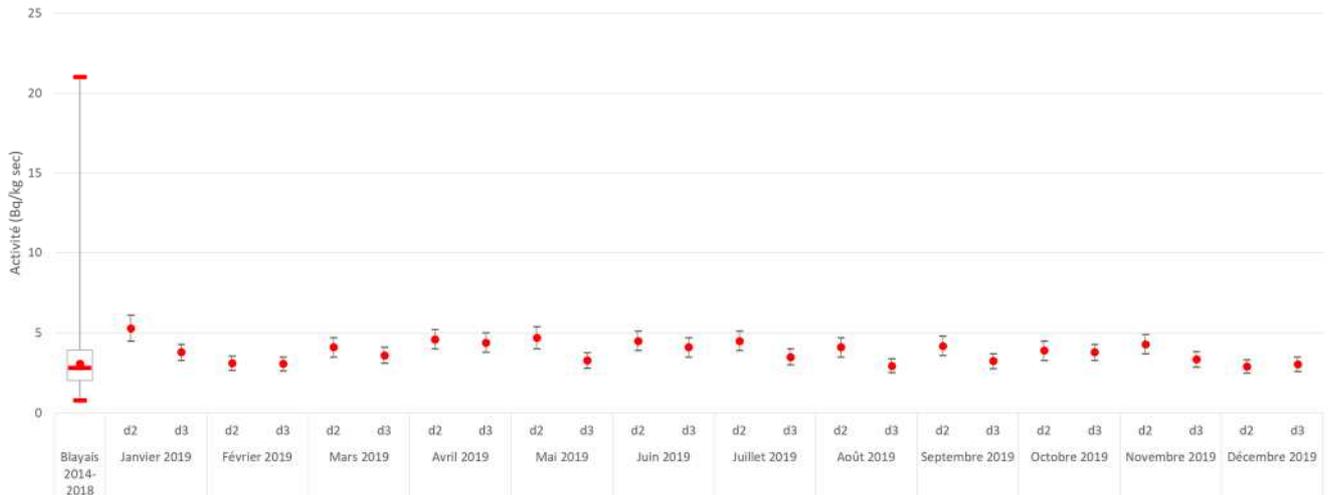


Figure 25. Activités en ^{137}Cs dans les MES prélevées en aval du CNPE du Blayais

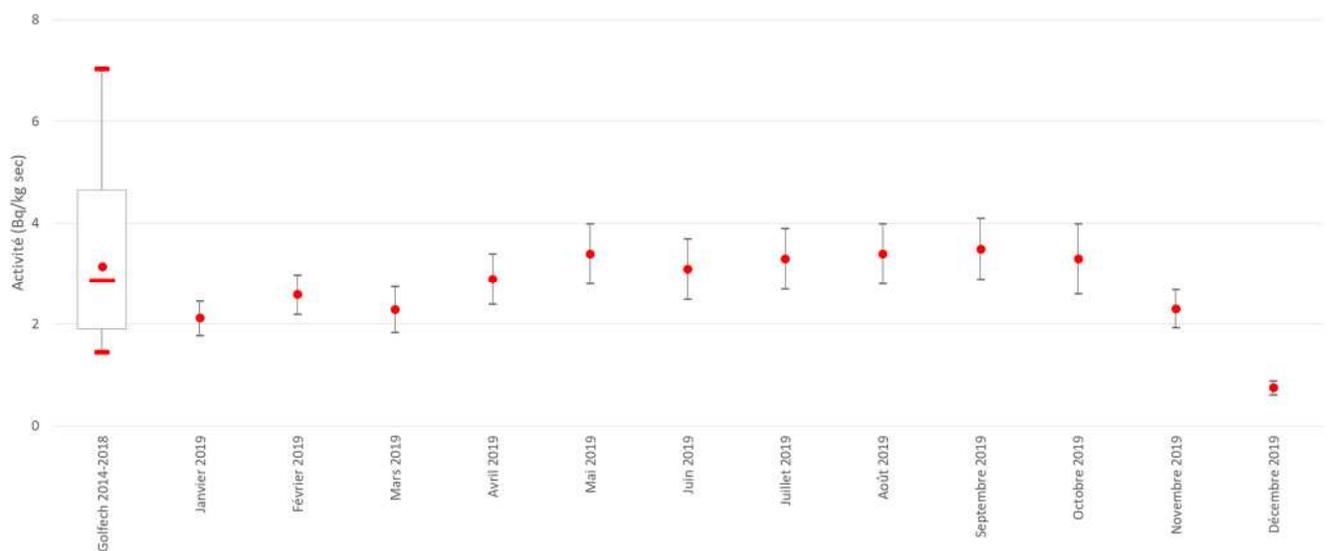


Figure 26. Activités en ^{137}Cs dans les MES prélevées en aval du CNPE de Golfech

- comme en juillet 2018, une valeur significative a été relevée en ^{60}Co dans les matières en suspension en aval du CNPE de Golfech au mois d'août 2019. Bien que la valeur soit faible (0,84 Bq/kg sec), on peut noter qu'il ne s'agit que de la quatrième valeur significative relevée sur les 10 dernières années en aval du CNPE de Golfech. Cependant, ce phénomène se répète depuis trois années consécutives (novembre 2017, juillet 2018 et août 2019) ;
- les valeurs en ^3H dans l'eau sont stables depuis 10 ans. Les valeurs plus élevées au Blayais qu'en aval de Golfech s'expliquent par le positionnement des hydrocollecteurs : situés en aval à plusieurs kilomètres du point de rejet pour

Golfech, et dans l'ouvrage de rejet pour le Blayais (un appareil en ouvrage d2 pour les réacteurs 1 et 2 et un autre appareil en ouvrage d3 pour les réacteurs 3 et 4).

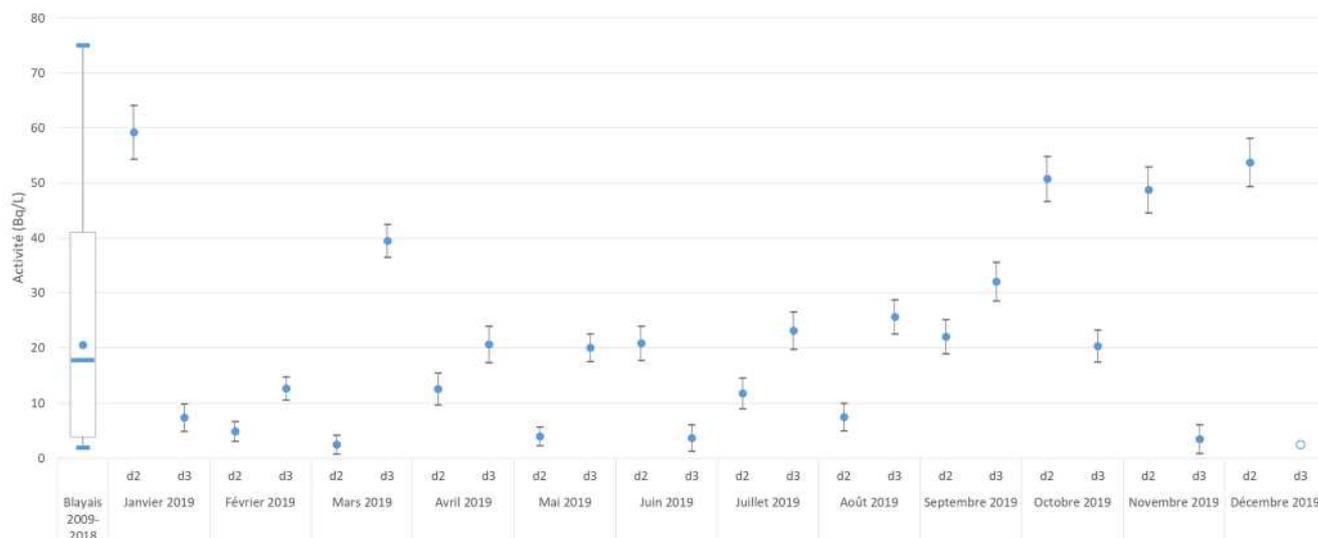


Figure 27. Activités en ³H dans l'eau prélevée en aval du CNPE du Blayais

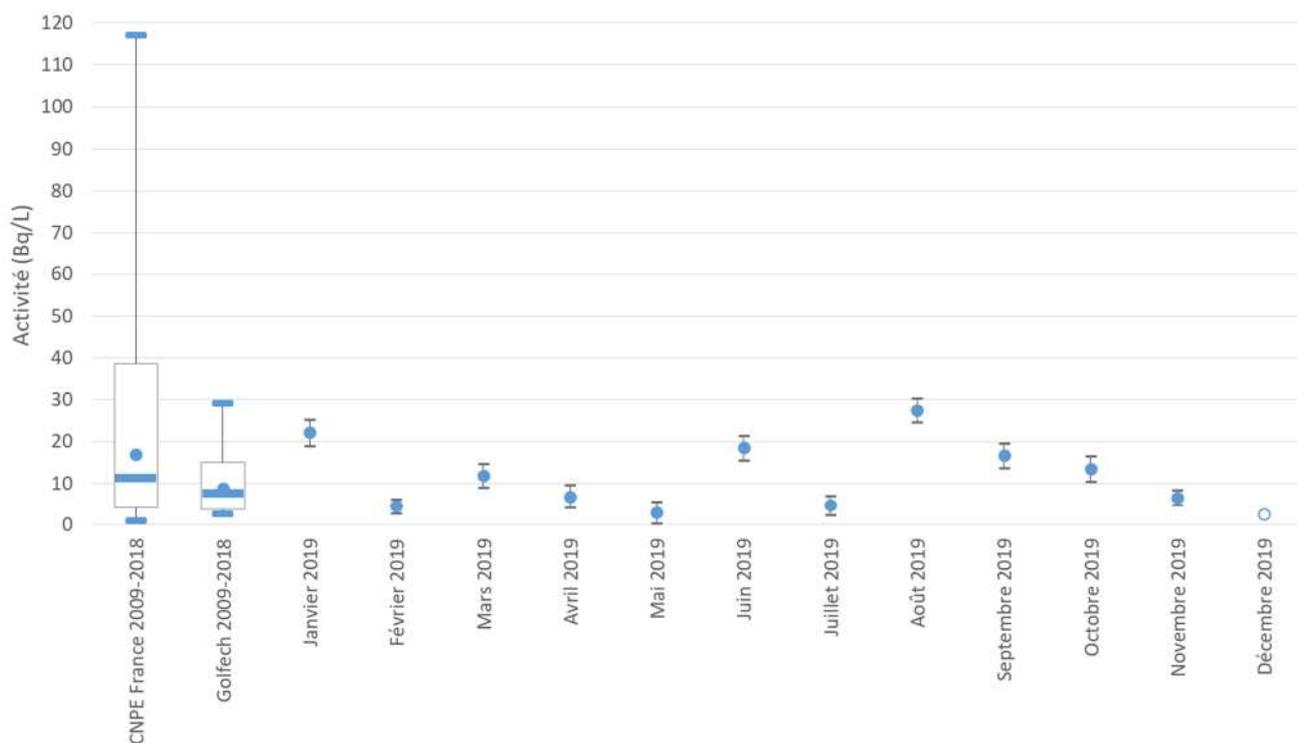


Figure 28. Activités en ³H dans l'eau prélevée en aval du CNPE de Golfech

3.3 LOIRE ET VIENNE

La Loire compte 4 CNPE, localisés entre La Celle-sur-Loire et Chinon (d'amont en aval Belleville-sur-Loire, Dampierre-en-Burly, Saint Laurent-des-Eaux et Chinon, localisé en amont immédiat de la confluence de la Vienne et la Loire). La Vienne alimente quant à elle la centrale de Civaux, située en amont de Châtellerault.

Les analyses réalisées sur les prélèvements de MES récoltées en aval des différents sites mettent essentiellement en lumière la présence de produits d'activation (^{60}Co et ^{110m}Ag) et de produits de fission (^{137}Cs). Si les premiers sont attribuables au fonctionnement des installations, le césium, dans les gammes où il est mesuré, correspond essentiellement à de la rémanence. Sur le volet aquatique, le ^3H est le seul radionucléide mesuré significativement.

Le ^{137}Cs est quasiment systématiquement détecté quel que soit le site. En 2019, on observe une cohérence des résultats d'amont en aval sur la Loire, avec des valeurs très peu fluctuantes qui varient entre 1 et 8 Bq/kg sec et en moyenne d'un facteur 4 au cours de l'année quel que soit le CNPE. On note également que celles-ci se trouvent toujours dans la gamme de mesure des 5 dernières années de la chronique du site. Pour la Vienne, comme pour la Loire, l'homogénéité et la cohérence des données tout au long du cours d'eau et de l'année laissent à penser que l'origine du ^{137}Cs mesuré est essentiellement liée à la remise en suspension de dépôts issus de l'accident de Tchernobyl.

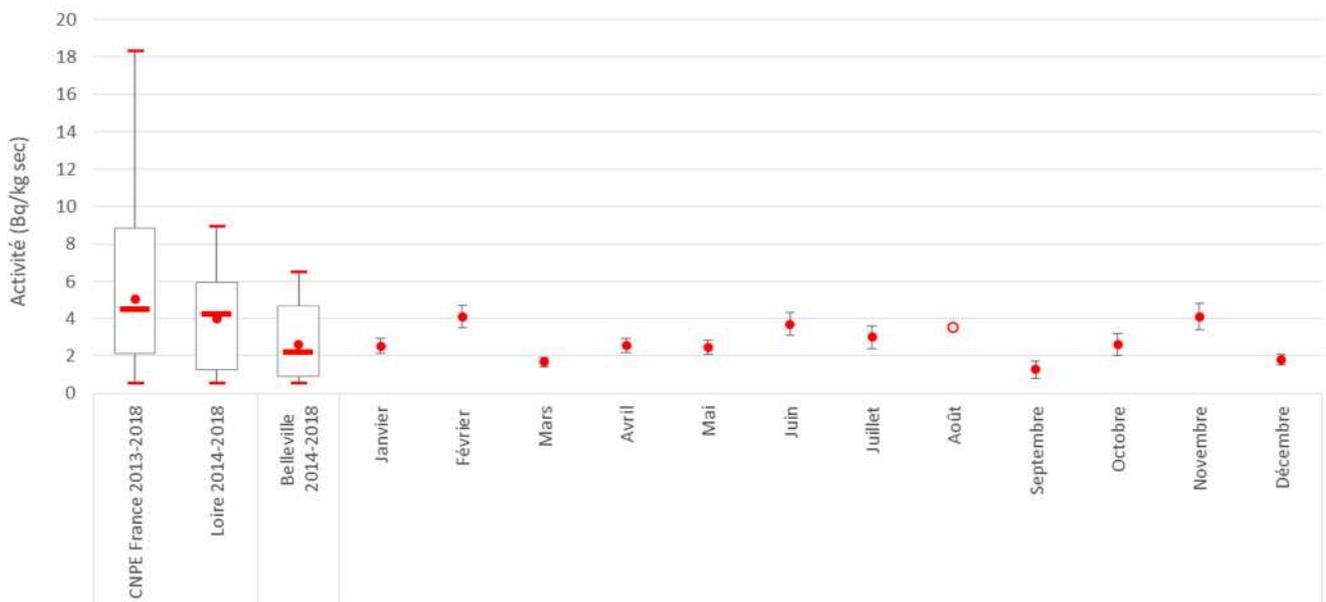


Figure 29. Activités en ^{137}Cs mesurées dans les MES prélevées en aval du CNPE de Belleville

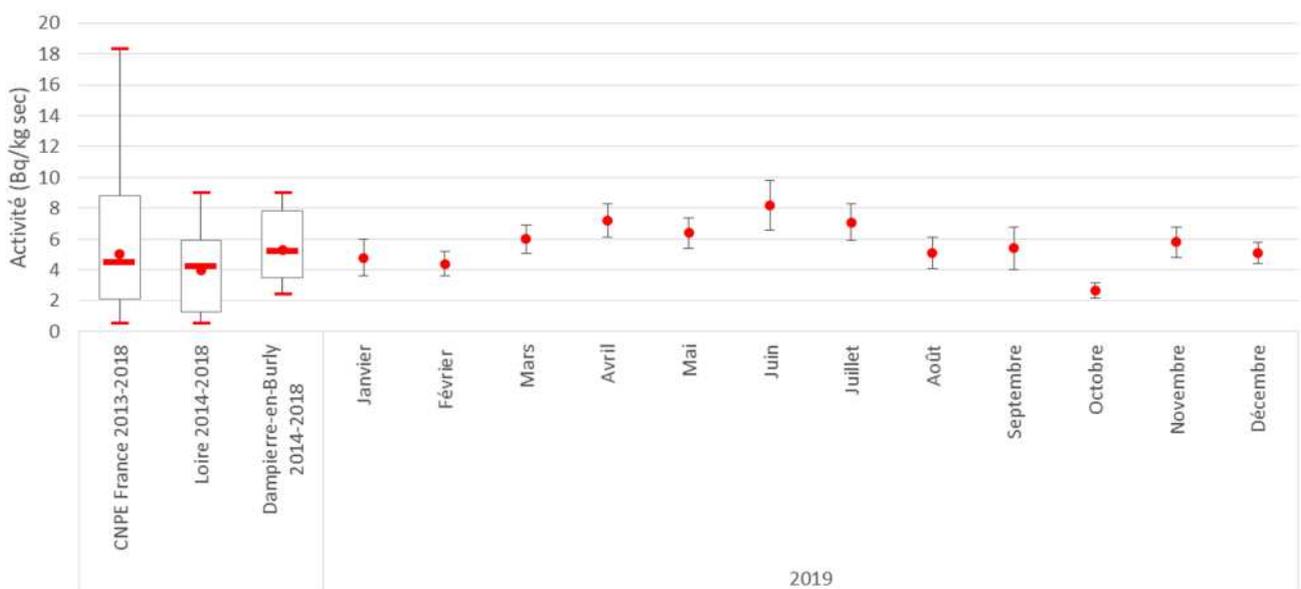


Figure 30. Activités en ^{137}Cs mesurées dans les MES prélevées en aval du CNPE de Dampierre

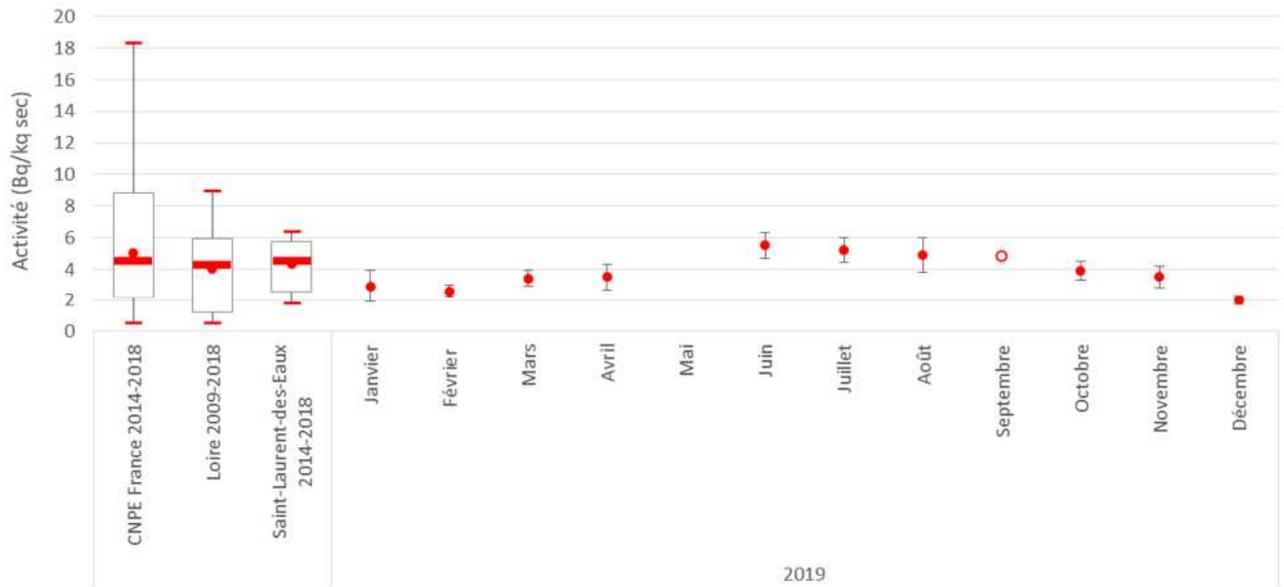


Figure 31. Activités en ^{137}Cs dans les MES prélevées en aval du CNPE de Saint-Laurent

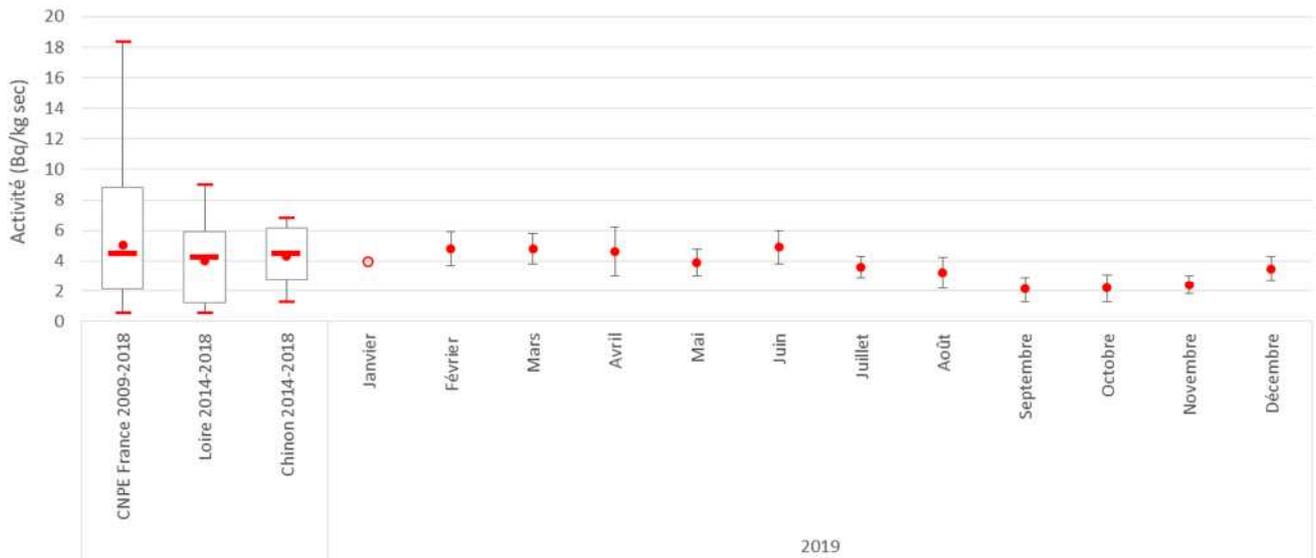


Figure 32. Activités en ^{137}Cs dans les MES prélevées en aval du CNPE de Chinon

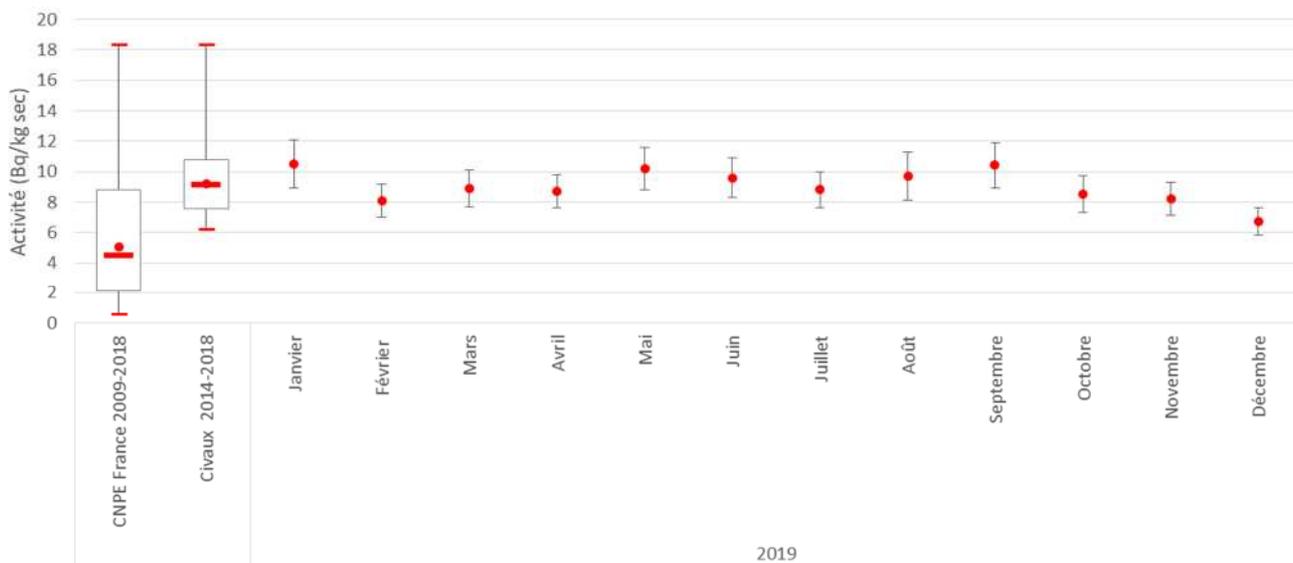


Figure 33. Activités en ¹³⁷Cs dans les MES prélevées en aval du CNPE de Civaux

Le ⁶⁰Co n'est jamais détecté en aval de Belleville. Il l'est par contre systématiquement en aval de Dampierre, dans 50 % des cas à Saint-Laurent-des-Eaux et 30 % à Chinon. Ceci porte à croire que les activités mesurées en aval de ces deux derniers, dont les rejets sont 5 fois moins importants que pour le CNPE de Dampierre, doivent être impactés par l'amont (cf. figures ci-dessous). En outre, les activités observées en 2019 pour ce radionucléide sont supérieures à celles mesurées les années précédentes.

A *contrario*, les détections significatives de ⁶⁰Co en aval du site de Civaux en 2019 ont été épisodiques et d'un niveau plus faible que les précédentes années.

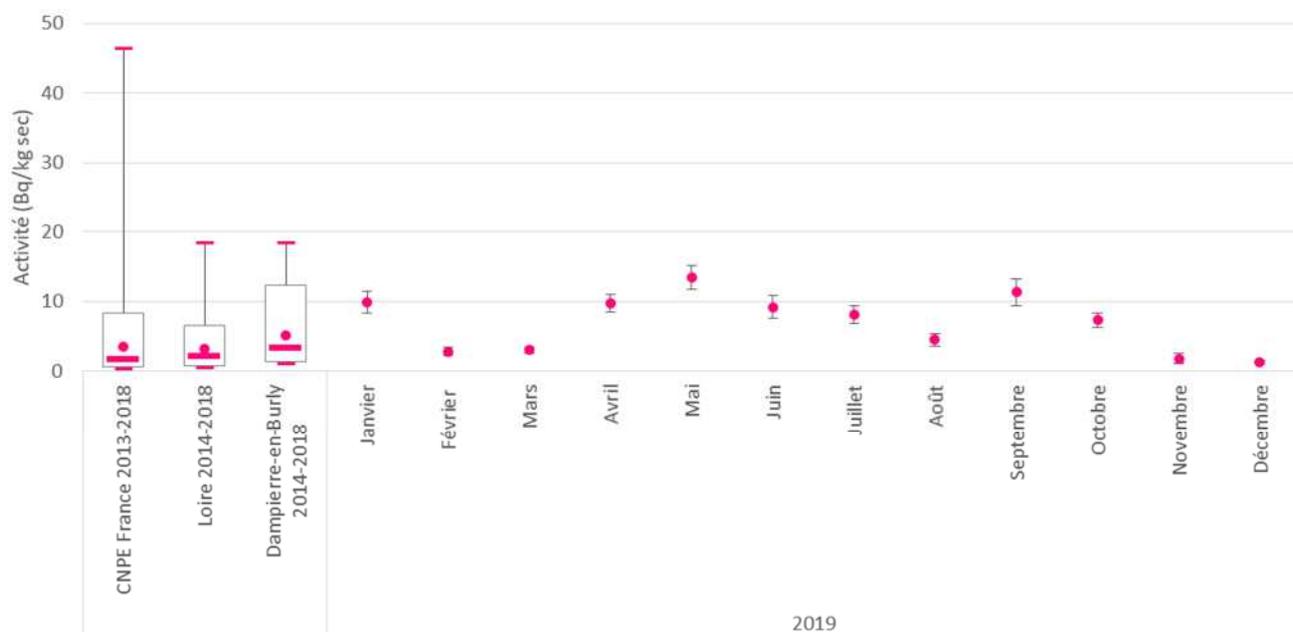


Figure 34. Activités en ⁶⁰Co mesurées dans les MES prélevées en aval du CNPE de Dampierre

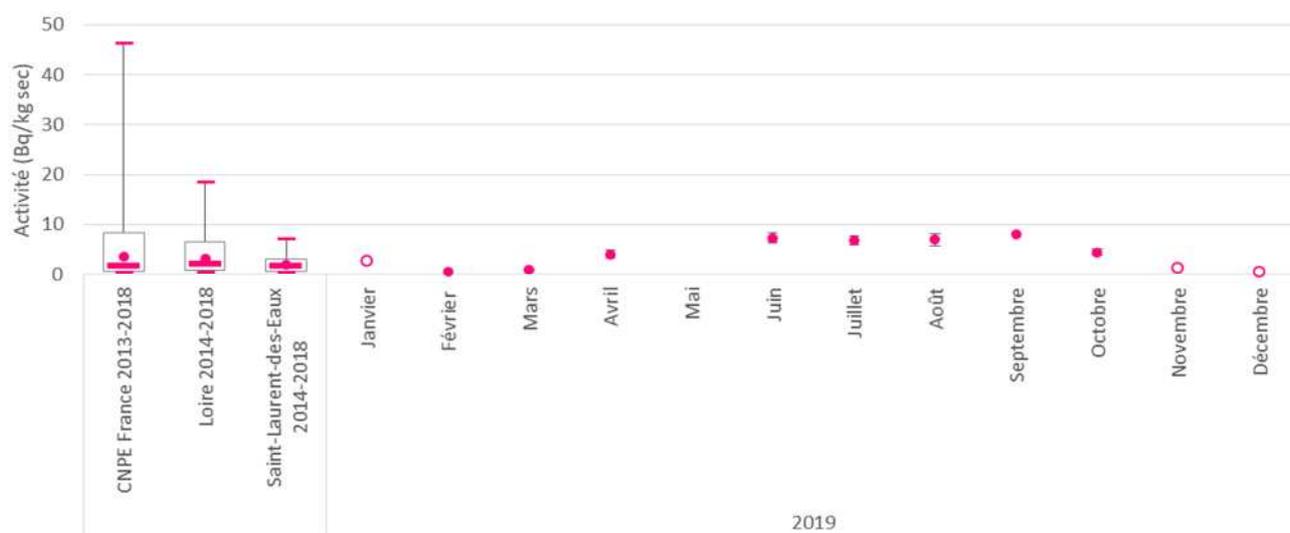


Figure 35. Activités en ⁶⁰Co mesurées dans les MES prélevées en aval du CNPE de Saint-Laurent

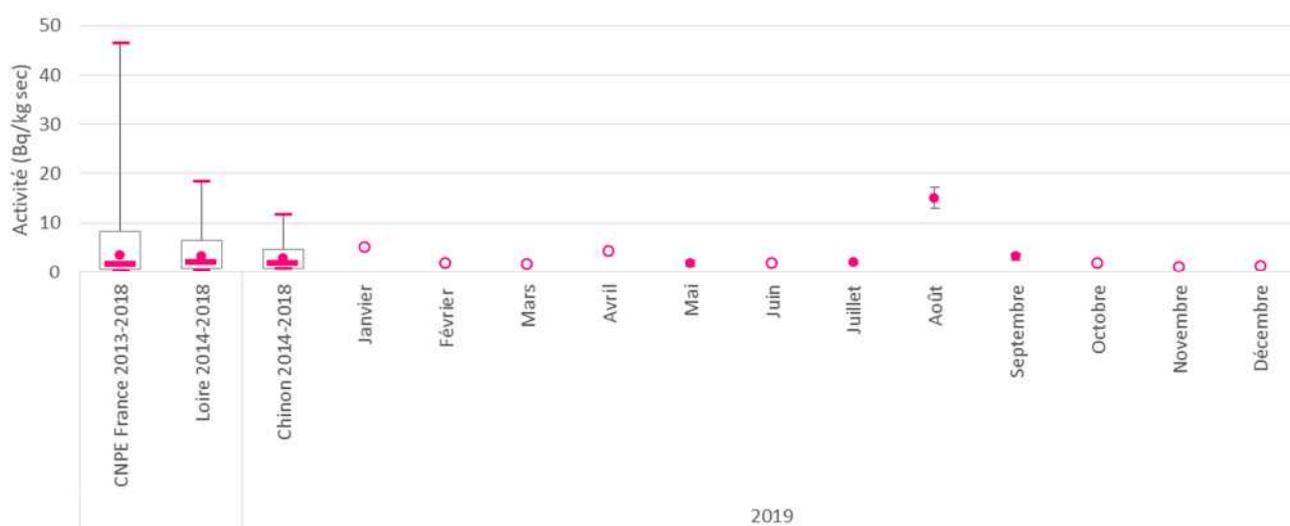


Figure 36. Activités en ⁶⁰Co mesurées dans les MES prélevées en aval du CNPE de Chinon

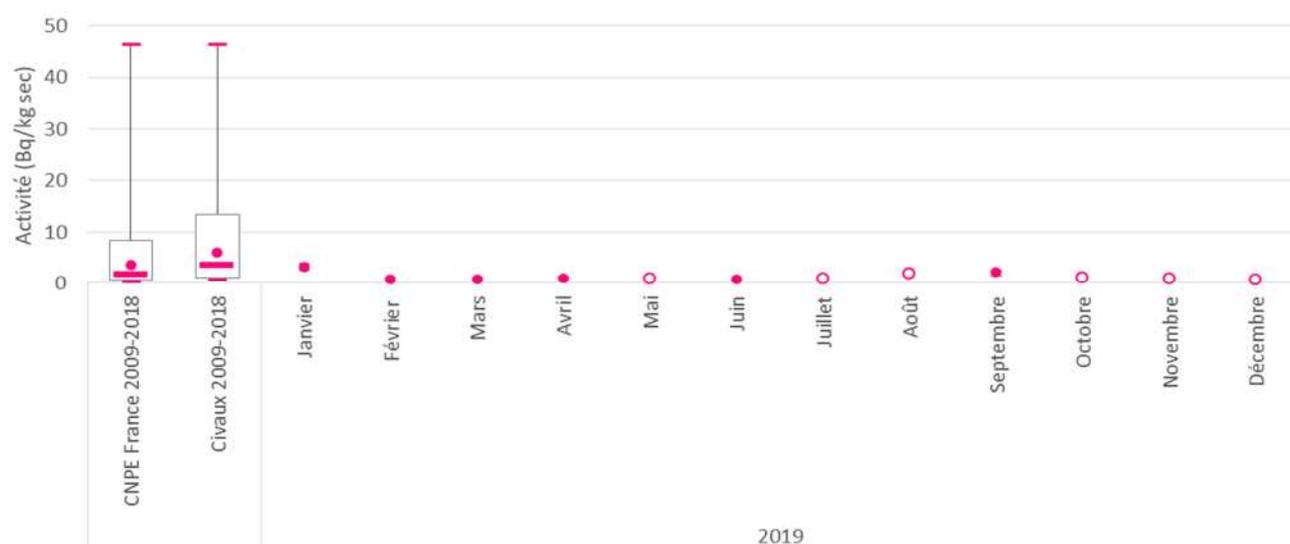


Figure 37. Activités en ⁶⁰Co mesurées dans les MES prélevées en aval du CNPE de Civaux

Les résultats en ^{110}mAg ne présentent de valeurs significatives qu'en aval des sites de Dampierre et Saint-Laurent-des-Eaux, avec des niveaux ponctuellement bien plus élevés que les années précédentes, notamment sur ce dernier. On observe dans le cas de ce radionucléide l'apport respectif de chacun des deux CNPE, qui n'est cependant plus détecté au niveau de Chinon.

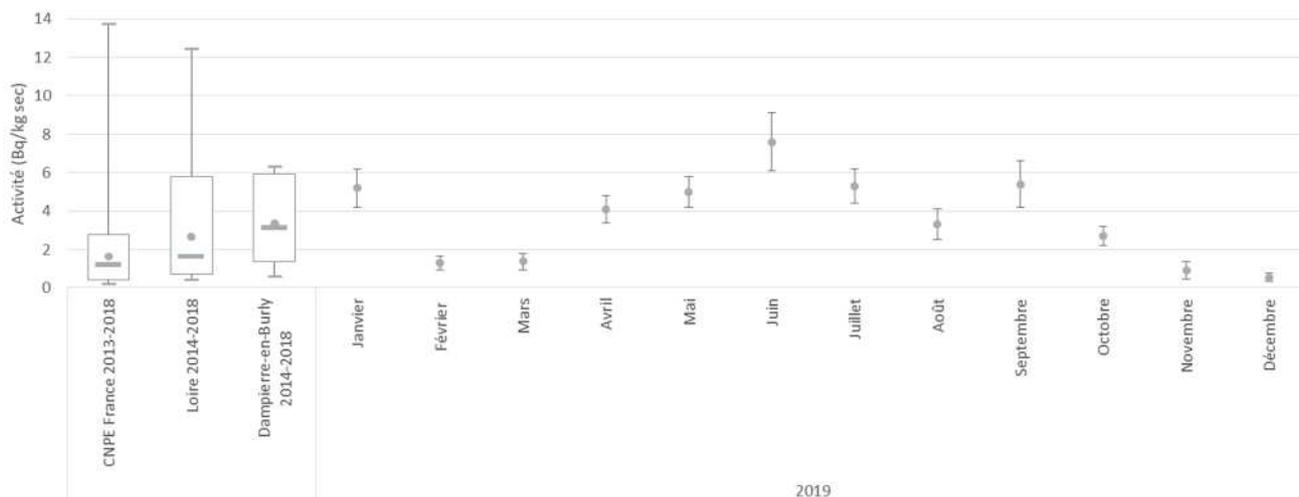


Figure 38. Activités en ^{110}Ag mesurées dans les MES prélevées en aval du CNPE de Dampierre

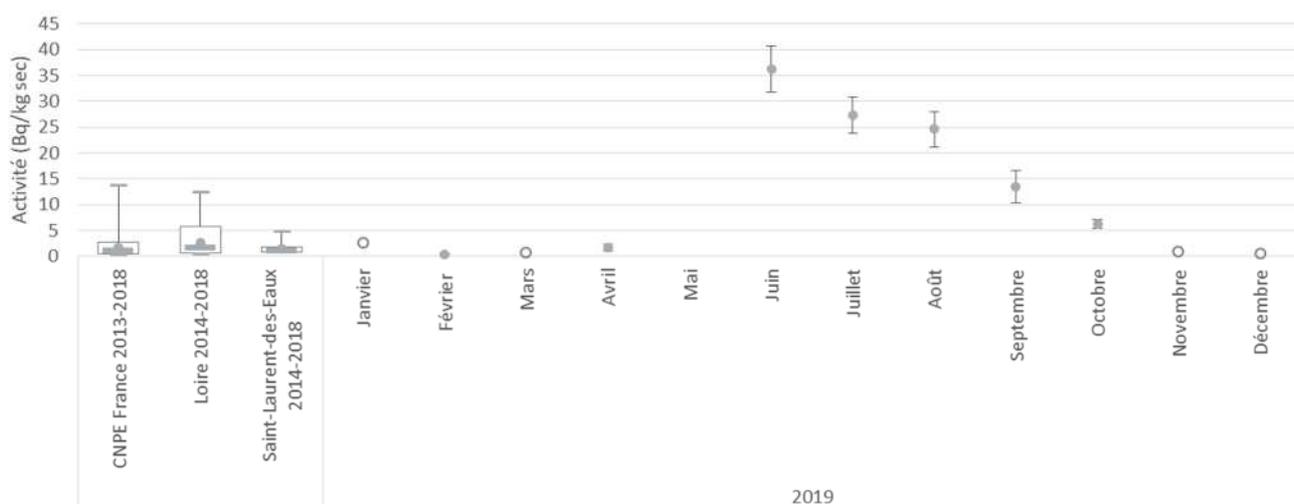


Figure 39. Activités en ^{110}Ag mesurées dans les MES prélevées en aval du CNPE de Saint-Laurent

En 2019, le tritium a été systématiquement détecté sur les échantillons d'eau prélevés sur la Vienne et la Loire⁹. Une augmentation des activités mesurées peut être relevée sur tous les sites par rapport aux années précédentes. De plus, on observe une forte variation mensuelle des données qui s'accroît d'amont en aval, passant d'un facteur 5 sur Belleville à 20 sur Chinon.

La confrontation des débits aux stations HYDRO les plus proches de l'hydrocollecteur IRSN aux activités en tritium permet de lier les fluctuations des concentrations en tritium à la variation du débit du fleuve. Comme attendu, on observe une variation inversement proportionnelle du débit et de l'activité liée à la moindre dilution des rejets.

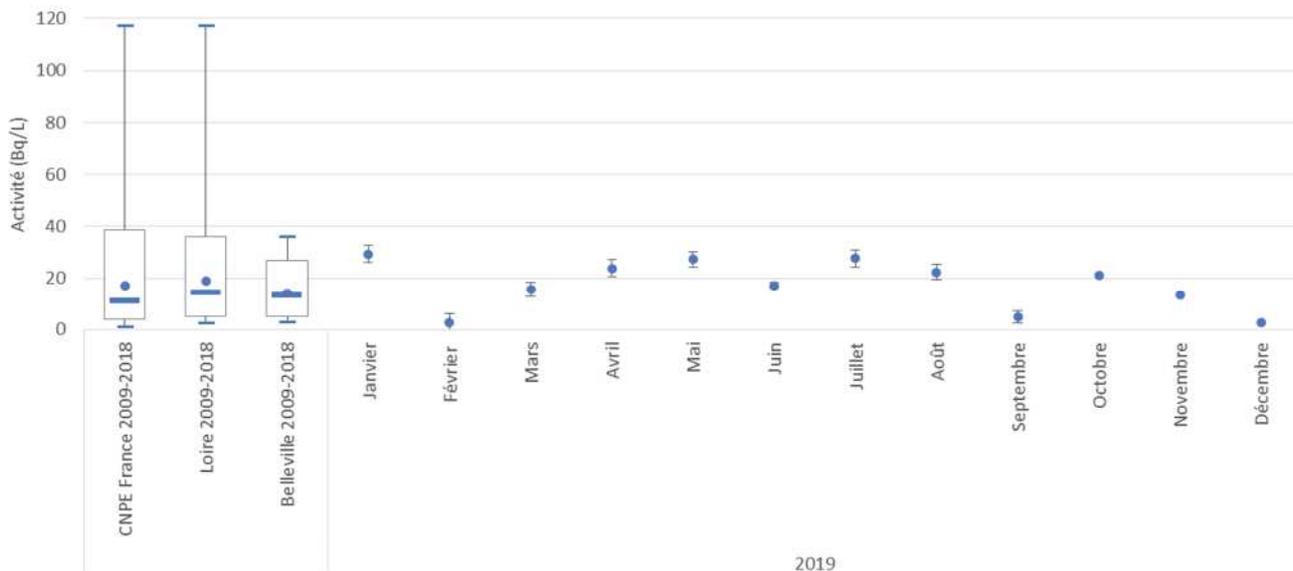


Figure 40. Activité en ^3H de l'eau prélevée en aval du CNPE de Belleville

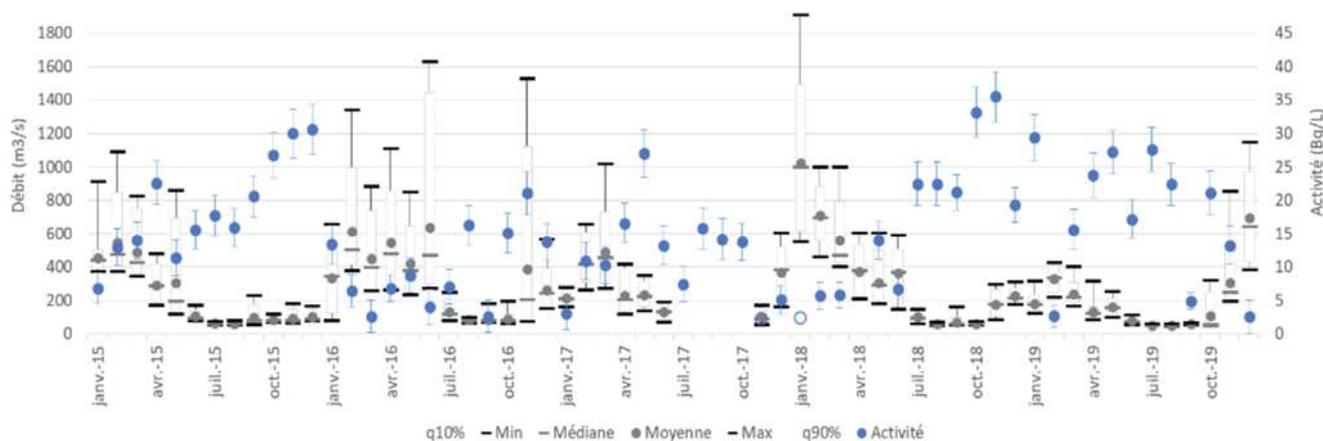


Figure 41. Comparaison entre les concentrations mensuelles en ^3H dans l'eau prélevée en aval du CNPE de Belleville et les gammes de débit mesurées à la station HYDRO de Saint-Satur

⁹ A l'exception du prélèvement du mois de décembre en aval de Chinon.

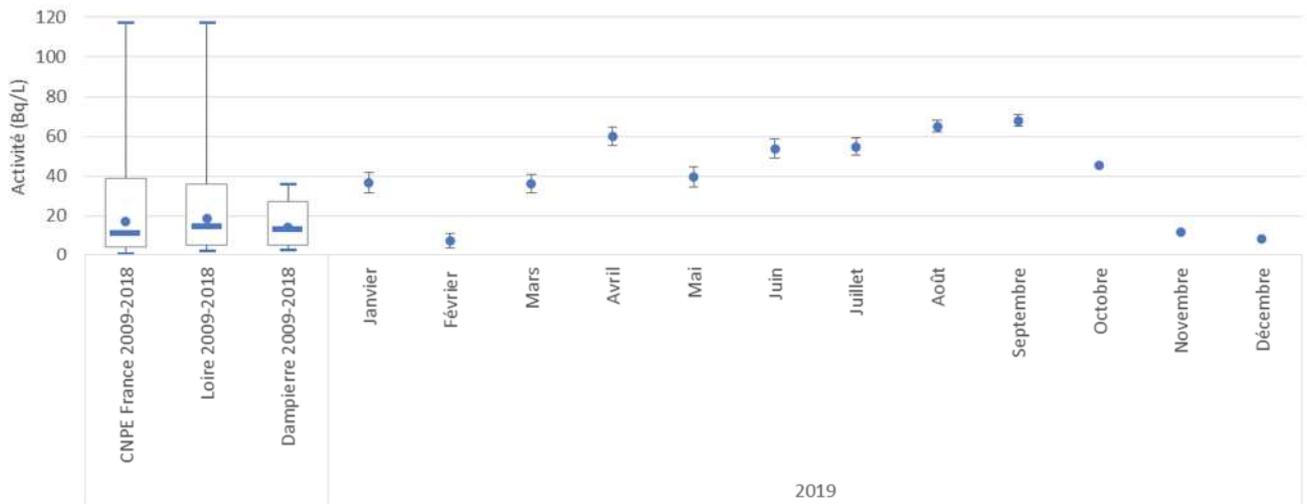


Figure 42. Activité en ^3H de l'eau prélevée en aval du CNPE de Dampierre

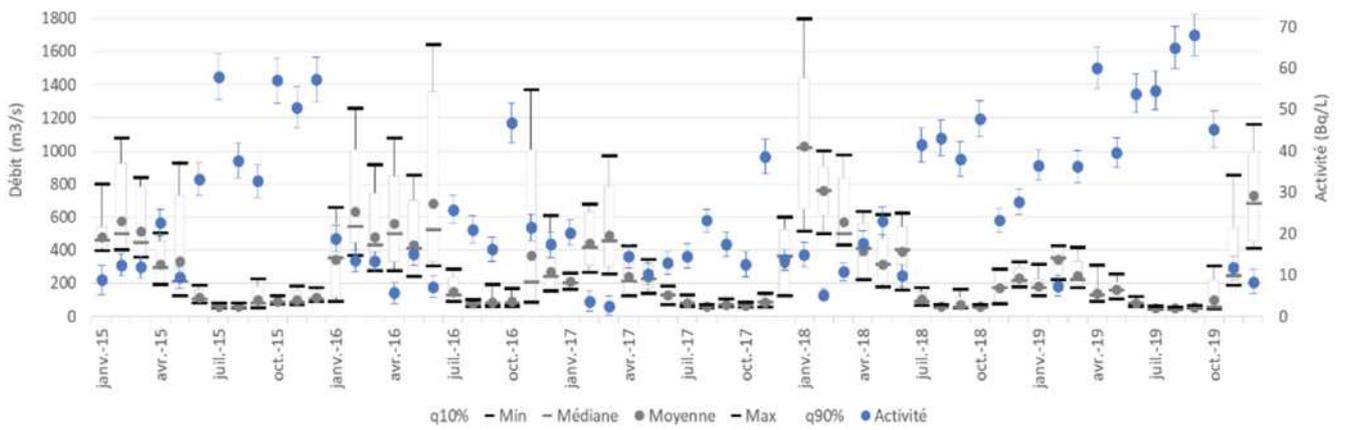


Figure 43. Comparaison entre les concentrations mensuelles en ^3H dans l'eau prélevée en aval du CNPE de Dampierre et les gammes de débit mesurées à la station HYDRO de Gien

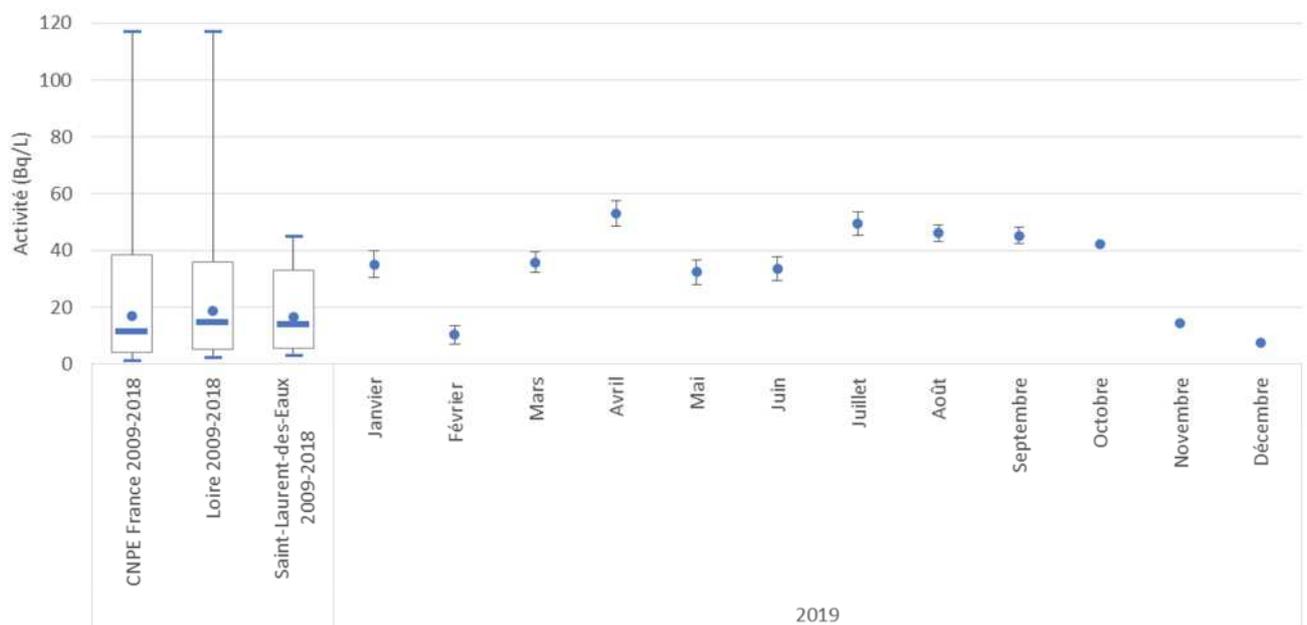


Figure 44. Activité en ^3H de l'eau prélevée en aval du CNPE de Saint-Laurent

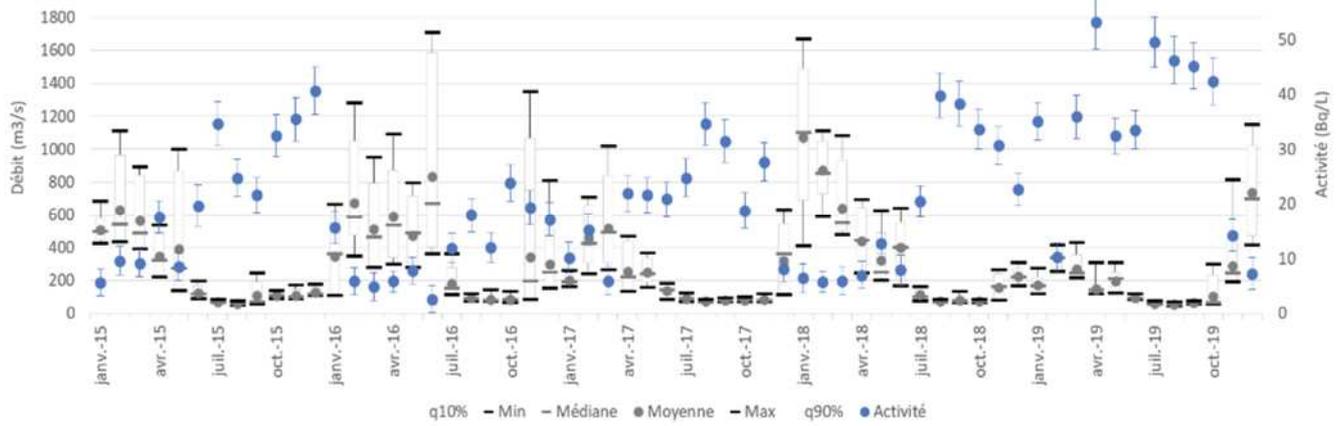


Figure 45. Comparaison entre les concentrations mensuelles en ^3H dans l'eau prélevée en aval du CNPE de Saint-Laurent et les gammes de débit mesurées à la station HYDRO de Blois

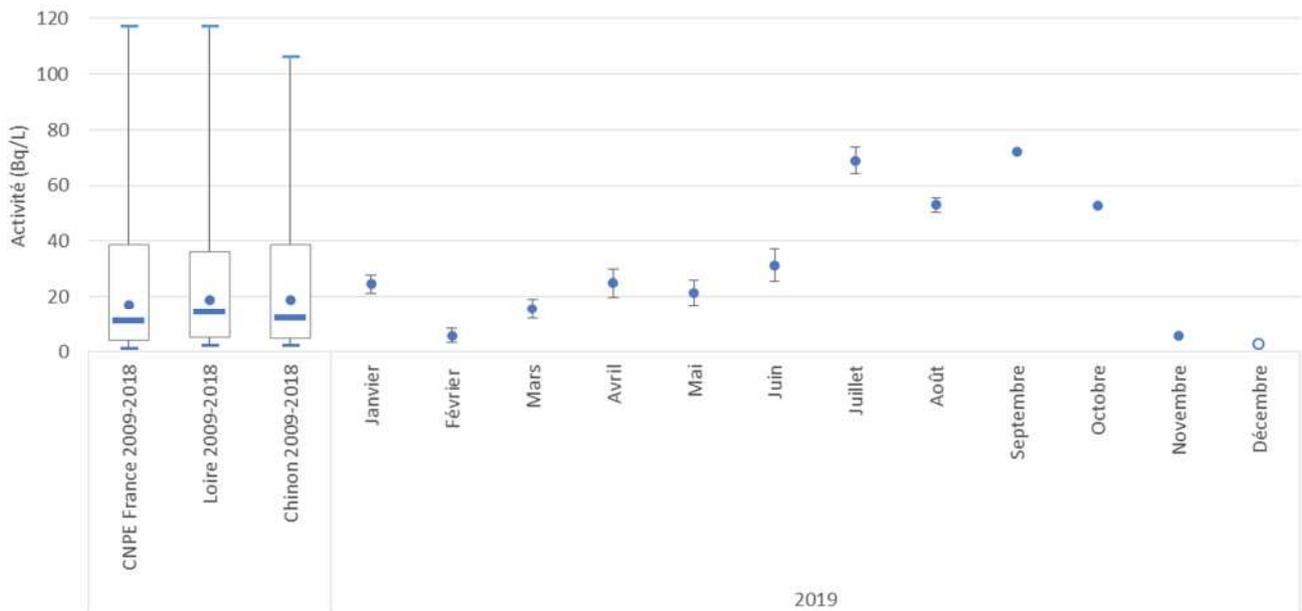


Figure 46. Activité en ^3H de l'eau prélevée en aval du CNPE de Chinon

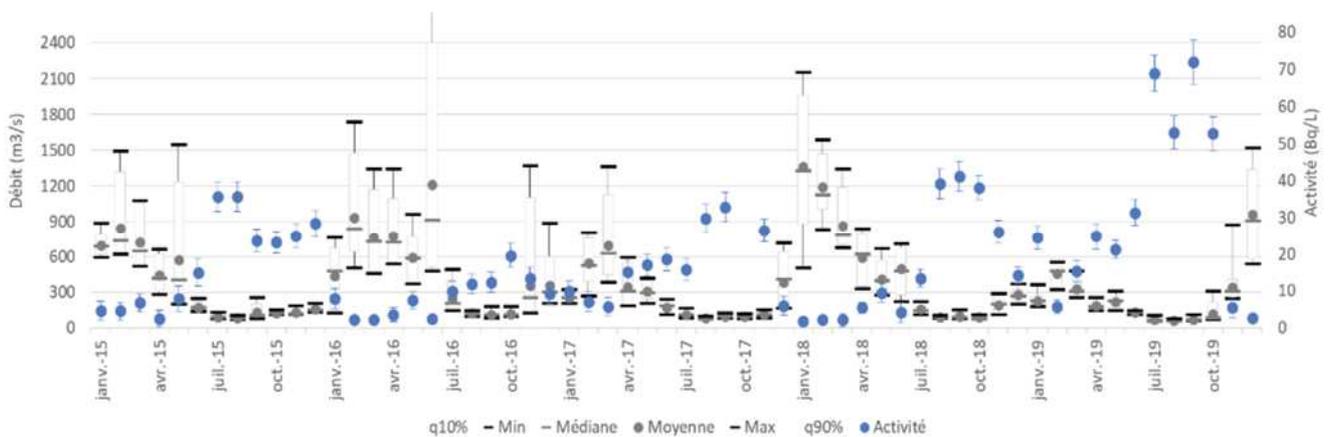


Figure 47. Comparaison entre les concentrations mensuelles en ^3H dans l'eau prélevée en aval du CNPE de Chinon et les gammes de débit mesurées à la station HYDRO de Langeais

Ces phénomènes ne sont pas observables sur la Vienne, qui présente un régime hydrologique différent, avec des débits bien inférieurs à ceux de la Loire, et la présence d'un seul CNPE, dont les rejets sont beaucoup plus étalés.

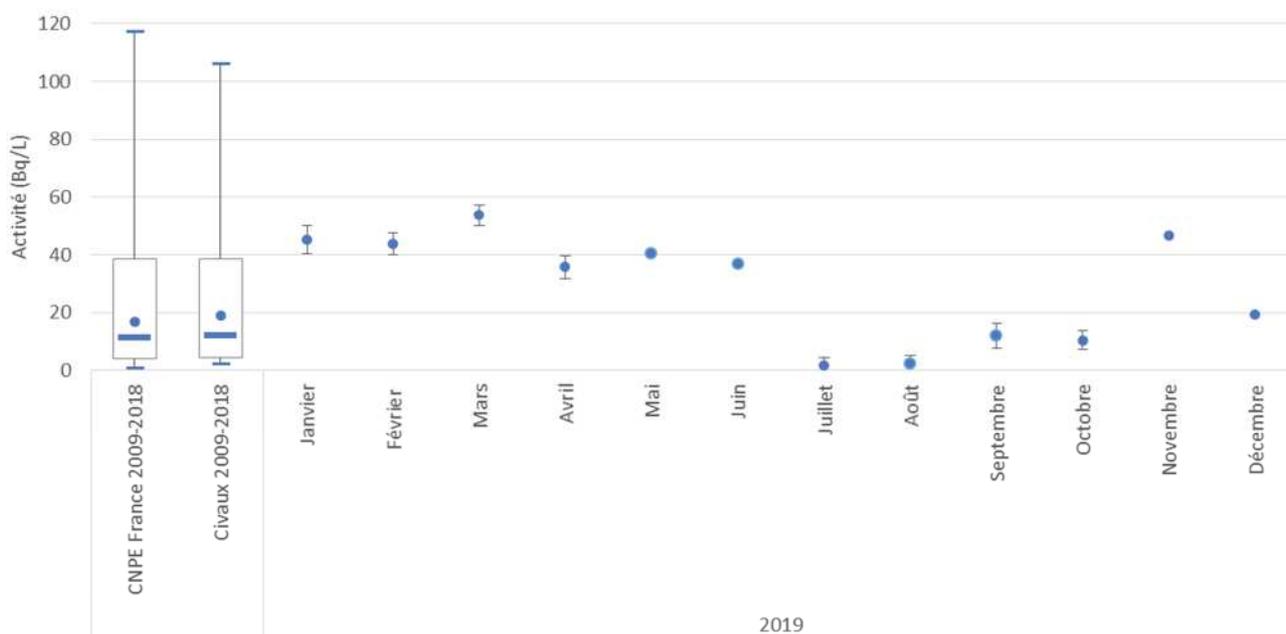


Figure 48. Activité en ^3H de l'eau prélevée en aval du CNPE de Civaux

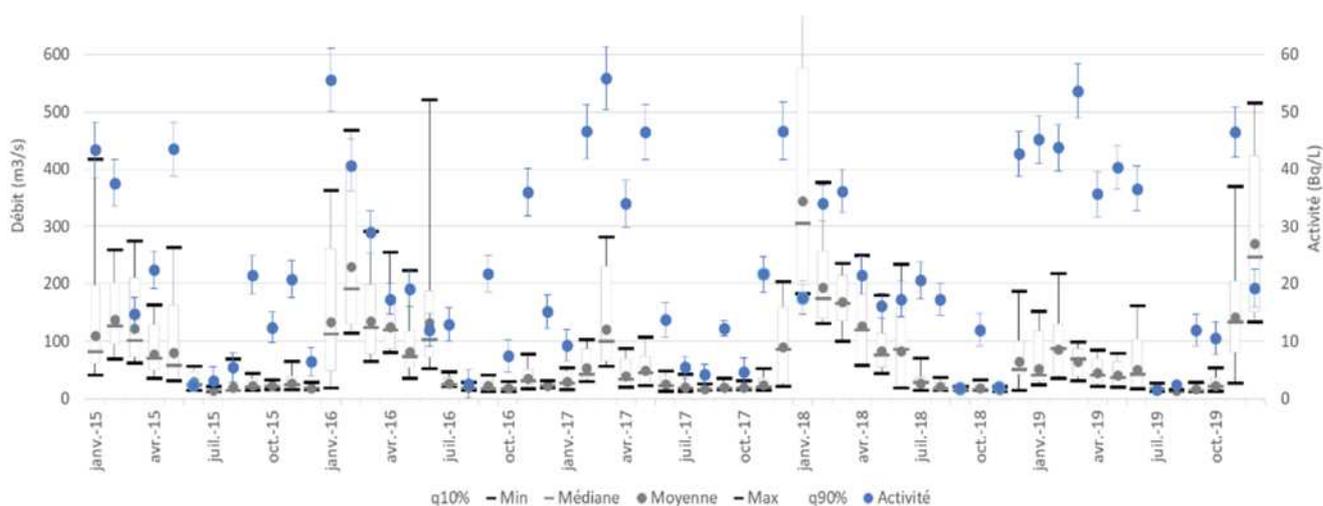


Figure 49. Comparaison entre les concentrations mensuelles en ^3H dans l'eau prélevée en aval du CNPE de Civaux et les gammes de débit mesurées à la station HYDRO de Lussac-les-Châteaux

Les analyses ponctuelles complémentaires (spectrométrie gamma et mesures du ^{90}Sr et de l'uranium) sur les eaux n'ont pas mis en évidence de valeur particulière. Pour mémoire, ces analyses, trop ponctuelles pour apporter des informations plus poussées qu'une évaluation moyenne à long terme du bruit de fond pour ces radionucléides, ont été arrêtées à compter du 1^{er} janvier 2020.

Deux valeurs singulières ont été mesurées dans le compartiment terrestre :

- une activité de 0,0085 Bq/L en ^{137}Cs dans du lait prélevé à proximité du CNPE de Belleville ;
- une activité de 3,7 Bq/kg frais en ^{137}Cs dans une salade prélevée à proximité du site de Chinon.

Ces résultats sont proches des valeurs de référence mesurées hors influence sur les matrices correspondantes.

3.4 MANCHE / MER DU NORD

Quatre CNPE sont implantés le long des côtes de la Manche et de la Mer du Nord : le CNPE de Flamanville (2 tranches 1300 MWé), à la pointe du Cotentin, de Paluel (4 tranches 1300 MWé) et de Penly (2 tranches 1300 MWé), le long des côtes normandes, et le CNPE de Gravelines (6 tranches 900 MWé) à la frontière avec la Belgique. Ils se distinguent des autres CNPE par leurs rejets liquides effectués directement en mer et par la position des hydrocollecteurs qui, à la différence des autres sites (hormis Blayais), sont implantés dans les ouvrages de rejets et non dans le milieu naturel.

Aucune valeur anormalement élevée n'a été relevée durant l'année 2019 sur ces quatre installations. On peut toutefois retenir les points suivants :

- les activités mesurées à Paluel, Penly et Gravelines dans les matières en suspension sont cohérentes avec celles mesurées sur la période 2010-2018. A noter qu'en 2019, l'activité en ^{60}Co dans le canal de rejet à Gravelines se situe plutôt dans la fourchette haute des valeurs précédemment observées ;
- en dehors du césium et du cobalt également visibles sur les CNPE fluviaux, les radionucléides artificiels $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{129}I et ^{241}Am sont régulièrement détectés sur les prélèvements de MES réalisés dans les ouvrages de rejets ;
- pour Flamanville, comme en 2018, la configuration de la station de pompage (présence d'un décanteur en amont de la station) ne permet pas de disposer de suffisamment de matière pour réaliser un prélèvement mensuel.

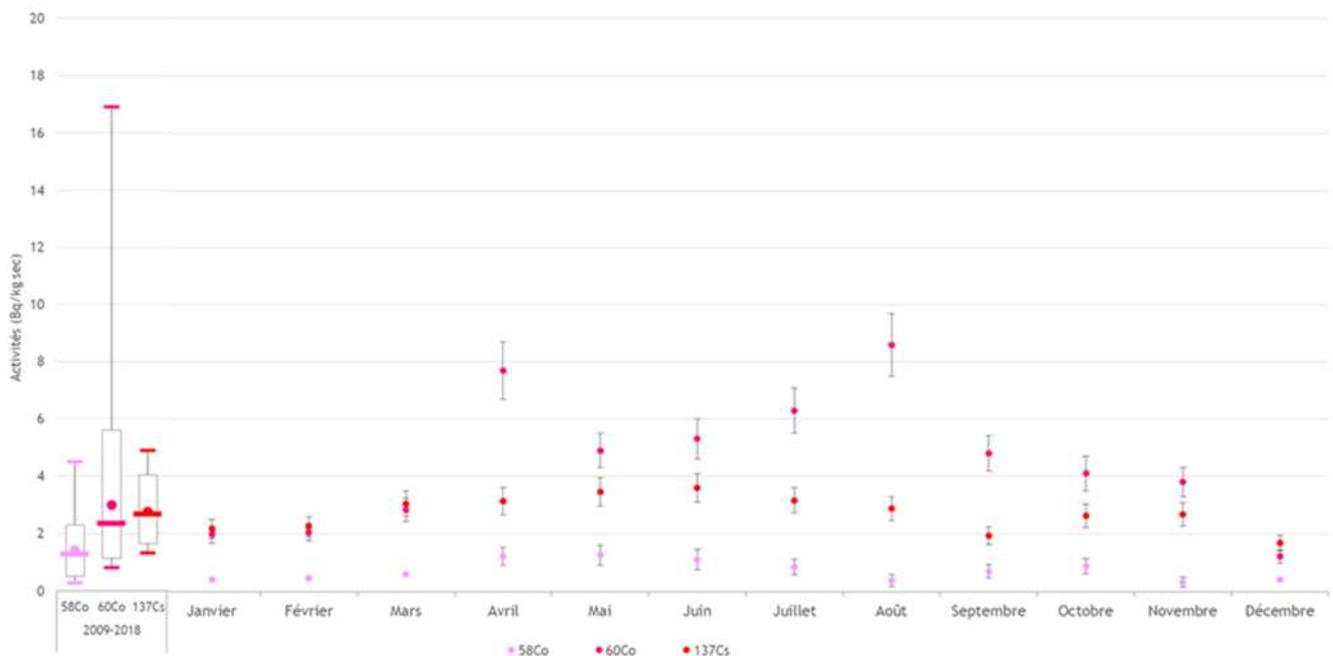


Figure 50. Activités en ^{58}Co , ^{60}Co et ^{137}Cs dans les MES prélevées dans le puits de rejet à Paluel en 2019

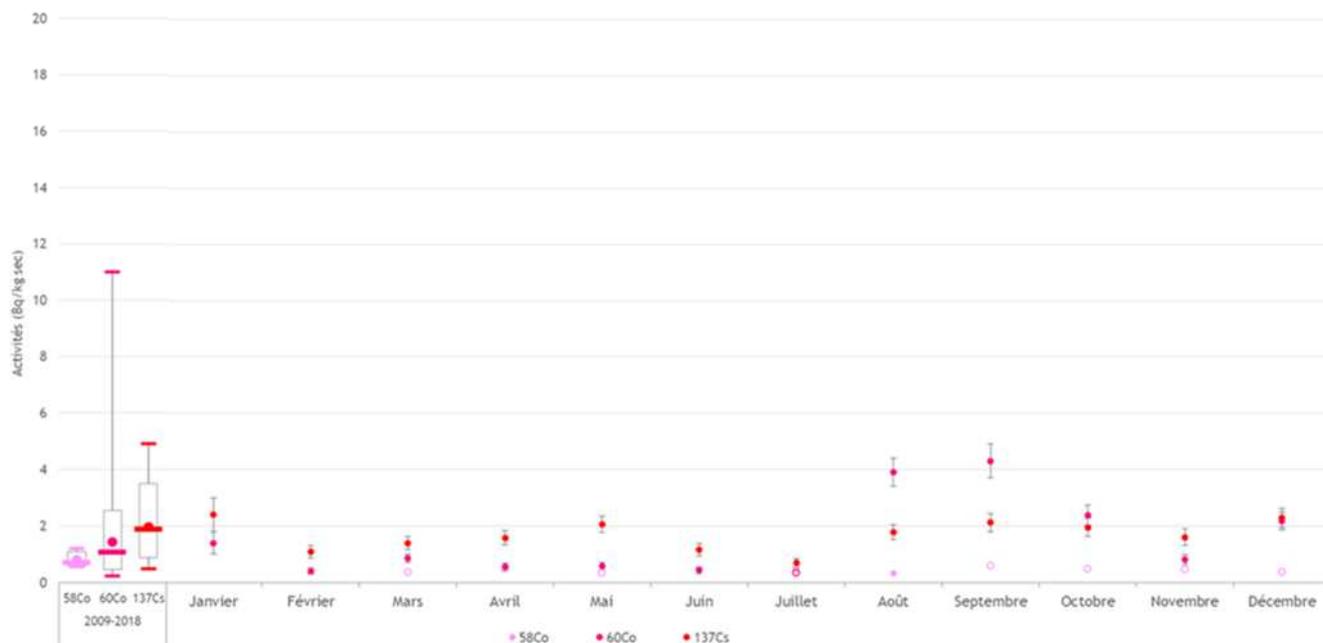


Figure 51. Activités en ^{58}Co , ^{60}Co et ^{137}Cs dans les MES prélevées dans le puits de rejet à Penly en 2019

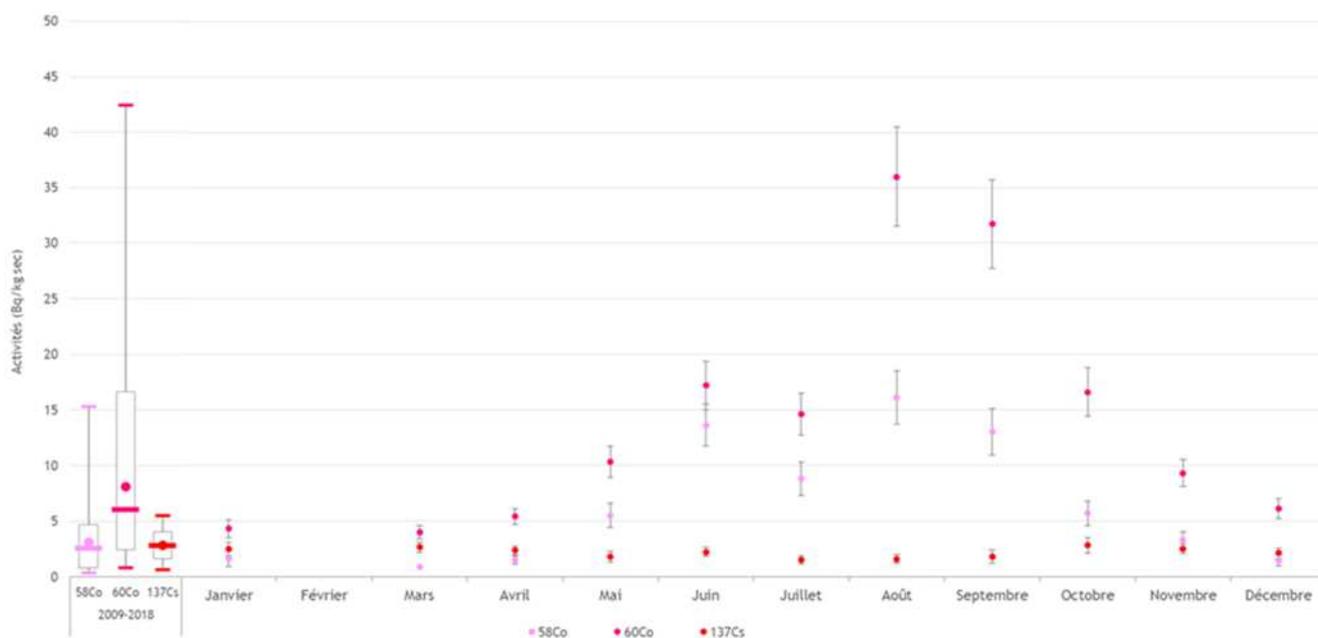


Figure 52. Activités en ^{58}Co , ^{60}Co et ^{137}Cs dans les MES prélevées dans le canal de rejet à Gravelines en 2019

L'emplacement des hydrocollecteurs (puits ou canal de rejet) explique le large panel de radionucléides artificiels et les niveaux d'activité relevés dans les boues de décantation. Dans les sédiments (sable de plage) prélevés sur le long des côtes de la Manche et de la Mer du Nord, des activités significatives en radionucléides artificiels sont également mesurées mais sont, au vu des niveaux et des valeurs relevées sur la façade Manche, liées aux rejets de l'usine de la Hague - dont l'influence est mesurable jusqu'à la frontière avec la Belgique - plutôt qu'aux activités des 4 CNPE.

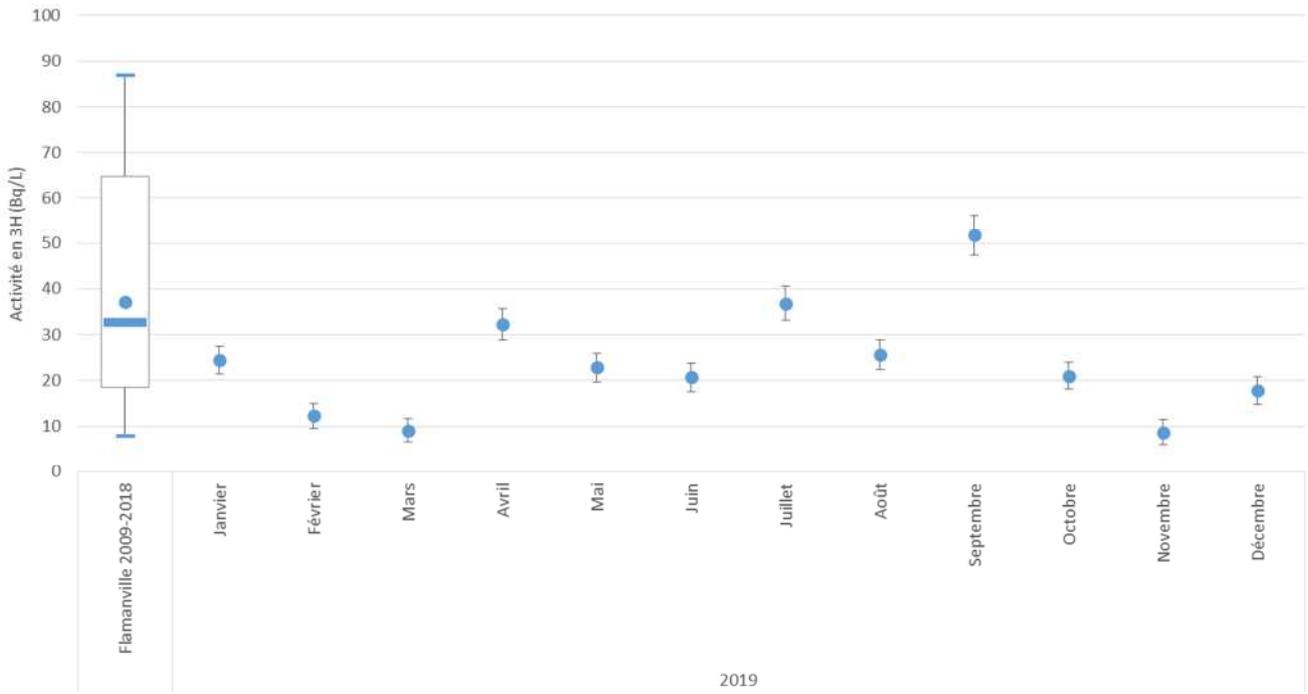


Figure 53. Activités en ^3H dans le bassin de rejet du CNPE de Flamanville en 2019

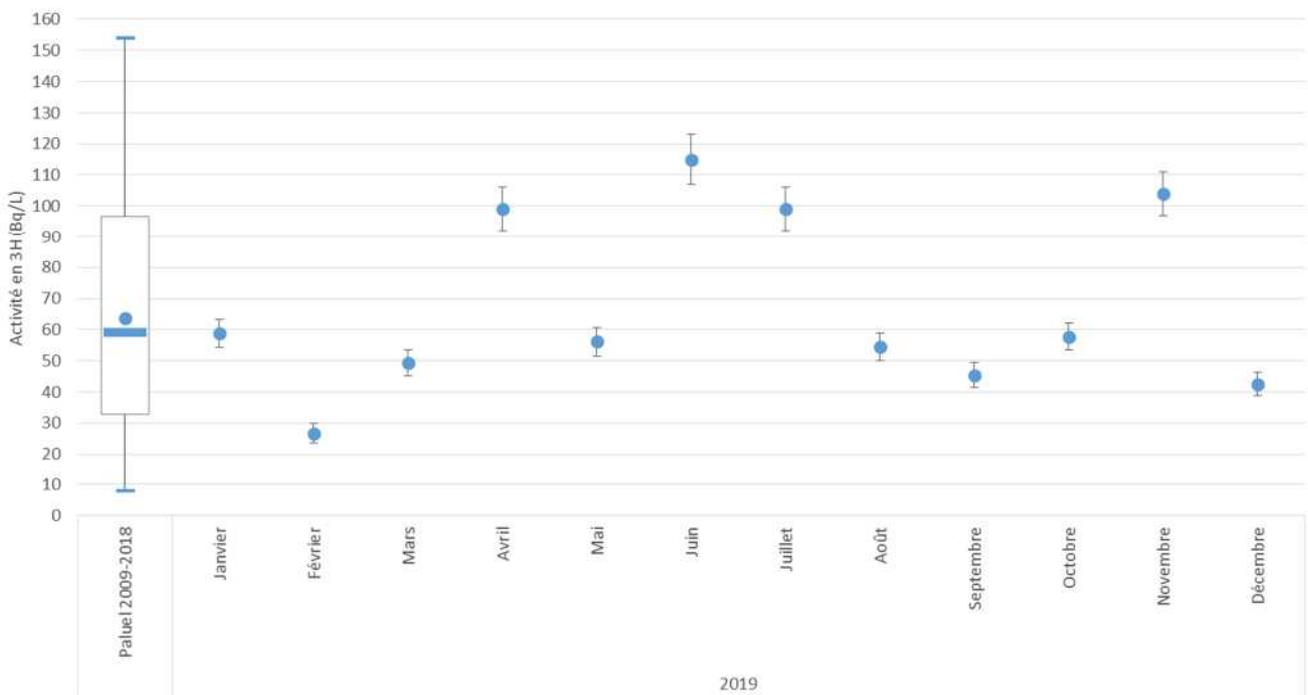


Figure 54. Activités en ^3H dans le puits de rejet du CNPE de Paluel en 2019

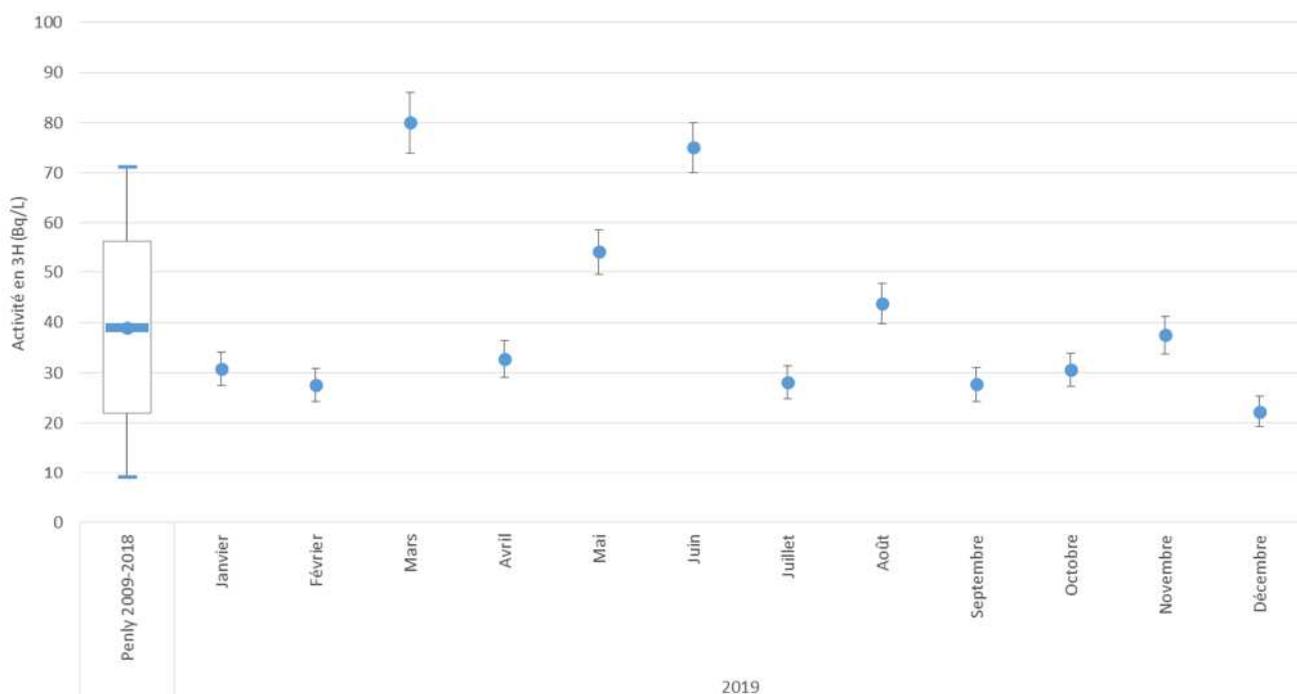


Figure 55. Activités en ^3H dans le puits de rejet du CNPE de Penly en 2019

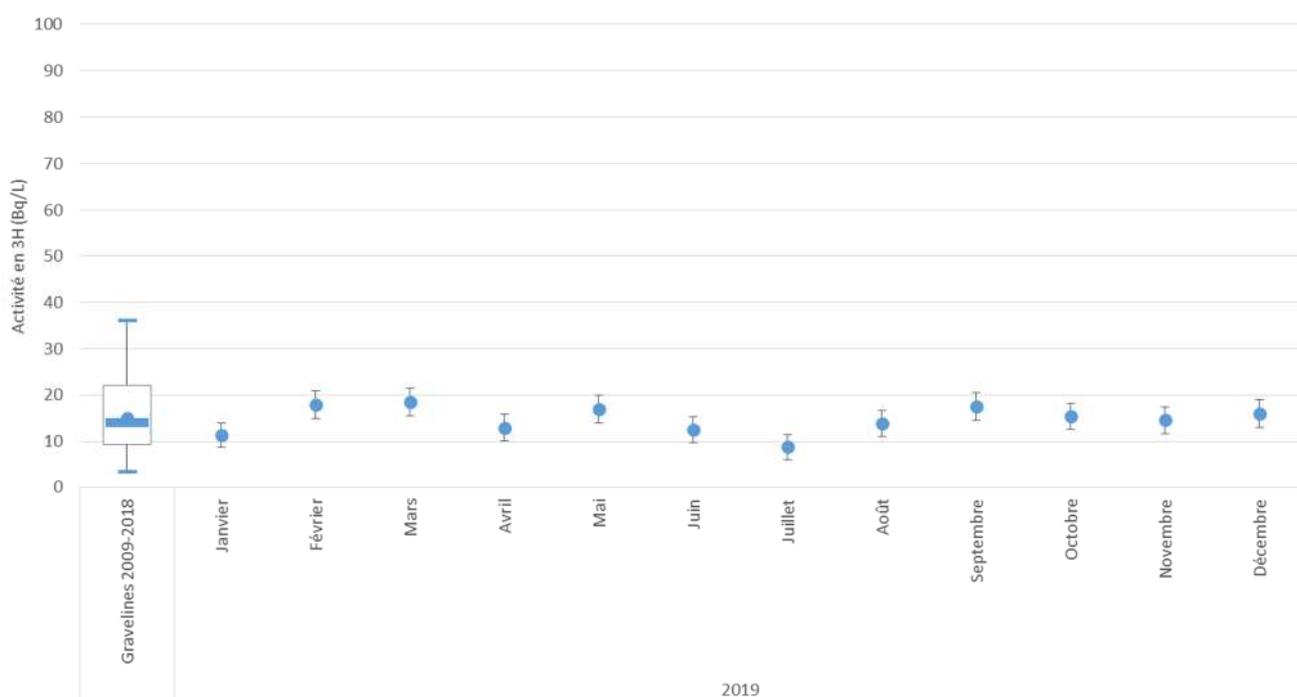


Figure 56. Activités en ^3H dans le canal de rejet du CNPE de Gravelines en 2019

Les valeurs en ^3H mesurées dans l'eau sont restées stables en 2019 pour les prélèvements réalisés à Flamanville et Gravelines. Elles ont en revanche atteint des niveaux plutôt élevés à Paluel, notamment sur le mois de juin et ont dépassé en mars et juin 2019, le niveau maximum mesuré à Penly sur la période 2010-2018.

3.5 NORD-EST

Les CNPE de la région Nord-Est sont implantés sur la Moselle (Cattenom), la Meuse (Chooz) et le Rhin (Fessenheim). Les résultats obtenus pour l'année 2019 des trois CNPE sont donc traités ici de manière indépendante.

Cattenom

Les activités mesurées en ^3H en amont sont stables et conformes aux valeurs habituellement mesurées. Les activités mesurées en aval sont stables également mais supérieures aux valeurs usuellement enregistrées pour ce point, notamment pour les mois de février, mars et novembre 2019.



Figure 57. Activités en ^3H dans l'eau prélevée en amont et aval du CNPE de Cattenom en 2019

Tableau 8. Proportions de valeurs significatives par radionucléide d'origine artificielle relevées dans les MES prélevées sur la Moselle en aval du CNPE de Cattenom

Radionucléide	Nombre de valeurs significatives / Nombre de prélèvements
^{110m}Ag	11/12
^{131}I	1/12
^{137}Cs	12/12
^{58}Co	5/12
^{60}Co	11/12

Les activités mesurées en ^{137}Cs et en ^{60}Co sont du même ordre de grandeur que les valeurs usuelles bien que, comme en 2018, dans la fourchette haute. En janvier 2019, l'activité en ^{137}Cs est même supérieure aux valeurs habituelles observées pour ce CNPE sur la période 2014-2018.

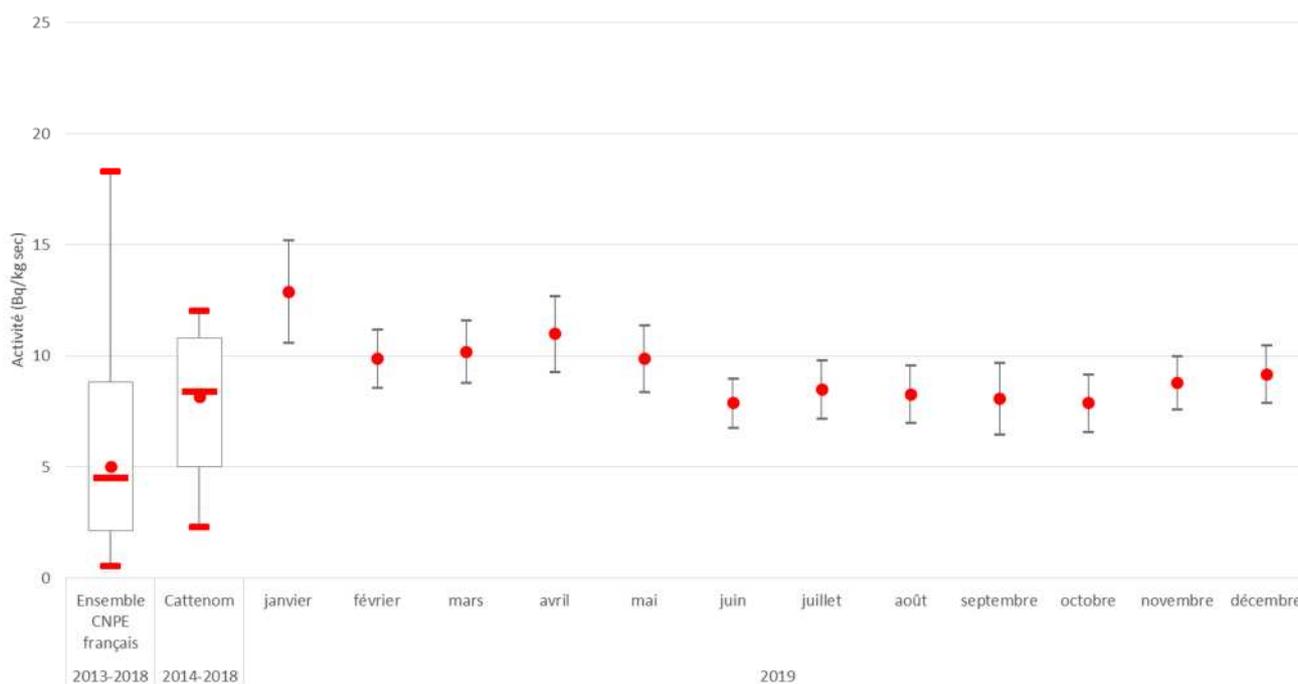


Figure 58. Activité en ^{137}Cs des MES prélevées en aval du CNPE de Cattenom en 2019

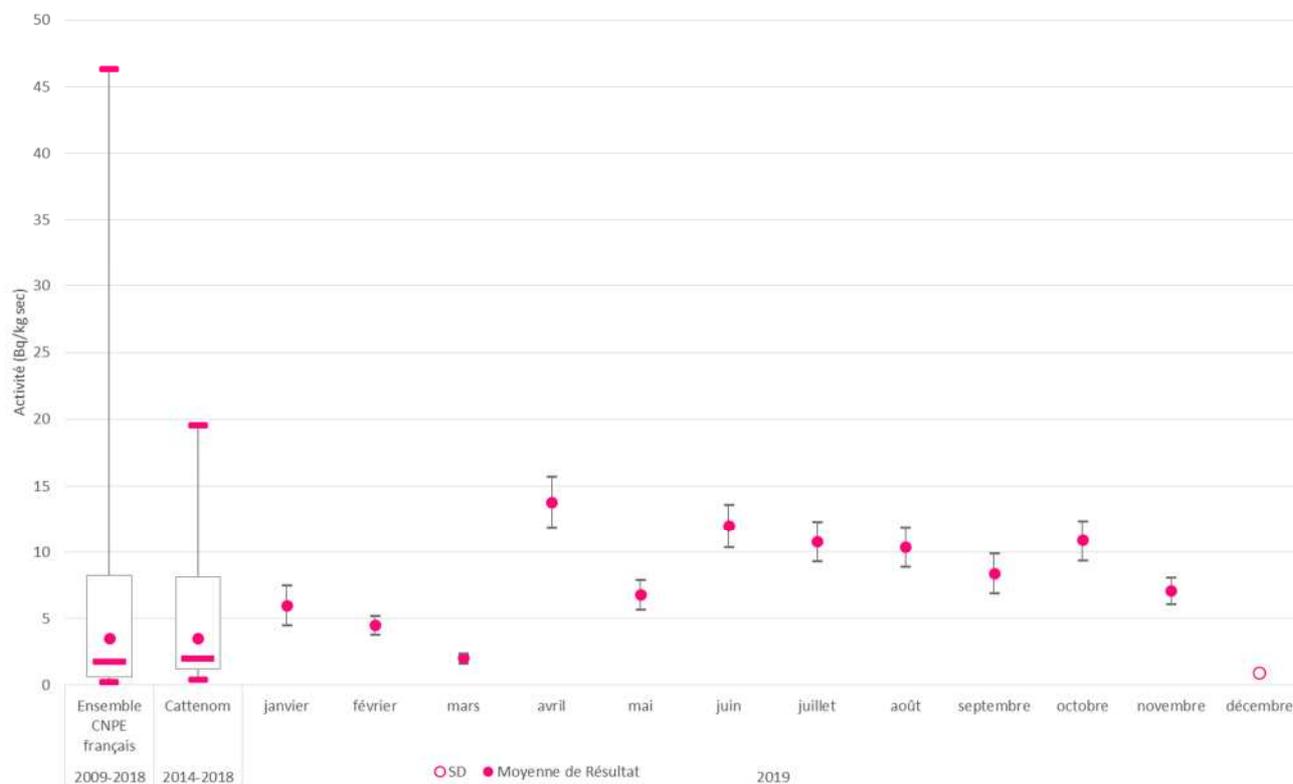


Figure 59. Activité en ^{60}Co des MES prélevées en aval du CNPE de Cattenom en 2019

Les activités mesurées en $^{110\text{m}}\text{Ag}$ et en ^{58}Co sont stables et plutôt inférieures à celles de la période 2014-2018.

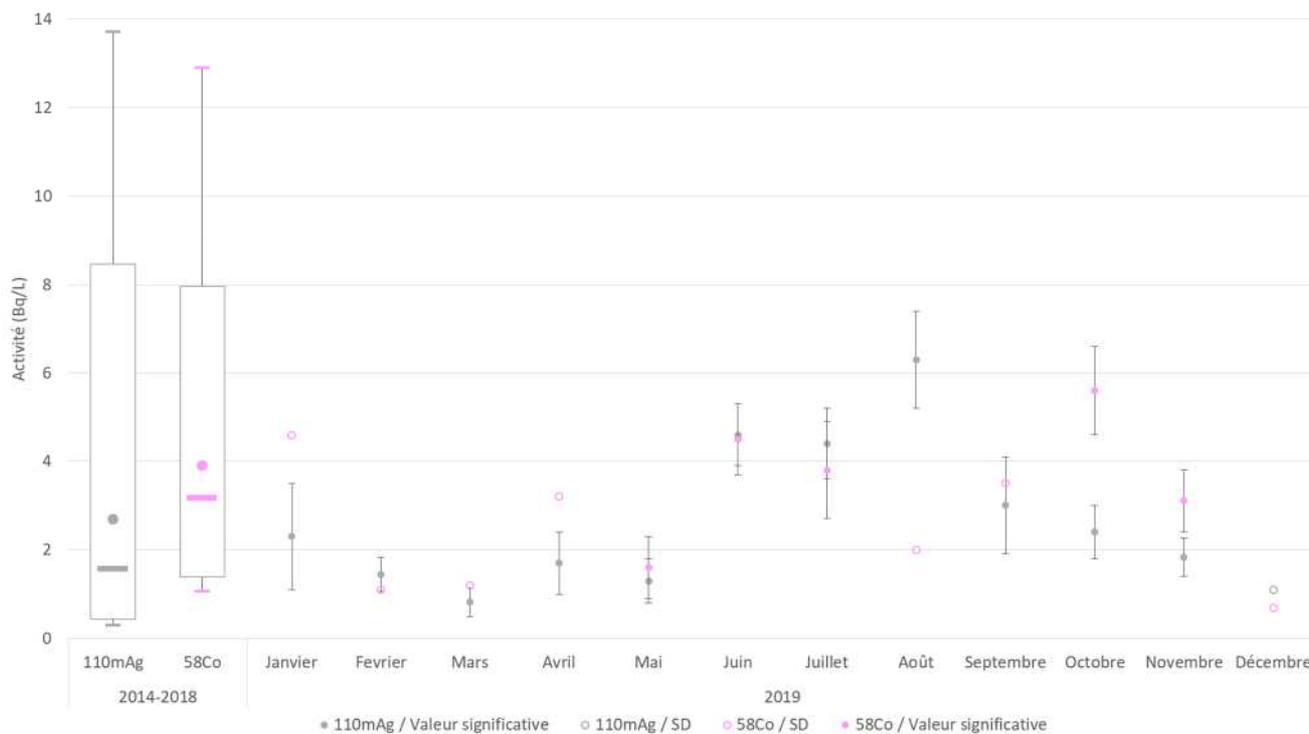


Figure 60. Activités en ^{58}Co et $^{110\text{m}}\text{Ag}$ des MES prélevées en aval du CNPE de Cattenom en 2019

Une seule activité significative en ^{131}I ($3,5 \pm 6,15$ Bq/kg sec) a été mesurée en octobre 2019, plutôt basse comparée aux activités mesurées pour ce radionucléide pour l'ensemble des CNPE, qui correspond à des rejets du secteur médical en amont des CNPE.

Par ailleurs, aucune activité significative n'a été mesurée en ^{134}Cs (comme en 2018) ni en ^{54}Mn (pourtant mesuré à deux reprises en 2018), ce qui confirme les niveaux habituellement inférieurs aux seuils de décision pour ces deux radionucléides.

Chooz

La surveillance de Chooz est complétée par l'envoi par EDF d'échantillons d'eau prélevés en amont. En 2019, seuls deux prélèvements ont été ainsi réalisés pour l'IRSN, avec des activités en ^3H inférieures aux seuils de décision. En aval, les activités en ^3H sont stables¹⁰ et en ligne avec celles relevées pour la période 2009-2018.

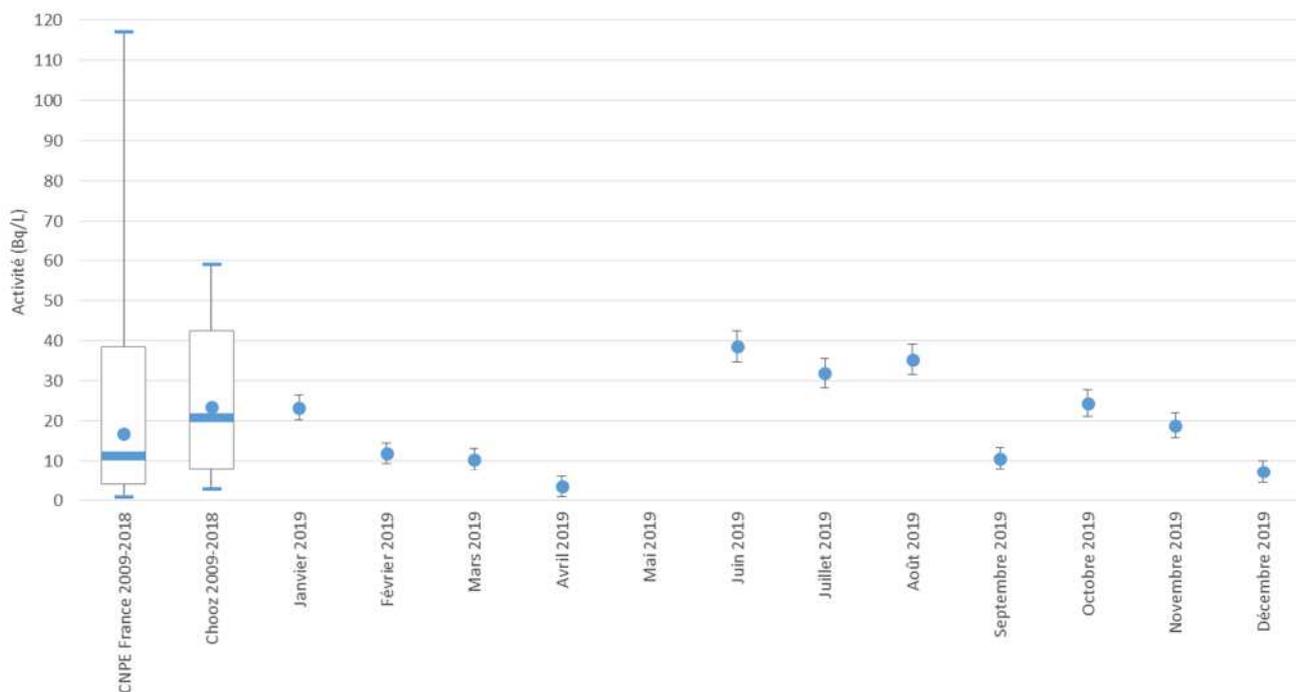


Figure 61. Activités en ^3H dans l'eau prélevée en aval du CNPE de Chooz en 2019

Tableau 9. Proportions de valeurs significatives par radionucléide d'origine artificielle relevées dans les MES prélevées sur la Meuse en aval du CNPE de Chooz

Radionucléide	Nombre de valeurs significatives / Nombre de prélèvements
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	7/12
^{131}I	12/12
^{137}Cs	1/12
^{58}Co	11/12
^{60}Co	7/12

Contrairement à 2018, aucune activité significative n'a été mesurée en ^{54}Mn .

L'activité significative en ^{58}Co dans les MES mesurée en août ($1,9 \pm 0,7$ Bq/kg sec) est du même ordre de grandeur que celle observée également dans le même couple matrice / radionucléide en août 2018 ($2,12 \pm 0,42$ Bq/kg sec), ce qui tendrait à relier ces niveaux plus élevés que le reste de l'année aux conditions hydrauliques saisonnières du fleuve.

¹⁰ Le prélèvement de mai, incomplet, n'a pu être exploité.

Les activités mesurées en ^{137}Cs et en ^{60}Co sont cohérentes avec les niveaux habituellement rencontrés en aval de Chooz, à l'exception de l'activité en ^{137}Cs mesurée en décembre 2019, supérieure aux valeurs relevées sur l'ensemble des CNPE sur les 5 dernières années. Après investigation, aucun événement particulier n'a pu être associé à cette observation.

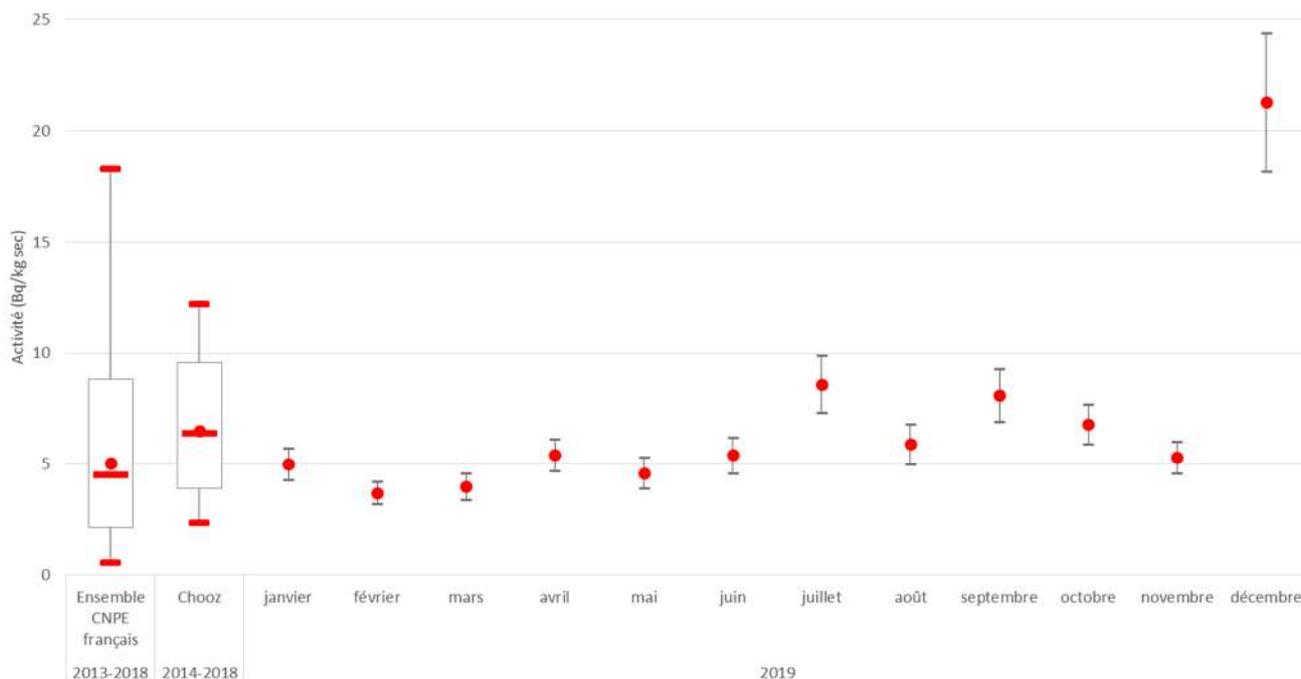


Figure 62. Activités en ^{137}Cs des MES prélevées en aval du CNPE de Chooz en 2019

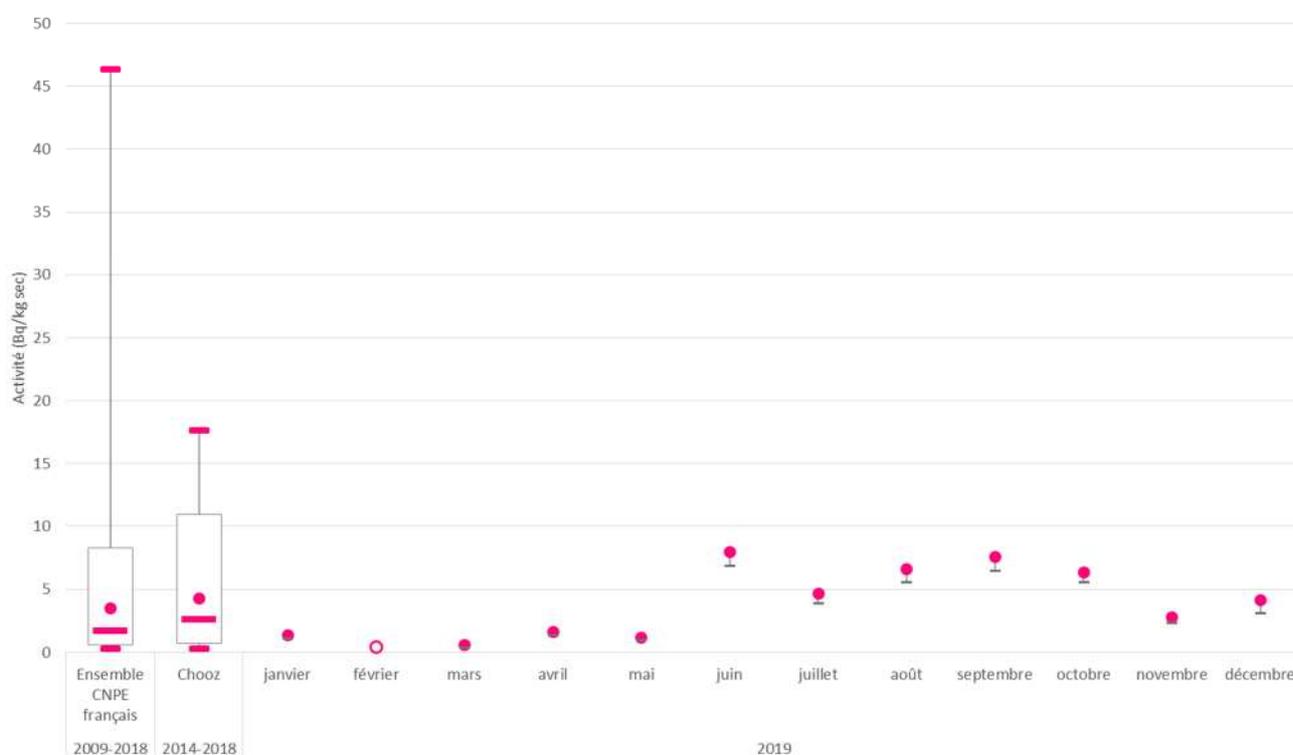


Figure 63. Activités en ^{60}Co des MES prélevées en aval du CNPE de Chooz en 2019

Par ailleurs, la chronique sur l'année des activités en ^{110m}Ag fait apparaître des niveaux plus importants en septembre / octobre.

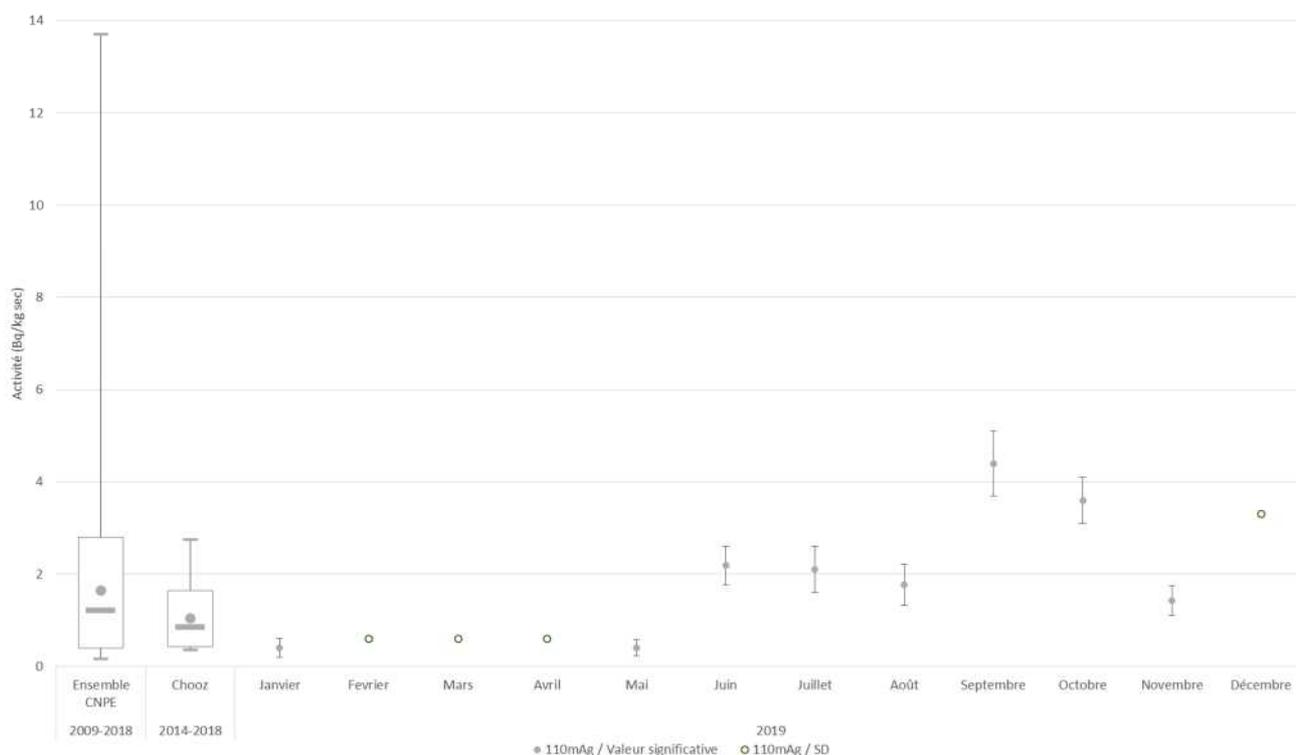


Figure 64. Activités en ^{110m}Ag des MES prélevées en aval du CNPE de Chooz en 2019

Fessenheim

Comme en 2018, le marquage des eaux en aval par le ^3H rejeté n'est que peu visible, du fait d'activités en aval équivalentes à celles de l'amont. De plus, les activités mesurées sont très inférieures à celles de l'ensemble des CNPE, du fait du débit du Rhin entraînant un mélange rapide avec un facteur de dilution très important.

Seul le ^{137}Cs a été mesuré dans les matières en suspension en 2019, avec des activités cohérentes avec les valeurs usuellement mesurées. Comme en 2018, certaines activités mesurées en amont sont légèrement supérieures à celles mesurées en aval.



Figure 65. Activités en ^3H dans l'eau prélevée en amont et aval du CNPE de Fessenheim en 2019

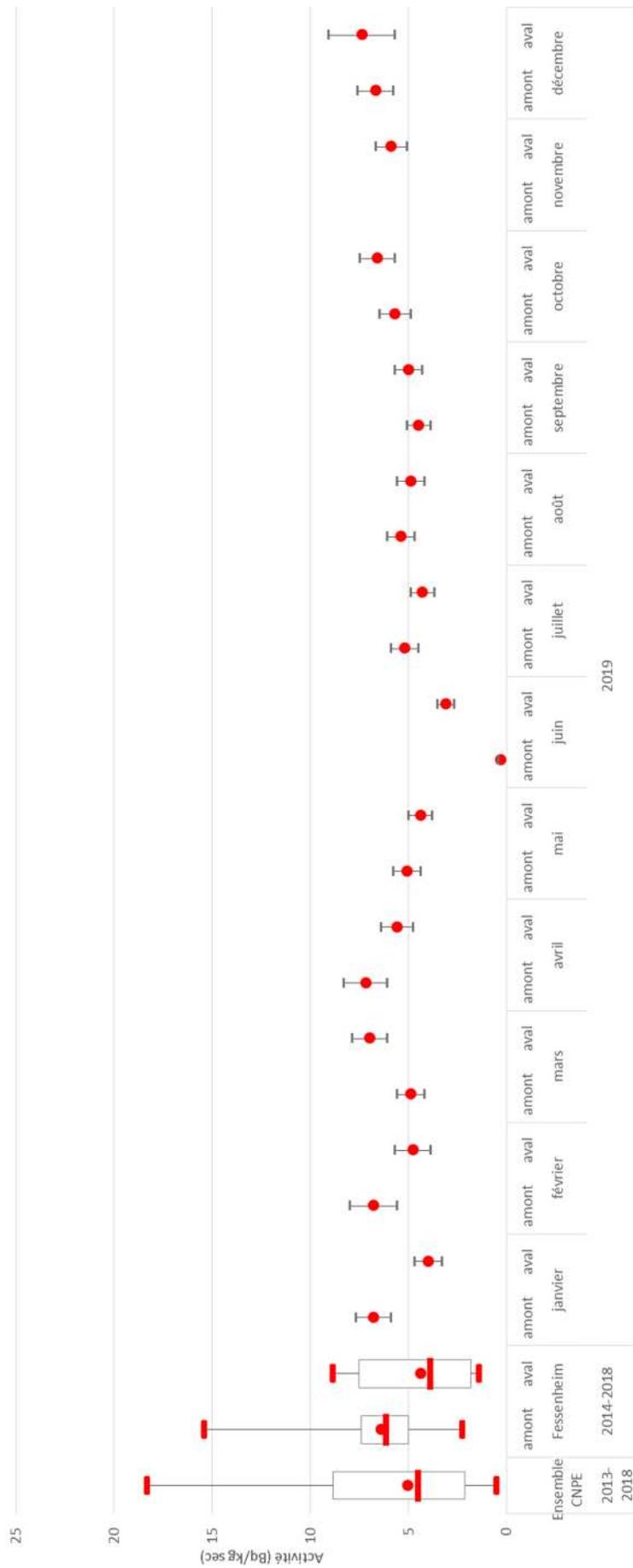


Figure 66. Activités en ^{137}Cs des MES prélevées en amont et en aval du CNPE de Fessenheim en 2019

3.6 RHONE

Le Rhône est le fleuve français le plus nucléarisé, avec notamment 4 CNPE en exploitation et un site en démantèlement. On retrouve du nord au sud :

- Creys-Malville (RNR en démantèlement et installation d'entrepose du combustible) ;
- Bugey (4 REP 900 MWé en fonctionnement, un UNGG en démantèlement et l'installation ICEDA) ;
- Saint-Alban (2 REP 1300 MWé) ;
- Cruas (4 REP 900 MWé) ;
- Tricastin (4 REP 900 MWé).

Sur les prélèvements de matières en suspension, on note en 2019 un certain nombre de résultats significatifs pour des éléments artificiels tels que ^{60}Co , ^{137}Cs , $^{110\text{m}}\text{Ag}$... Le détail du nombre de détections par site et par radionucléide est donné dans le tableau ci-dessous, et les activités mises en perspective avec les niveaux de référence sont représentées sur les graphiques ci-dessous. Le nombre de prélèvements sur Tricastin est plus faible qu'en 2018 car il y avait une quantité insuffisante, voire une absence de matières en suspension, pendant plusieurs mois au point de prélèvement situé dans le canal de Donzère-Mondragon en aval du CNPE.

Tableau 10. Proportion de valeurs significatives dans les MES prélevées en aval des sites EDF sur le Rhône

Radionucléide	Creys-Malville	Bugey	Saint-Alban	Cruas	Tricastin
^{54}Mn	0 / 11	0 / 12	0 / 12	0 / 11	0 / 7
^{58}Co	0 / 11	1 / 12	1 / 12	0 / 11	0 / 7
^{60}Co	0 / 11	8 / 12	4 / 12	4 / 11	4 / 7
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	0 / 11	12 / 12	7 / 12	4 / 11	1 / 7
^{131}I	2 / 11	0 / 12	0 / 12	0 / 11	0 / 7
^{134}Cs	0 / 11	0 / 12	0 / 12	0 / 11	0 / 7

On peut constater que les activités en aval du CNPE de Bugey sont à la fois plus fréquemment significatives et en moyenne plus élevées que sur l'ensemble des CNPE du bassin versant et du territoire français. Dans la plupart des cas, les activités diminuent à mesure de l'avancement vers l'aval du Rhône, ce qui s'explique notamment par un débit de plus en plus élevé en allant vers l'embouchure, induisant un effet de dilution sur la charge particulaire et modifiant les caractéristiques des MES collectées par décantation. Ce constat ne se vérifie cependant pas en aval du CNPE du Tricastin, l'hydrocollecteur étant implanté dans le Canal de Donzère-Mondragon, avec une dynamique hydraulique différente.

Les activités en ^3H en aval des CNPE du Rhône sont quant à elles du même ordre de grandeur, et ce quel que soit le CNPE étudié.

Bugey

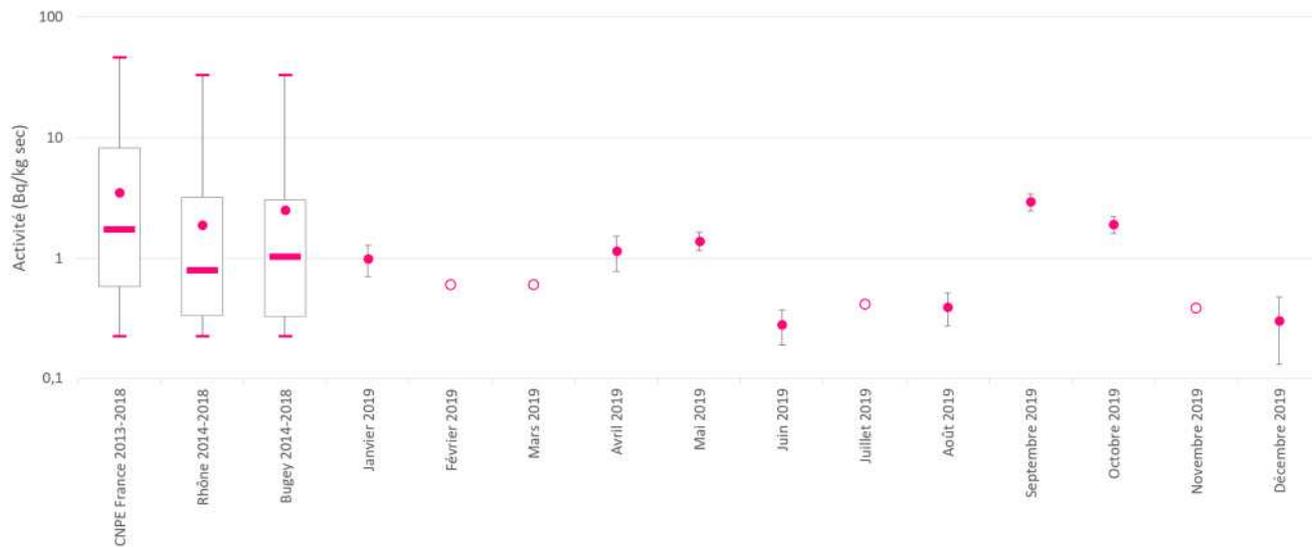


Figure 67. Activité en ^{60}Co dans les MES prélevées en aval du site de Bugey

Une valeur significative de $1,02 \pm 0,3$ Bq/kg sec en ^{58}Co a également été mesurée dans les MES du site de Bugey.

On observe nettement deux gammes d'activités en ^{110m}Ag , avec des valeurs de 1,5 Bq/kg sec en moyenne pour les mois de février, mars, juin, juillet, août et novembre, et 5 Bq/kg sec en moyenne pour les autres mois de l'année, pouvant être liées aux conditions hydrauliques du Rhône à ces périodes.

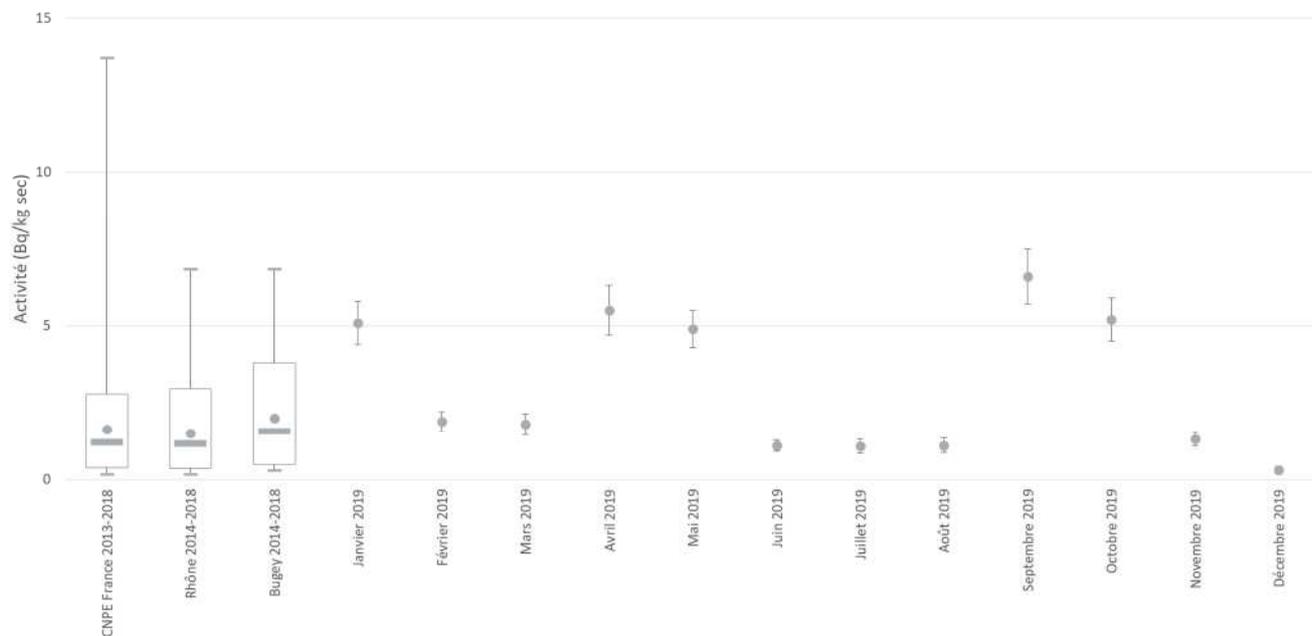


Figure 68. Activité en ^{110m}Ag dans les MES prélevées en aval du site de Bugey

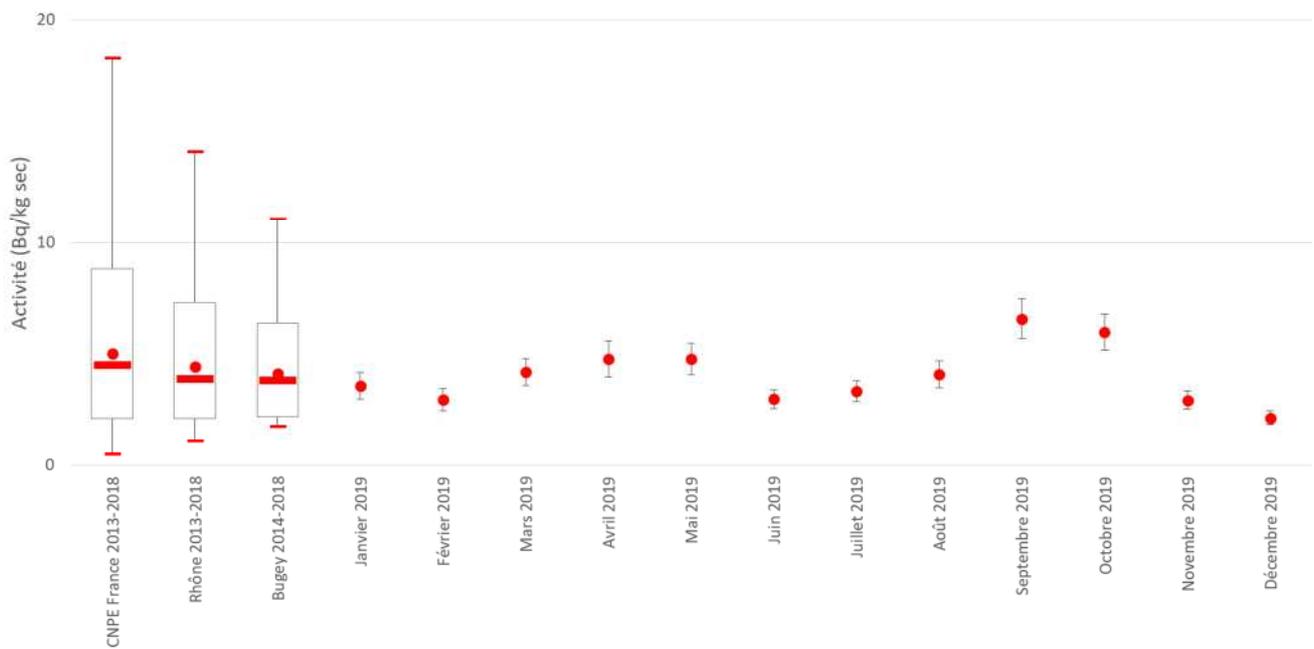


Figure 69. Activité en ^{137}Cs dans les MES prélevées en aval du site de Bugey

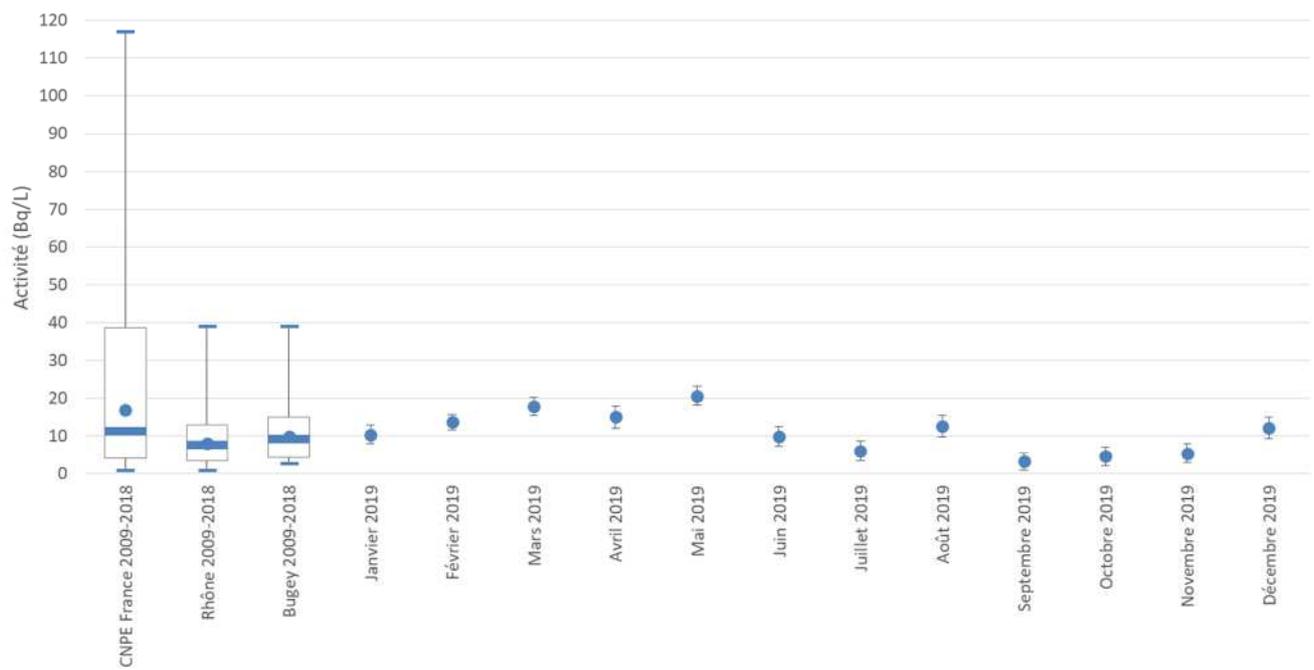


Figure 70. Activité en ^3H dans l'eau prélevée en aval du site de Bugey

Saint-Alban

Un nombre plus important de valeurs significatives en émetteurs gamma (^{60}Co et $^{110\text{m}}\text{Ag}$ notamment) ont été relevées dans les MES en aval de Saint-Alban en 2019 :

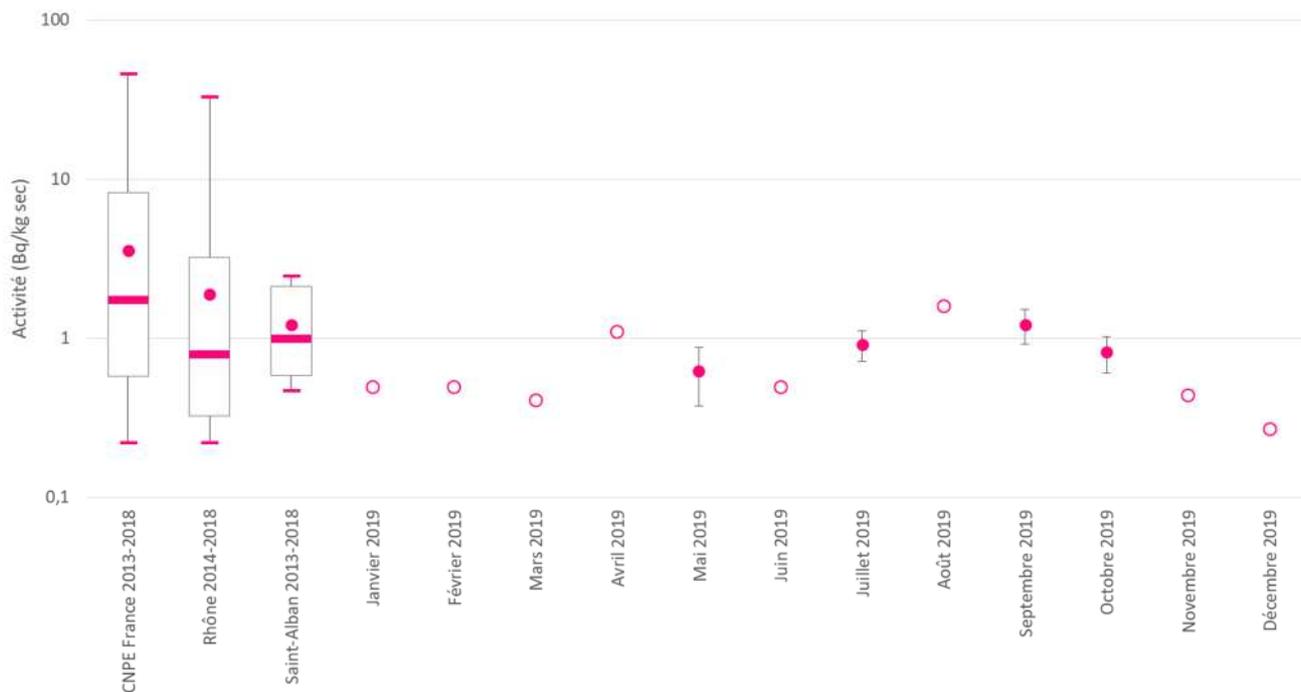


Figure 71. Activité en ^{60}Co dans les MES prélevées en aval du CNPE de Saint-Alban

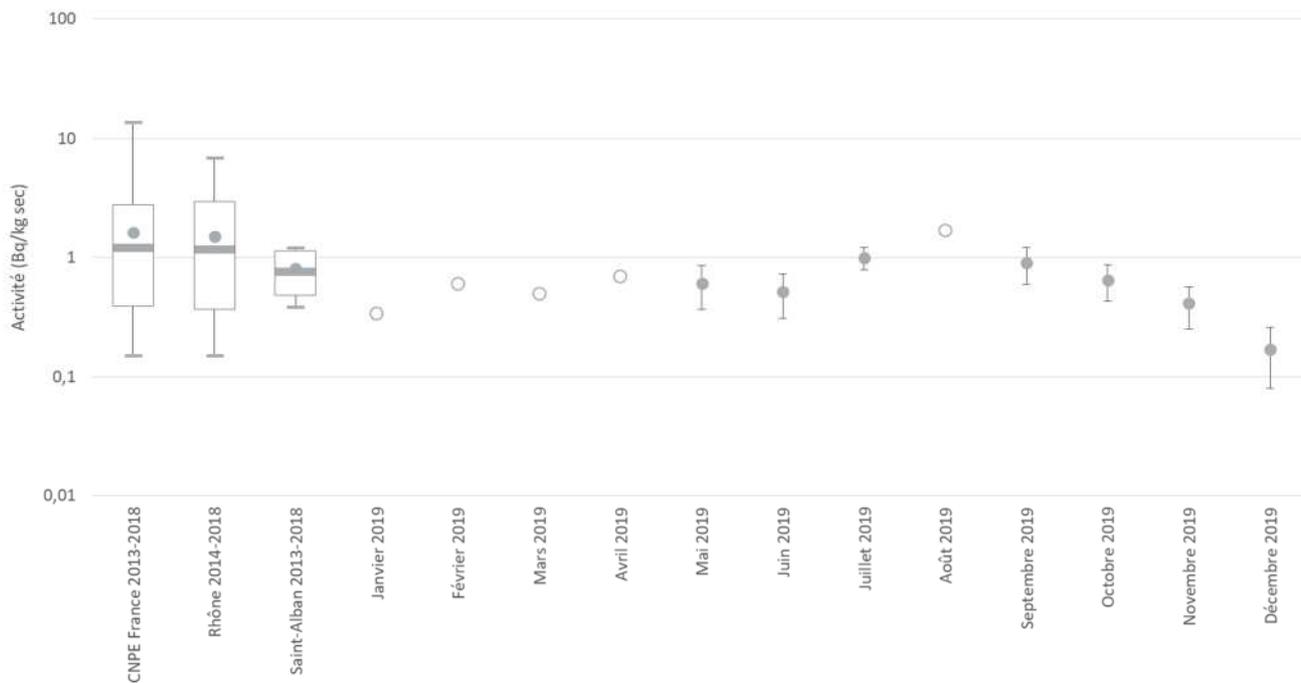


Figure 72. Activité en $^{110\text{m}}\text{Ag}$ dans les MES prélevées en aval du CNPE de Saint-Alban

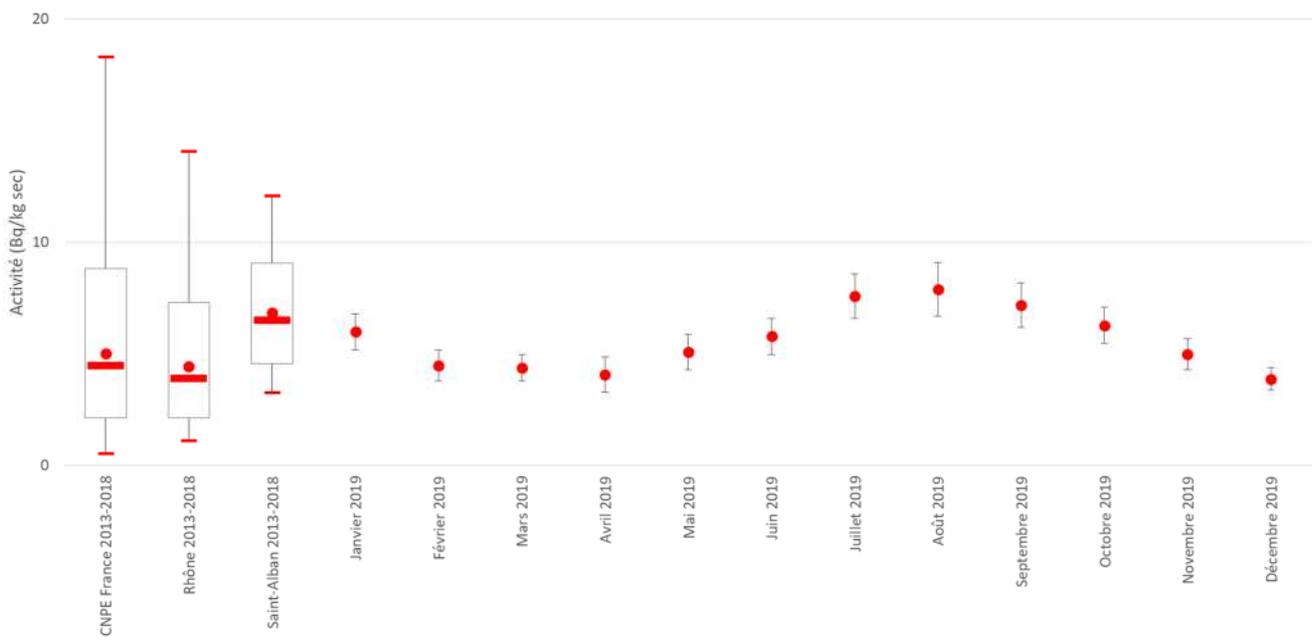


Figure 73. Activité en ^{137}Cs dans les MES prélevées en aval du CNPE de Saint-Alban

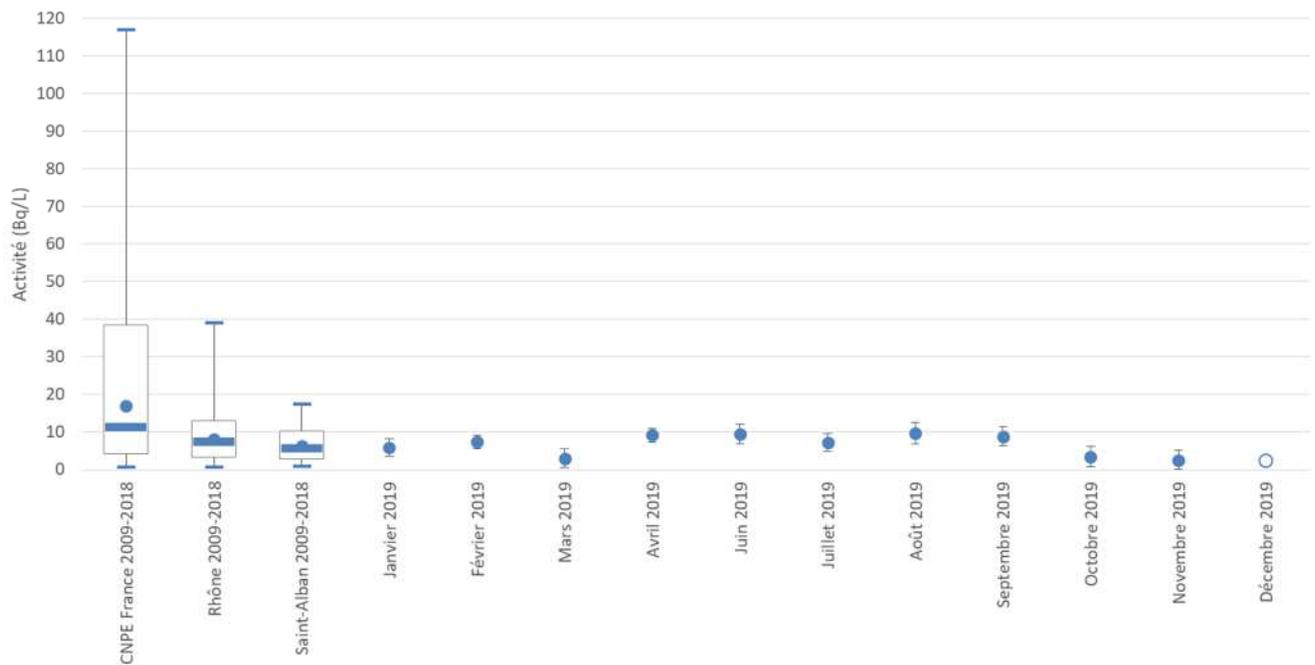


Figure 74. Activité en ^3H dans l'eau prélevée en aval du CNPE de Saint-Alban

Cruas

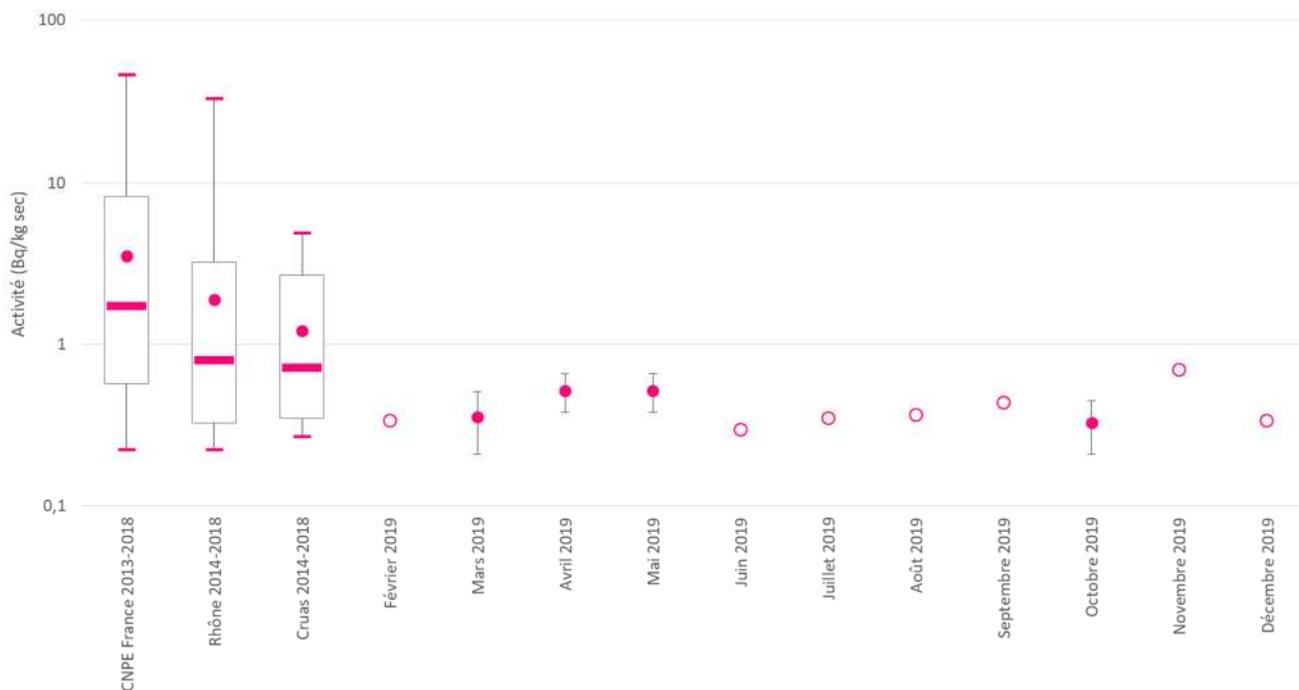


Figure 75. Activité en ^{60}Co dans les MES prélevées en aval du site de Cruas

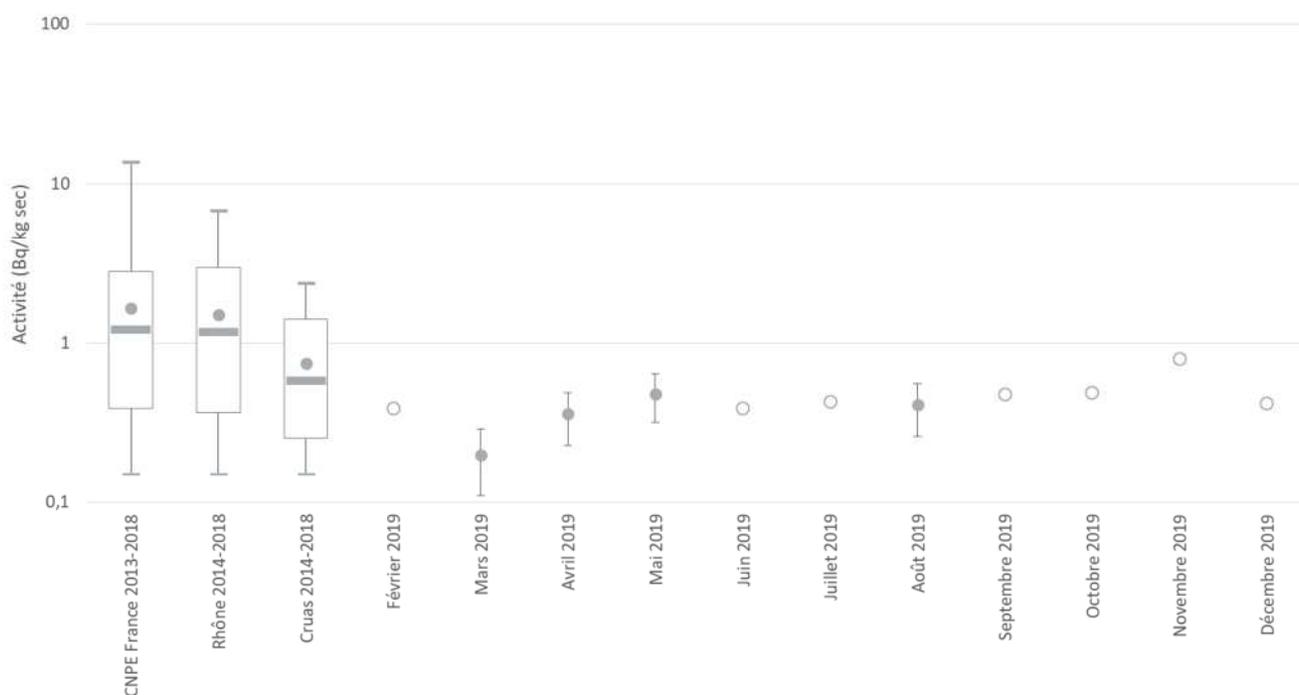


Figure 76. Activité en ^{110m}Ag dans les MES prélevées en aval du site de Cruas

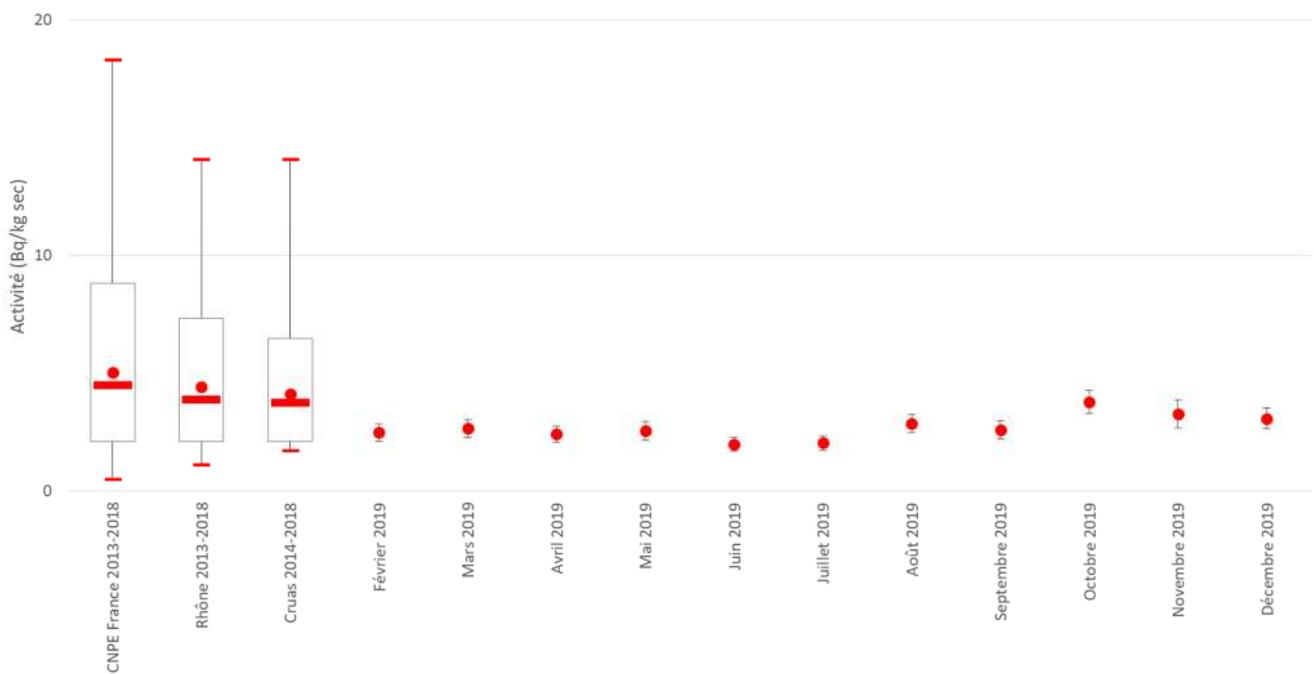


Figure 77. Activité en ^{137}Cs dans les MES prélevées en aval du site de Cruas

Les activités observées dans les MES prélevées en aval de Cruas sont plus faibles que les années précédentes, et ce quel que soit le radionucléide considéré.

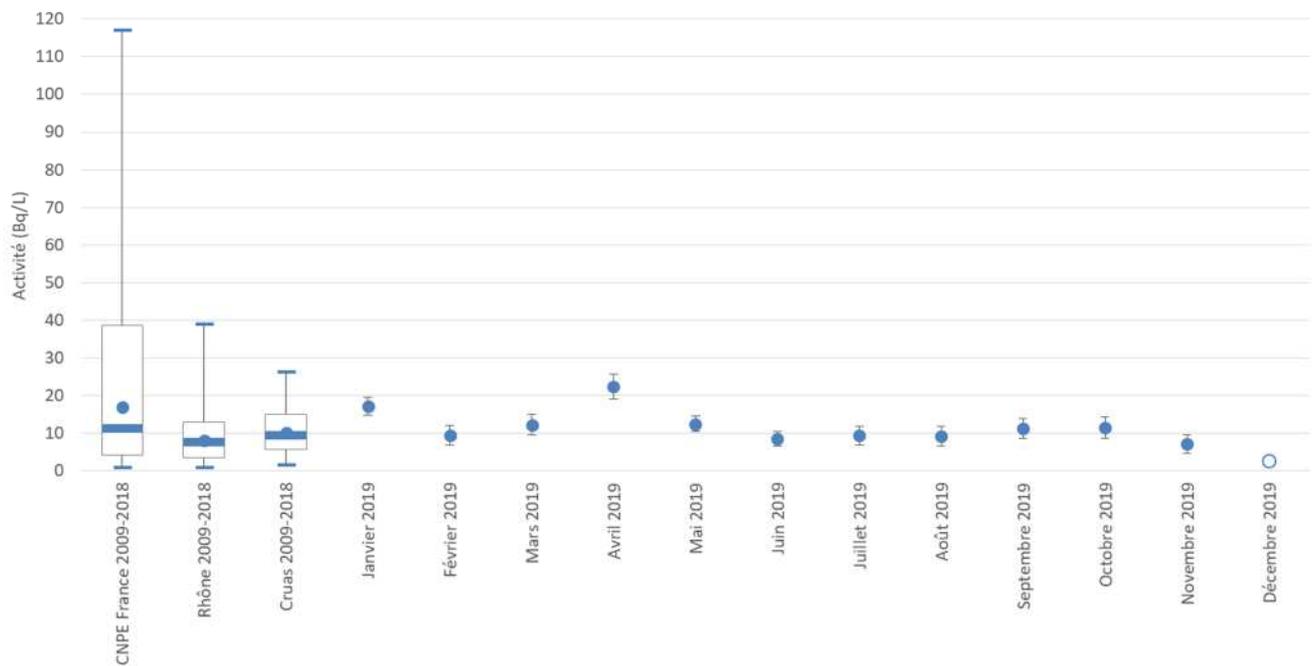


Figure 78. Activité en ^3H dans l'eau prélevée en aval du site de Cruas

Tricastin

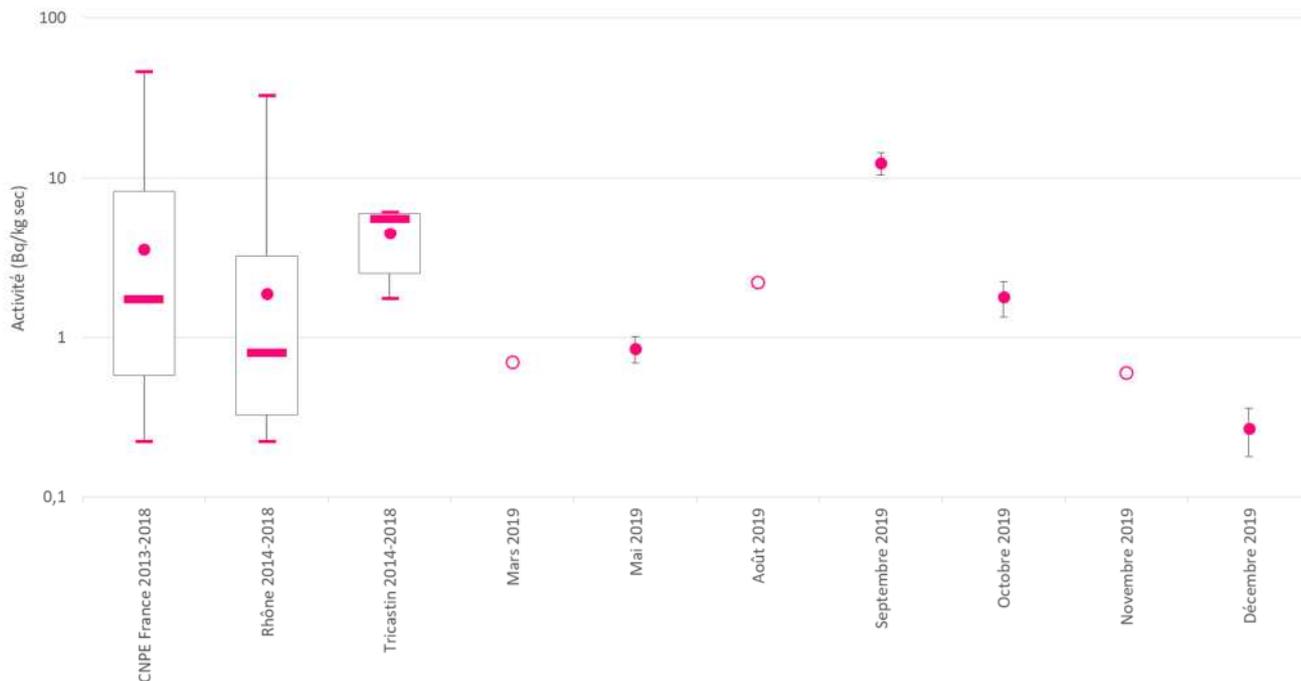


Figure 79. Activité en ^{60}Co dans les MES prélevées en aval du site du Tricastin

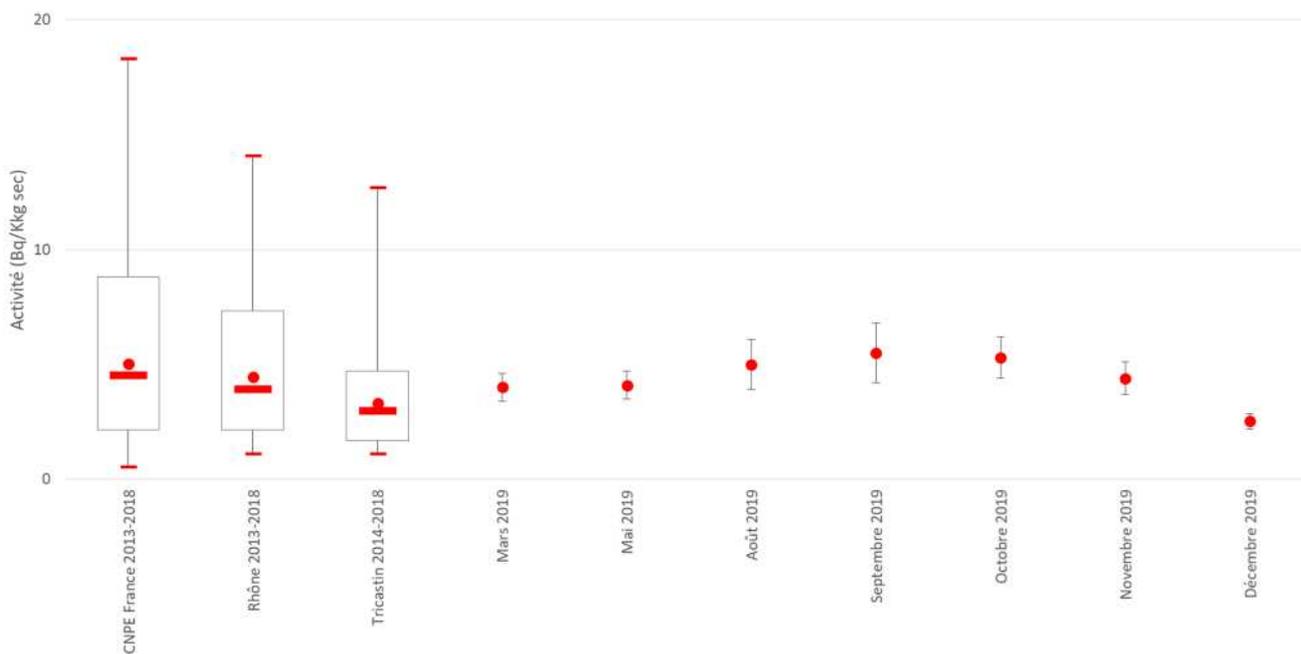


Figure 80. Activité en ^{137}Cs dans les MES prélevées en aval du site du Tricastin

Une seule valeur significative de $3,6 \pm 1,1$ Bq/kg sec en $^{110\text{m}}\text{Ag}$ a également été mesurée dans les MES en aval du site.

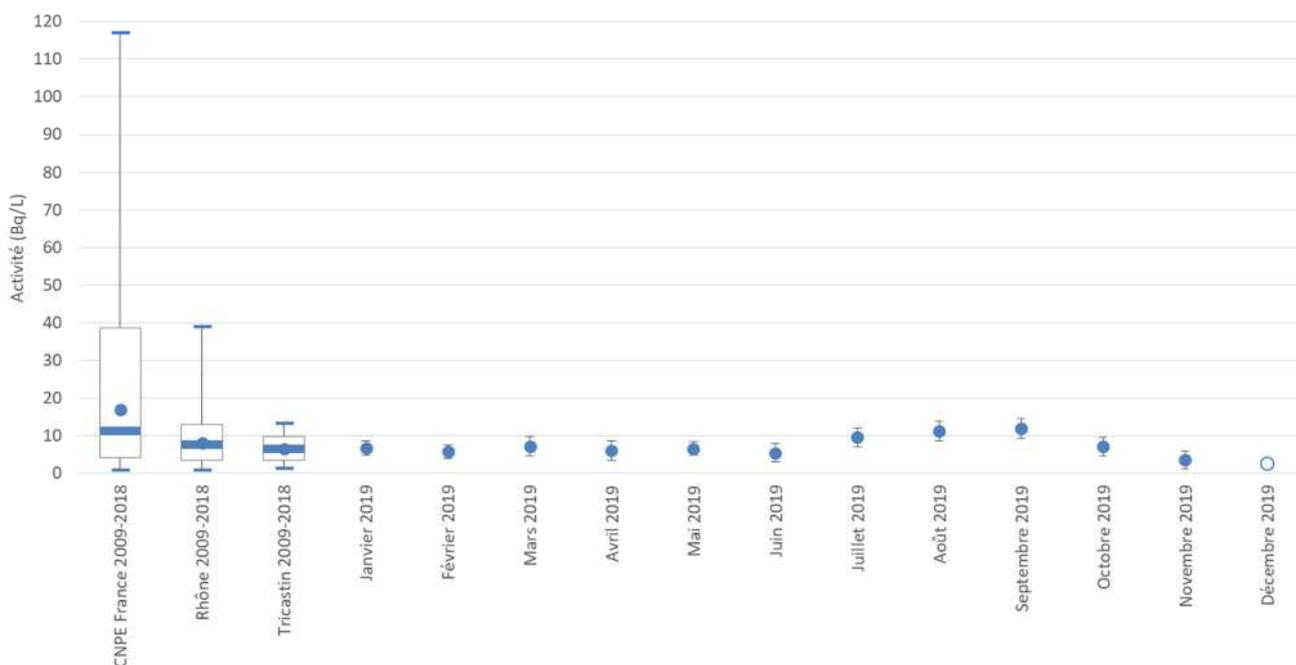


Figure 81. Activité en ^3H dans l'eau prélevée en aval du site du Tricastin

Rhône aval : Station observatoire du Rhône à Arles (SORA)

SORA, en service depuis 2002, permet de collecter à fréquence mensuelle (et quotidienne en période de crue) des échantillons d'eau du Rhône en aval de l'ensemble des installations nucléaires du sillon rhodanien et des affluents du Rhône, et ainsi d'évaluer les transferts de radionucléides vers la Méditerranée. La station permet de réaliser des analyses sur les phases dissoute et particulaire (collectée par filtration). Sa conception permet de prélever des volumes d'échantillons importants (de l'ordre de 10 m³ d'eau), et ainsi d'obtenir, avec une métrologie adaptée, des seuils de détection très bas, pouvant atteindre quelques dizaines de nBq/L par exemple pour le plutonium ou le curium.

Les activités des radionucléides mesurés à SORA en phase particulaire et en phase dissoute s'inscrivent dans la gamme de variation des activités habituellement mesurées. Parmi les radionucléides émetteurs gamma d'origine artificielle recherchés, seuls ^{137}Cs , ^{60}Co et $^{110\text{m}}\text{Ag}$ sont mesurés avec des activités supérieures aux limites de détection. Ces radionucléides sont majoritairement transportés sous forme particulaire, excepté ^{90}Sr qui transite préférentiellement sous forme dissoute. Les rapports d'activité $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ dans ces deux fractions, compris entre 0,06 et 1,15 sont supérieurs à ceux des retombées des essais nucléaires atmosphériques (inférieurs à 0,04). Ceci témoigne des différentes origines de ces radionucléides, issus à la fois de la rémanence des essais et des rejets historiques liés aux activités de retraitement du site de Marcoule (même si ces derniers ont fortement décru depuis la fin des années 1990).

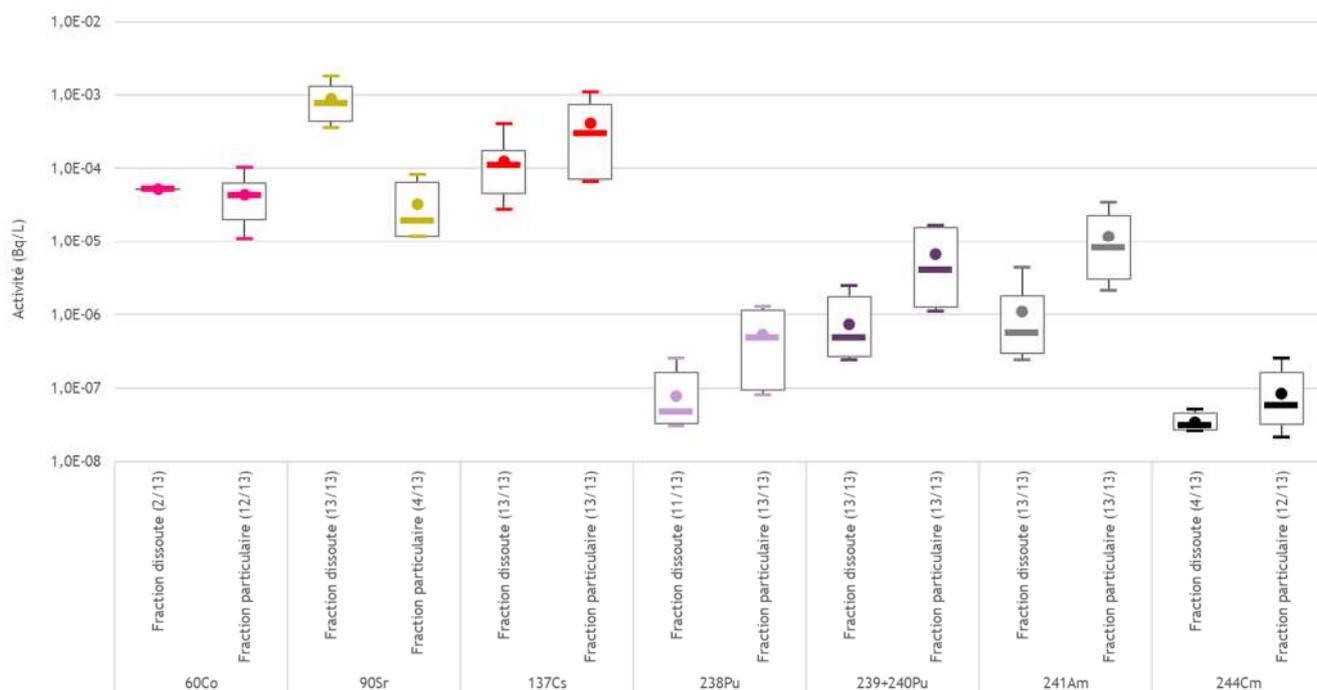


Figure 82. Gammes d'activités des radionucléides artificiels (présentant au moins une mesure significative) de l'eau prélevée par SORA en 2019

L'IRSN dispose également d'un hydrocollecteur à Vallabrègues (en aval de Marcoule) similaire à ceux installés en aval des 4 CNPE EDF en amont, qui permet ainsi d'analyser les matières en suspension (obtenues par décantation) en tout aval des installations nucléaires et en amont de SORA. Comme attendu, ^{60}Co et $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ne sont détectés qu'à partir de l'aval de Bugey et correspondent aux rejets des CNPE en activité, contrairement au ^{137}Cs , dont la présence dans l'environnement aquatique est majoritairement liée à la remobilisation de particules de sols et de sédiments contaminés par les retombées des essais atmosphériques et de l'accident de Tchernobyl.

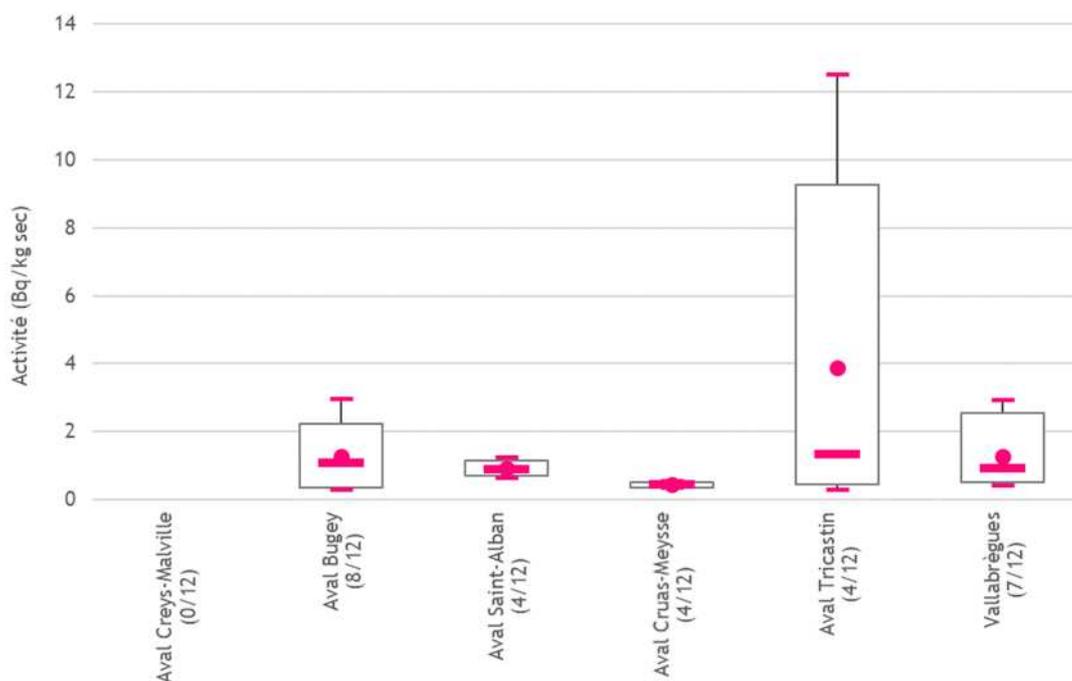


Figure 83. ^{60}Co dans les MES du Rhône collectées par décantation sur les hydrocollecteurs IRSN en 2019

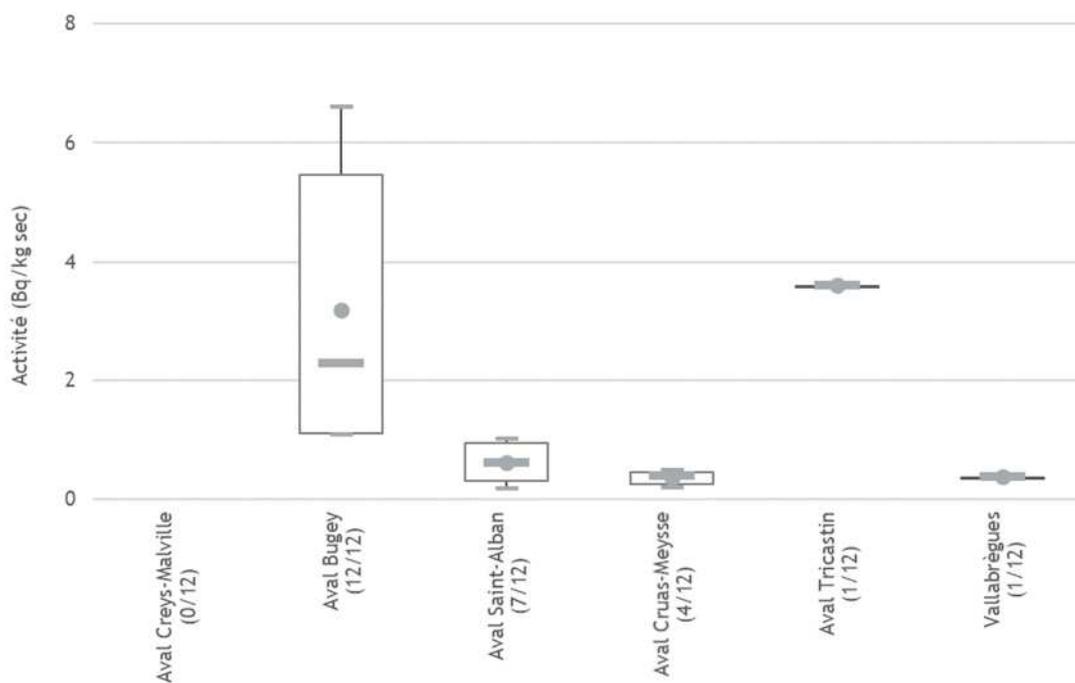


Figure 84. ^{110m}Ag dans les MES du Rhône collectées par décantation sur les hydrocollecteurs IRSN en 2019

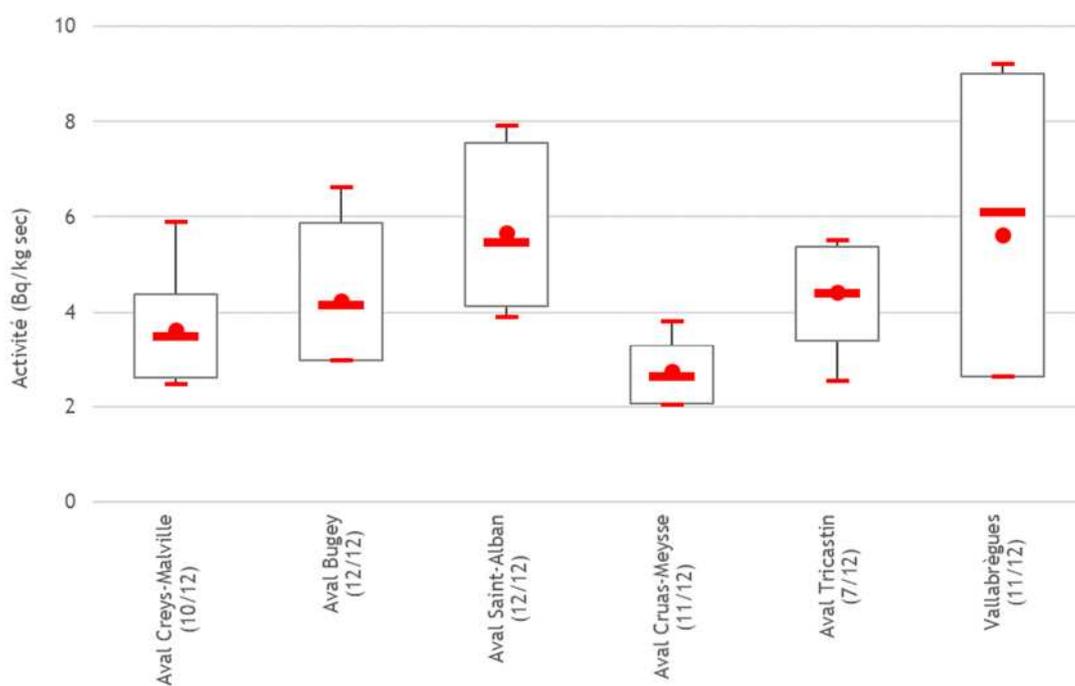


Figure 85. ^{137}Cs dans les MES du Rhône collectées par décantation sur les hydrocollecteurs IRSN en 2019

Les activités en tritium dans l'eau filtrée mesurées au pas de temps mensuel en 2020 varient de 2 à 10 Bq/L et sont du même ordre de grandeur que celles usuellement mesurées à SORA les années précédentes, et à Vallabrègues plus en amont. La variabilité est liée aux activités rejetées par les différents CNPE implantés le long du Rhône et à l'hydrologie du fleuve, dont dépend la dilution des effluents liquides.

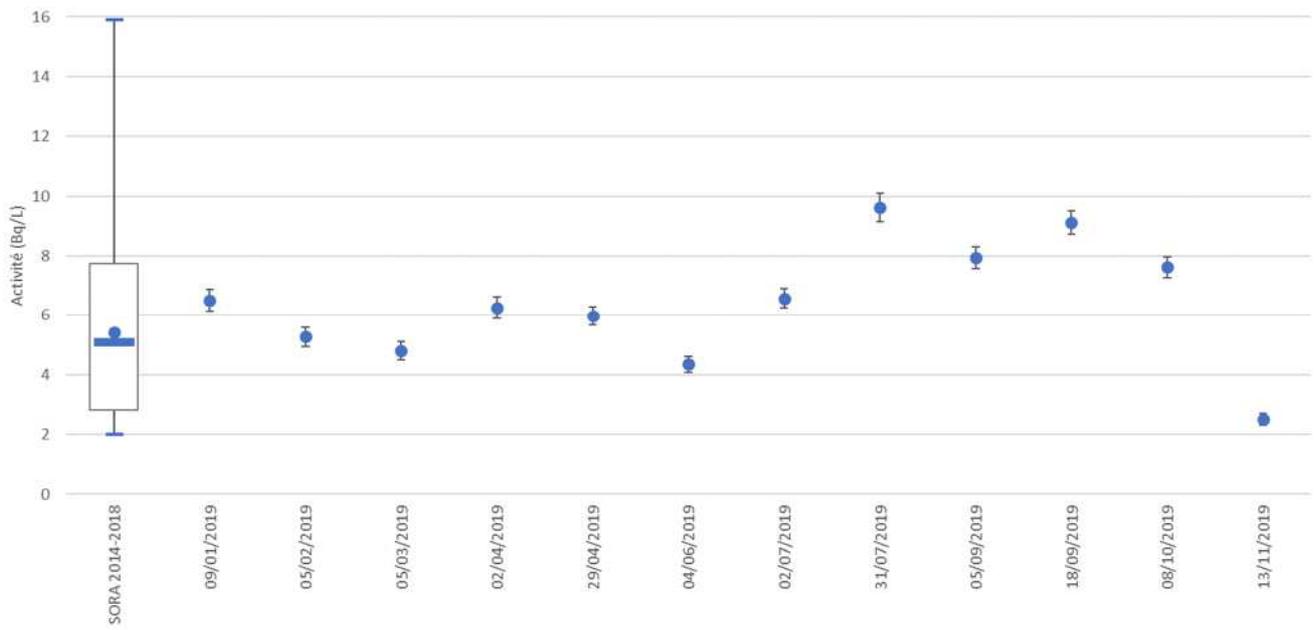


Figure 86. Activité en tritium de l'eau prélevée et filtrée par SORA en 2019

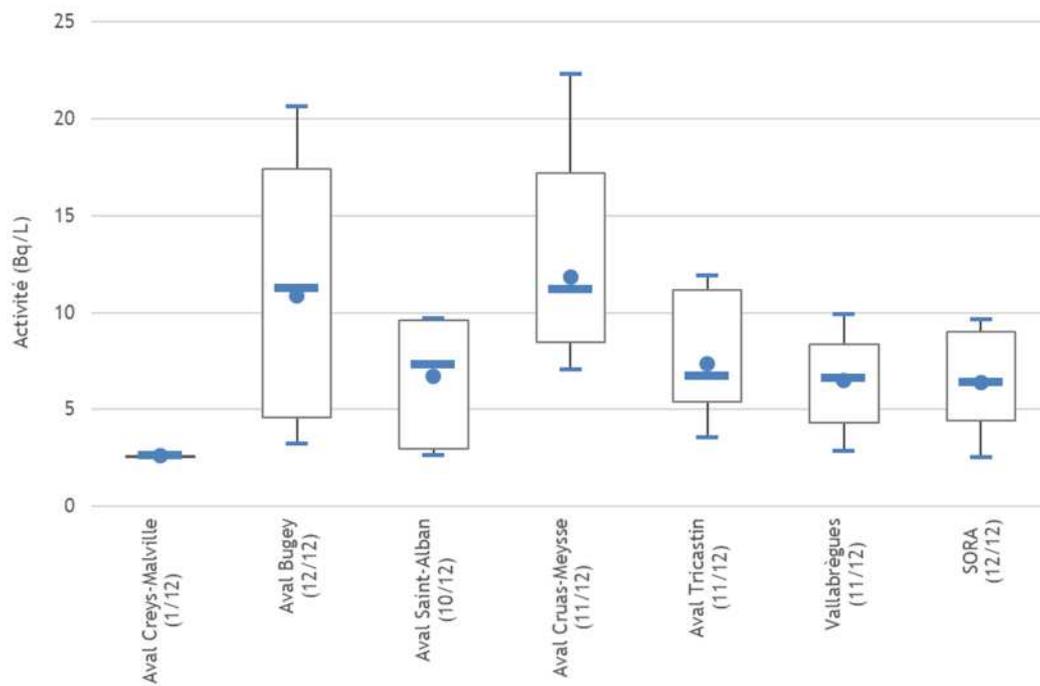


Figure 87. Gammes d'activités en tritium dans les échantillons d'eau prélevés par les hydrocollecteurs du Rhône et SORA en 2019.

3.7 SEINE

En 2019, et contrairement à 2018, aucune activité en ^{134}Cs n'a été mesurée en 2019 dans les matières en suspension. Les proportions de détection des autres radionucléides artificiels détectés sont reportées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 11. Proportions de valeurs significatives par radionucléide d'origine artificielle relevées dans les MES prélevées sur la Seine en aval du CNPE de Nogent

Radionucléide	Valeurs significatives / Nombre de mesures
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	5/12
^{137}Cs	12/12
^{58}Co	7/12
^{60}Co	8/12
^{54}Mn	4/12
^{131}I	2/12

Les activités mesurées en ^{137}Cs et en ^{60}Co sont cohérentes avec les niveaux habituellement observés. Si l'on considère la répartition annuelle de ces activités, on peut observer pour le ^{60}Co un pic en juillet avec une valeur significative supérieure aux valeurs habituelles pour ce CNPE, et dans la fourchette haute des valeurs mesurées en France.

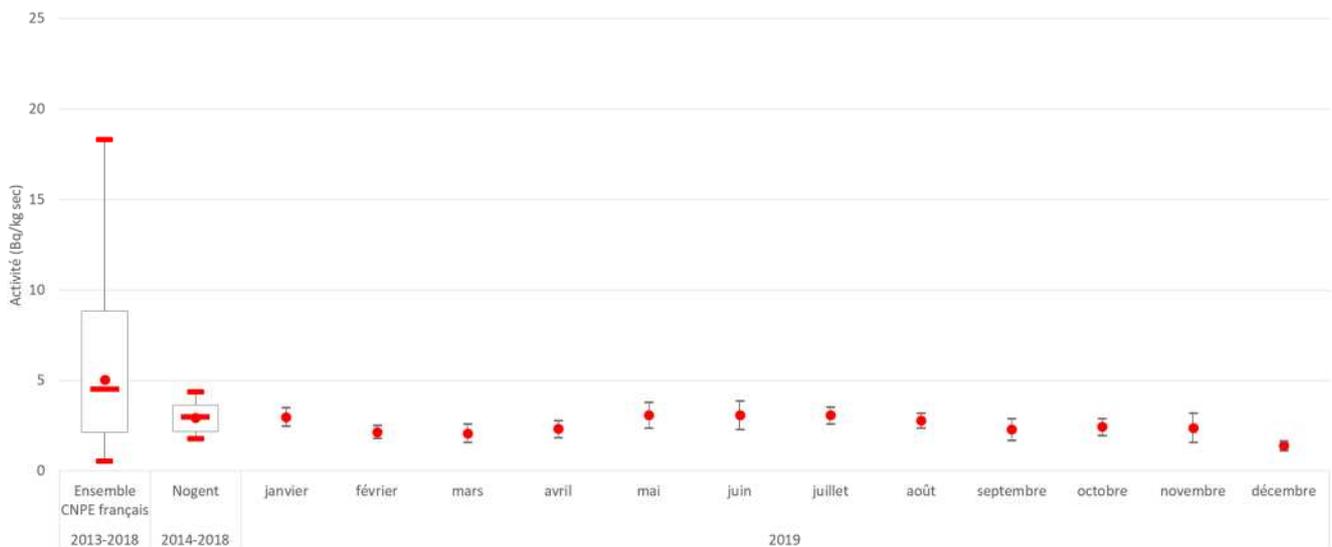


Figure 88. Activités en ^{137}Cs dans les MES prélevées en aval du CNPE de Nogent en 2019

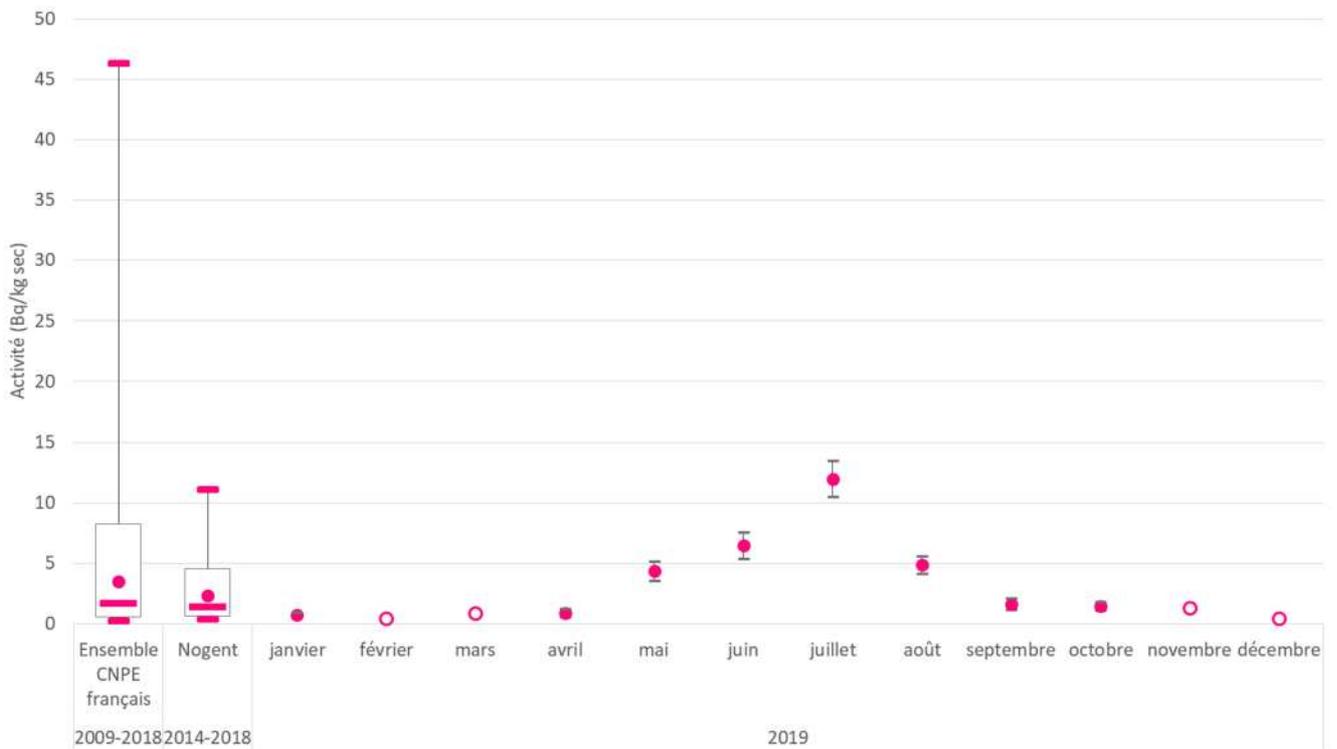


Figure 89. Activités en ^{60}Co dans les MES prélevées en aval du CNPE de Nogent en 2019

En ce qui concerne les autres radionucléides artificiels détectés en aval de Nogent en 2019, il est à noter la présence de ^{54}Mn , jamais observé sur la période 2014-2018. Les valeurs significatives mesurées sont cependant du même ordre de grandeur que les niveaux habituellement observés pour les autres CNPE français.

Les activités significatives en ^{58}Co mesurées en juin, août, octobre et novembre sont supérieures à celles de la période 2014-2018 pour le CNPE de Nogent. La valeur du mois d'août ($8,7 \pm 1,2$ Bq/kg sec) est de plus, dans les niveaux hauts rencontrés dans l'ensemble des CNPE français.

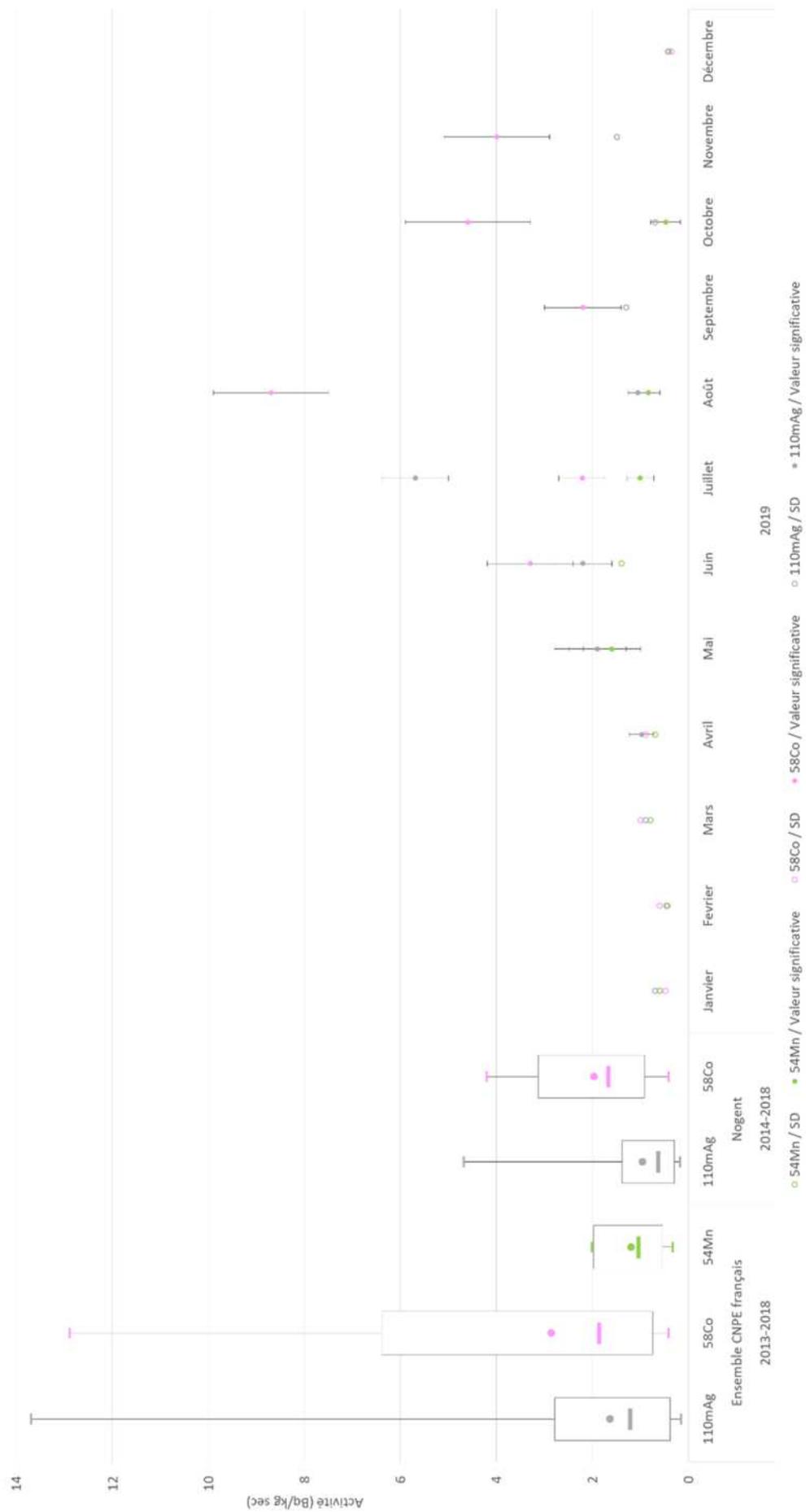


Figure 90. Activités en ^{54}Mn , ^{58}Co et $^{110\text{m}}\text{Ag}$ dans les MES prélevées en aval du CNPE de Nogent en 2019

Les activités mesurées en tritium dans les eaux en aval de la centrale de Nogent sont cohérentes avec l'ensemble des CNPE, bien que légèrement plus élevées comme les années précédentes.

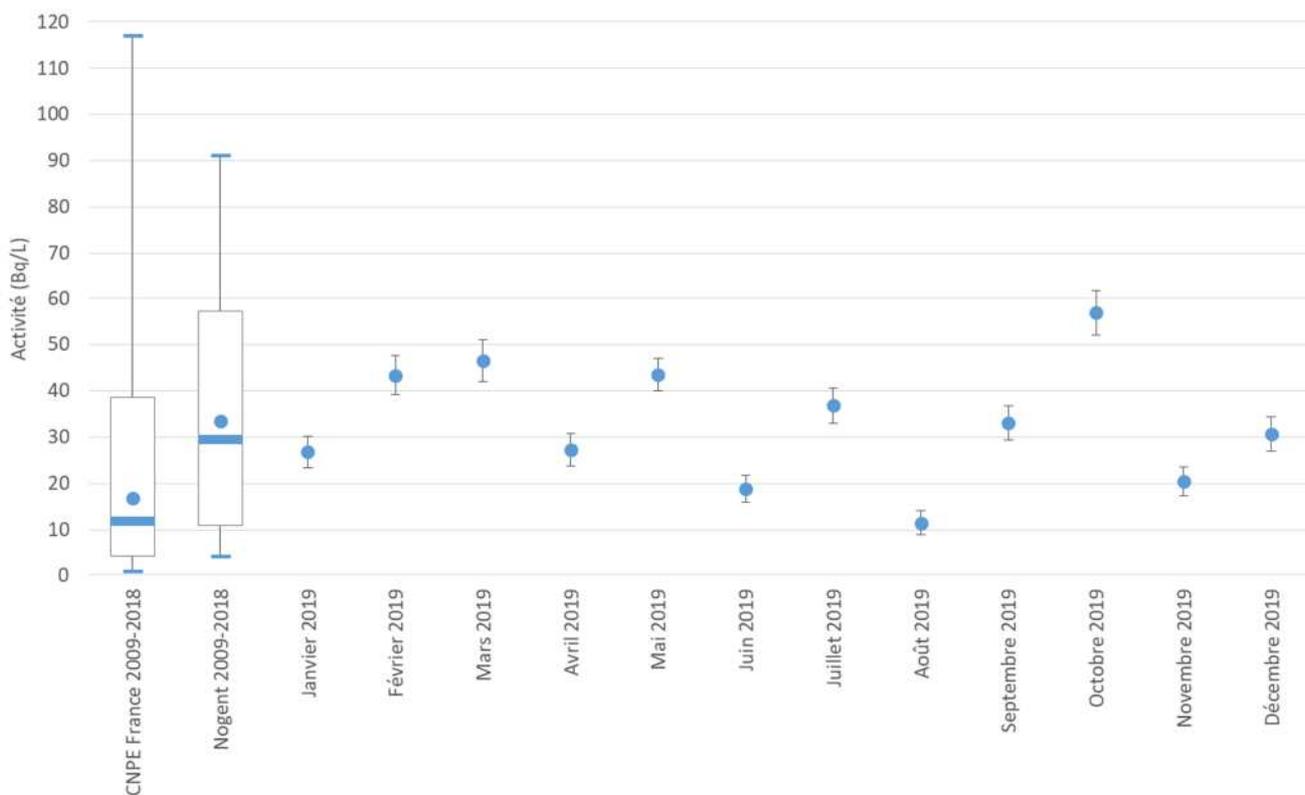


Figure 91. Activité en ^3H dans l'eau prélevée en aval du CNPE de Nogent en 2019

AVAL DU CYCLE

4.1 LA HAGUE

Le site de la Hague est le site nucléaire le plus surveillé avec un total de 260 prélèvements réalisés en 2019 dans le cadre de la surveillance régulière de l'IRSN. Le plan de surveillance couvre les rejets liquides et gazeux liés aux activités de retraitement de l'usine Orano de la Hague et ceux du centre de stockage de la Manche exploité par l'ANDRA (essentiellement par voie liquide).

Les rejets atmosphériques du site de la Hague sont dominés par le ^{85}Kr (gaz rare). Viennent ensuite le ^3H en majorité rejeté sous sa forme HT, le ^{14}C et l' ^{129}I . A noter que dans l'attente des développements pour qualifier le prélèvement ^{14}C à l'aide des piègeurs passifs, ce radionucléide ne fait pas l'objet d'un suivi par l'IRSN au niveau du compartiment atmosphérique.

En 2019, les niveaux d'activité en ^3H mesurés dans l'air sont restés du même ordre de grandeur que les années précédentes avec une moyenne de $0,086 \text{ Bq/m}^3$ en HTO et de $0,171 \text{ Bq/m}^3$ en HT à la station IRSN d'Omonville-la-Petite, et de $0,057 \text{ Bq/m}^3$ en HTO à la station AS4 située à Herqueville, les deux stations étant situées dans l'axe des vents dominants.

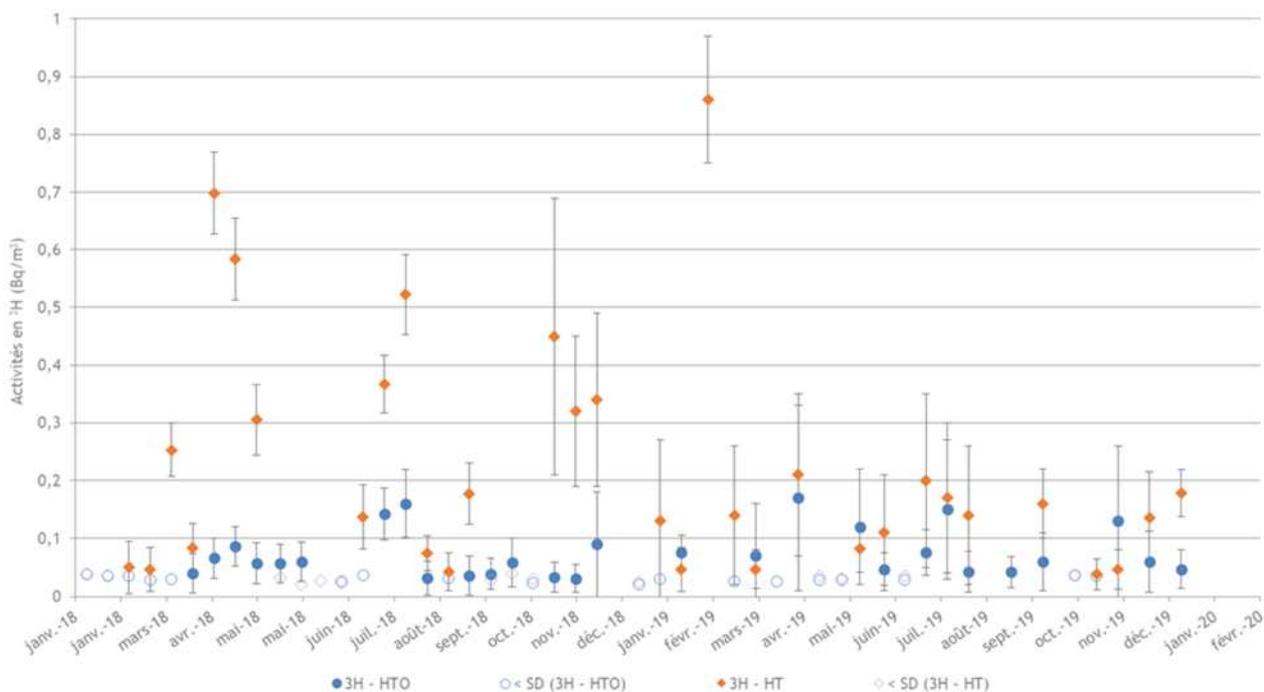


Figure 92. Activités en ^3H dans l'atmosphère à la station IRSN d'Omonville-la-Petite

L'activité en ^3H à la station d'Omonville-la Petite a moins fait l'objet de fluctuations en 2019 relativement à l'année précédente. Un épisode de forte activité a toutefois été enregistré sur la période du 21 février au 4 mars 2019 ($0,86 \pm 0,11 \text{ Bq/m}^3$ en HT). A titre de comparaison, la valeur la plus élevée en HT mesurée depuis l'installation du barboteur sur cette station était de $1,15 \pm 0,10 \text{ Bq/m}^3$ en mai 2015. Sur cette période, le tritium HTO n'a pas pu être quantifié, un des pots du barboteur ayant été cassé durant le transport.

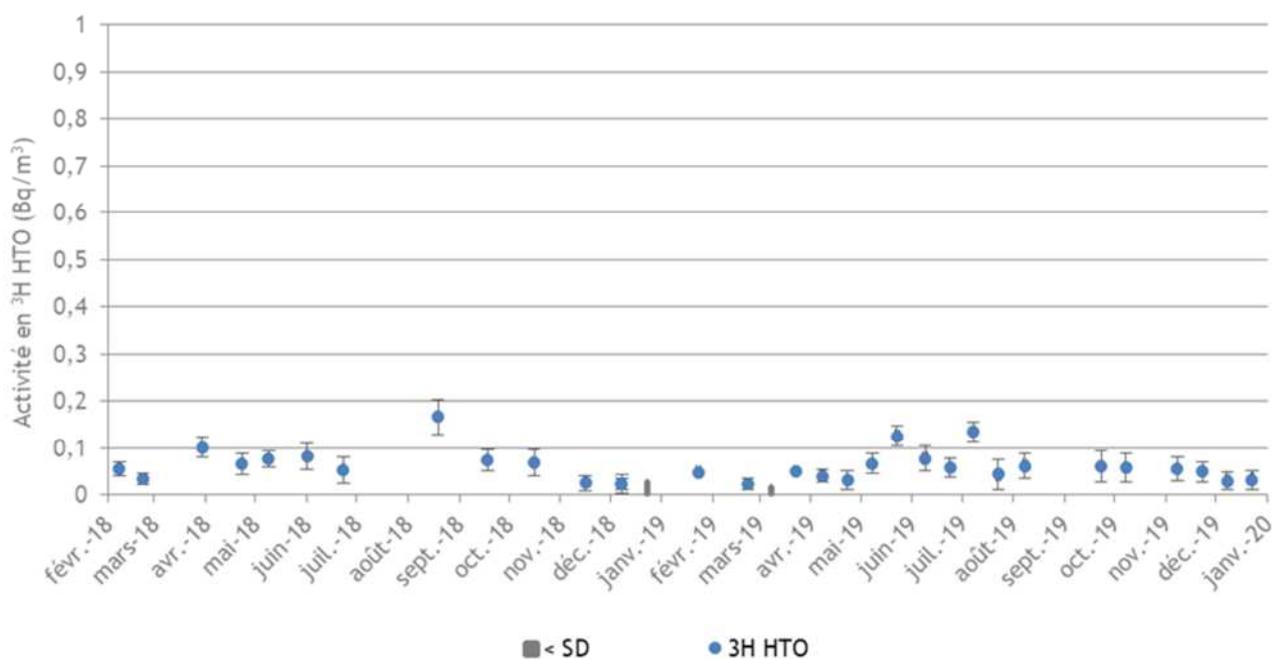


Figure 93. Activité en ^3H dans l'air prélevé par des piègeurs passifs à Herqueville (station AS4)

A la station d'Herqueville, l'activité en HTO a également subi peu de variations et est restée comprise entre $0,024 \pm 0,014 \text{ Bq/m}^3$ et $0,135 \pm 0,031 \text{ Bq/m}^3$. La figure suivante présente le HTO mesuré dans l'eau de pluie à la station IRSN d'Omonville-la-Petite. Si on les compare aux valeurs enregistrées depuis le déplacement du collecteur d'eau de pluie en 2016, les activités moyennes mesurées mensuellement sont restées relativement faibles en 2019 ($4,12 \text{ Bq/L}$). A noter que le pic d'activité en ^3H dans l'atmosphère mesuré à la fin du mois de février 2019 n'est pas visible sur les regroupements mensuels de février et de mars 2019.

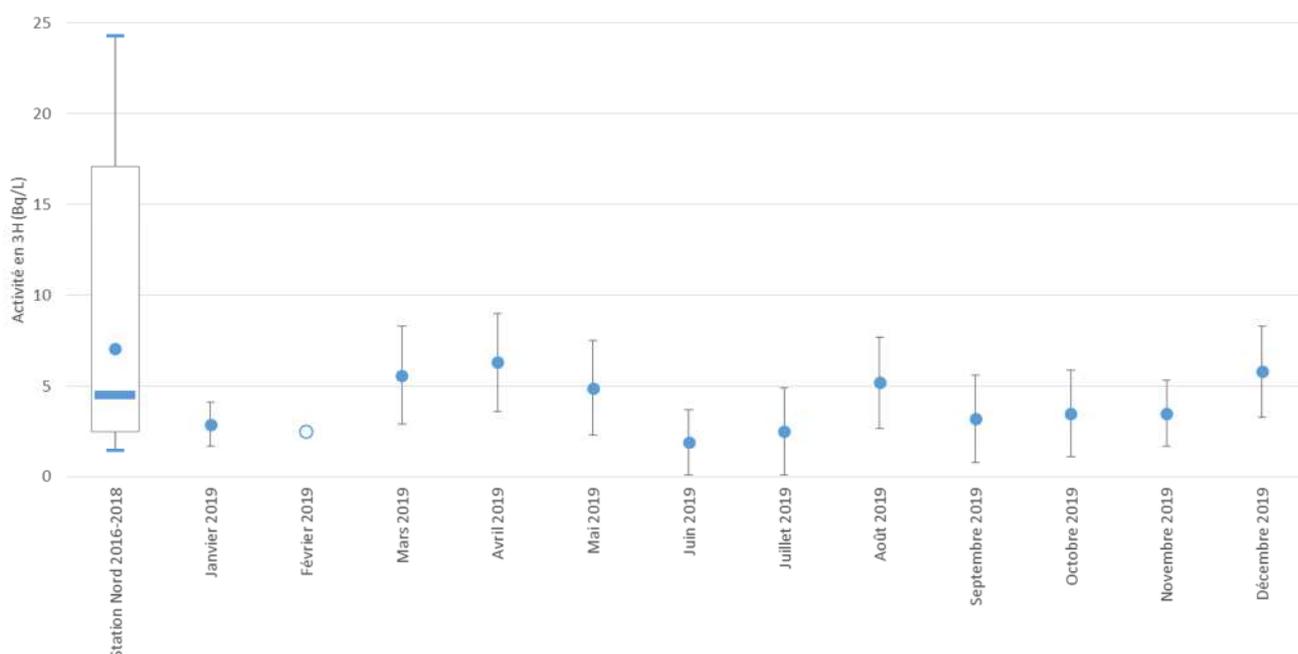


Figure 94. Activité en ^3H dans l'eau de pluie à Omonville-la-Petite (station IRSN)

Une mesure par spectrométrie gamma est également réalisée sur chaque prélèvement d'eau de pluie. Comme en 2018, aucun radionucléide artificiel n'a été détecté en 2019.

En complément du suivi de l'activité en ^3H dans l'atmosphère et de l'activité dans l'eau de pluie (^3H , émetteurs gamma), l'IRSN assure également, au niveau de la station d'Omonville-la-Petite, un suivi des aérosols atmosphériques et de l'iode sous forme gazeux. Sur les prélèvements réalisés en 2019, l'iode a été le seul radionucléide artificiel mesuré sur les filtres aérosols.

La figure suivante présente la chronique des activités en iodes particulaire et gazeux depuis le 1^{er} janvier 2018. On peut constater que le nombre de mesures significatives en iodes a été plus important sur l'année 2019 avec 29 mesures significatives en ^{129}I particulaire et 38 en ^{129}I gazeux sur 51 prélèvements contre respectivement 16 et 24 mesures significatives sur 48 prélèvements réalisés en 2018. Les gammes des activités significatives restent cependant bien établies (environ 1 à 10 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ pour la forme particulaire et 10 à 100 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ pour la forme gazeuse).

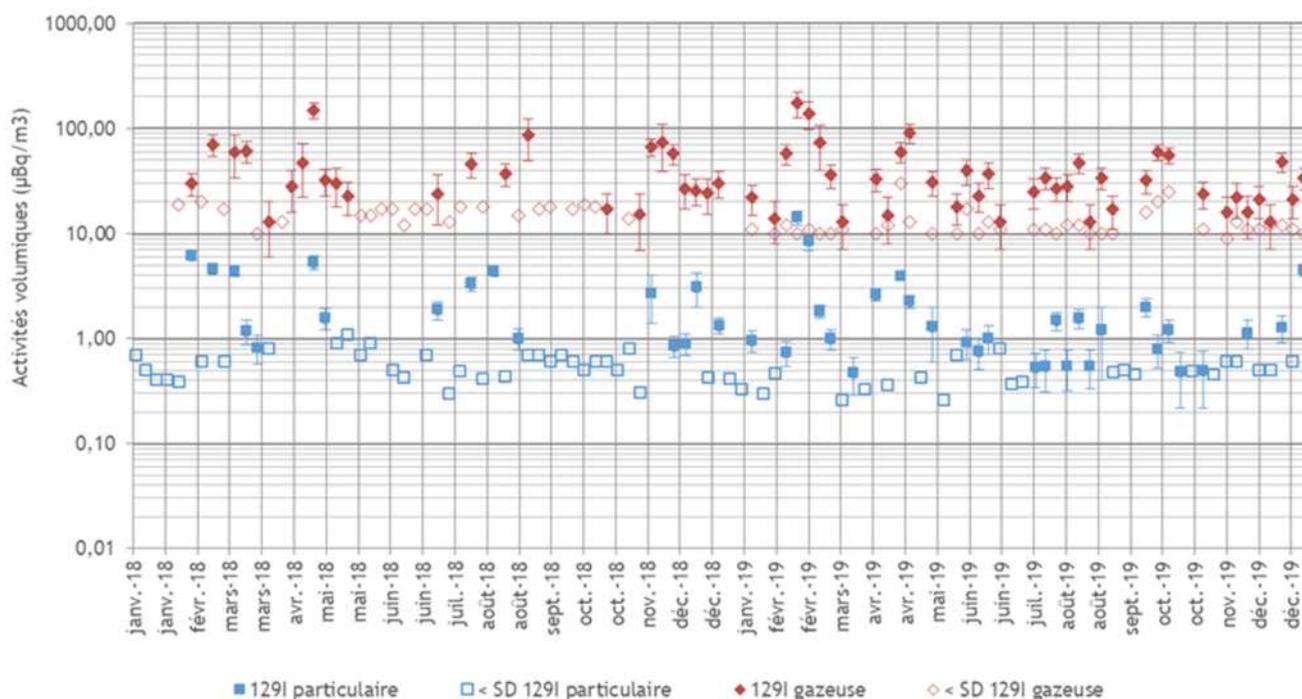


Figure 95. Evolution de l'activité volumique des iodes atmosphériques à la station IRSN d'Omonville-la-Petite

Sur la période correspondant au pic d'activité en ^3H dans l'atmosphère, une augmentation des iodes a également été observée. Le tableau suivant présente les activités en iodes particulaire et gazeux sur les mois de février et de mars ainsi que la moyenne des activités significatives en 2019. On constate une élévation avec des niveaux bien supérieurs aux valeurs habituellement mesurées et consécutifs à une période de relative stabilité de l'atmosphère et des vents en direction du nord-est. Le précédent épisode où de telles valeurs avait été enregistrées ($350 \pm 50 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ en ^{129}I gazeux et $23,5 \pm 1,7 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ en ^{129}I particulaire) remonte à décembre 2016. Il s'agissait des plus fortes valeurs enregistrées depuis l'installation de la station à Omonville-la-Petite en 2013.

Tableau 12. Activités en ^{129}I mesurées en février et mars 2019 à Omonville-la-Petite

Période	Nature	Activité volumique ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$)	Seuil de décision ($\mu\text{Bq}/\text{m}^3$)
4 au 11 février 2019	Aérosols	$0,74 \pm 0,2$	0,39
	Gaz	58 ± 13	12
11 au 18 février 2019	Aérosols	$14,3 \pm 2,2$	0,57
	Gaz	174 ± 48	10
18 au 25 février 2019	Aérosols	$8,50 \pm 1,6$	0,37
	Gaz	139 ± 41	11
25 au 4 mars 2019	Aérosols	$1,82 \pm 0,27$	0,50
	Gaz	74 ± 34	10
4 au 11 mars 2019	Aérosols	$1,00 \pm 0,22$	0,50
	Gaz	36 ± 9	10
Moyenne des activités significatives 2019	Aérosols	<i>2,03</i>	
	Gaz	<i>38,92</i>	

L'impact des rejets atmosphériques du site de la Hague est également suivi par l'intermédiaire d'indicateurs biologiques, en particulier des prélèvements de lait effectués par la DGAL dans trois exploitations situées à proximité du site et des prélèvements de végétaux terrestres (herbes).

Pour le lait, les deux radionucléides artificiels régulièrement mesurés sont l' ^{129}I et le ^3H . La figure suivante reprend les activités en ^{129}I mesurées entre 2015-2018 sur les 3 stations. En 2019, on constate que le prélèvement réalisé à la fin du mois de mars dans le secteur sud se situe dans la fourchette haute des valeurs précédemment observées, et la dépasse pour le prélèvement réalisé dans le secteur nord-est ($0,144 \pm 0,023$ Bq/L). **A noter qu'il s'agit de la plus forte activité en ^{129}I dans le lait mesurée depuis 2010 autour du site de la Hague toutes stations confondues.** Pour le prélèvement réalisé en juin dans le secteur nord-est et dans la seconde partie de l'année pour le secteur sud, les activités en ^{129}I ont également été un peu au-dessus de la moyenne ce qui peut s'expliquer par les plus fortes activités mesurées dans l'atmosphère tout au long de l'année 2019.

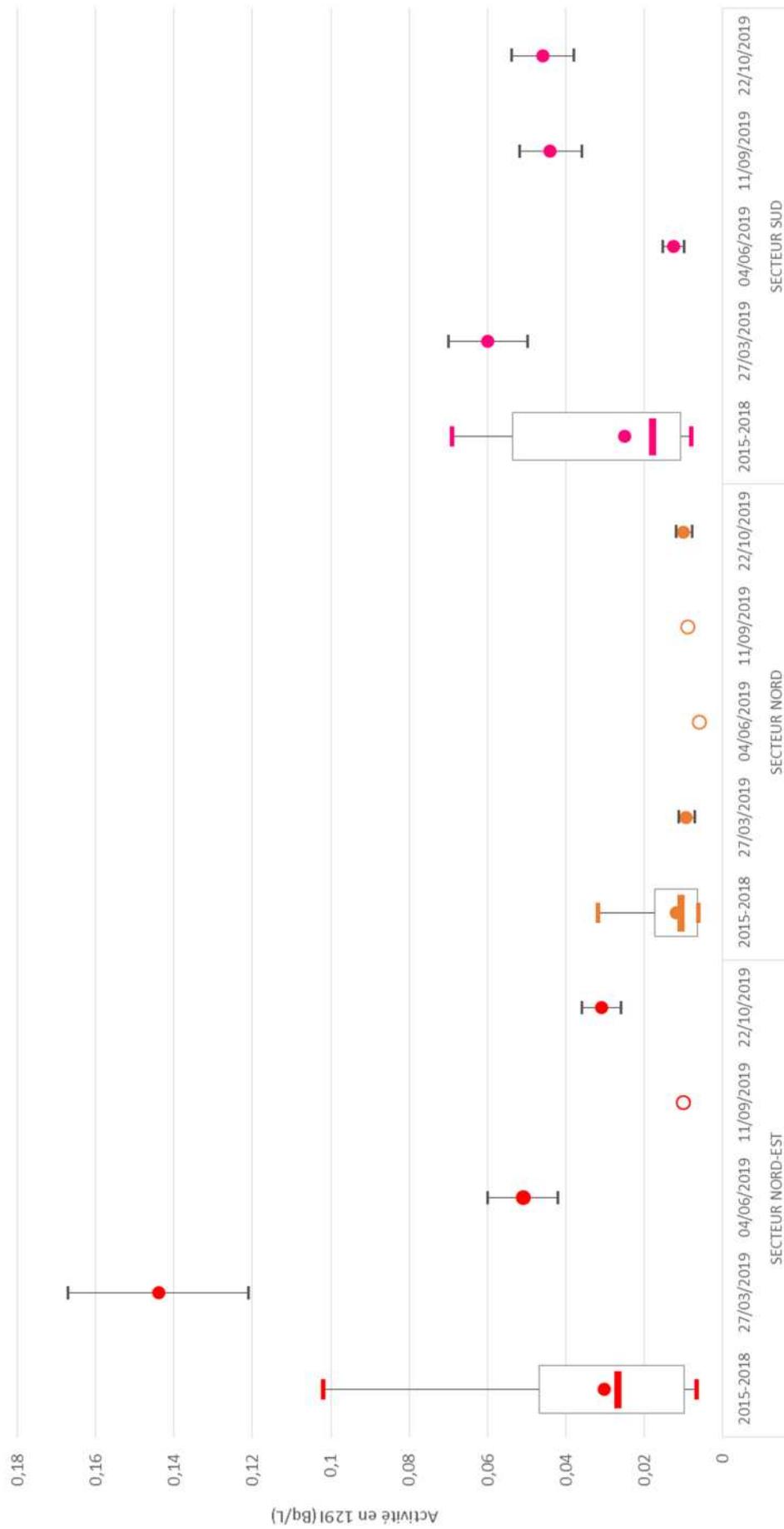


Figure 96. Activité en ^{129}I dans le lait prélevé en 2019 aux 3 points de prélèvement IRSN

Concernant le suivi du marquage en ^3H dans le lait, les valeurs sont restées cohérentes avec les activités mesurées les années précédentes, même si la valeur pour le prélèvement de mars réalisé dans le secteur sud se situe plutôt dans la fourchette haute ($5,3 \pm 2,5$ Bq/L).

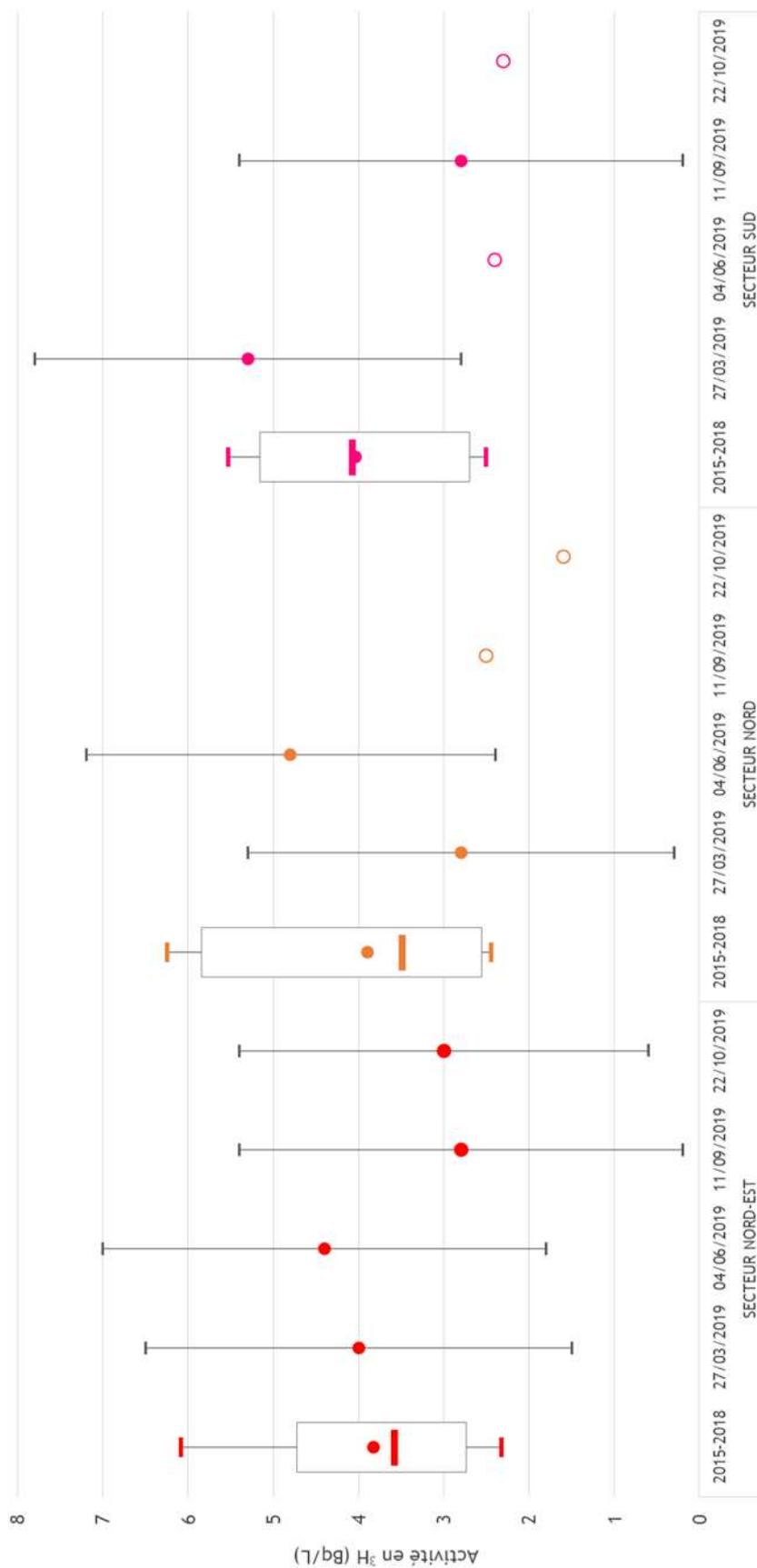


Figure 97. Activité en ^3H mesurée dans le lait prélevé en 2019 aux 3 points de surveillance IRSN

L'IRSN réalise également un suivi du tritium en milieu terrestre à travers des prélèvements d'herbe. Ce suivi, réalisé à fréquence trimestrielle comme le lait, comporte également 3 points de prélèvement : 2 réalisés par Orano sur les stations A4 (nord-est du site) et A12 (sud du site) et un réalisé par l'IRSN à la station d'Omonville-la-Petite au nord du site. A noter que le suivi IRSN réalisé au point A4 et à la station d'Omonville a démarré en 2018. Pour l'année 2019, seuls trois prélèvements ont été réalisés au point A12, dont un a été perdu durant le transport.

On constate sur la figure suivante que les activités mesurées en TOL sur les végétaux terrestres prélevés au point A4 et à la station IRSN ont été plus importantes en 2019 qu'en 2018 (début du suivi de ces chroniques). En revanche si on regarde sur une période plus longue, les activités mesurées à la station A12 sont restées proches de la moyenne sur la période 2010-2018.

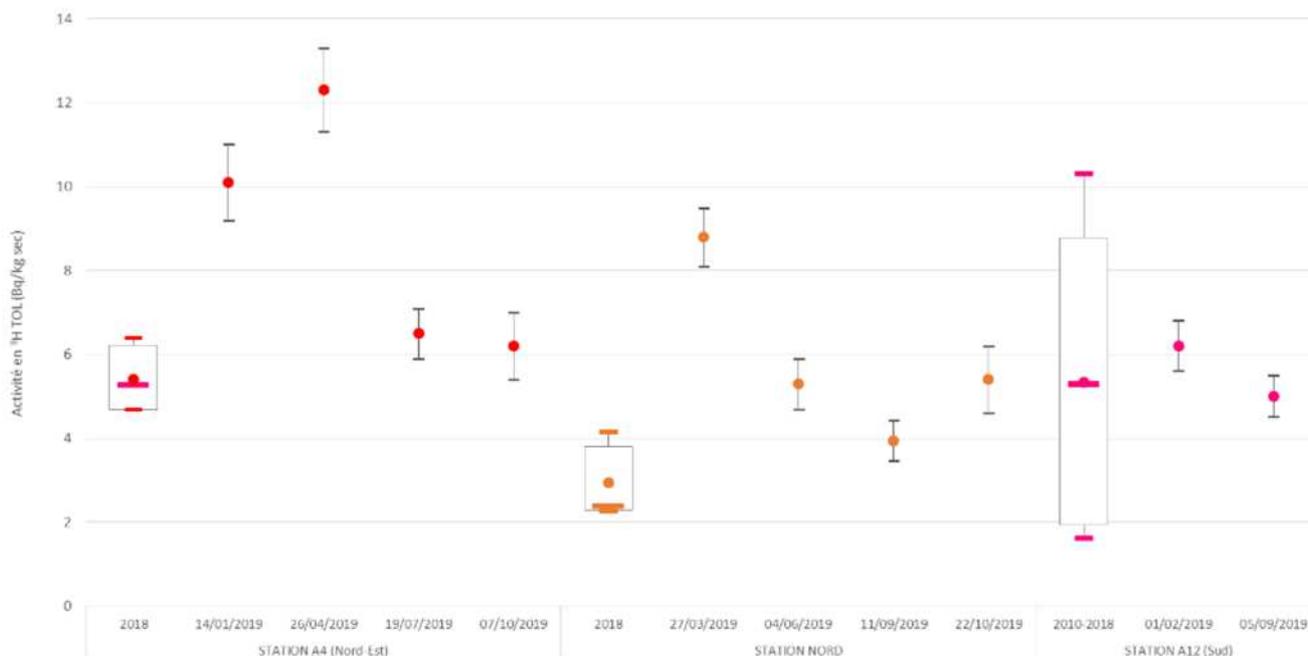


Figure 98. Activité en ^3H TOL mesurée dans les végétaux terrestres autour de la Hague

Les échantillons d'herbe font également l'objet d'une mesure par spectrométrie gamma qui permet notamment de détecter l' ^{129}I et d'une mesure de l'activité en ^{14}C . Pour l'année 2019, les activités en ^{129}I sont restées cohérentes avec les activités précédemment mesurées. On constate toutefois que le prélèvement réalisé en mars à la station Nord laisse apparaître une activité plus importante qui peut correspondre au pic d'activité en ^{129}I mesuré dans le lait prélevé à la même période dans ce secteur.

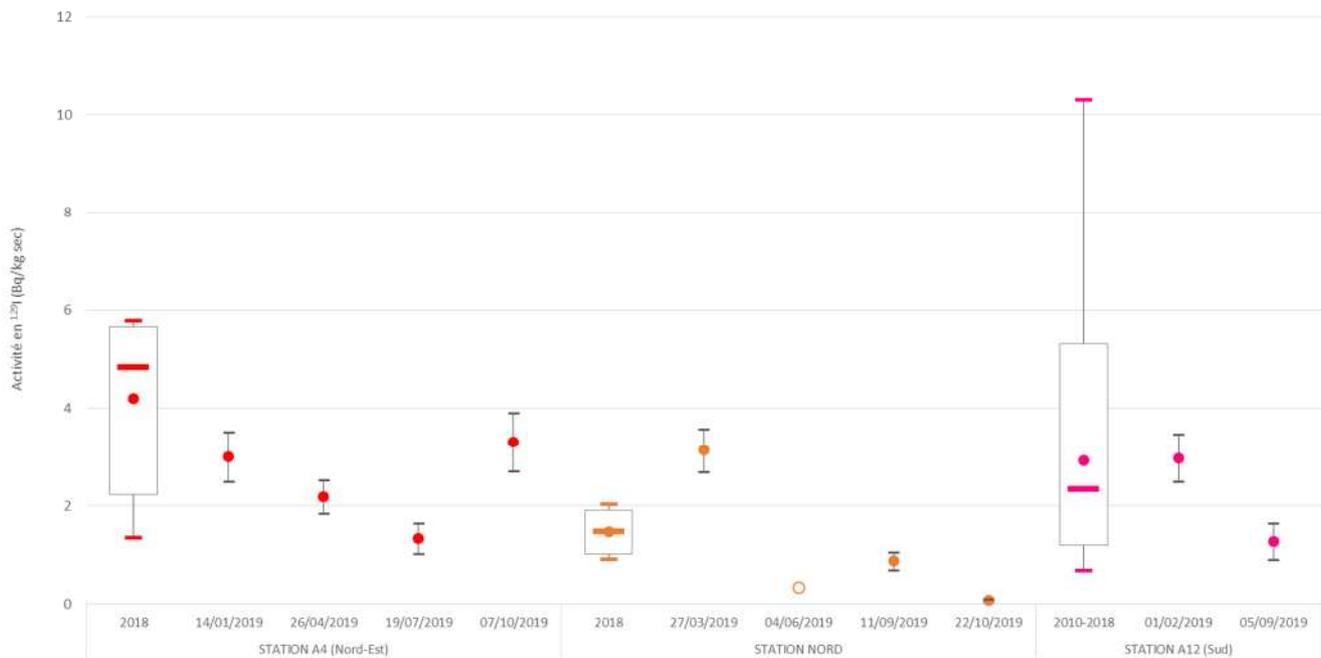


Figure 99. Activité en ^{129}I mesurée dans les végétaux terrestres autour de la Hague

Si on considère un bruit de fond en ^{14}C d'environ 226 Bq/kg de C, on constate sur les différents points un marquage en ^{14}C lié aux rejets des installations du site. Il convient par ailleurs de noter que celui-ci ne diminue pas depuis 2010 contrairement à la plupart des autres radionucléides, hormis le tritium.

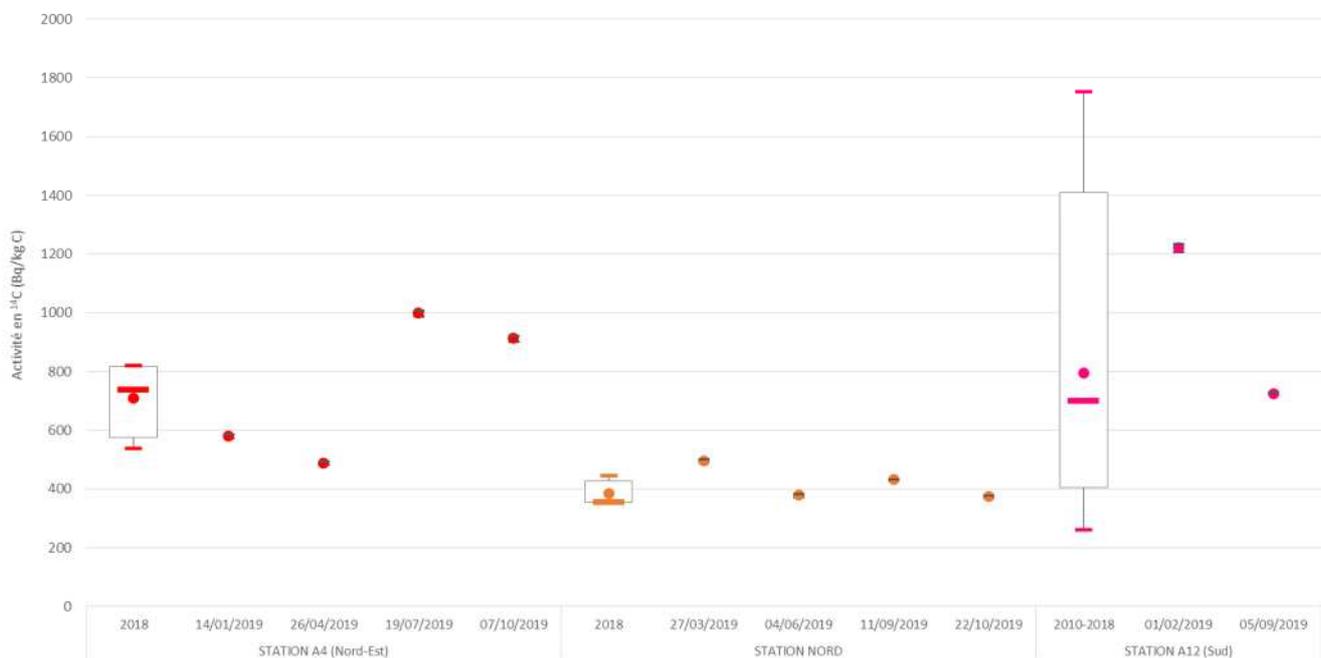


Figure 100. Activité en ^{14}C mesurée dans les végétaux terrestres autour de la Hague

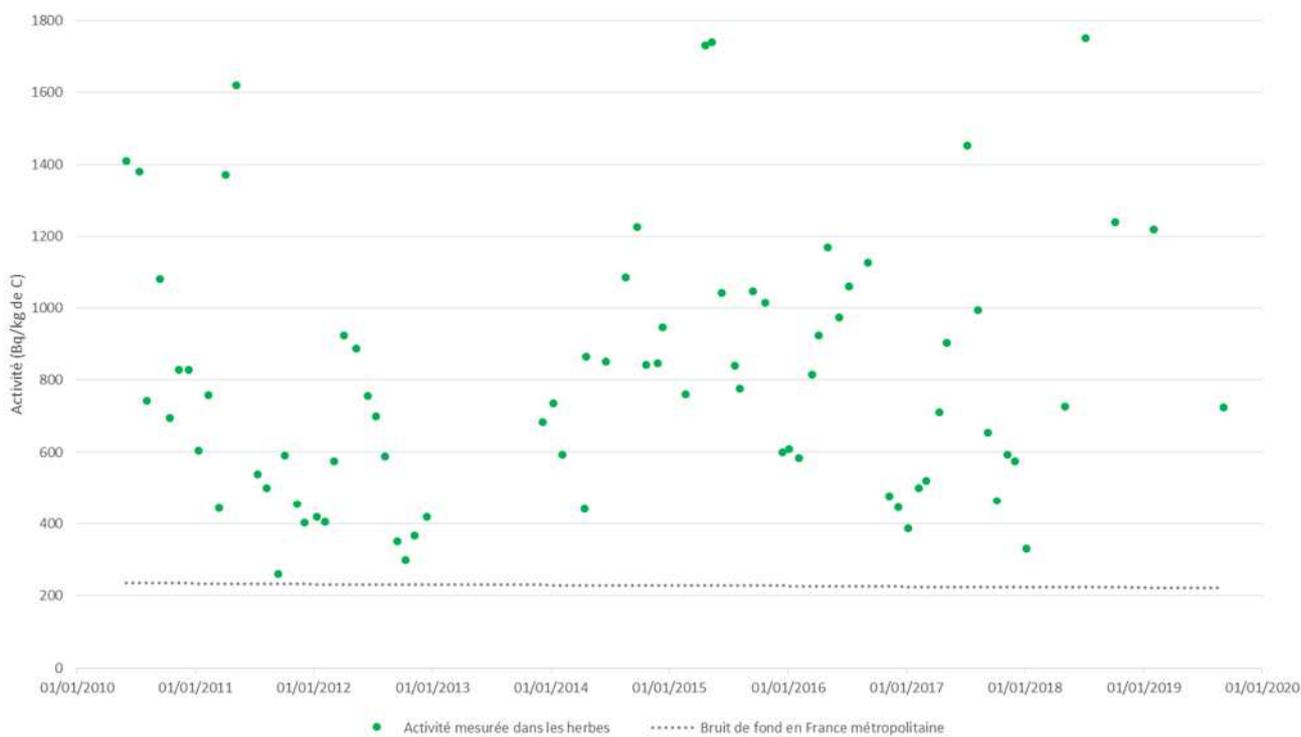


Figure 101. Activité spécifique du carbone 14 dans les herbes prélevées au sud (station A12) de la Hague entre 2010 et 2019

On relève également une valeur significative en ^{137}Cs sur le prélèvement d’herbe effectué à la station A4 (Digulleville) en janvier 2019 ($0,91 \pm 0,41$ Bq/kg sec). Cette station a été intégrée au PSR en 2018 et aucune activité significative n’avait été mesurée l’année précédente. A titre de comparaison l’activité moyenne sur la station A12 sur la période 2010-2018 est de $0,67$ Bq/kg sec pour une activité maximale de $1,38 \pm 0,33$ mesurée en 2011.

En complément des prélèvements réalisés dans le cadre du PSR, une campagne a été menée en juillet 2019 sur la zone située au sud du site. Cette campagne visait en particulier à caractériser la zone du ruisseau des Moulinets la Sainte-Hélène et de ses affluents dans le prolongement des investigations menées en 2017 sur la zone du ruisseau des landes et en 2018 sur la Sainte-Hélène. Les campagnes de 2018 et 2019 ont également été l’occasion de mettre à jour la cartographie en ^3H et en ^{14}C dans les végétaux terrestres (ajoncs) réalisée dans les années 2000 par le SRTE/LRC.

Les prélèvements d’ajonc et d’herbe réalisés en bordure de site font apparaître des niveaux d’activités assez variables, cohérents avec la rose des vents. L’activité la plus élevée en TOL ($10,7 \pm 0,75$ Bq/kg sec) a été mesurée au sud-ouest du site, zone qui, en plus d’être située sous les vents dominants, pourrait être influencée par la proximité des rejets liés au dégazage de la conduite de rejet en mer.

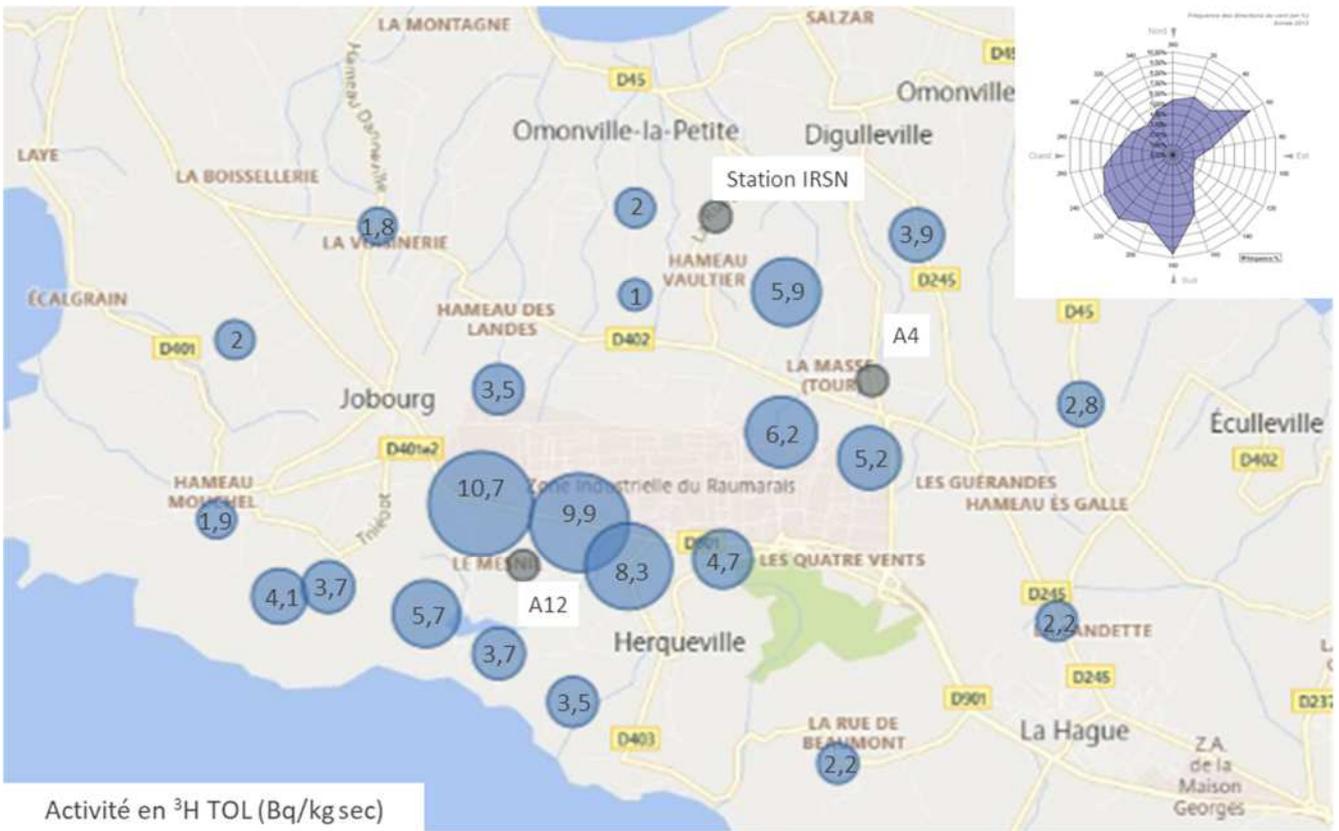


Figure 102. Activité en TOL dans les ajoncs prélevés autour du site de la Hague (campagnes 2018-2019)

Les activités en ^{14}C sont également cohérentes avec la rose des vents. La comparaison avec les résultats de mesures obtenus en 2000 montre une légère tendance à la hausse pour les activités en ^{14}C , contrairement au ^3H qui reste dans la même gamme d'activité.

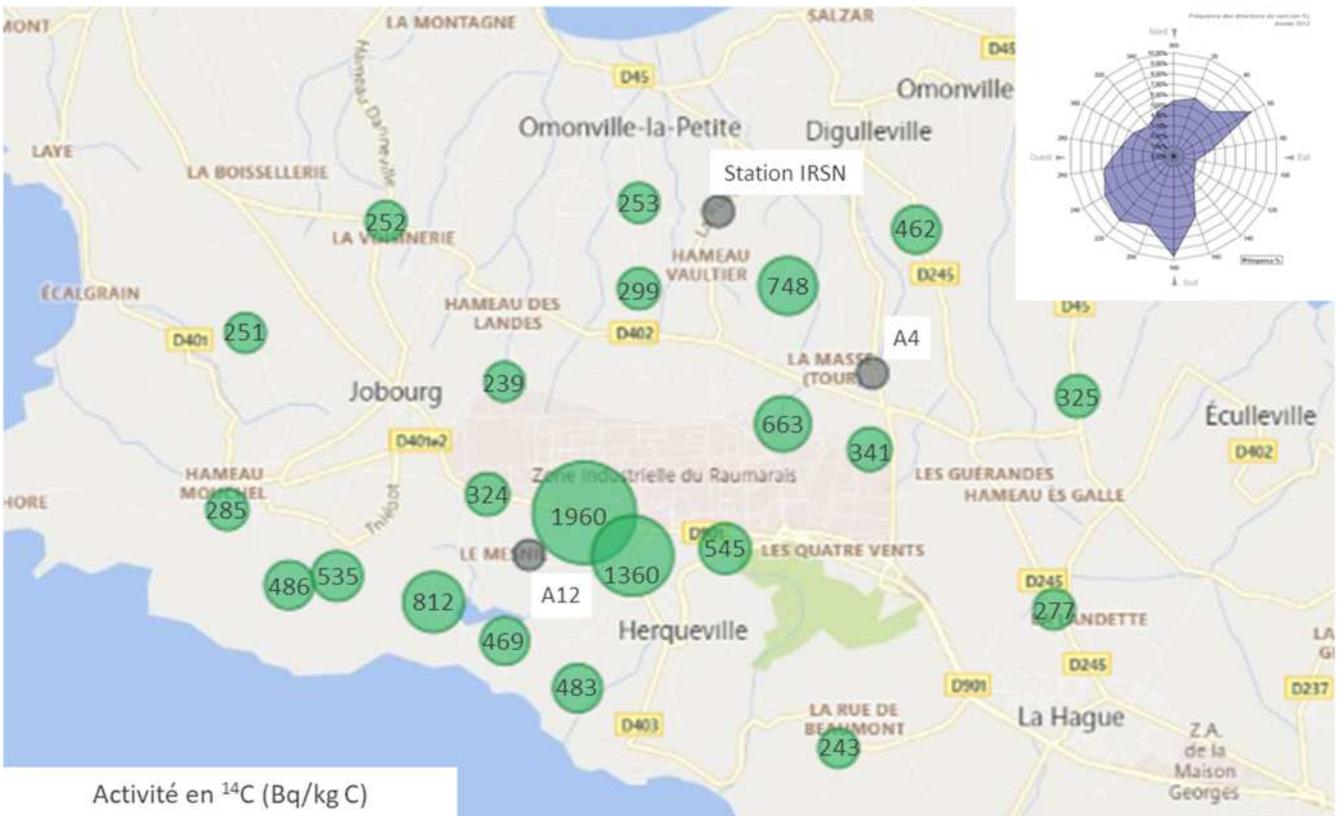


Figure 103. Activité en ^{14}C dans les ajoncs prélevés autour du site de la Hague (campagnes 2018-2019)

L'autre composante de la surveillance exercée par l'IRSN autour du site concerne le volet aquatique. Bien qu'il n'y ait pas, en situation normale, de rejet d'effluents liquides dans les cours d'eau, ceux-ci restent largement influencés par les activités du site, notamment les contaminations ayant pu avoir lieu par le passé. On retrouve ainsi le marquage en ^3H des ruisseaux de la Sainte-Hélène et du Grand Bel en lien avec une pollution historique de la nappe par le centre de stockage de la Manche, ainsi que du ruisseau des Moulinets qui, quant à lui, a pu être influencé par des débordements du réseau gravitaire à risque du site Orano. Les mesures réalisées en 2019 se situent plutôt dans la gamme des valeurs basses observées sur les différents cours d'eau autour du site.

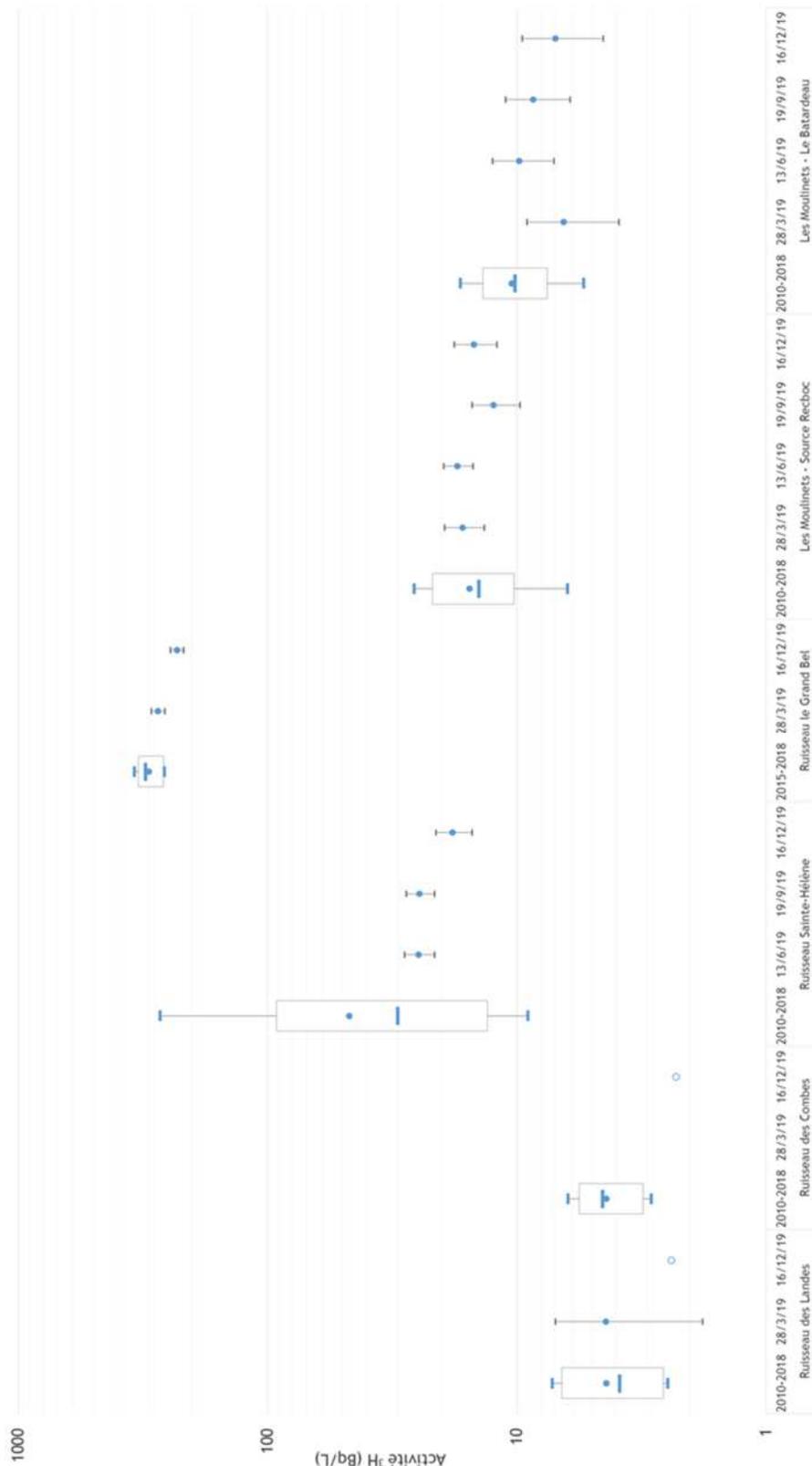


Figure 104. Activité en ^3H dans les eaux de surface prélevées autour du site de la Hague

L'autre marquage historique concerne la zone nord-ouest, où la nappe qui alimente le ruisseau des Landes a connu une contamination en ^{90}Sr dans les années 70 en lien avec le stockage de déchets dans des fosses bétonnées non étanches. L'ensemble de ces marquages a aujourd'hui tendance à diminuer. Le ruisseau des Moulinets, notamment sur sa partie amont (source Recboc), fait également l'objet d'un léger marquage en ^{90}Sr .

Pour l'année 2019, les activités en ^{90}Sr sur les prélèvements d'eaux sont restées cohérentes avec les activités régulièrement observées sur les différents cours d'eau.

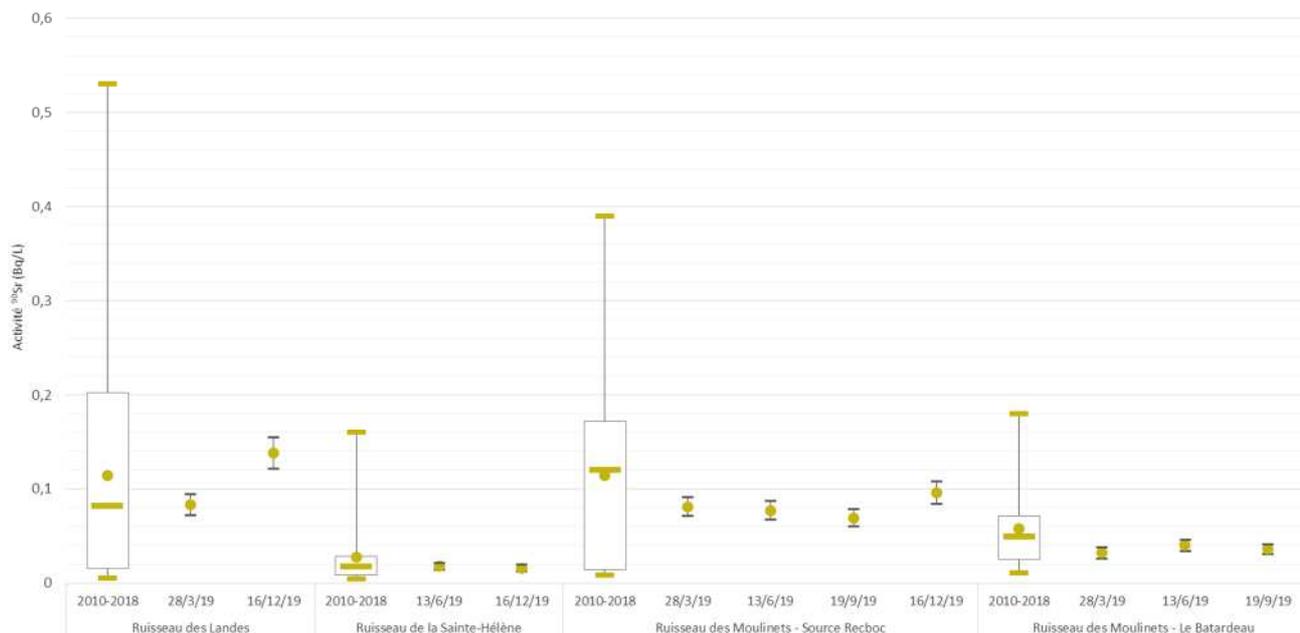


Figure 105. Activité en ^{90}Sr dans les eaux de surface prélevées autour du site de la Hague

Les marquages historiques observés sur les eaux de surface sont également visibles sur les prélèvements de sédiments. Pour l'année 2019, seulement un prélèvement sur les deux prévus au PSR a pu être réalisé sur chacun des cours d'eau. La figure suivante se focalise sur les quatre radionucléides emblématiques des marquages historiques constatés dans l'environnement du site de la Hague.

Les niveaux d'activité observés restent dans la même gamme de valeur que les années précédentes. **Le seul résultat qui ressort en 2019 porte sur l'activité en ^{241}Am mesurée sur le prélèvement de sédiments réalisé sur le ruisseau des Moulinets ($6,9 \pm 1,1$ Bq/kg sec), qui est la valeur la plus importante mesurée sur ce cours d'eau depuis 2010.**

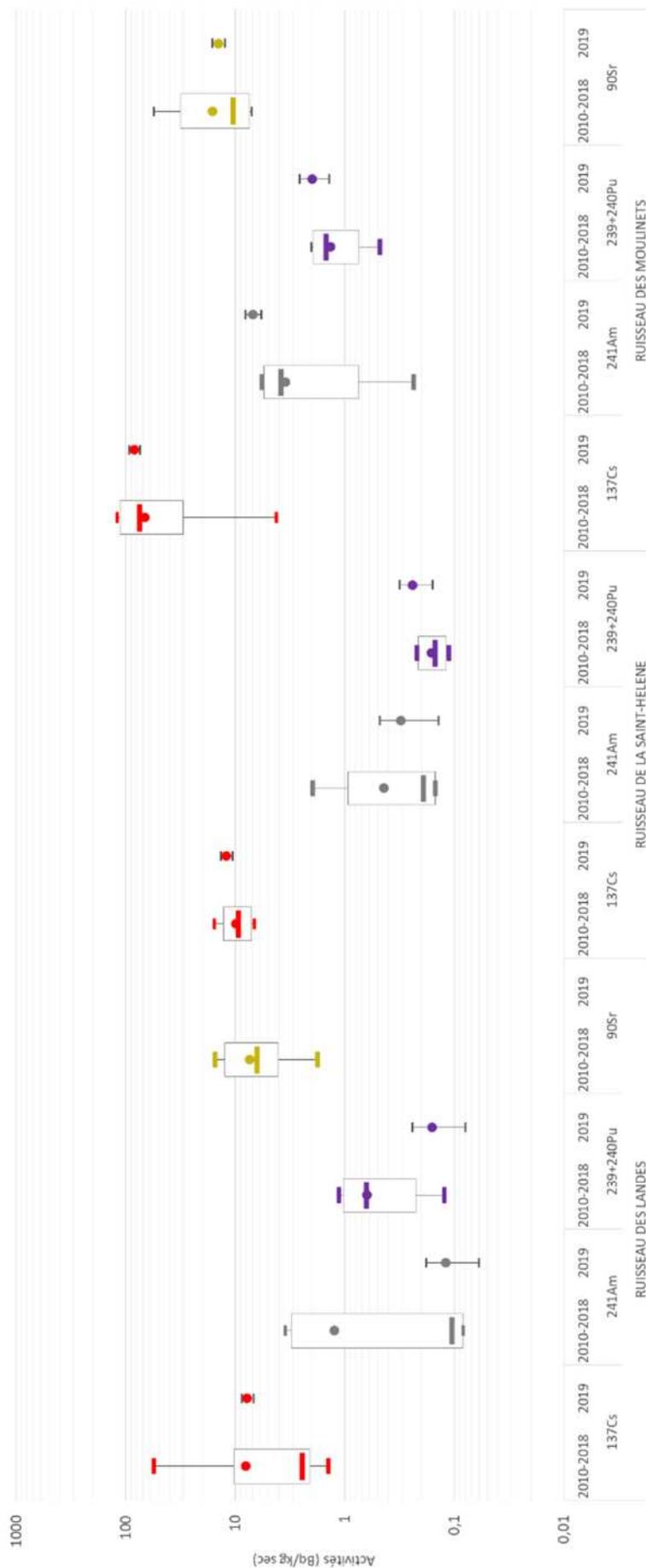


Figure 106. Activités relevées pour les principaux radionucléides mesurés sur les sédiments du milieu dulçaquicole

Depuis 2018, et suite aux marquages caractérisés dans la zone à l'origine de la source du ruisseau des Landes, l'IRSN a intégré dans son plan de surveillance un prélèvement de sol, réalisé au niveau de la parcelle 241, et de végétaux aquatiques dans l'abreuvoir, en complément des prélèvements de sédiments et d'eau réalisés dans le ruisseau au point R14.

Tableau 13. Activités mesurées sur l'échantillon de sol prélevé au niveau de zone du ruisseau des Landes

Activités (Bq/kg sec)	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	²³⁸ Pu	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	²⁴¹ Am
2018	5,25 ± 0,68	8,15 ± 1,04	< 0,028	0,16 ± 0,08	< 0,27
2019	2,65 ± 0,42	61,00 ± 7,00	0,10 ± 0,09	0,90 ± 0,24	1,09 ± 0,22

Les activités mesurées sur le prélèvement de sol confirment la présence d'un marquage au nord-ouest du site de la Hague (parcelle 241), en particulier en césium avec des niveaux assez variables selon l'endroit de la parcelle où le prélèvement a été réalisé (la parcelle 241 se situe au niveau de la tâche en césium visible sur la figure suivante).

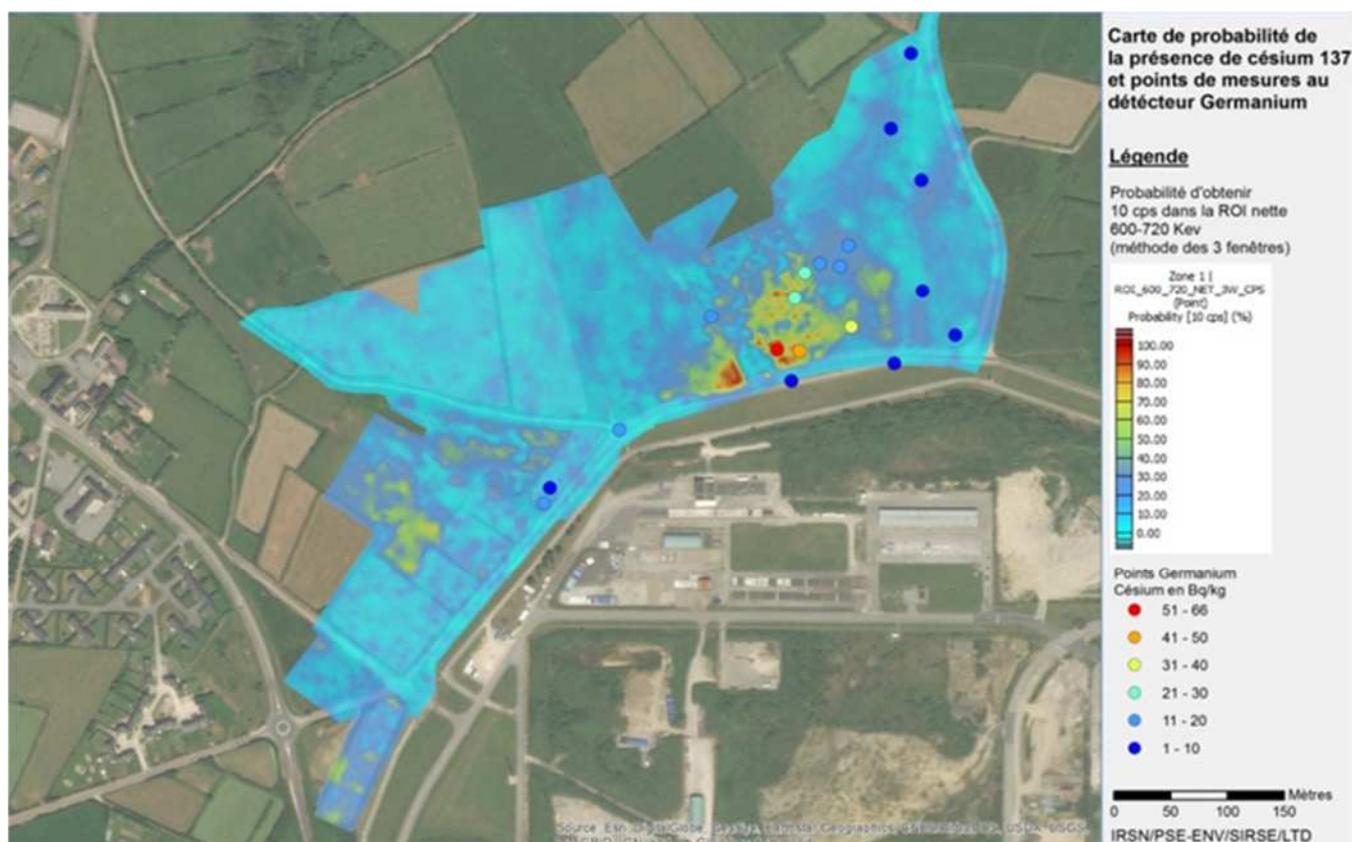


Figure 107. Cartographie des activités en ¹³⁷Cs mesurées au Nord-ouest du site de la Hague lors des campagnes de caractérisation menées par le SIRSE en 2017

Les résultats des mesures réalisées sur le prélèvement de végétaux aquatiques de l'abreuvoir confirment la présence de ⁹⁰Sr et ²⁴¹Am dans cette zone, à des niveaux d'activité bien supérieurs à ceux couramment rencontrés, y compris dans l'environnement du site de la Hague.

A noter que dans le cadre des travaux envisagés de dépollution de la zone (en attente d'autorisation ASN), l'exploitant a mis en place un rabattement de la nappe dont les premiers pompages ont démarré en février 2019. A terme, l'objectif de ces pompages est d'éviter tout nouvel apport, en particulier en ⁹⁰Sr présent dans la nappe.

Tableau 14. Activités mesurées sur les végétaux aquatiques prélevés dans l'abreuvoir au niveau de la source du ruisseau des Landes

Activités (Bq/kg sec)	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	²³⁸ Pu	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	²⁴¹ Am
2018	607,20 ± 91,20	< 3,18	0,20 ± 0,05	3,43 ± 0,48	6,74 ± 1,15
2019	780 ± 120	1,38 ± 0,46	0,42 ± 0,07	5,4 ± 0,7	11 ± 1,4

Le suivi des rejets liquides dans le milieu marin est traité au chapitre 3.2 relatif à la surveillance marine, et les données dans les denrées (céréales, poissons, mollusques, ...) sont présentées au chapitre 3.4 sur la surveillance alimentaire.

En complément des analyses déjà réalisées sur les sédiments prélevés dans l'environnement marin (sable de plage) et dans le milieu aquatique continental, il a été décidé, à l'occasion du PSR 2019, d'ajouter une mesure des isotopes de l'uranium. L'objectif de cette campagne était d'acquiescer de la donnée de référence autour de ce site et de s'assurer de l'absence d'un marquage en uranium.

Tableau 15. Résultats des mesures en uranium sur les sédiments marins prélevés au niveau de la presqu'île du Cotentin

Activités (Bq/kg sec)	²³⁴ U	²³⁵ U	²³⁶ U	²³⁸ U	Ratio ²³⁵ U/ ²³⁸ U
Barneville-Carteret	14,9 ± 1,7	0,67 ± 0,09	< 0,01	14,8 ± 1,9	0,0704
Anse des Moulinets	7,8 ± 1,0	0,342 ± 0,45	< 0,01	7,5 ± 1,0	0,0713
Goury	7,1 ± 0,9	0,338 ± 0,45	< 0,01	7,4 ± 1,0	0,0715
Barfleur	21,5 ± 2,5	0,96 ± 0,13	< 0,01	21,0 ± 2,85	0,0714

Tableau 16. Résultats des mesures en uranium sur les sédiments dulçaquicoles prélevés autour du site de la Hague

Activités (Bq/kg sec)	²³⁴ U	²³⁵ U	²³⁶ U	²³⁸ U	Ratio ²³⁵ U/ ²³⁸ U
Ruisseau des Moulinets	65 ± 8	2,43 ± 0,32	0,09 ± 0,03	53 ± 7	0,0708
Ruisseau des Landes	21,0 ± 2,5	0,98 ± 0,13	< 0,006	21,7 ± 2,8	0,0699
Ruisseau de la Sainte-Hélène	65 ± 8	2,30 ± 0,27	0,011 ± 0,004	44 ± 6	0,0709

Cette campagne de mesures ne fait pas ressortir de points particuliers concernant les activités mesurées pour les différents isotopes de l'uranium. On peut toutefois noter la présence d'²³⁶U dans les sédiments prélevés dans le ruisseau de la Sainte-Hélène (0,011 ± 0,004 Bq/kg/sec) et dans le ruisseau des Moulinets (0,09 ± 0,03 Bq/kg/sec). Concernant les ratios ²³⁵U/²³⁸U ils se révèlent être proche du ratio naturel de 0,00724.

4.2 CENTRE CEA DE MARCOULE ET ORANO MELOX

Marcoule est l'un des sites les plus surveillés au titre du PSR (79 prélèvements réalisés en 2019), avec 5 INB et une INBS, ainsi qu'un large spectre de radionucléides rejetés, et donc recherchés dans les prélèvements.

Sur le volet aquatique, les prélèvements ponctuels d'eau biannuels, peu représentatifs du niveau nominal de rejet des installations, sont en diminution. Par ailleurs, on note que les mesures en ^3H sur les prélèvements réalisés par les hydrocollecteurs en amont (aval de Tricastin) et aval lointain (Beaucaire) donnent des résultats proches, et que le second n'est donc pas suffisamment proche pour discriminer le fonctionnement du site.

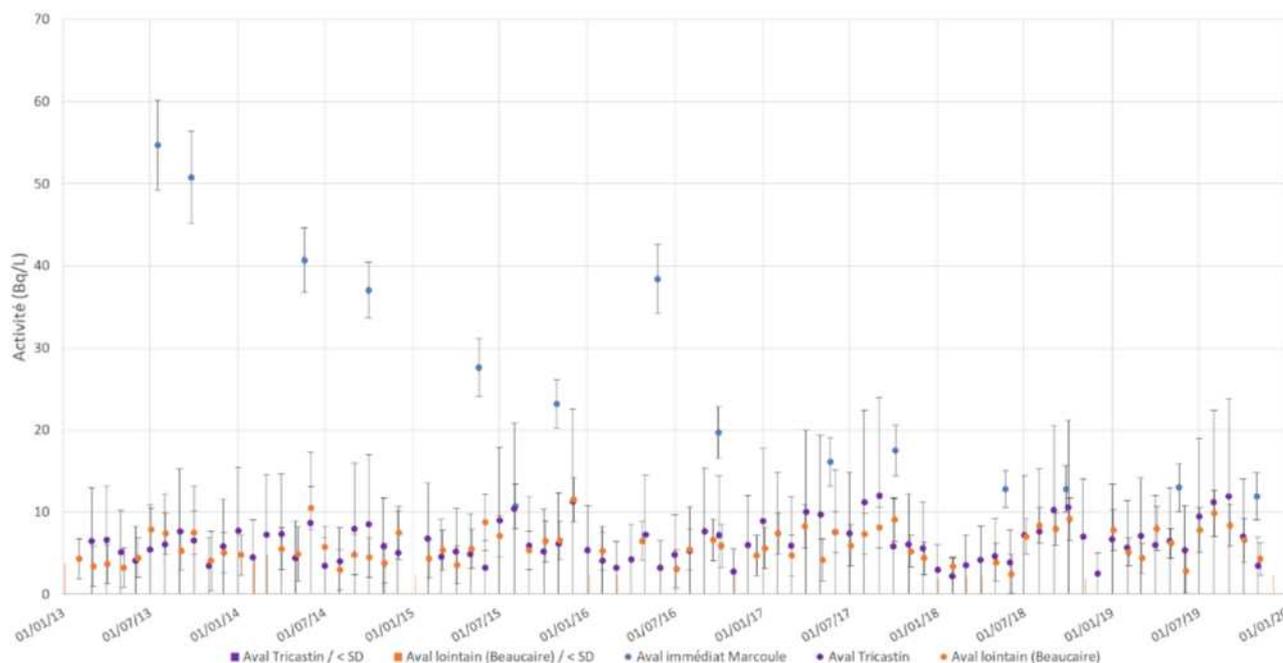


Figure 108. Activités en ^3H dans l'eau du Rhône prélevée en amont et aval du site de Marcoule

En 2019, plusieurs radionucléides artificiels ont été mesurés dans les sédiments prélevés dans le Rhône, en amont comme en aval de l'installation (le marquage en amont s'expliquant par la présence d'installations). Il convient cependant de noter que les activités mesurées en aval sont plus élevées qu'en amont du site, confirmant l'influence de celui-ci. Pour le prélèvement réalisé en octobre 2019, seule l'activité en ^{137}Cs est significative.

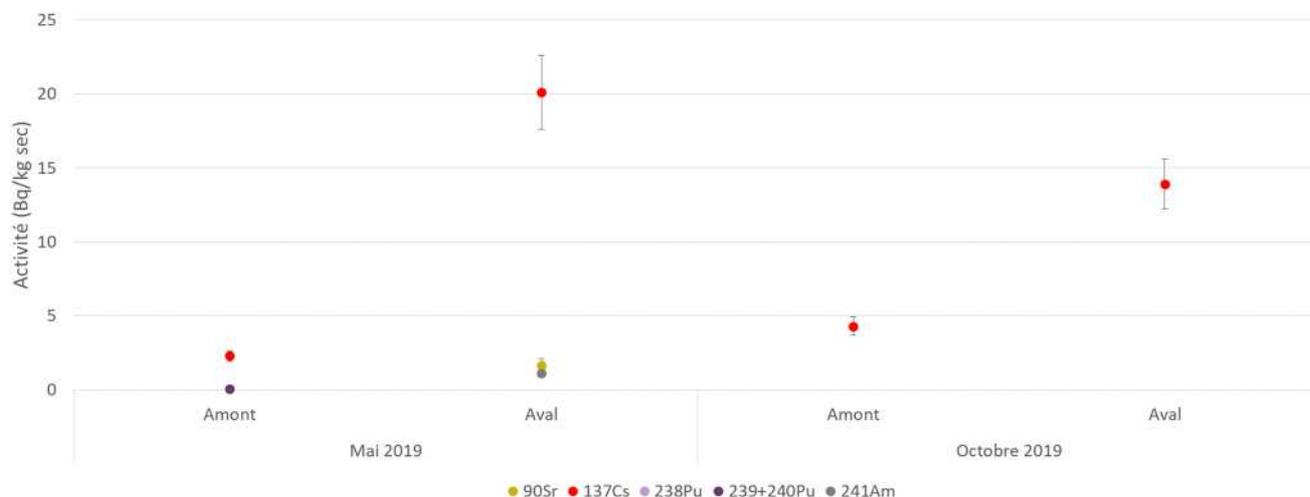


Figure 109. Activités des radionucléides artificiels dans les sédiments prélevés dans le Rhône en amont et aval du site de Marcoule

Pour ce qui concerne les végétaux aquatiques, il n'y a pas de résultat pour l'année 2019. En effet, la quantité prélevée en mai 2019 était insuffisante et n'a pas permis de réaliser les analyses souhaitées. En octobre 2019, aucun végétal aquatique n'était présent au point de prélèvement.

On peut noter que le plutonium se retrouve dans les poissons pêchés en aval, à des niveaux faibles mais plus élevés que sur le reste du territoire.

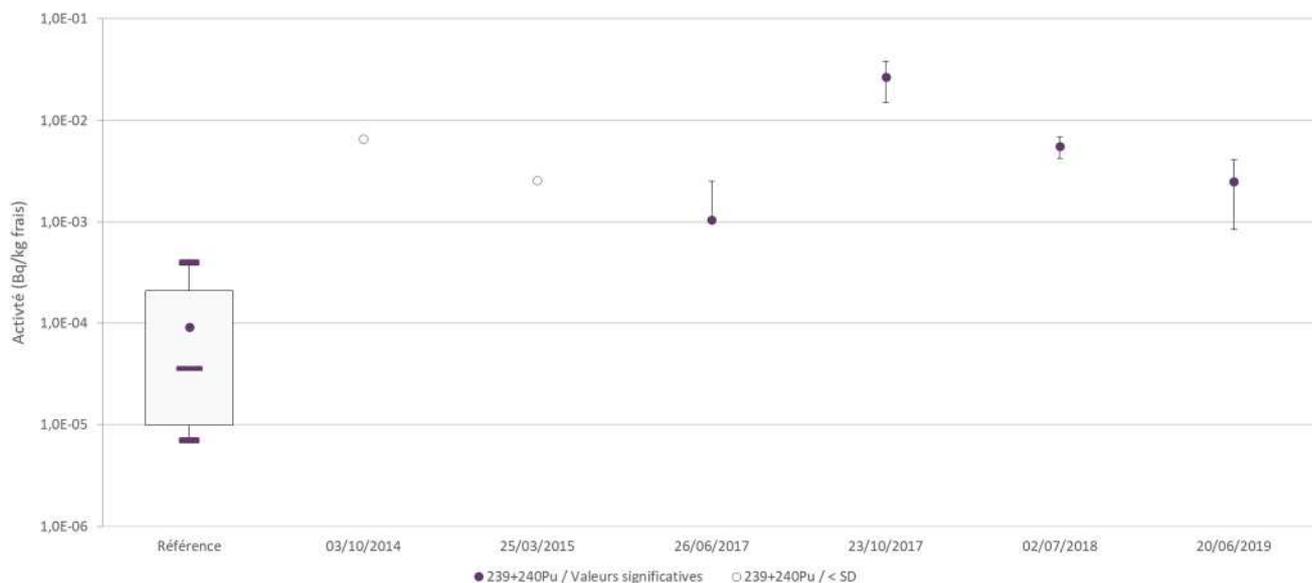


Figure 110. Activités en $^{239+240}\text{Pu}$ dans les prélèvements de poissons en aval de Marcoule

L'analyse des eaux de pluie en 2019 confirme la diminution des niveaux en ^3H et la stabilisation à des niveaux inférieurs à 10 Bq/L, déjà observées en 2018 et imputable à l'arrêt des activités de production associées sur le site (Célestins et ATM).

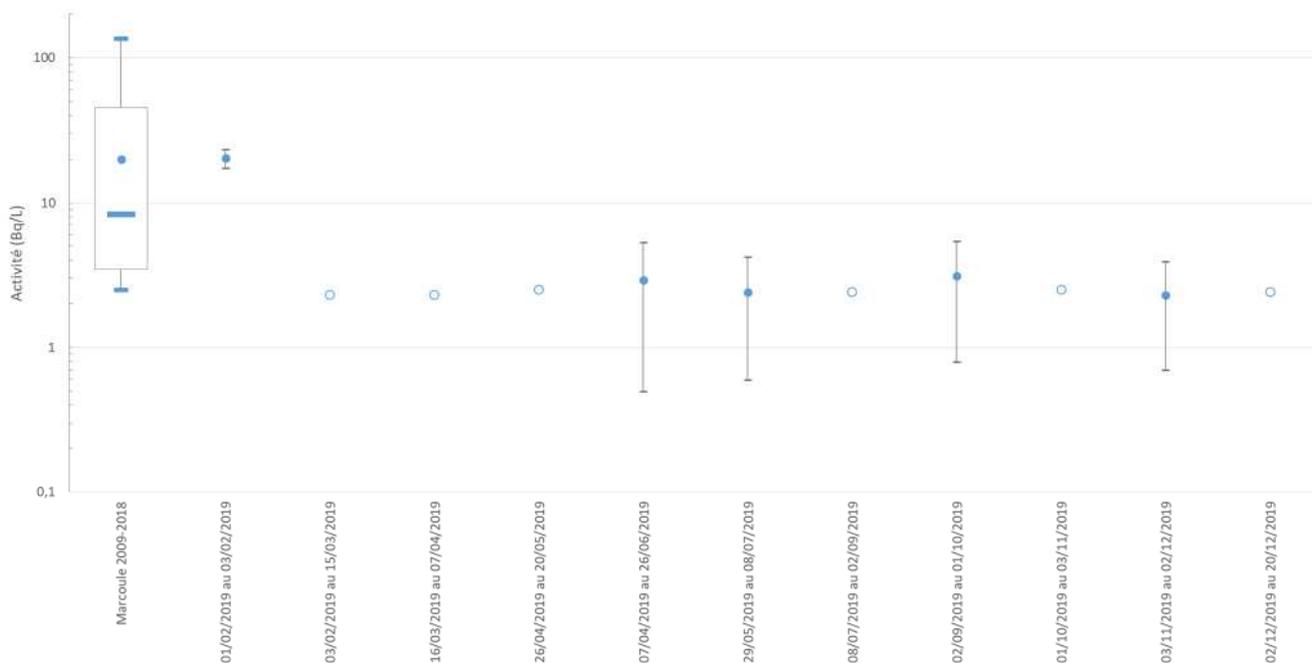


Figure 111. Activités en ^3H dans les eaux de pluie prélevées sur le site de Marcoule

Les activités en TOL dans les végétaux terrestres prélevés autour du site sont similaires aux valeurs des années précédentes. L'impact de Marcoule est net, avec des activités régulièrement de l'ordre de quelques dizaines de Bq/kg sec, à comparer aux zones hors influence aux alentours de 1 Bq/kg sec. Les valeurs suivent la même évolution que le niveau de tritium dans l'eau de pluie et semblent stables sur la période 2016-2019 après avoir beaucoup diminué entre 2009 et 2015.

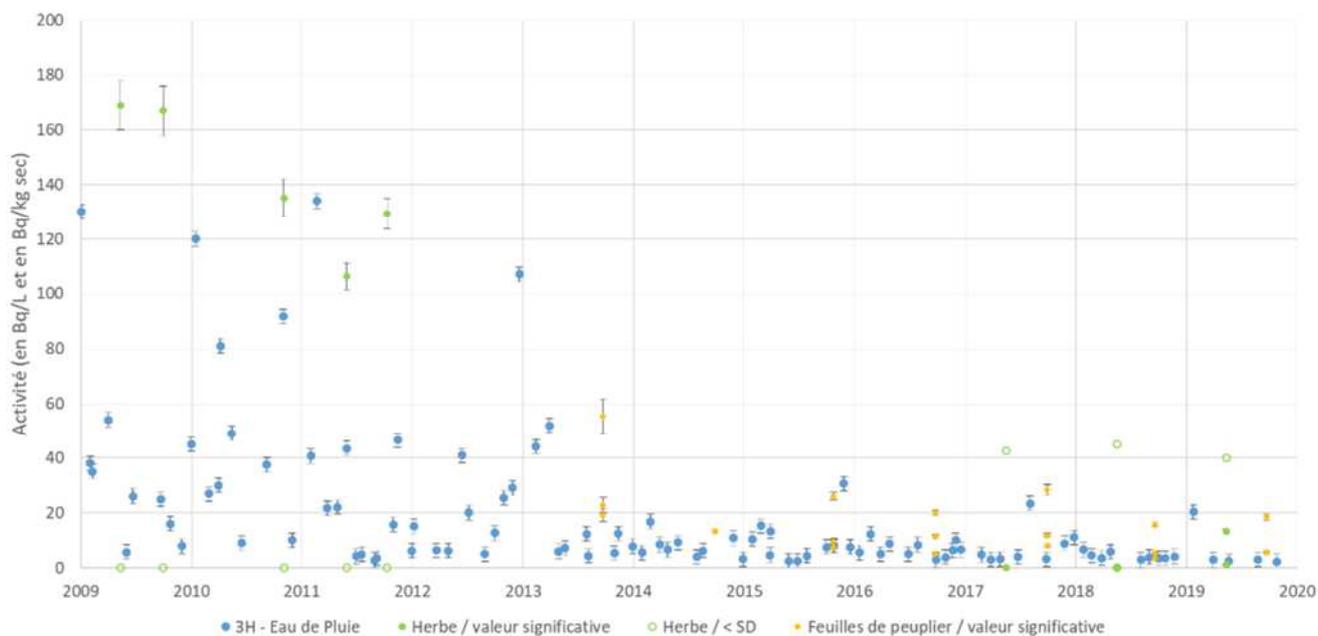


Figure 112. Activités en TOL dans les feuilles d'arbre et l'herbe prélevées à proximité du site de Marcoule

Les activités en TOL dans les fruits, en diminution depuis 7 ans, sont aujourd'hui au même niveau que dans les légumes et céréales.

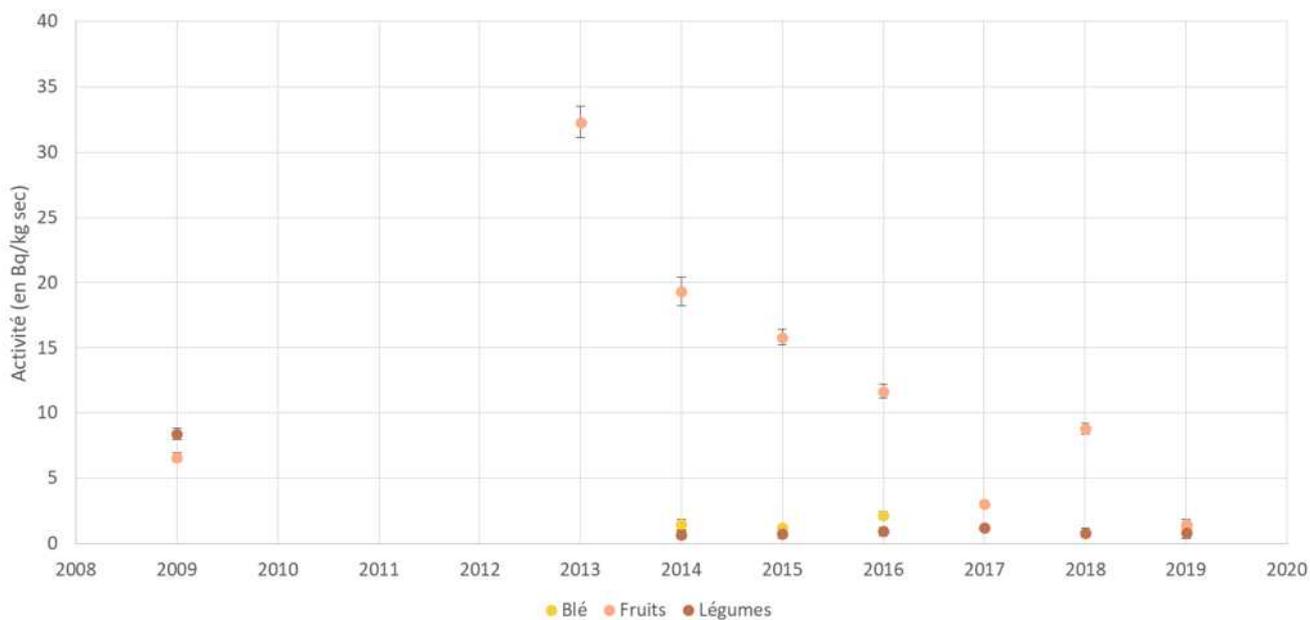


Figure 113. Activités TOL dans les céréales, fruits et légumes prélevés à proximité du site de Marcoule entre 2009 et 2019

Les valeurs les plus élevées en TOL correspondent aux prélèvements situés au plus près du site et sous les vents dominants, c'est-à-dire au sud.

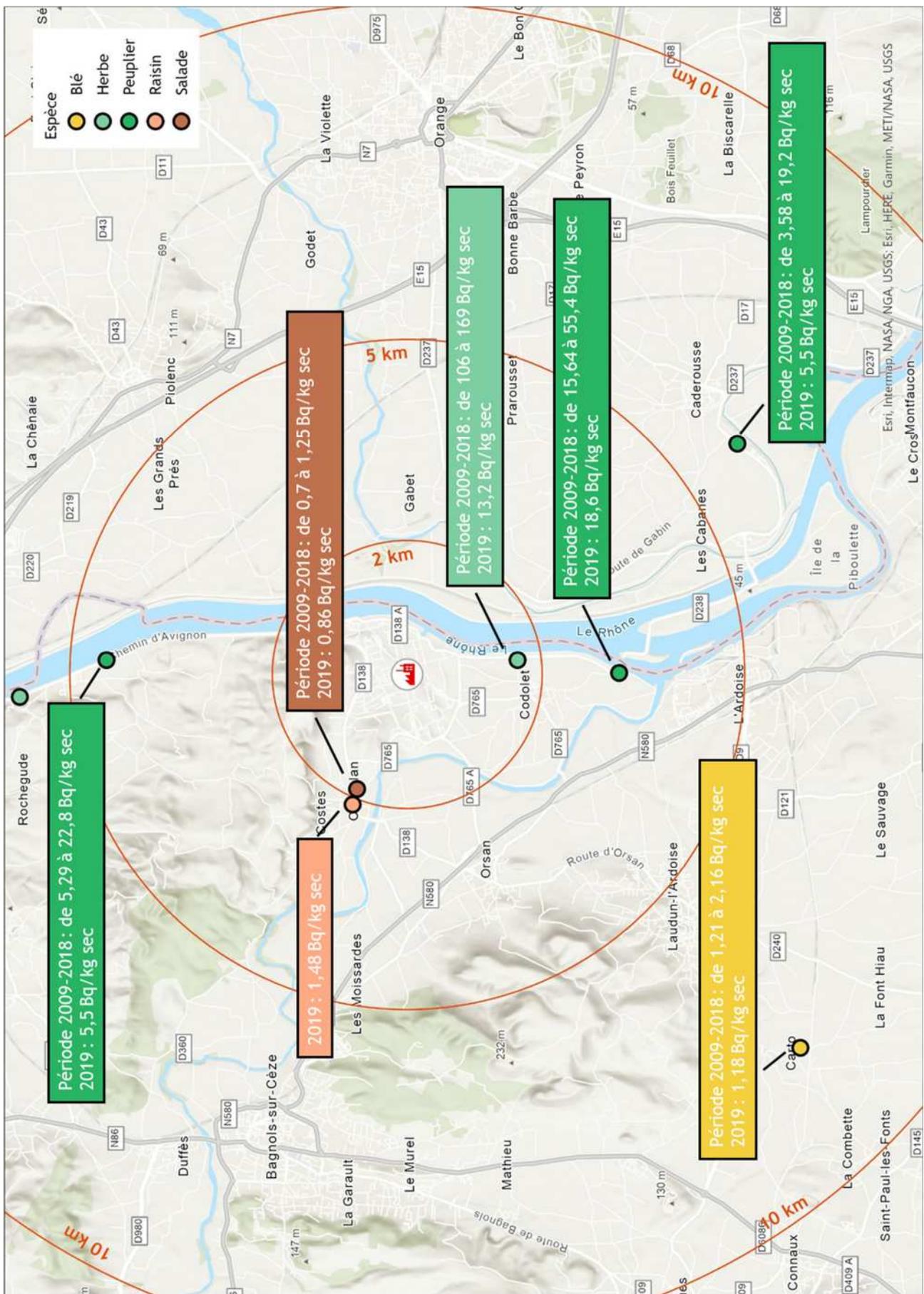


Figure 114. Carte des activités en TOL dans les végétaux prélevés près du site de Marcoule en 2019 et sur la période 2009-2018

Les marquages historiques constatés sur la nappe phréatique, en ^{90}Sr notamment, sont aujourd'hui stabilisés, avec toutefois un ordre de grandeur entre les points de prélèvement réalisés dans l'ancien et nouveau puits. A noter que depuis la mi-2018, les prélèvements dans l'ancien puits ne sont plus assurés étant donné les difficultés d'accès à l'eau (problématique de sécurité des préleveurs).

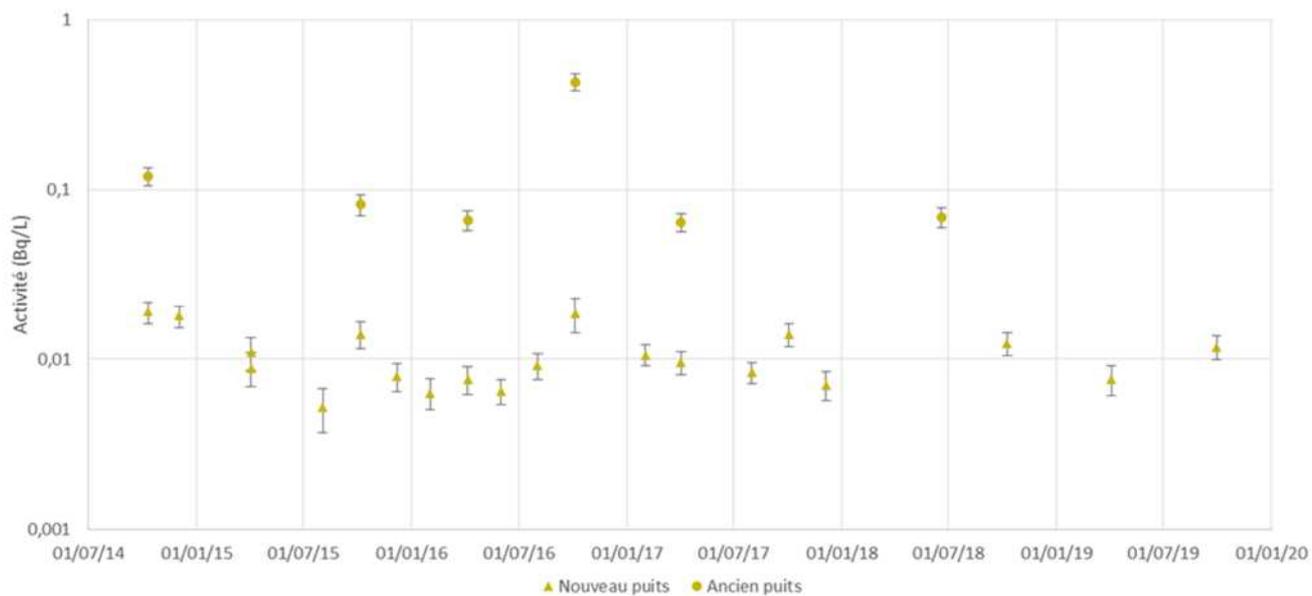


Figure 115. Activités en ^{90}Sr dans les prélèvements d'eau de nappe dans l'ancien et le nouveau puits à Codolet

INSTALLATIONS DE RECHERCHE

5.1 CENTRE CEA DE BRUYERES-LE-CHATEL

Le CEA de Bruyères-le-Châtel a réalisé entre 2000 et 2010 d'importantes opérations de dénucléarisation, entraînant une diminution importante des rejets. De ce fait, la surveillance actuelle se focalise essentiellement sur l'influence des activités passées et des démantèlements en cours. Le spectre des radionucléides fréquemment rencontrés comprend les uraniums, les transuraniens et le ^{137}Cs , recherchés dans les sédiments, ainsi que le ^3H dans l'eau et les matrices biologiques.

Les activités en ^{137}Cs mesurées au cours du temps dans le ruisseau du grand Rué (émissaire de rejet du site) et dans le bassin de retenue de l'Orge restent stables et dans la limite basse de celles mesurées dans les cours d'eau français hors influence des installations nucléaires, dont la moyenne se situe aux alentours de 4 Bq/kg sec.

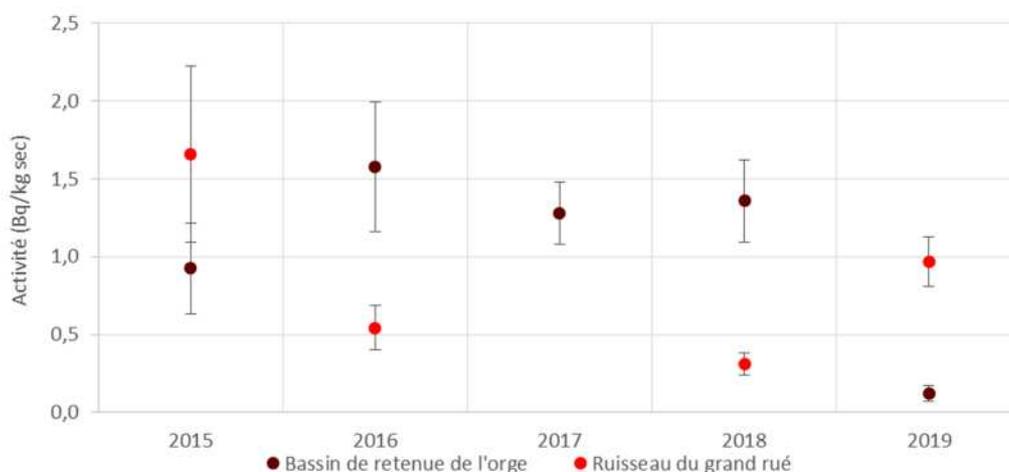


Figure 116. Activités en ^{137}Cs dans les prélèvements de sédiments à proximité de Bruyères-le-Châtel

En 2019, les mesures d'uranium réalisées sur les sédiments confirment les niveaux d'activités des années précédentes, qui correspondent à des gammes de radioactivité naturelle, observation confortée par :

- un ratio d'activité $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ toujours proche de 1 ;
- l'absence de détection de ^{236}U ;
- des teneurs isotopiques $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ compatibles avec de l'uranium naturel.

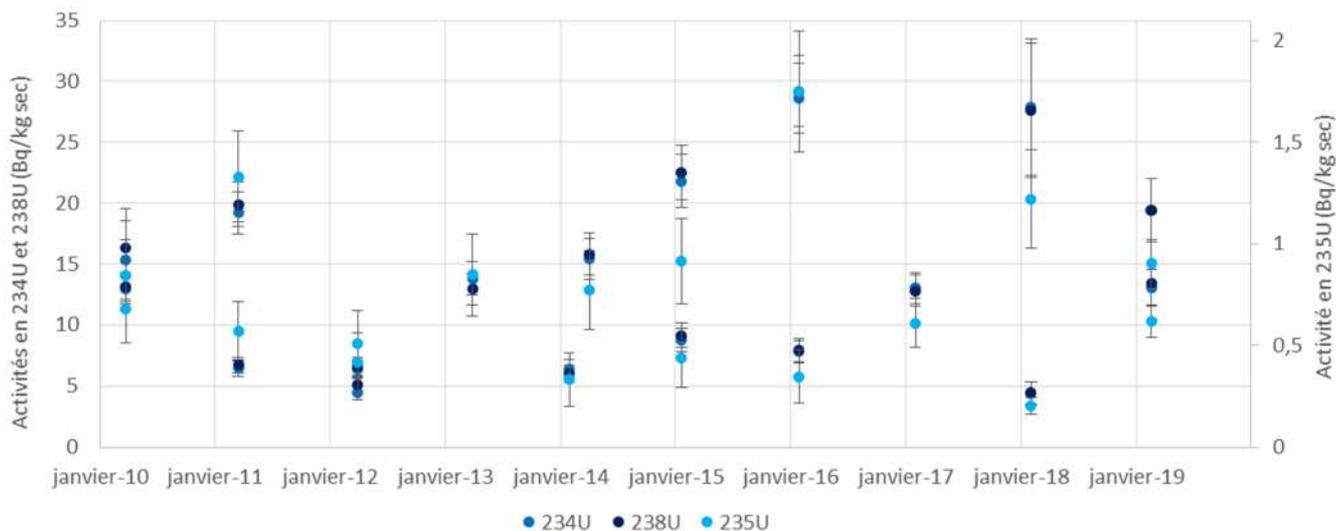


Figure 117. Activités en uranium dans les sédiments prélevés dans le bassin de retenue de l'Orge et le ruisseau du Grand Rué

Concernant les activités en ^{241}Am , ^{238}Pu et $^{239+240}\text{Pu}$ dans les sédiments du grand Rué et du bassin de de retenue de l'Orge, celles-ci se sont stabilisées en dessous de 2 Bq/Kg sec depuis 2015 pour le $^{239+240}\text{Pu}$ et ne sont plus détectées que rarement pour le ^{238}Pu . Sur cette période, l' ^{241}Am n'a quant à lui jamais été détecté.

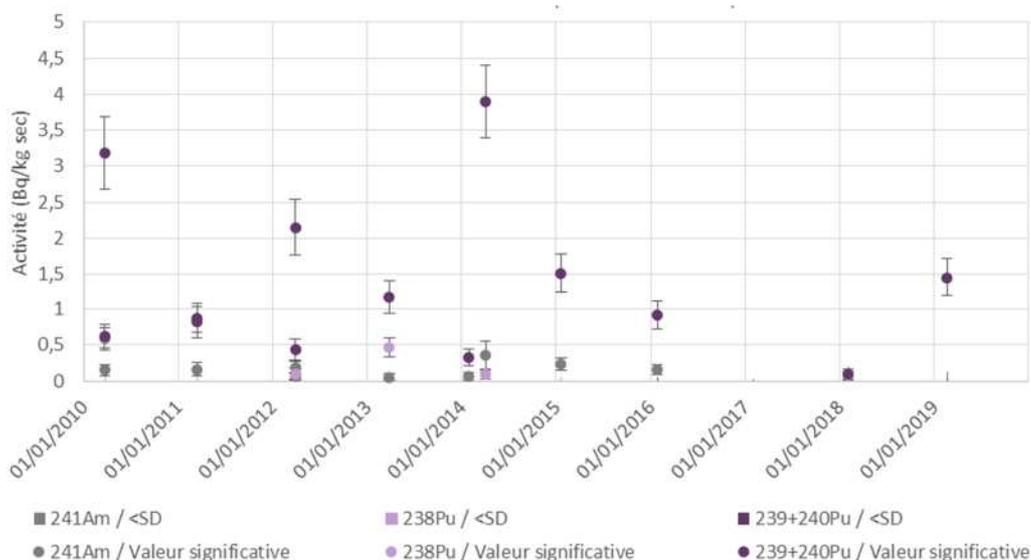


Figure 118. Activités en plutonium et américium dans les sédiments prélevés dans le bassin de retenue de l'Orge et le ruisseau du Grand Rué

Les chroniques de mesure de tritium dans les prélèvements d'eau de surface réalisées autour du site du CEA de Bruyères tendent à se stabiliser et les valeurs de 2019 sont cohérentes avec celles des années précédentes.

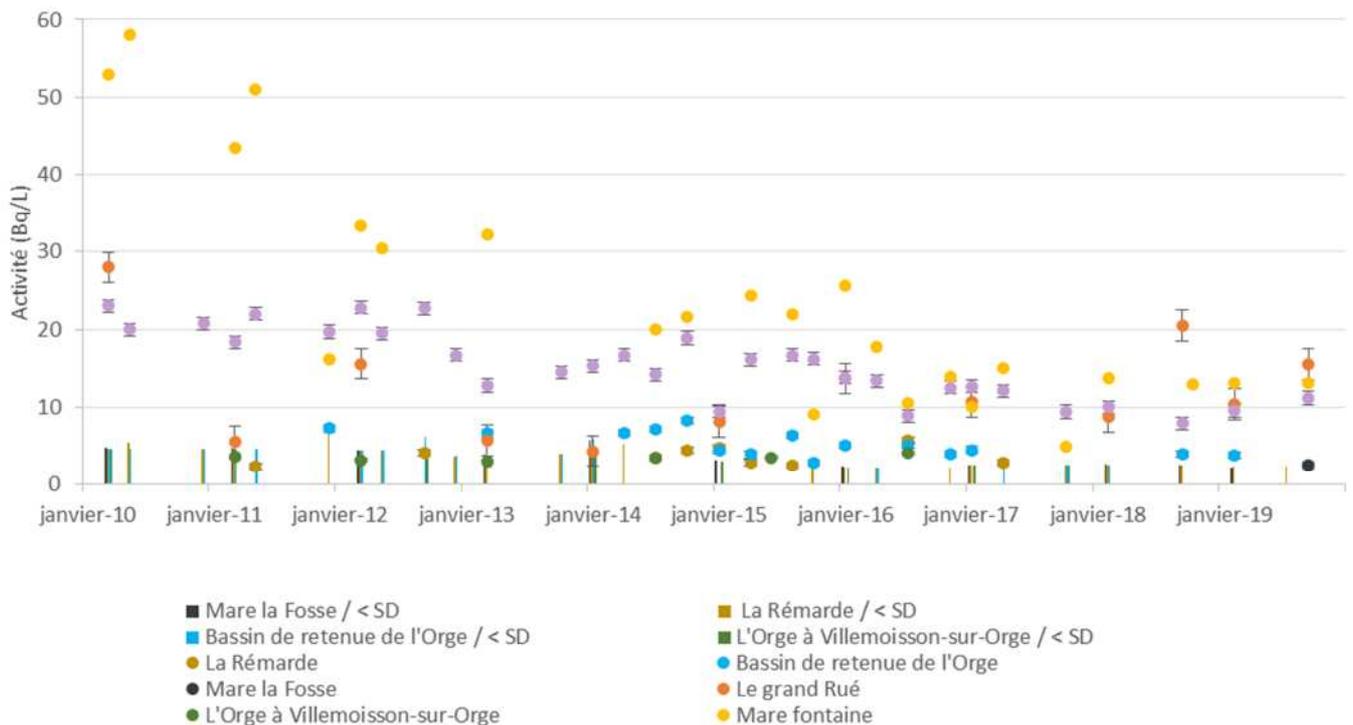


Figure 119. Activité en ^3H dans les prélèvements d'eau de surface à proximité de Bruyères-le-Châtel

Il est à noter que pour l'analyse du prélèvement de lait prélevé à proximité du site de Bruyère en 2019 a révélé une valeur significative en tritium de $3 \text{ Bq/L} \pm 2,3 \text{ Bq/L}$. Cette valeur, bien que singulière, se trouve dans la gamme supérieure d'activités du bruit de fond hors influence.

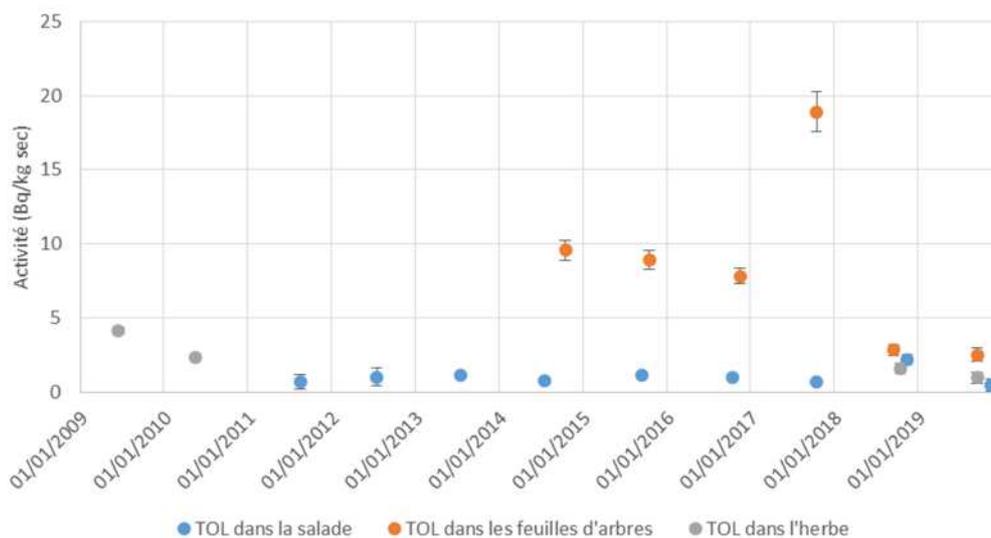


Figure 120. Activité en TOL dans les végétaux autour du site de Bruyère-le-Châtel

Les résultats en tritium organiquement liés obtenus dans les végétaux confirment la tendance de 2019 : en effet, les activités mesurées dans les feuilles de chêne de $2,5 \pm 0,45 \text{ Bq/kg sec}$ sont du même ordre de grandeur que celles des salades et de l'herbe, respectivement $0,45 \pm 0,42$ et $0,96 \pm 0,38 \text{ Bq/kg sec}$.

5.2 CENTRE CEA DE CADARACHE

L'autorisation de rejet du CEA Cadarache ne permet pas de rejets liquides à l'extérieur du site supérieurs aux seuils de décisions de la décision environnement 2013-DC-0360, les effluents des INB étant préalablement traités par la station d'épuration des effluents industriels.

Des prélèvements d'eau douce et de sédiments sont réalisés dans la Durance, avec une activité en ^3H systématiquement inférieure au seuil de décision, autour de 2 Bq/L. En 2019, une seule valeur significative en ^{90}Sr ($0,026 \pm 0,017$ Bq/L) a été mesurée. Concernant les sédiments, deux prélèvements réalisés en 2019 présentent des valeurs significatives en ^{137}Cs de $1,27 \pm 0,2$ Bq/kg sec et $1,25 \pm 0,2$ Bq/kg sec.

Sur le volet atmosphérique, une surveillance du tritium dans l'air sous forme HTO par piègeur passif a été mise en place à partir d'avril 2018. Les niveaux d'activité observés en 2019 sont comme en 2018 faibles (en moyenne 0,01 Bq/m³).

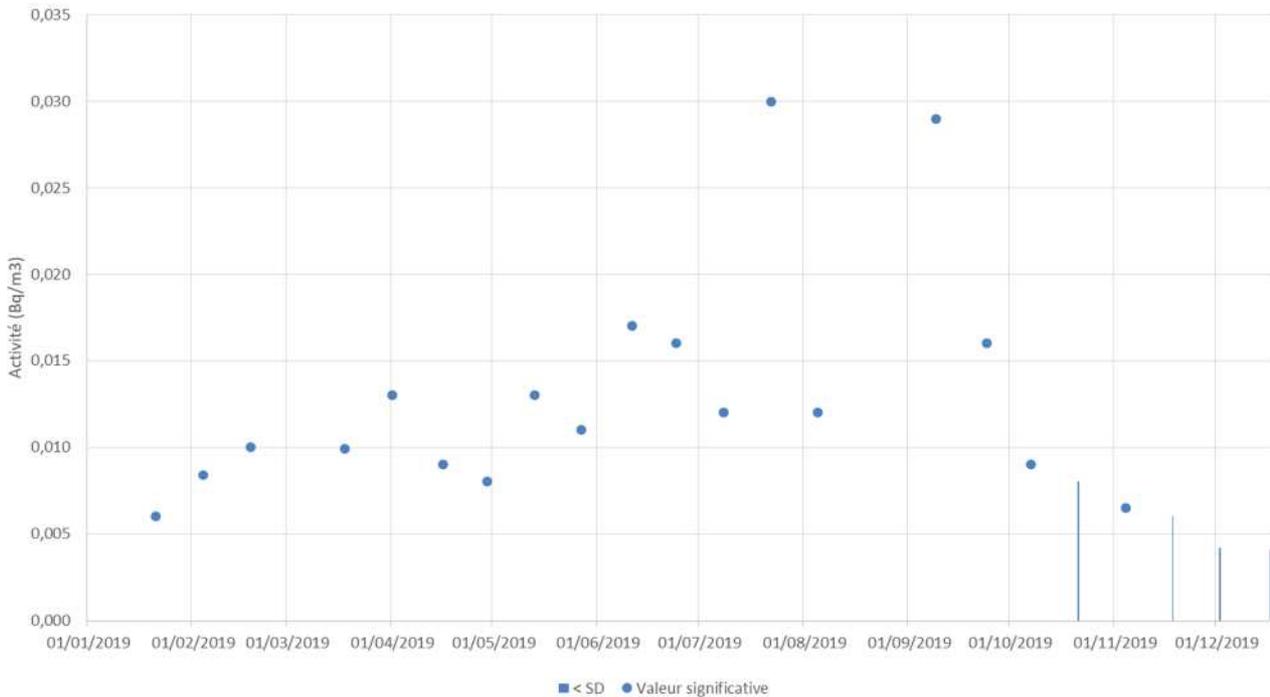


Figure 121. HTO dans l'air prélevé par piégeage passif sur le centre CEA de Cadarache

Le faible niveau des activités mesurées se retrouve également dans les analyses de l'eau de pluie prélevée hebdomadairement, avec seulement une valeur significative en 2019, proche des seuils de décision ($1,90 \pm 1,80$ Bq/L en avril).

Le seul radionucléide artificiel mesuré dans les végétaux terrestres prélevés à proximité du site est le ^{137}Cs , comparable au niveau de référence en France.

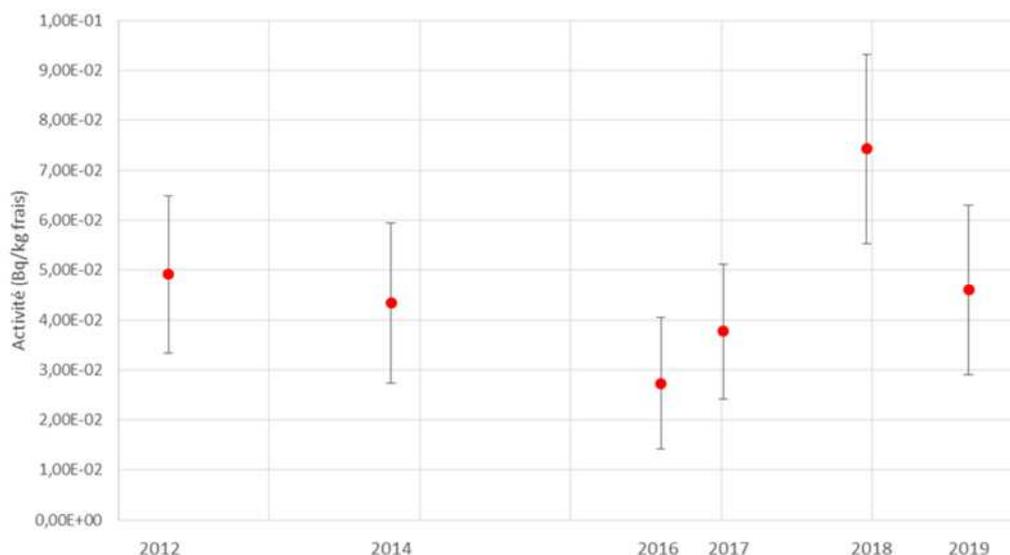


Figure 122. Activités en ^{137}Cs dans les légumes feuilles prélevés à proximité du centre CEA de Cadarache

Par ailleurs, une valeur significative de $0,81 \pm 0,32$ Bq/kg frais en ^{137}Cs a été mesurée en 2019 dans un prélèvement de thym réalisé à une dizaine de kilomètres du site, sans lien avec les activités de celui-ci.

5.3 CENTRE CEA DE FONTENAY-AUX-ROSES

La surveillance du CEA de Fontenay aux Roses a été redéployée en 2018 avec comme objectif essentiel de suivre d'éventuelles migrations de radionucléides liées aux anciennes activités du site aujourd'hui en démantèlement. Elle consiste donc uniquement en des prélèvements annuels d'herbe et des prélèvements semestriels d'eaux de nappe et de surface, avec une recherche des uraniums et/ou des transuraniens.

Concernant les analyses réalisées sur les eaux, les résultats d'uranium obtenus depuis deux ans sont stables et dans la gamme des valeurs observées sur le reste du territoire.

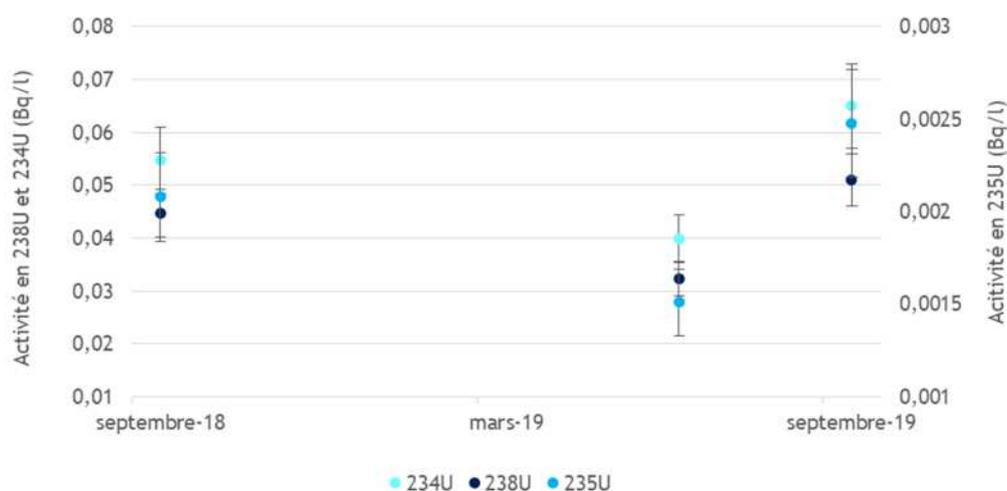


Figure 123. Activités en uranium dans les eaux douces autour du CEA de Fontenay-aux-Roses

La seule activité significative pour un radionucléide d'origine artificielle révélée lors des mesures sur les échantillons d'herbe est celle du $^{239+240}\text{Pu}$ avec une valeur de $0,027 \pm 0,008 \text{ Bq/kg sec}$, l'activité du prélèvement du mois de juin étant en-dessous du seuil de décision de $0,025 \text{ Bq/kg sec}$.

5.4 CENTRE CEA DE SACLAY ET CIS-BIO

La surveillance du site du CEA de Saclay a fait l'objet de 73 prélèvements en 2019. La moitié correspond à la surveillance du compartiment atmosphérique, incluant des mesures de tritium dans l'air et l'eau de pluie permettant de suivre les rejets actuels du site. Les prélèvements d'eau et de sédiments dans les étangs proches du CEA permettent quant à eux d'analyser également l'évolution de pollutions plus anciennes. Enfin des prélèvements de végétaux, feuilles d'arbre, herbe, légumes et fruits ont été réalisés afin de suivre l'évolution du TOL au cours du temps dans les matrices végétales, tout comme dans le lait et les céréales pour les denrées alimentaires. En complément, et dans le cadre de la surveillance du site de CIS-Bio, des analyses d'iode ont été réalisées sur certaines matrices à l'état frais.

Les mesures réalisées sur les sédiments de l'aqueduc des mineurs, exutoire du site, confirment la diminution des activités du ^{137}Cs observée sur la période 2017-2020 avec une division par 5, et ce même si les niveaux observés reviennent dans la gamme des activités de la période 2009-2017.

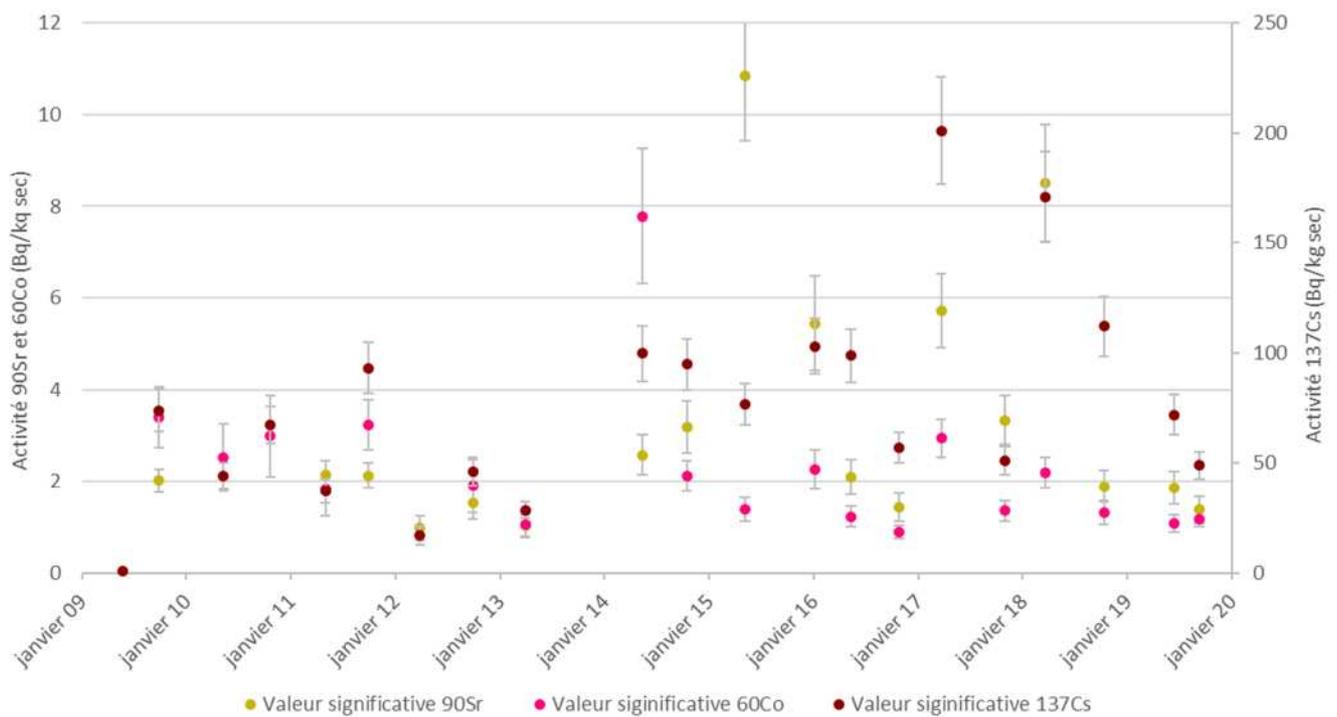


Figure 124. Activités en ^{90}Sr , ^{60}Co et ^{137}Cs dans les sédiments prélevés dans l'Aqueduc des mineurs

Cette tendance est également observée pour le plutonium et l'américium.

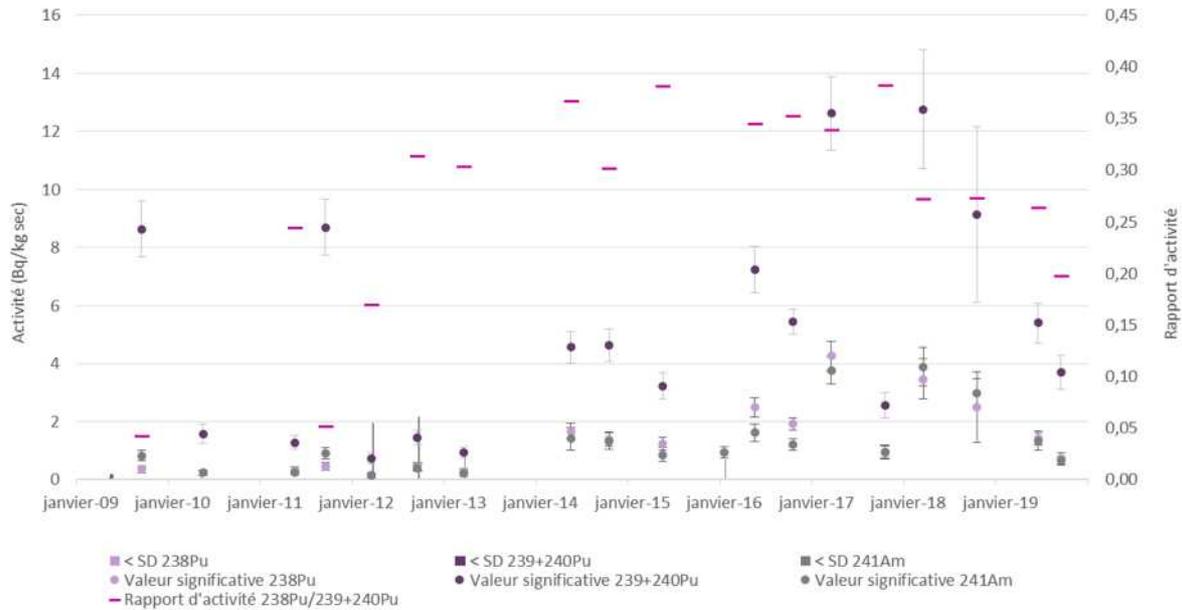


Figure 125. Activités en Pu et Am dans les sédiments prélevés dans l'Aqueduc des mineurs

Ce phénomène de diminution sur 3 ans, qui n'est pas nécessairement observé dans les résultats de la surveillance de l'exploitant au niveau de l'étang vieux, a poussé l'IRSN à réaliser également à partir de 2020 des prélèvements de sédiments dans cet étang.

L'analyse des résultats de mesure de tritium dans les eaux de cours d'eau et d'étang témoignent d'une stabilisation des niveaux sous la dizaine de Bq/L, mise à part pour l'Aqueduc des mineurs, exutoire des effluents liquides du site après traitement, pour lequel les activités restent légèrement supérieures (maximum de $14,7 \pm 2,8$ Bq/L en 2019).

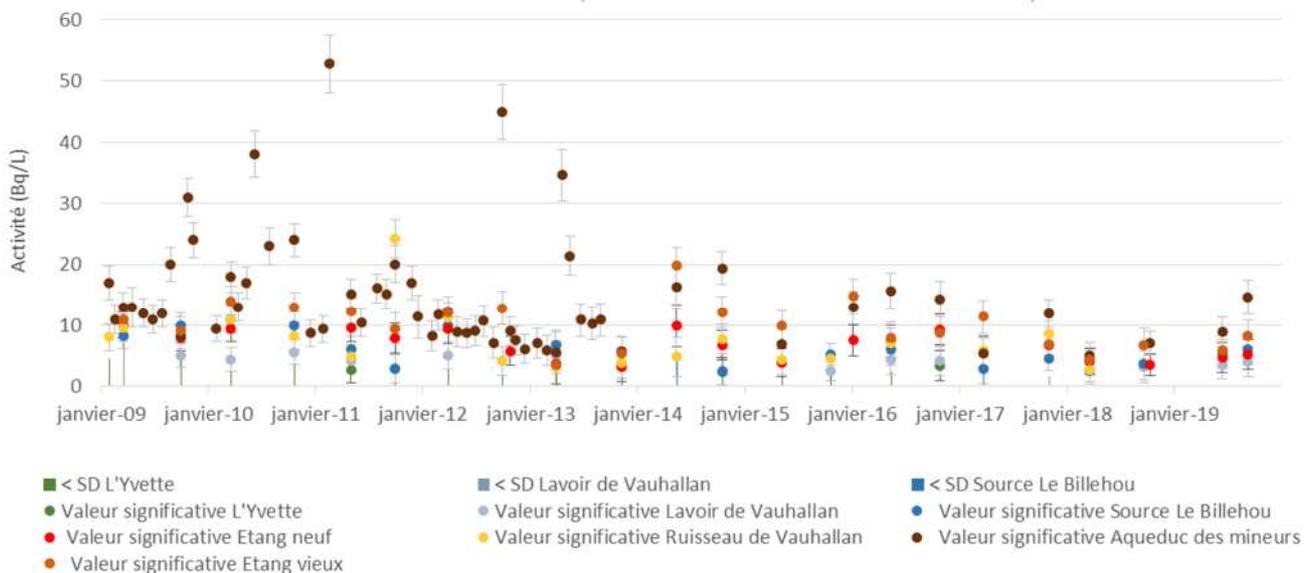


Figure 126. Activités en ^3H dans les eaux prélevées autour du site du CEA de Saclay

Le graphique ci-dessous présente un focus des activités en tritium des eaux transitant depuis l'Aqueduc jusqu'à l'étang neuf, via l'étang vieux, confirmant la dilution de l'activité du rejet au cours du cheminement de l'eau :

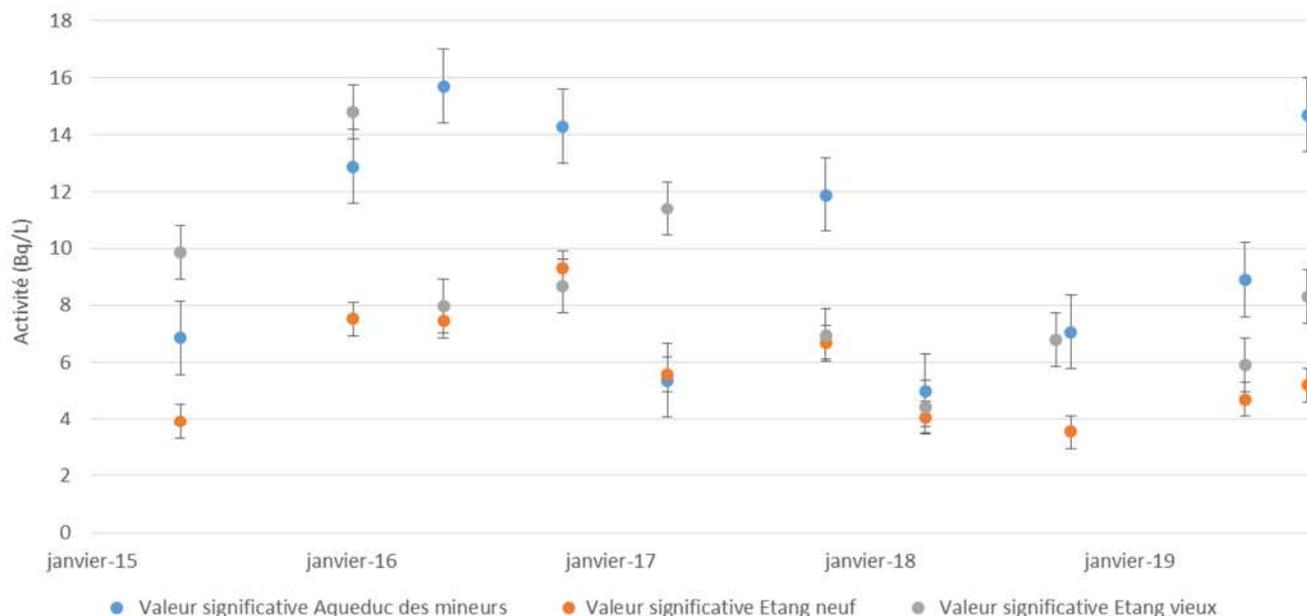


Figure 127. Activités en ^3H dans les eaux prélevées en aval de l'exutoire de rejet principal du CEA de Saclay

Aucune activité significative en ^{137}Cs n'a été mesurée en 2019 dans les eaux de l'Aqueduc des mineurs, les résultats étant restés en-dessous du SD de 0,01 Bq/L.

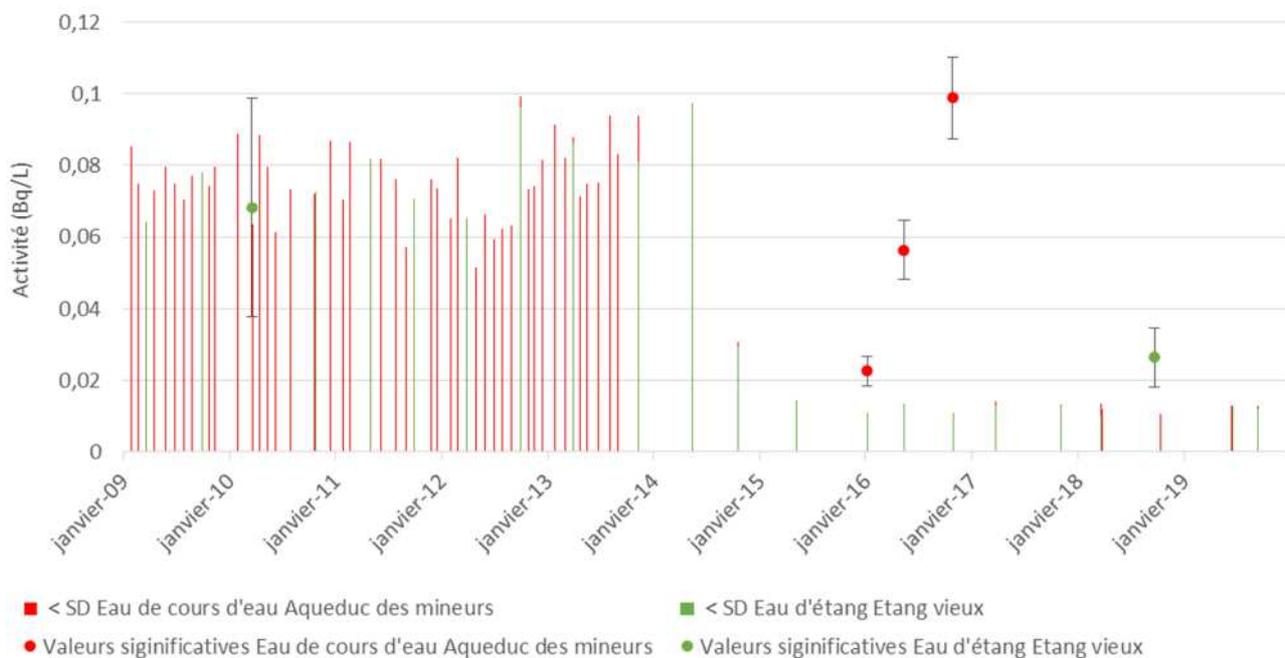


Figure 128. Activités en ^{137}Cs dans les eaux prélevées en aval de l'exutoire de rejet principal du CEA de Saclay

Les niveaux de ^{90}Sr se situant aux alentours de 0,0025 Bq/L sont désormais stables et de l'ordre de grandeur des activités relevées hors influence.

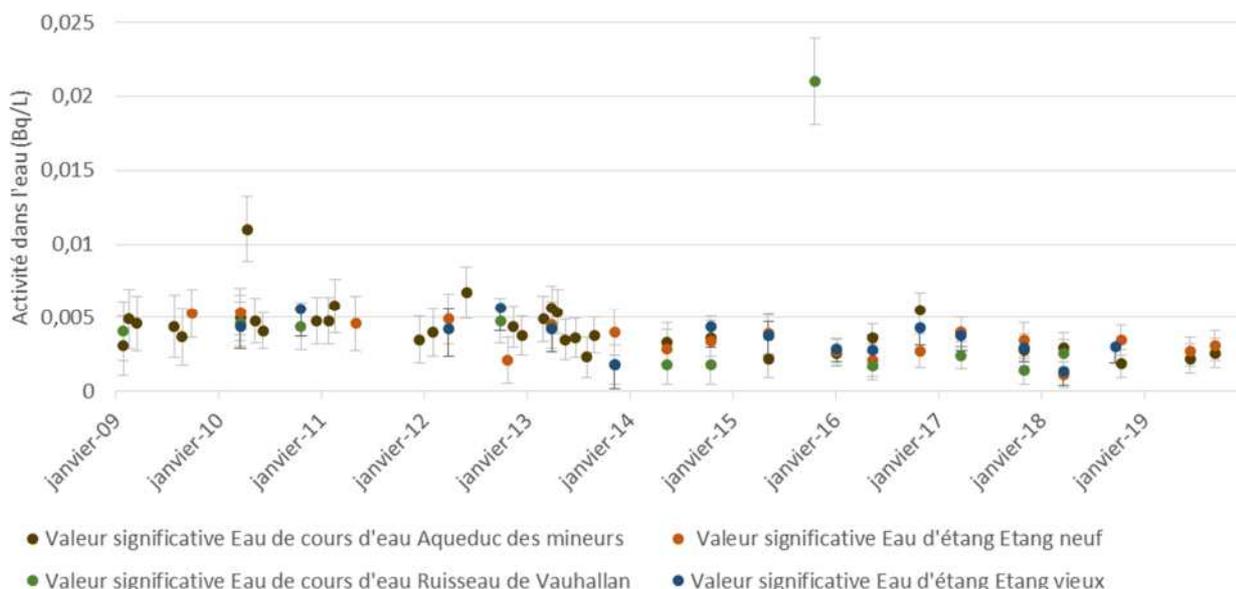


Figure 129. Activités en ^{90}Sr dans les eaux prélevées autour du site du CEA de Saclay

Les activités en tritium dans l'air varient d'un facteur 8 au cours de l'année et témoignent des activités du site. Les valeurs minimales sont proches de celles du bruit fond, aux alentours de 0,01 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ alors que pour la deuxième quinzaine de décembre 2019, le résultat sur la période est de $0,109 \pm 0,009 \text{ Bq}/\text{m}^3$.

Il est difficile de corrélérer les activités de l'air avec celles de l'eau de pluie du fait de la différence de période de prélèvement et de la distance entre les deux points de prélèvement. Cette dernière explique également la moins grande fluctuation des résultats au cours de l'année qui oscillent entre 0,5 et 1,5 Bq/L, proches du bruit de fond hors influence d'environ 1 Bq/L. Seule une donnée est en dehors de cette gamme de valeur atteignant $3,1 \pm 0,7 \text{ Bq}/\text{L}$ en juillet 2019.

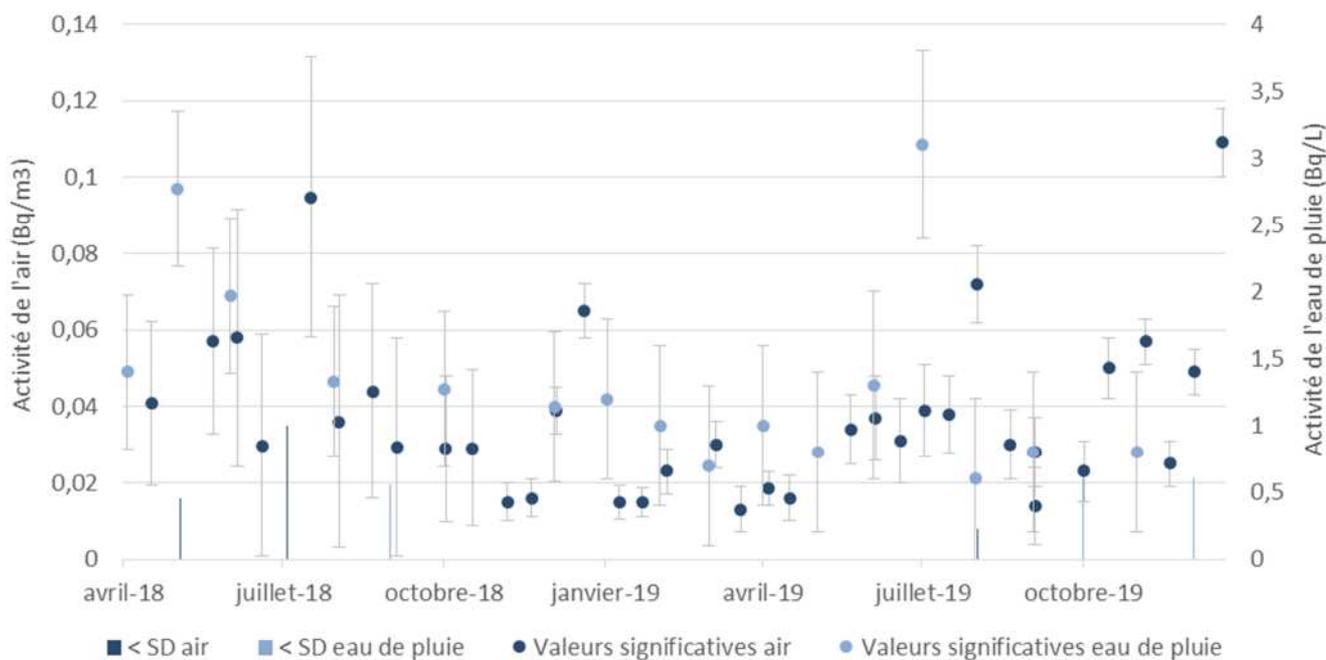


Figure 130. Activités en HTO dans l'air et l'eau de pluie prélevés à proximité du site du CEA de Saclay

La mesure du TOL dans les végétaux permet de confirmer l'impact de l'installation en champ proche, sous les vents dominants. En effet, les activités relevées correspondent à la rose des vents, avec des valeurs plus importantes sous les vents en provenance de sud-ouest, au Christ de Saclay ($7,3 \pm 0,5$ Bq/Kg sec), ce qui est confirmé par un prélèvement complémentaire réalisé en septembre ($10,6 \pm 0,7$ Bq/Kg sec). La valeur la plus faible est quant à elle mesurée hors vents dominants dans le secteur sud-ouest ($0,77 \pm 0,14$ Bq/Kg sec).

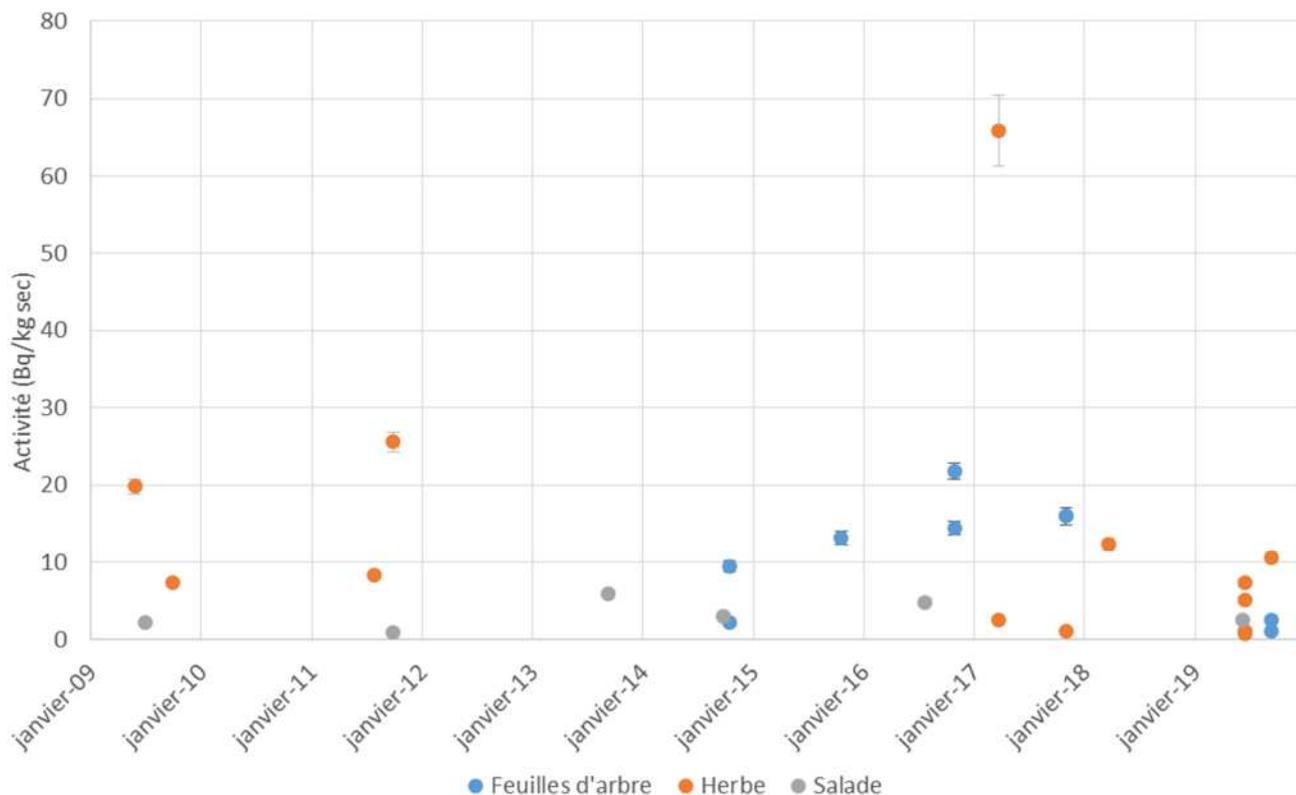


Figure 131. Activité en TOL dans les végétaux prélevés autour du site du CEA de Saclay

En 2019, aucune activité significative n'a été détectée pour l'¹³¹I sur les échantillons d'herbes prélevés autour du site de Saclay, contrairement aux années précédentes.

5.5 CENTRE CEA DE VALDUC

Les prélèvements réalisés autour du CEA de Valduc permettent de suivre les activités en ^3H dans les différents compartiments.

En 2019, la corrélation entre les activités des prélèvements par piège passifs et dans l'eau de pluie est plutôt bonne et continue de présenter des tendances identiques.

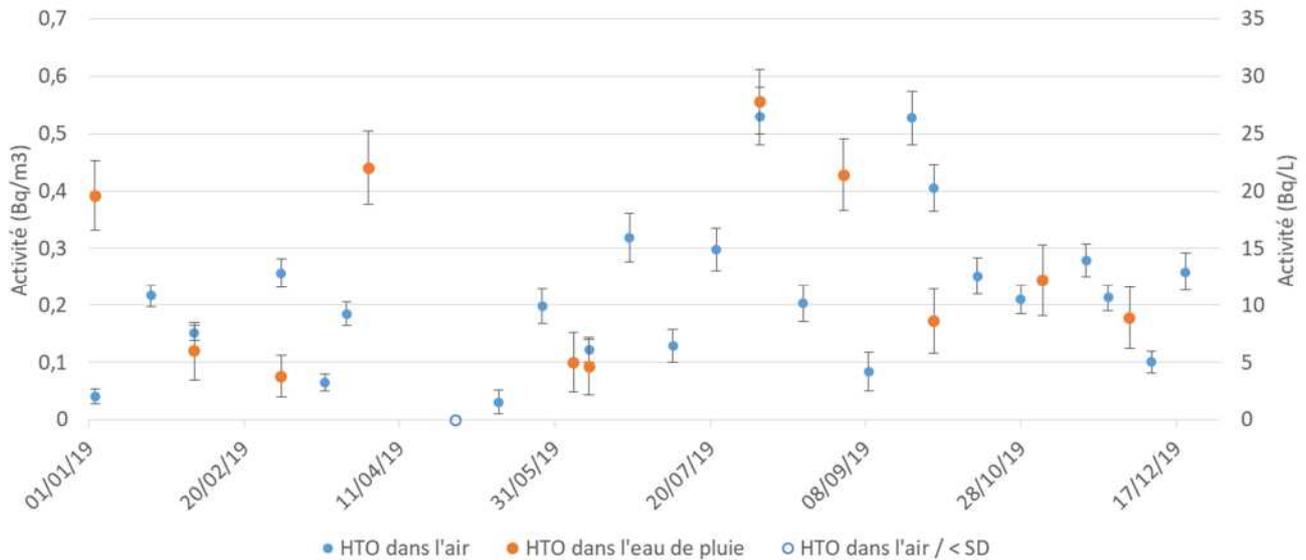


Figure 132. Activités en HTO dans l'air et l'eau de pluie prélevées à proximité du CEA de Valduc

Les activités mesurées en TOL dans les végétaux terrestres (feuilles d'arbres et herbes) confirment la stabilisation des activités mesurées depuis plusieurs années.

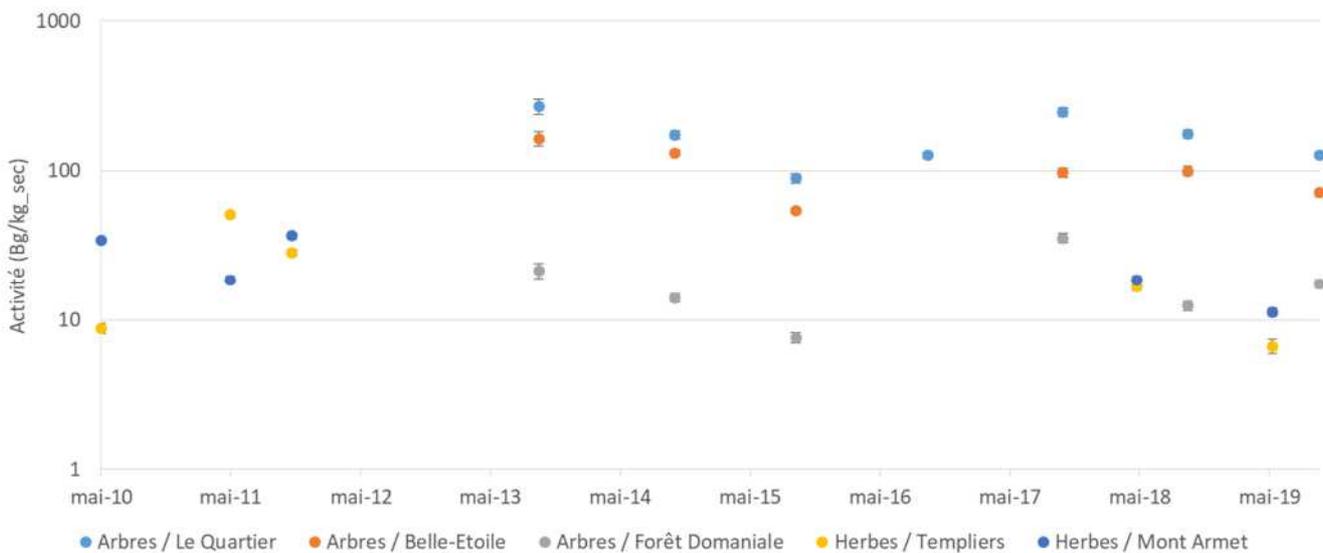


Figure 133. Activités en TOL dans les herbes et les feuilles d'arbres à proximité du CEA de Valduc

De la même façon, les activités en HTO dans les herbes confirment une relative constance sur les dix dernières années.

Dans les eaux de surface comme dans les eaux de sources / résurgences, la tendance à la stabilisation des activités mesurées en ^3H observée depuis 2016 se confirme en 2019.

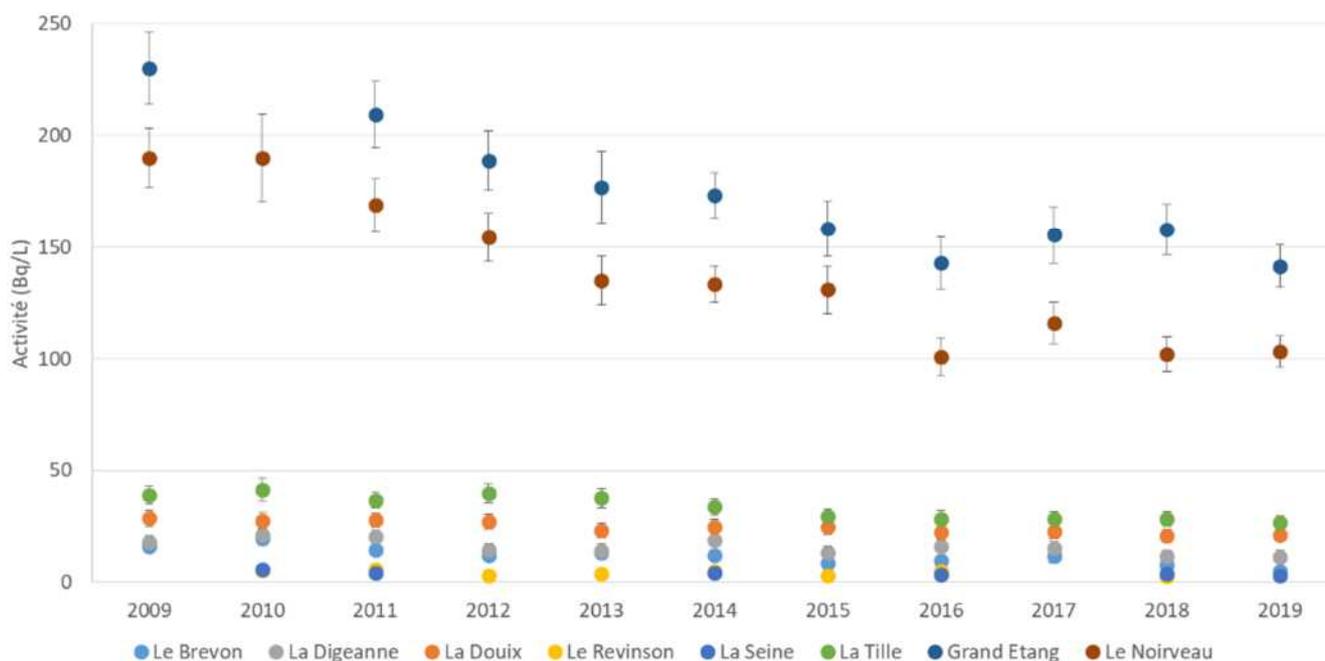


Figure 134. Activités en ^3H dans les eaux de surface prélevées à proximité du centre CEA de Valduc

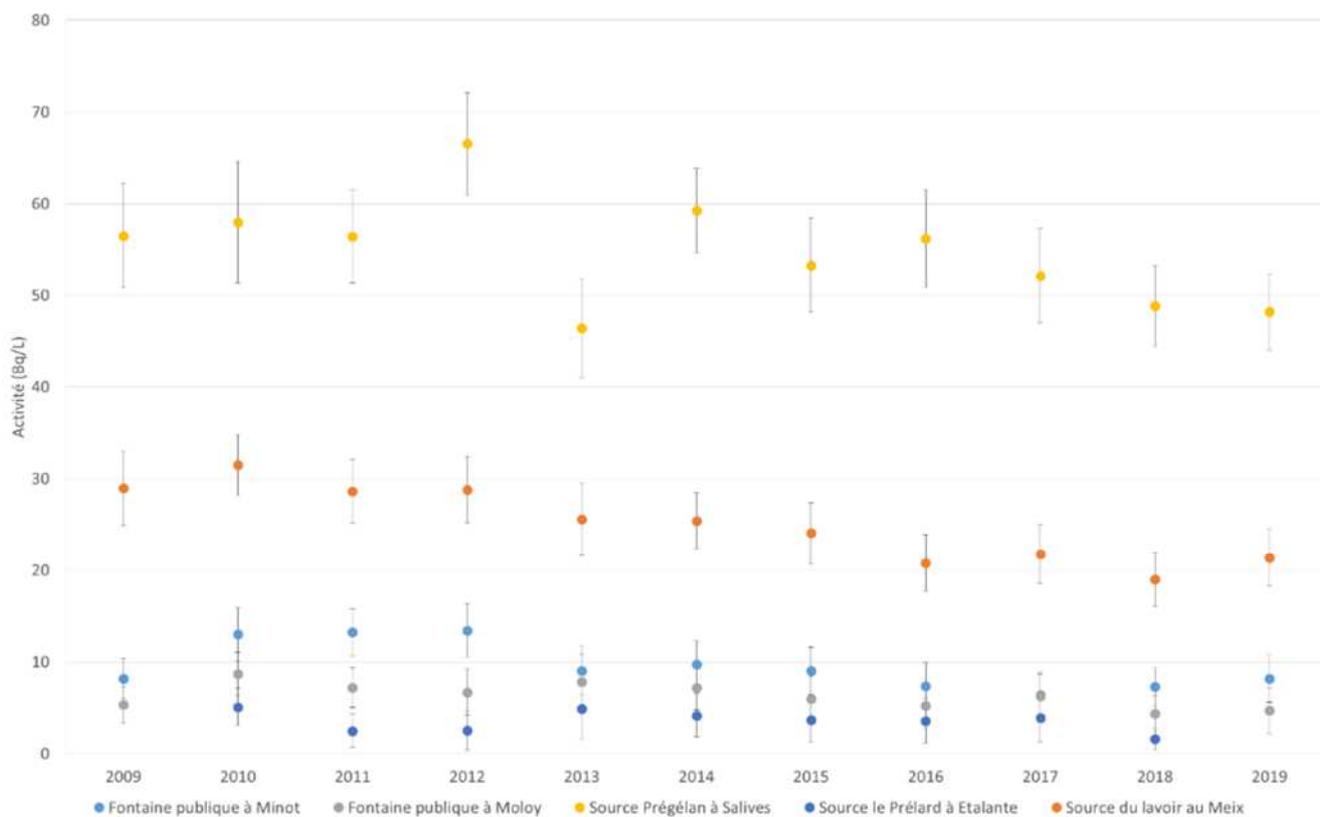


Figure 135. Activités en ^3H dans les eaux de sources à proximité du centre CEA de Valduc

Contrairement à 2018, aucune activité significative en $^{239+240}\text{Pu}$ n'a été relevée sur le prélèvement d'eau réalisé au niveau de la source du lavoir au Meix.

La chronique des activités en ^3H des prélèvements de laits réalisés autour du CEA de Valduc dans les 4 secteurs considérés montre que les prélèvements des secteurs nord-est et nord-ouest présentent les activités les plus élevées (à l'exception d'un prélèvement réalisé en novembre 2014 dans le secteur sud-ouest).

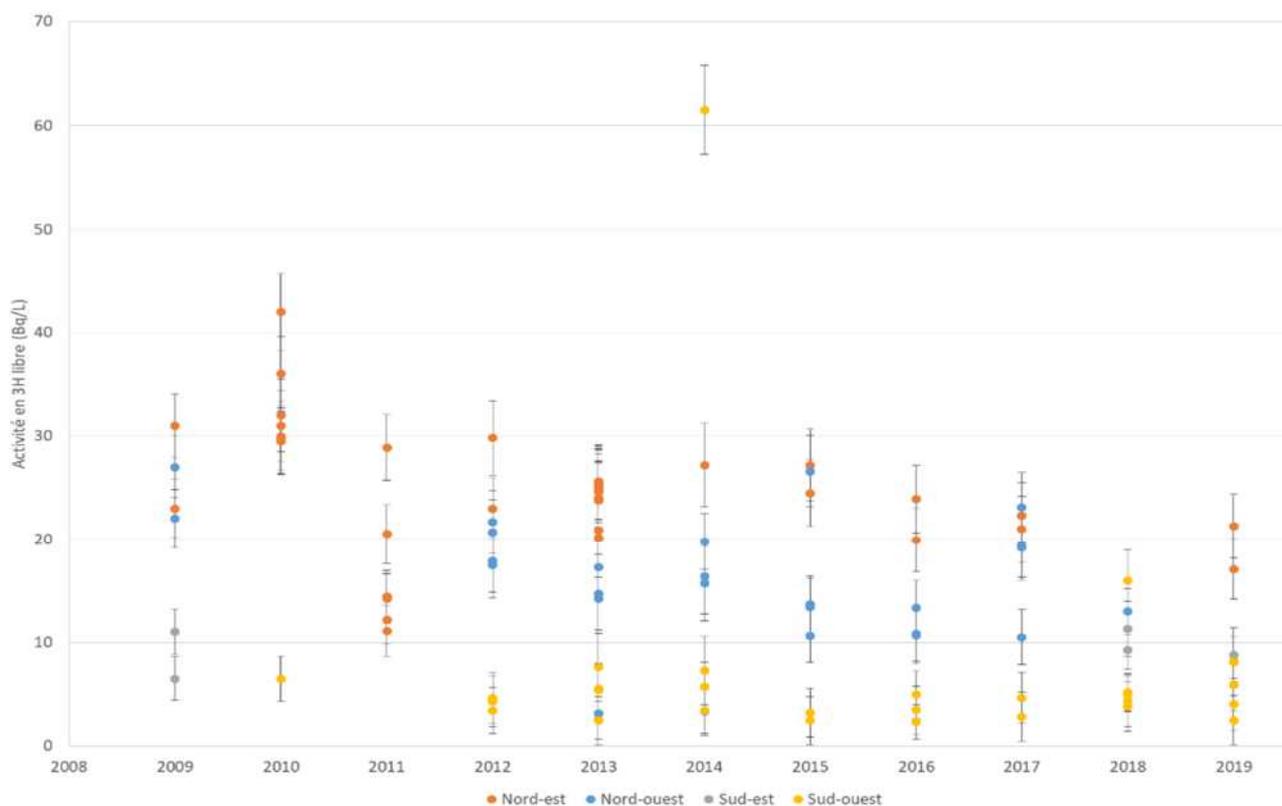


Figure 136. Activités en ^3H libre dans le lait prélevé autour du CEA de Valduc

5.6 POLYgone D'EXPERIMENTATION DE MORONVILLIERS (PEM)

En 2019, une seule campagne de prélèvements a été réalisée conformément au PSR (deux campagnes annuelles sont prévues à compter de 2020). Sur les 4 cours d'eaux initialement recensés, deux étaient à sec lors de la mission (la Conge prélevée à Epoye et la Prosnes prélevée à Val-de-Vesle) et n'ont donc pas pu faire l'objet de prélèvements d'eau ou de sédiments.

En 2018, un rapport isotopique $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ s'écartant des teneurs naturelles avait été constaté sur un prélèvement de sédiment en aval de la confluence des 3 rivières à Selles. En 2019, le rapport isotopique du prélèvement de sédiment réalisé au même point ne présente pas de particularité. Les résultats du prélèvement d'eau réalisé au même endroit ainsi que les prélèvements d'eau et de sédiment effectués au niveau de la Suipe à Saint Martin l'Heureux sont également cohérents avec les valeurs usuellement rencontrées dans l'environnement.

5.7 ILL ET CEA DE GRENOBLE

La surveillance du site de Grenoble est particulièrement orientée vers le suivi des rejets de tritium de l'ILL dans l'Isère. Il n'existe plus d'exutoire au niveau du Drac, qui ne fera plus l'objet de prélèvements à compter de 2020.

Le prélèvement de ^3H dans l'air est réalisé à l'aide d'un barboteur relevé à une fréquence hebdomadaire (contrairement aux autres sites où le relevé est bimensuel). On peut noter que l'année 2019 est dans la continuité des précédentes, avec des *maxima* dans la fourchette haute des niveaux usuellement mesurés en France.

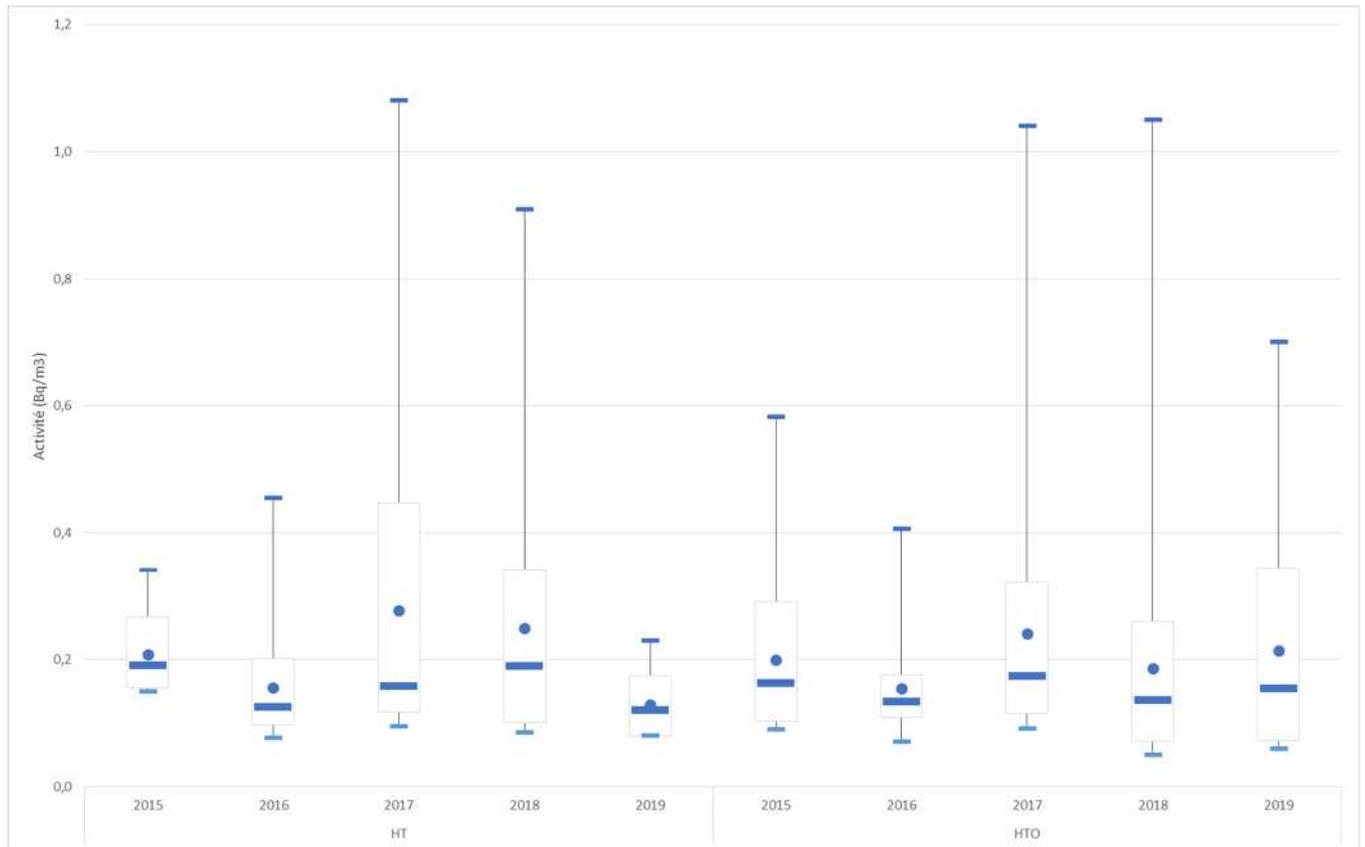


Figure 137. Activités en tritium (HT et HTO) dans l'air prélevé à l'ILL entre 2015 et 2019

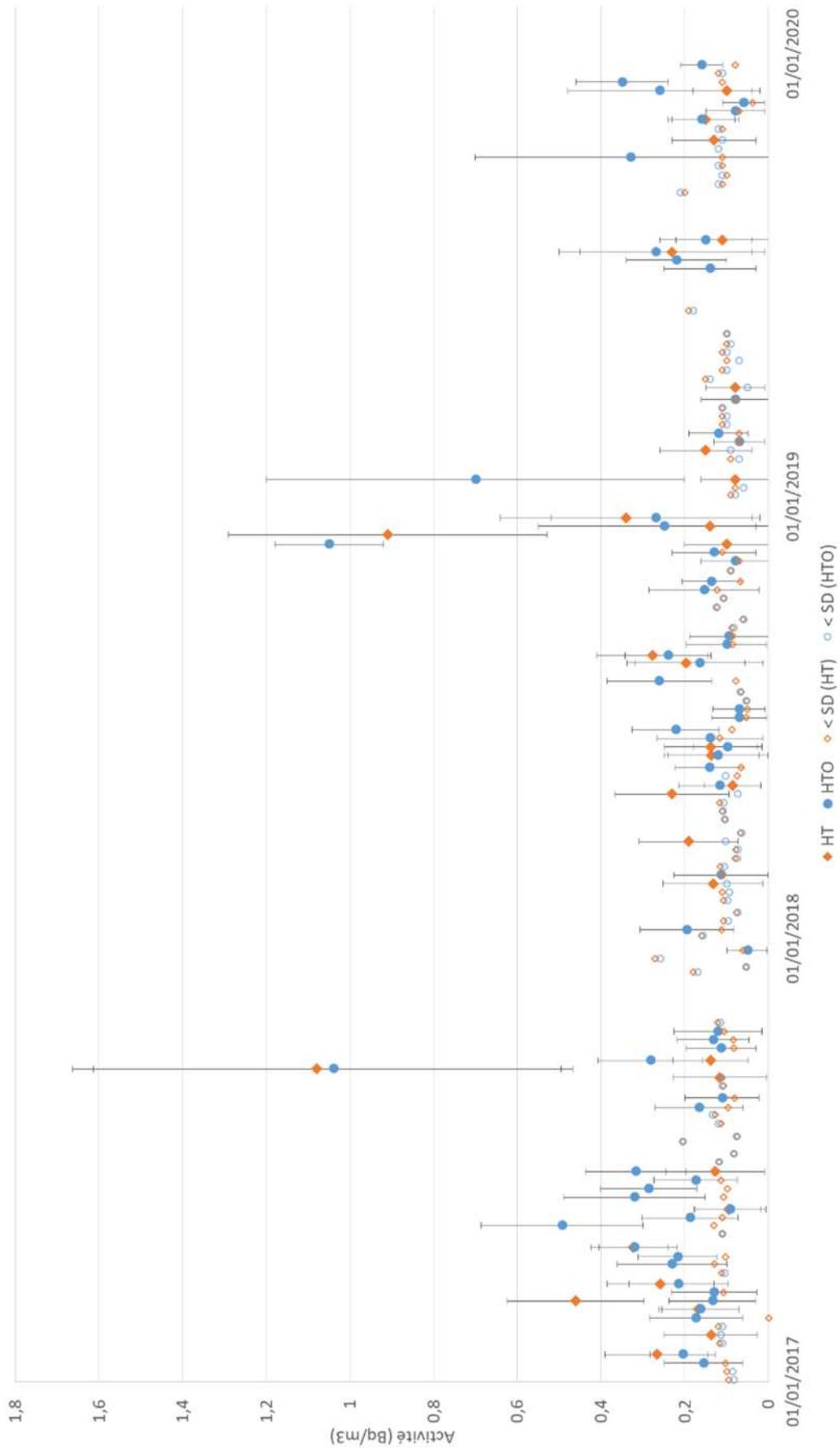


Figure 138. Activités en tritium (HT et HTO) dans l'air prélevé à l'ILL entre 2017 et 2019

L'activité en ^3H dans les eaux de pluie reste dans les gammes rencontrées par le passé, avec des activités également supérieures aux niveaux de référence hors influence.

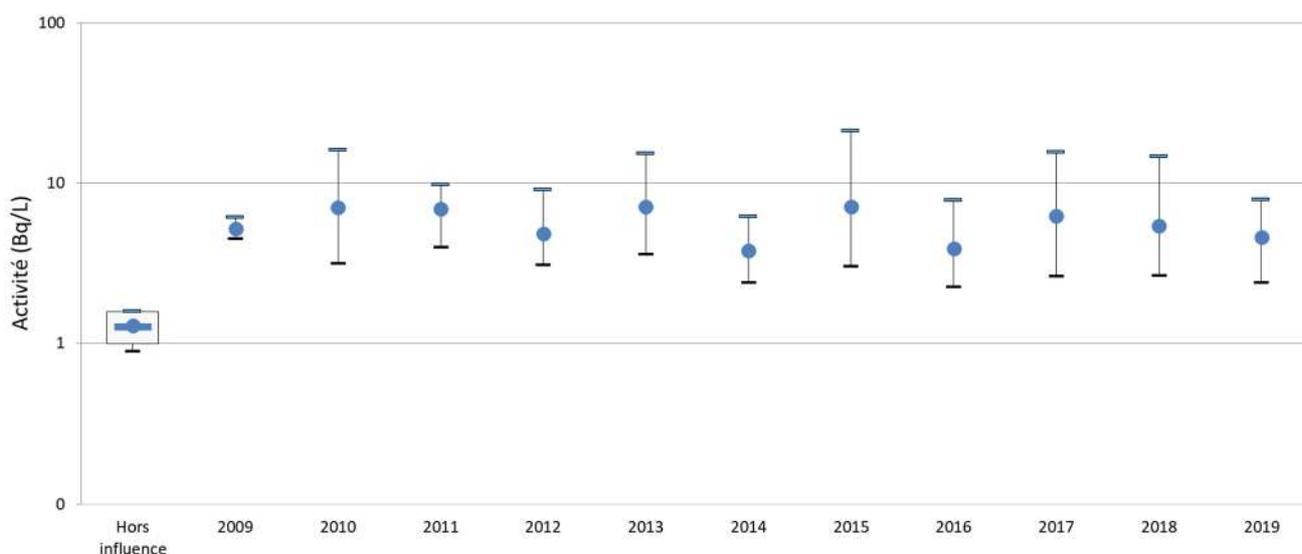


Figure 139. Activités en ^3H dans les eaux de pluies prélevées à l'ILL

Les activités dans les matrices végétales prélevées à proximité du site sont également proches de la fourchette basse des valeurs historiques, avec des activités en TOL plus élevées dans l'herbe que dans les légumes feuilles (blettes).

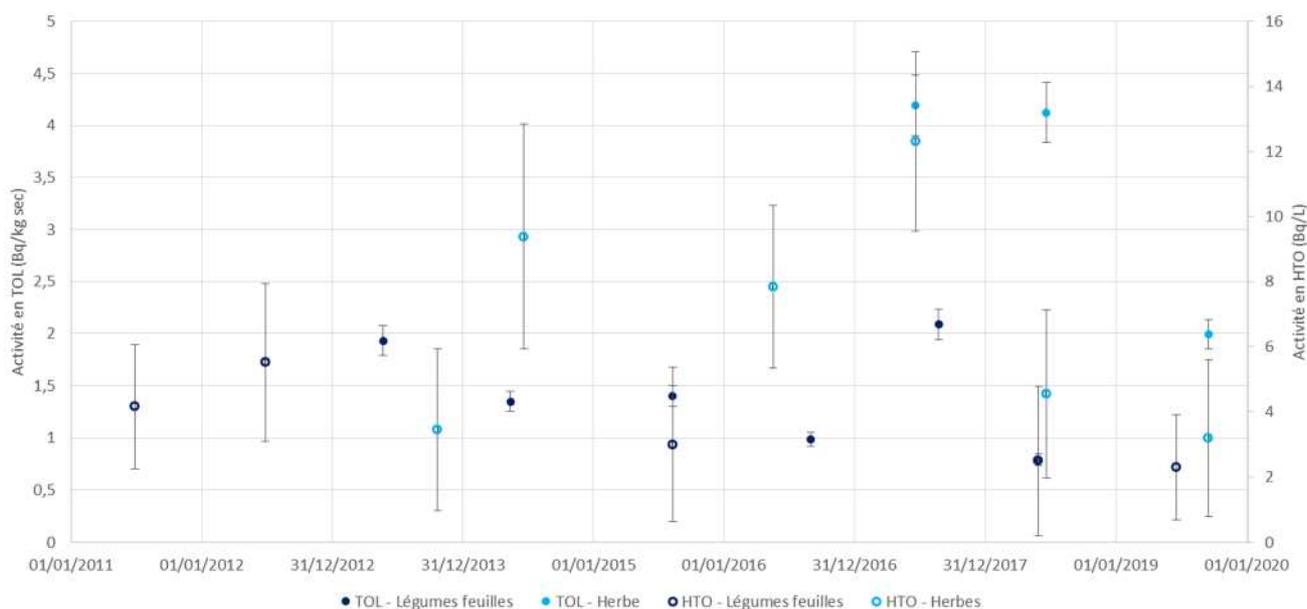


Figure 140. Activités en ^3H dans les herbes prélevées à proximité de l'ILL

Sur le compartiment aquatique, quelques valeurs significatives en ^{90}Sr et ^3H ont été mesurées dans l'eau, dont les niveaux d'activité restent cependant très proches des seuils de décision. L'ILL rejetant ses effluents liquides dans l'Isère, l'activité en ^{90}Sr dans le Drac n'est cependant pas imputable au réacteur. En l'absence de rejet dans ce cours d'eau, vérifiée depuis plusieurs années par la surveillance mise en place par l'IRSN, le maintien d'une surveillance du Drac ne paraît plus pertinent. Ces prélèvements seront donc arrêtés en 2020.

Les valeurs en ^3H en amont de l'ILL sont sensiblement identiques à celles en aval de l'ILL, ne permettant pas de montrer l'influence des rejets du réacteur. Les prélèvements à plus haute fréquence effectués en 2020 permettront de consolider cette affirmation, tout en gardant la possibilité le cas échéant de réaliser des mesures avec un seuil de décision plus bas, à 0,5 Bq/L environ.

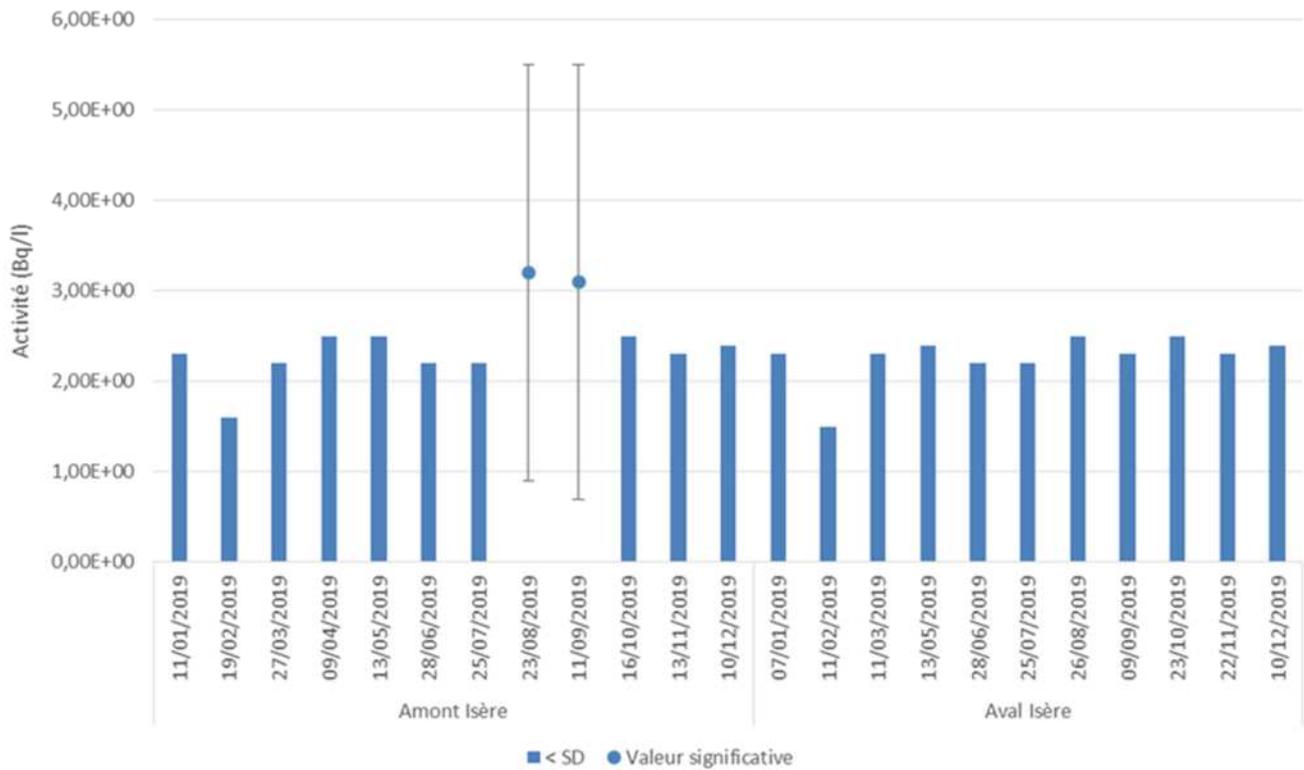


Figure 141. Activités en ^3H dans les eaux prélevées en amont et en aval de l'ILL sur l'Isère

Dans les prélèvements de sédiments (réalisés uniquement sur l'Isère), parmi les radionucléides rejetés, seul le ^{137}Cs est détecté systématiquement depuis 2010¹¹. La diminution des activités relevées à partir de la fin de l'année 2011 pourrait être liée à l'arrêt des rejets d'effluents du CEA Grenoble, sans que ce point puisse être confirmé.

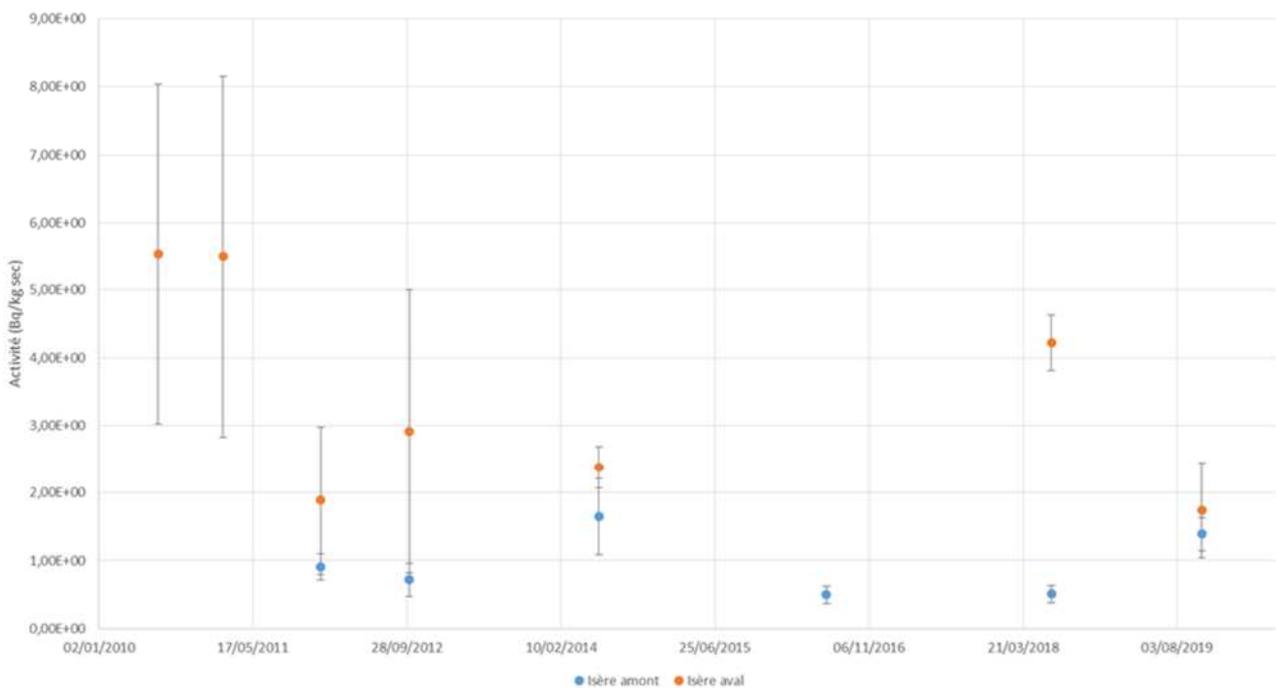


Figure 142. Activités en ^{137}Cs dans les sédiments prélevés en amont et en aval de l'ILL et du centre CEA de Grenoble depuis 2010

¹¹ Une valeur significative en ^{54}Mn a été également constatée historiquement en 2011.

5.8 AUTRES SITES

CERN

Pour la surveillance des activités du CERN, l'IRSN dispose d'une station de surveillance des aérosols atmosphériques installée sur la commune de Ferney-Voltaire. Aucune activité significative de radionucléides artificiels n'a été détectée en 2019.

En 2019, la surveillance du site a été renforcée par l'installation d'un piègeur passif de tritium. Les niveaux d'activité observés en 2019 sont faibles (en moyenne de 0,012 Bq/m³), tout en notant que le prélèvement a été interrompu pendant plusieurs mois du fait de problèmes de ressources au CERN.

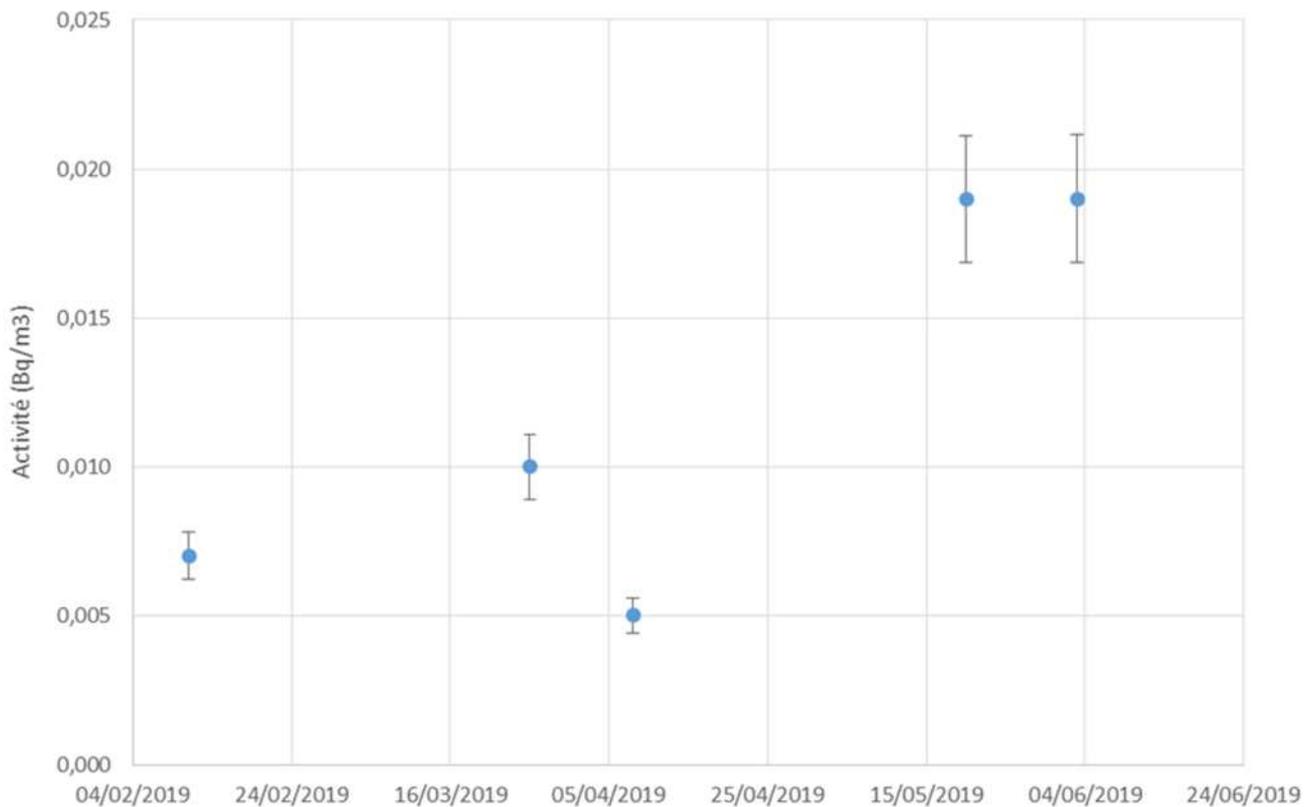


Figure 143. Activités en HTO dans l'air à proximité du CERN

GANIL

Le GANIL fait l'objet d'un suivi régulier du tritium atmosphérique depuis son intégration dans le plan de surveillance en 2018. Les résultats obtenus en 2019 à partir des prélèvements par piègeurs passifs montrent des niveaux faibles en tritium sous forme de vapeur d'eau (HTO) de l'air, cependant proche du bruit de fond et des performances météorologiques.

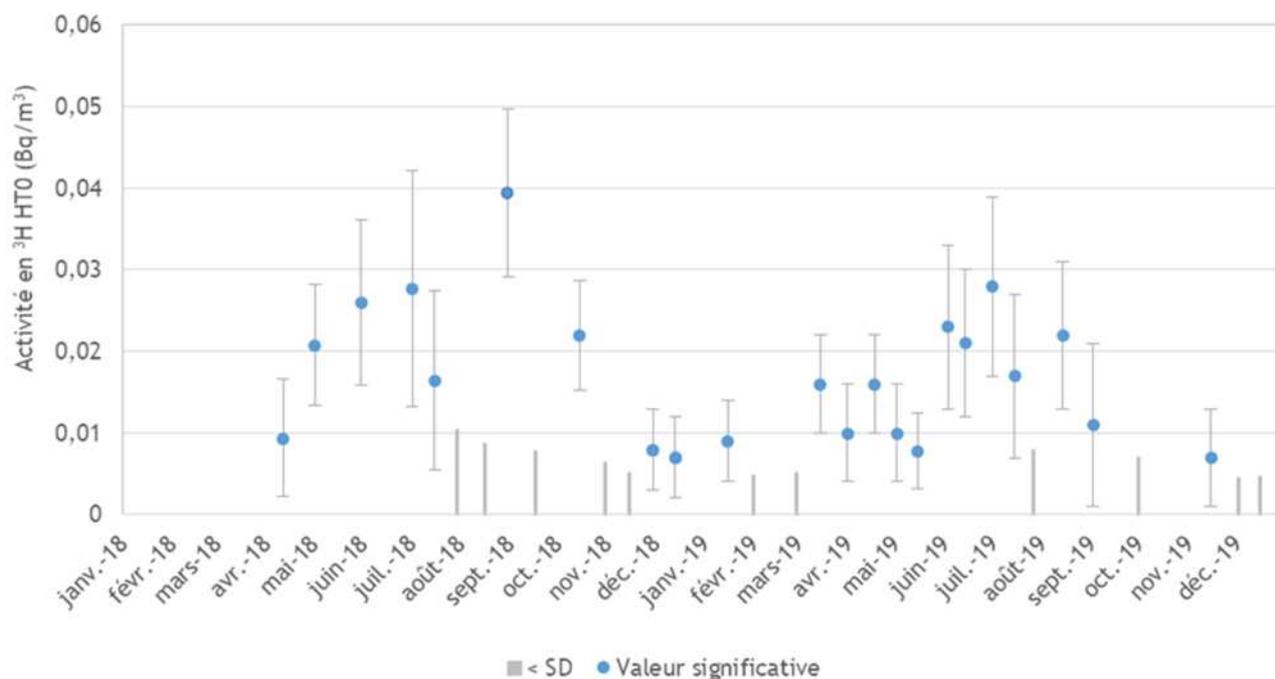


Figure 144. Activité en HTO dans l'air à proximité du GANIL

Comme en 2018, les valeurs les plus élevées ont été mesurées durant la période estivale sans pour autant qu'il soit possible de relier directement ces résultats aux activités menées sur les installations du GANIL. A noter qu'en juillet 2019, le GANIL a engagé la mise en service de la phase 1 de l'extension SPIRAL2¹², qui s'est conclue en décembre par un premier faisceau de protons accéléré à l'énergie nominale par l'accélérateur linéaire (LINAC). Ces essais vont se poursuivre en 2020 avec l'augmentation des performances du LINAC et la montée en puissance du faisceau.

Pour rappel, à l'occasion des travaux menés dans le cadre du constat Nord-Normandie, une campagne de prélèvements a été organisée afin de disposer de résultats de mesure dans les végétaux terrestres avant le démarrage de SPIRAL2. Bien que significatives, les activités mesurées en tritium libre et lié sur les végétaux terrestres ne faisaient apparaître aucun marquage particulier en tritium.

¹² Décision n°2019-DC-0675 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 27 juin 2019 autorisant la mise en service de la phase 1 de l'extension SPIRAL2 et modifiant la décision de l'ASN n° 2014-DC-0465 du 30 octobre 2014 de l'accélérateur de particules GANIL (INB 113)

BASES NAVALES

La surveillance des bases navales se focalise essentiellement sur le milieu aquatique en lien avec les activités qui y sont exercées, avec notamment des mesures de tritium dans l'eau, de sédiments ainsi que des mesures sur des matrices biologiques (mollusques, poissons et végétaux aquatiques).

La mesure de ^{137}Cs réalisée sur les sédiments tend à montrer une origine historique de ce radionucléide issue notamment des retombées de l'accident de Tchernobyl. En effet, les activités observées sont du même ordre de grandeur que celles mesurées dans les sédiments marins prélevés hors influence des installations nucléaires.

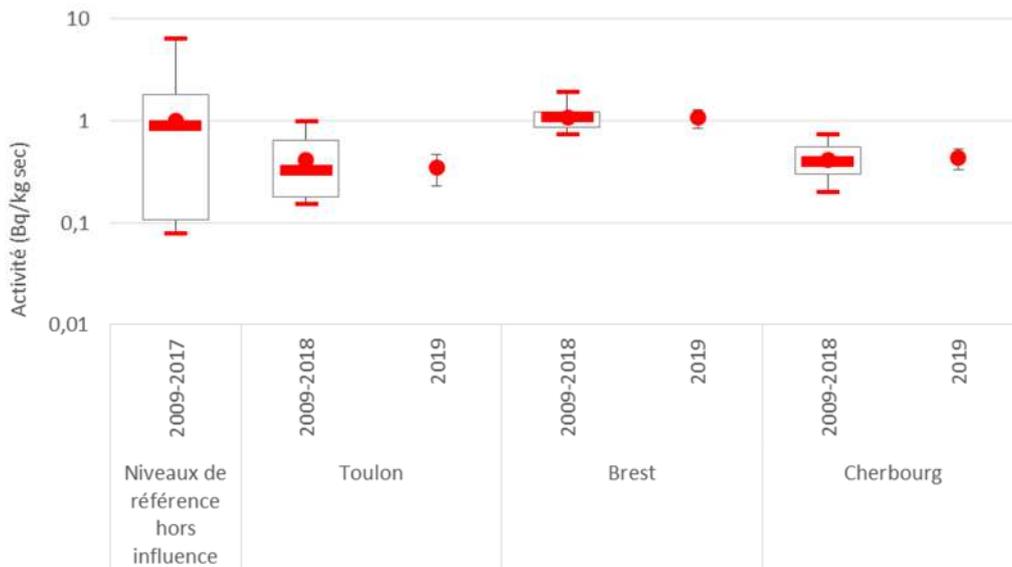


Figure 145. Activités en ^{137}Cs dans les sédiments prélevés au niveau des bases navales françaises

L'activité en $^{239+240}\text{Pu}$ mesurée dans les sédiments de la base navale de Cherbourg est quasiment systématiquement significative. Celle-ci fluctue peu, et en 2019 la valeur mesurée de $0,13 \pm 0,11$ Bq/kg sec est conforme aux valeurs de référence hors influence pour cette matrice, dont la moyenne se situe aux alentours de 0,2 Bq/kg sec. Il est à noter qu'en 2017 au même point, le rapport des activités $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ était de 0,42, ratio associé à une origine industrielle. Celui-ci n'a pu être calculé en 2019, le résultat pour le ^{238}Pu étant inférieur aux limites de détection. De même, pour l' ^{241}Am , les valeurs se sont stabilisées et le résultat de 2019 de $0,29 \pm 0,12$ Bq/kg sec est représentatif des 8 dernières années.

Les prélèvements d'algues des bases navales de Brest et de Cherbourg présentent également des activités en $^{239+240}\text{Pu}$ cohérentes avec les valeurs de référence.

Le $^{239+240}\text{Pu}$, tout comme l' ^{241}Am , ont été mesurés significativement dans un échantillon de poisson, dans une gamme d'activité habituelle pour cette matrice. Sur ce même indicateur, l'activité en ^{137}Cs de $0,18 \pm 0,08$ Bq/kg frais est cohérente avec la moyenne du bruit de fond hors influence

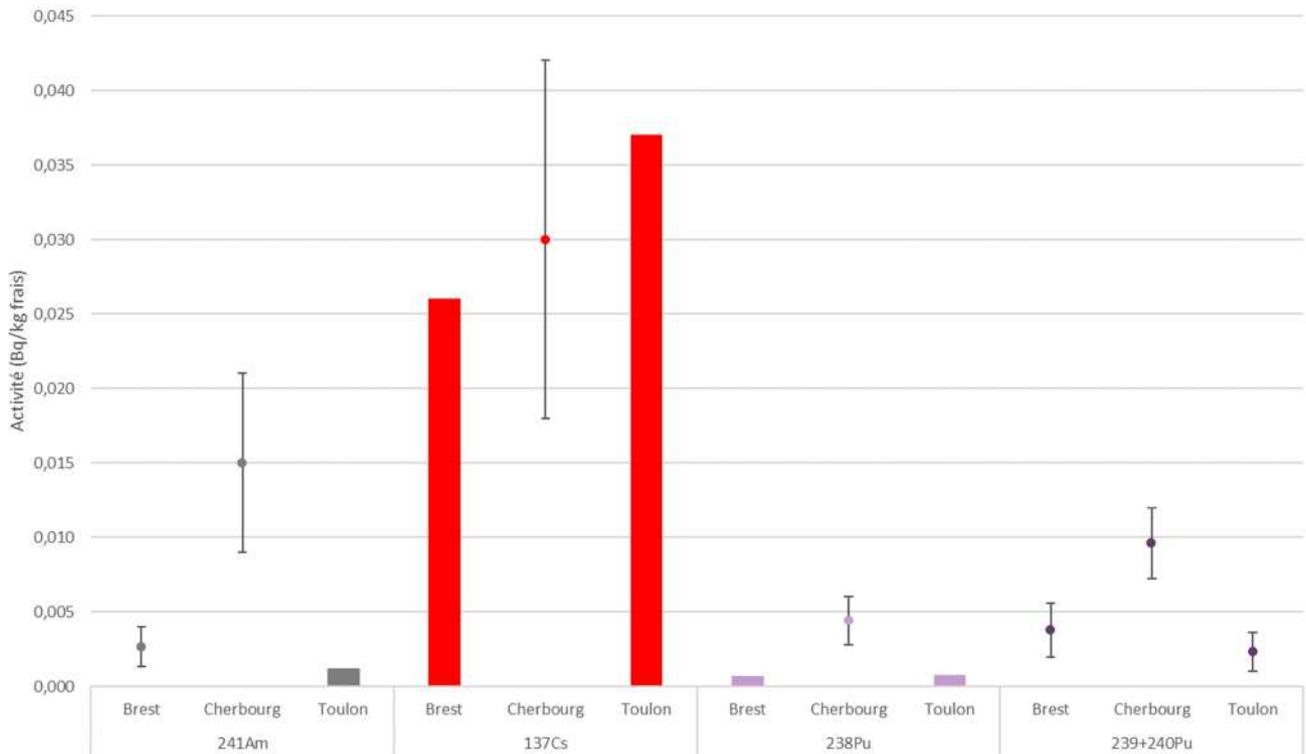


Figure 146. Activités en ¹³⁷Cs, ²³⁸Pu, ²³⁹⁺²⁴⁰Pu et ²⁴¹Am dans les mollusques prélevés par la Marine Nationale et analysés par l'IRSN à proximité des bases navales de Brest, Cherbourg et Toulon

Les résultats des analyses sur les denrées sont traités au chapitre 3.4.

Le LSE réalise depuis plusieurs années un regroupement annuel des eaux prélevées mensuellement en rade de Brest afin de réaliser une recherche du ¹³⁷Cs à bas niveau. Cette mesure a été étendue en 2019 aux autres bases navales. La confrontation de la chronique obtenue pour Brest avec les données de la façade Atlantique montre une bonne cohérence des résultats pour les années précédentes – et ce même si les résultats en 2019 sont non significatifs – confirmant ainsi l'absence d'impact de l'installation pour ce radionucléide. Les résultats obtenus en 2019 sur Toulon et Cherbourg, respectivement $0,00091 \pm 0,00031$ Bq/L et $0,0016 \pm 0,0005$ Bq/L, se trouvent également dans cette même gamme d'activités.

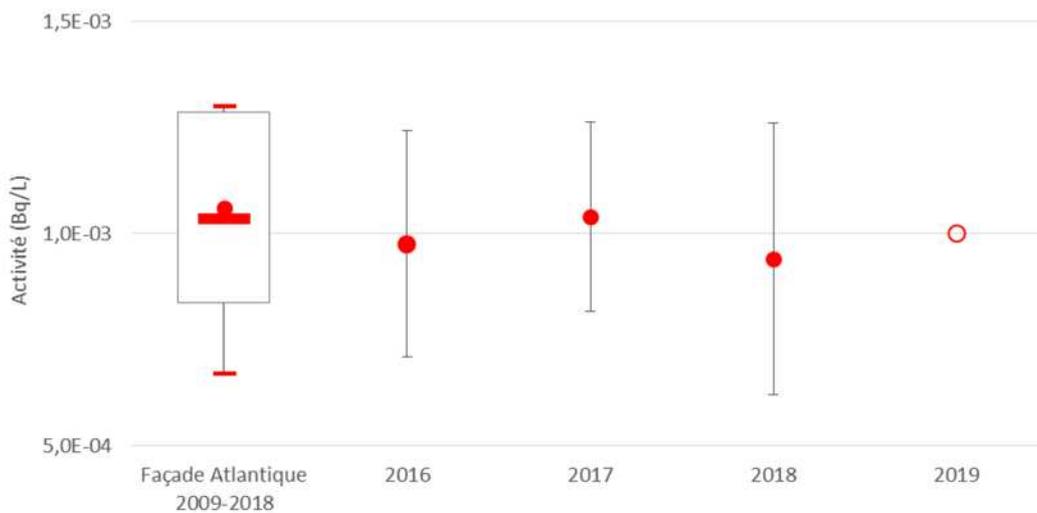


Figure 147. Activités en ¹³⁷Cs de l'eau de mer prélevée en rade de Brest

Les résultats des analyses mensuelles de tritium réalisées sur les eaux mer des trois sites pour l'année 2019 montrent une diminution du niveau d'activité en tritium pour Toulon et Brest, dont une seule valeur est significative sur l'année. Les données ainsi mesurées sont proches des valeurs de référence hors influence dans l'eau de mer qui se situent aux alentours de 0,35 Bq/L.

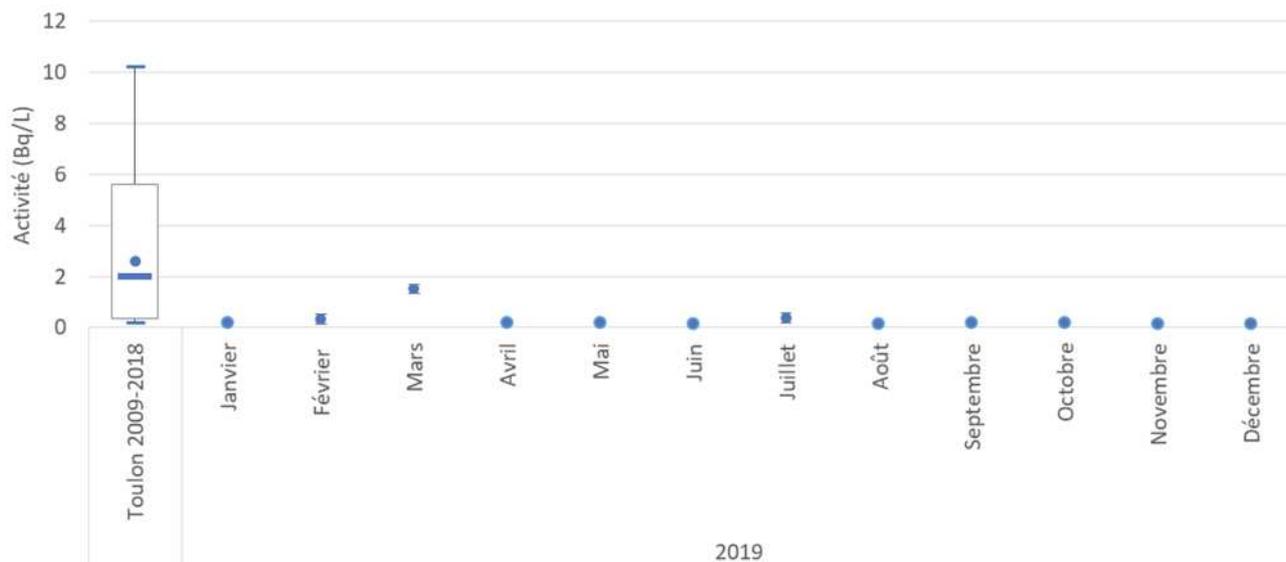


Figure 148. Activités en ^3H dans l'eau de mer prélevée dans la rade de Toulon

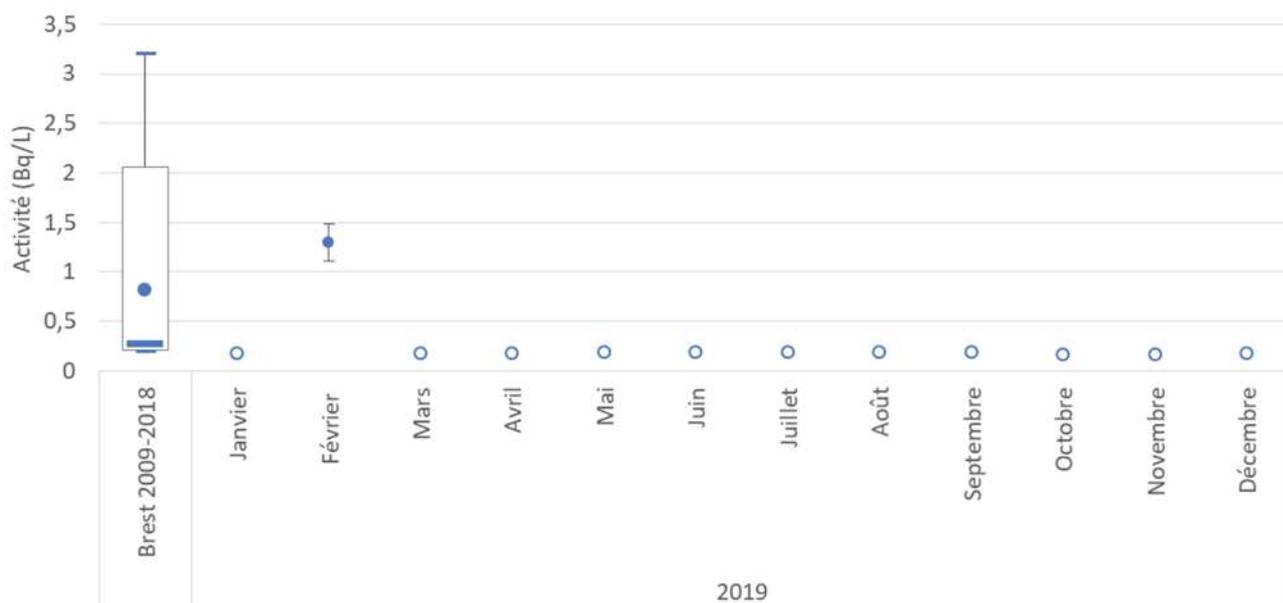


Figure 149. Activités en ^3H dans l'eau de mer prélevée dans la rade de Brest

Il n'est donc pas possible de distinguer un éventuel impact de la base navale de celui du site de retraitement de la Hague, du fait de l'influence de celui-ci, qui peut s'observer sur l'ensemble de la façade de la Manche.

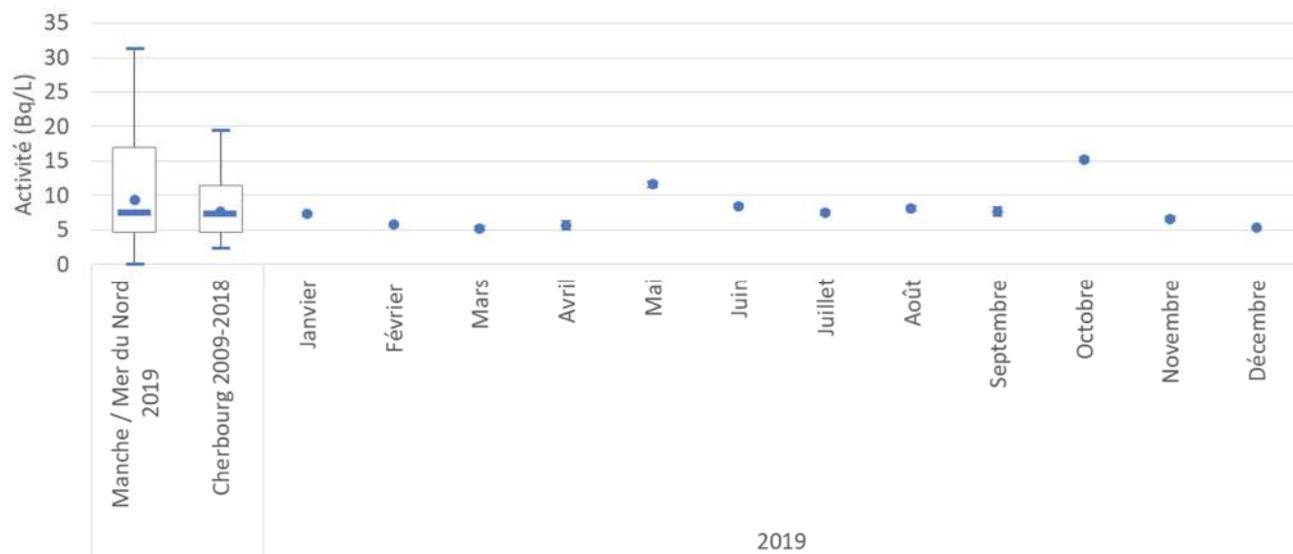


Figure 150. Activités en ^3H dans l'eau de mer prélevée dans la rade de Cherbourg

AUTRES INSTALLATIONS

7.1 ANDRA CSA

Comme en 2018, aucune activité significative n'a été mesurée dans les deux prélèvements d'eaux des Noues d'Amance, à l'exception d'une activité en ^{90}Sr mesurée sur le prélèvement réalisé en mai 2019. L'activité mesurée est cohérente avec l'activité déjà mesurée en avril 2018 et les niveaux usuellement mesurés dans l'environnement.

Tableau 17. Activités en ^{90}Sr mesurées dans les eaux prélevées dans les Noues d'Amance en aval du CSA

Prélèvement	Activités (Bq/kg sec)
Avril 2018	0,005 ± 0,002
Mai 2019	0,008 ± 0,003

Dans les prélèvements de sédiments, et contrairement à 2018, aucune activité significative en radionucléides artificiels n'a été mesurée (en dehors du ^{137}Cs dont les valeurs, comme en 2018, sont compatibles avec les niveaux usuellement rencontrés dans l'environnement).

7.2 SOMANU

La Société de Maintenance du Nucléaire (SOMANU) a été intégrée au plan de surveillance régulier en 2018, en mettant l'accent sur le suivi de la présence de radionucléides artificiels dans la Flamenne (exutoire des rejets liquides du site). La même année, le LSE a procédé au remplacement de l'ancienne station de prélèvement d'aérosols située au point AS1 et à la mise en place d'un collecteur d'eau de pluie.

Le prélèvement annuel réalisé en juillet 2019 dans la Flamenne a permis de confirmer le léger marquage en radionucléides artificiels provenant des opérations de maintenance sur les composants du circuit primaire effectuées dans les ateliers de la SOMANU. Des activités significatives en ^{60}Co ($0,81 \pm 0,13$ Bq/kg sec) dans les sédiments ainsi qu'en ^{58}Co ($2,20 \pm 0,50$ Bq/kg sec), ^{60}Co ($8,50 \pm 1,10$ Bq/kg sec) et ^{54}Mn ($1,96 \pm 0,45$ Bq/kg sec) dans les végétaux aquatiques ont été mesurées en 2019. La présence de ^{137}Cs dans les sédiments et les végétaux aquatiques est plutôt due aux retombées atmosphériques des événements du passé. Aucune activité significative n'a été mise en évidence sur le prélèvement d'eau.

Tableau 18. Activités des prélèvements réalisés dans la Flamenne en aval de la SOMANU

Nature	Année	^{58}Co	^{60}Co	^{54}Mn	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	^{137}Cs	Unités
Eau de surface	2018	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	Bq/L
	2019	< 0,05	< 0,02	< 0,03	< 0,03	< 0,02	
Sédiments	2018	< 0,23	$0,81 \pm 0,13$	< 0,19	< 0,22	$0,62 \pm 0,12$	Bq/kg sec
	2019	< 0,36	< 0,25	< 0,25	< 0,27	$0,55 \pm 0,13$	
Végétaux aquatiques	2018	< 0,49	$6,25 \pm 0,79$	$0,37 \pm 0,17$	$0,33 \pm 0,13$	$1,87 \pm 0,29$	Bq/kg sec
	2019	$2,20 \pm 0,50$	$8,50 \pm 1,10$	$1,96 \pm 0,45$	< 0,70	$1,40 \pm 0,35$	

Concernant l'analyse des filtres hebdomadaires et des prélèvements d'eau de pluie, aucune activité significative pour les radionucléides artificiels n'a été détectée sur les prélèvements réalisés en 2019 hormis pour le ^{75}Se mais qui n'est pas lié au fonctionnement de l'installation (cf. chap. 4.1).

Lors de la préparation du plan de surveillance 2020, il a été décidé d'augmenter à deux par an la fréquence de la campagne de prélèvements dans la Flamenne et d'ajouter une mesure de ^3H sur le prélèvement d'eau afin disposer de valeurs indicatives sur ce paramètre.

7.3 SOLVAY LA ROCHELLE

Les prélèvements de sédiments sont réalisés au sud du site, à la sortie de la zone portuaire de la Rochelle. En effet, du thorium a été rejeté dans la baie du Port Neuf à partir de 1948 et pendant plusieurs dizaines d'années dans le cadre des activités d'extraction de terres rares, générant comme sous-produit d'importantes quantités de thorium (^{232}Th en particulier). A noter que le prélèvement du mois de décembre 2019 n'a pas pu être effectué dans la baie citée ci-dessus étant donné la présence de travaux ne permettant pas l'accès au point prévu¹³. Le prélèvement a donc été effectué à la plage de la Concurrence à 4 km du point habituel (cf. carte ci-dessous). En 2018, le prélèvement réalisé le 7 novembre faisait apparaître une rupture dans la chaîne du ^{232}Th , mettant en lumière la présence de thorium d'origine anthropique.



Figure 151. Déplacement du point de prélèvement du sédiment en décembre 2019

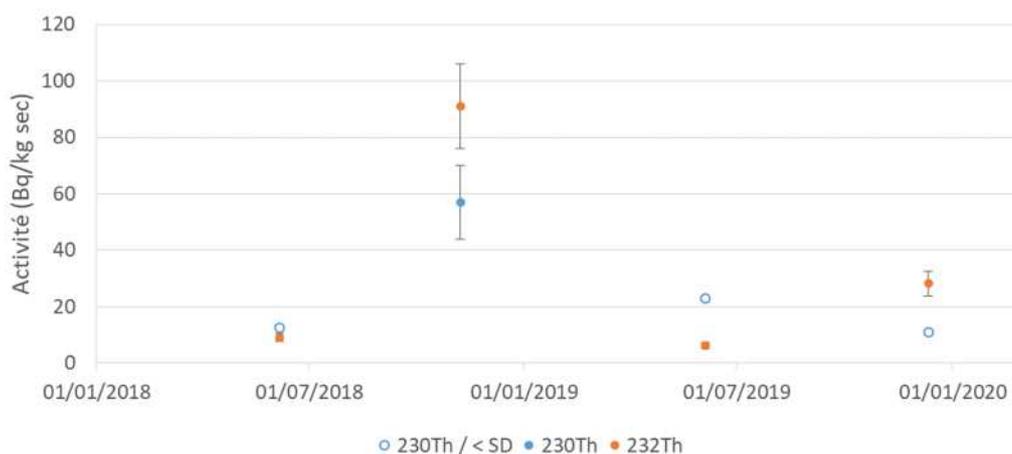


Figure 152. Activités en ^{230}Th et ^{232}Th dans les sédiments à proximité de l'usine Solvay de la Rochelle

Du fait des stocks de thorium présents et de la position de l'installation, une analyse des filtres aérosols à l'ICP-MS pour détermination du ^{232}Th pourra être prévue en 2021 afin de déterminer les niveaux dans l'air à proximité de l'installation.

¹³ Ces travaux auront lieu jusqu'en juin 2021.

7.4 DETECTIONS DE REJETS ATTRIBUABLES AU SECTEUR MEDICAL

Plusieurs prélèvements de matières en suspension présentent des activités significatives en ^{131}I , qui peuvent être attribuées aux activités du secteur médical présent dans les villes en amont.

Tableau 19. Activités en ^{131}I dans les sédiments

Site	Période	Activité (Bq/kg sec)
Cattenom	Octobre 2019	$3,5 \pm 1,5$
Creys-Malville	Mai 2019	$8,5 \pm 3,4$
	Octobre 2019	$10,4 \pm 3,5$
Fessenheim	Novembre 2019	$11,3 \pm 3,8$
Nogent-sur-Seine	Janvier 2019	32 ± 8
	Février 2019	$9,3 \pm 3,8$

Contrairement aux mesures réalisées sur les MES collectées par les autres hydrocollecteurs, l'iode 131 est analysé avant séchage pour la station de Croissy-sur-Seine. Le graphique ci-dessous présente la chronique des activités sur les deux dernières années¹⁴.

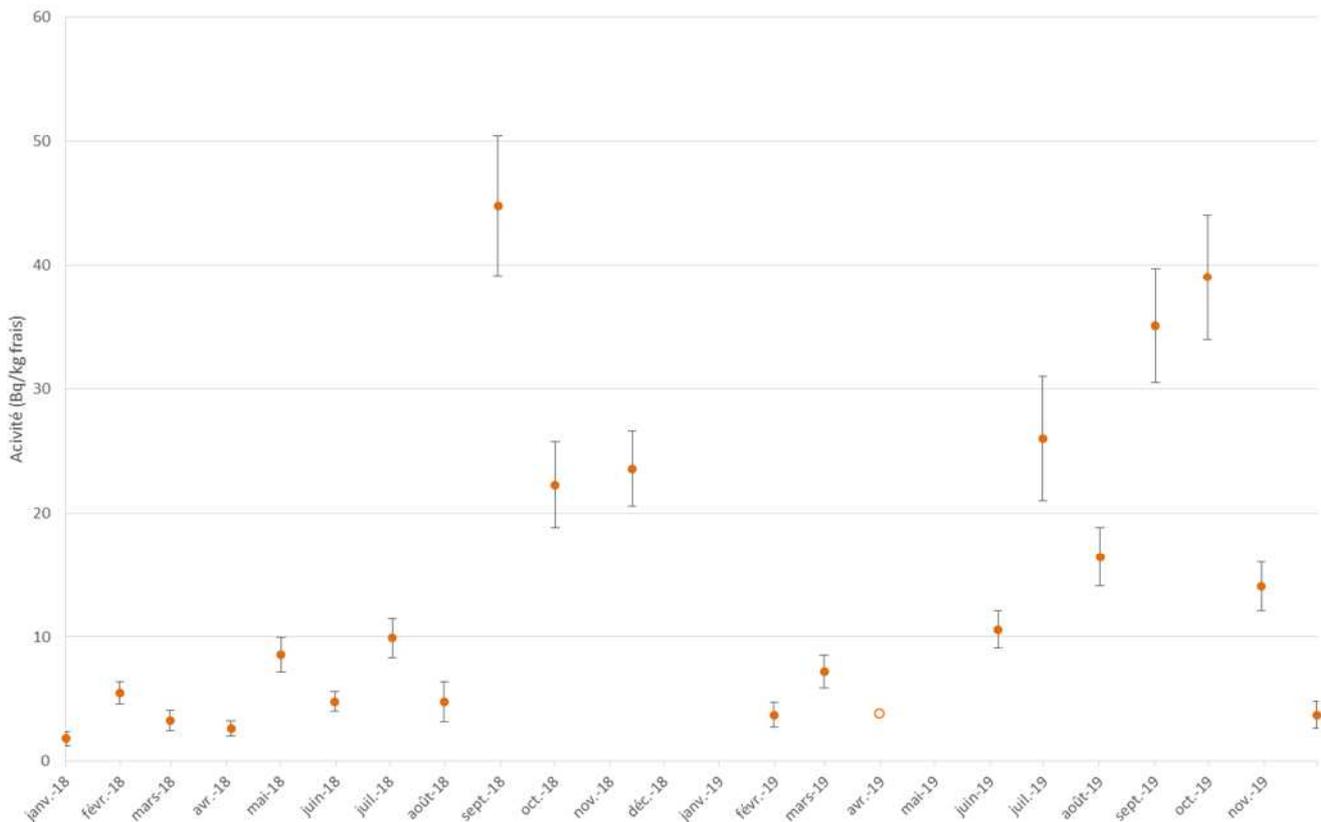


Figure 153. Activités en ^{131}I dans les matières en suspension à Croissy sur Seine

¹⁴ Le dispositif de prélèvement n'a pas permis de récolter les matières en suspension des mois de décembre 2018 et janvier 2019

INSTALLATIONS EN DEMANTELEMENT / ANCIENS SITES

8.1 BRENNILIS

La surveillance du site de Brennilis, actuellement en démantèlement, se compose d'un volet atmosphérique avec des prélèvements d'aérosols et d'eau de pluie en réseau dormant, ainsi que de denrées (céréales, légumes et végétaux terrestres).

En 2019, les analyses réalisées sur ces matrices n'ont révélé aucune valeur significative pour les radionucléides artificiels.

8.2 CREYS-MALVILLE

La surveillance du site de Creys-Malville est traitée dans le paragraphe 4.6, relatif aux sites EDF de la vallée du Rhône.

8.3 SICN VEUREY

L'usine SICN Veurey assurait la fabrication de combustible nucléaire (UNGG) et d'objets manufacturés jusqu'à la fin des années 90. Une surveillance aquatique de l'Isère comprenant des prélèvements d'eau et de sédiment a été mise en place en 2018, à fréquence semestrielle afin d'acquérir des données relatives à l'environnement en aval du site.

Les prélèvements d'eau réalisés révèlent des niveaux comparables à ceux mesurés en amont du site, sur les rivières Drac et Isère (prélèvements en aval de l'ILL). Les ratios isotopiques sont de l'ordre de celui de l'uranium naturel.

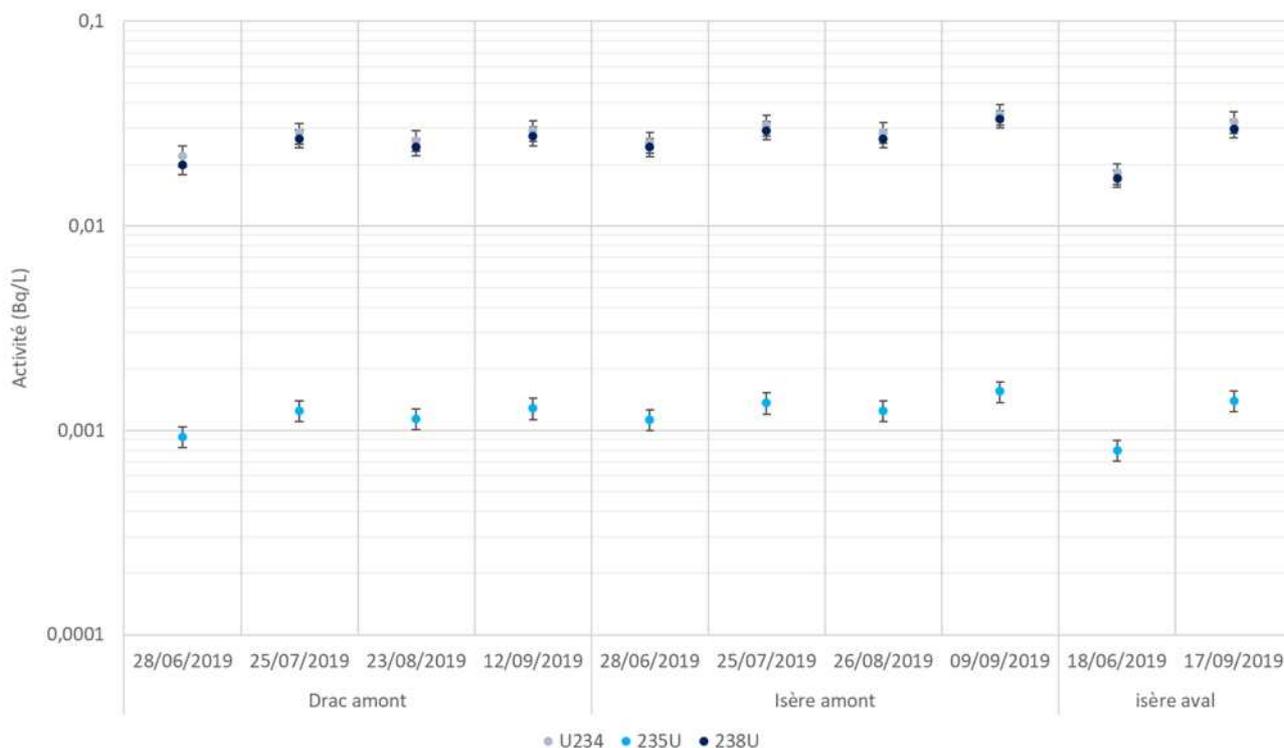


Figure 154. Activité de l'uranium dans l'eau prélevée dans l'Isère en amont et en aval de la SICN Veurey

En 2019, un prélèvement de sédiment a été réalisé dans l'Isère en aval du site de Veurey. L'activité en uranium est très proche des valeurs moyennes de référence hors influence des sites nucléaires.

Tableau 20. Activités de l'uranium des sédiments prélevés en aval du site SICN de Veurey en 2019

Radionucléide	Activité / Ratio isotopique
^{234}U	$31 \pm 6 \text{ Bq/kg sec}$
^{235}U	$1,45 \pm 0,27 \text{ Bq/kg sec}$
^{238}U	$32 \pm 6 \text{ Bq/kg sec}$
$^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$	$0,71 \% \pm 0,06 \%$

Par ailleurs, les sédiments présentent des valeurs similaires en ^{137}Cs en amont et en aval du site, respectivement de $1,74 \pm 0,28 \text{ Bq/kg sec}$ et de $1,97 \pm 0,3 \text{ Bq/kg sec}$. Ces valeurs sont cohérentes avec celles rencontrées hors influence et ne sont pas liées au site.

SITES MINIERS

En 2018, trois anciens sites ou divisions minières étaient prévus au PSR : la Crouzille, l'Ecarpière et Lodève (le Bosc). En 2019, une surveillance régulière a également été reprise sur les sites de Bauzot, du Bernardan, de Bertholène, des Bois noirs, du Cellier, de Gueugnon et de Saint-Pierre.

NB : Par souci de cohérence, les valeurs et chroniques présentées dans ce chapitre sont établies à partir des données acquises depuis le 01/01/2013, date de la généralisation des mesures d'uranium par ICP-MS.

On trouvera ci-dessous, respectivement pour l'eau douce et les sédiments, une comparaison des niveaux observés, en 2019, pour l'ensemble des sites miniers prévus au PSR. Seul l' ^{238}U est représenté étant donné qu'il n'existe pas, pour tous les sites, de déséquilibre entre l' ^{234}U et l' ^{238}U . Pour ce qui concerne le radium dans l'eau douce, La Crouzille est le site minier présentant les niveaux les plus importants avec des mesures pouvant aller jusqu'à environ 0,25 Bq/L. Pour l'uranium, il s'agit du site du Cellier avec des niveaux pouvant monter jusqu'à 0,3 Bq/L. Pour les sédiments, le site présentant les résultats de mesure les plus importants en uranium est également le Cellier.

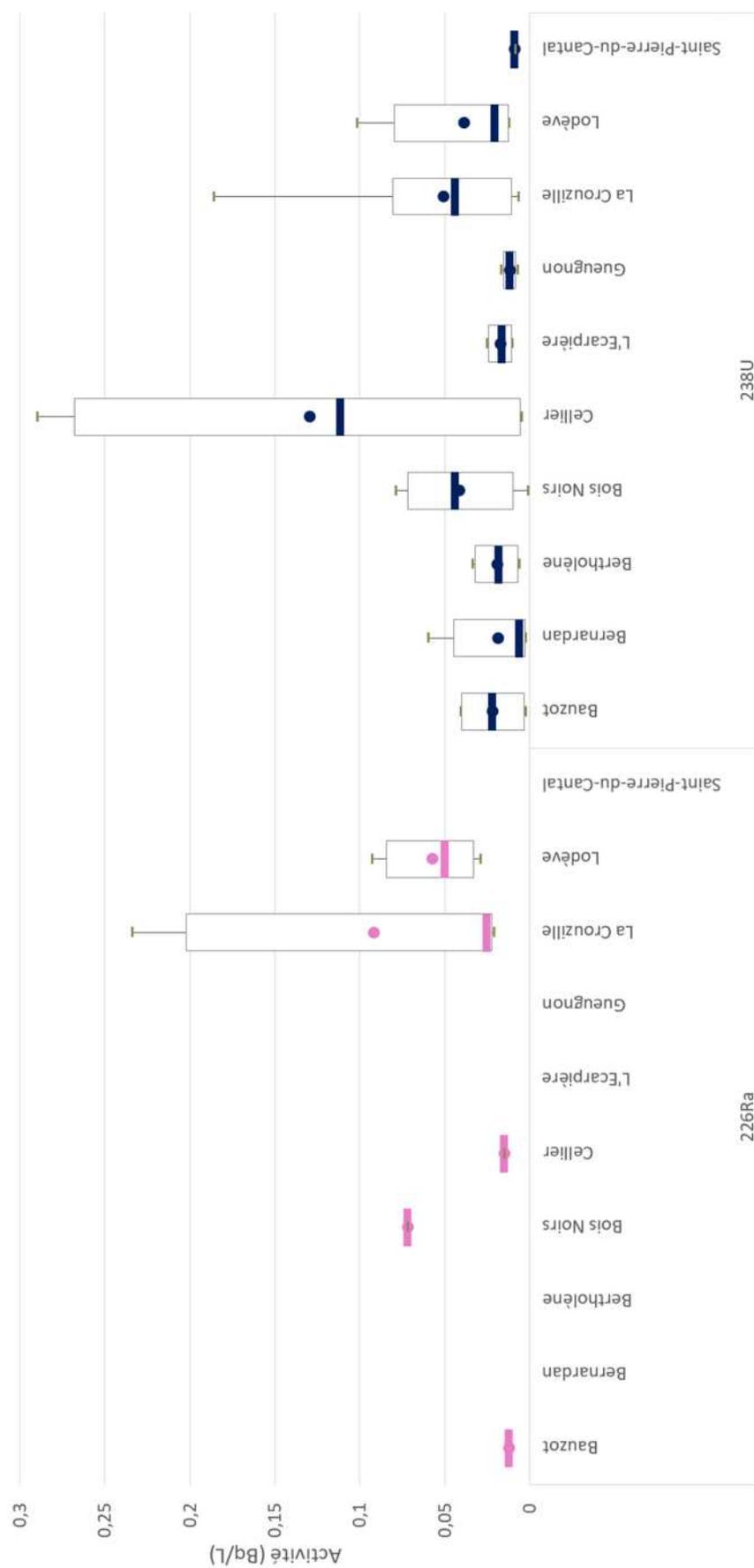


Figure 155. Synthèse des niveaux en ^{226}Ra et en ^{238}U observés dans les prélèvements d'eau douce pour les différents sites miniers prévus au PSR en 2019

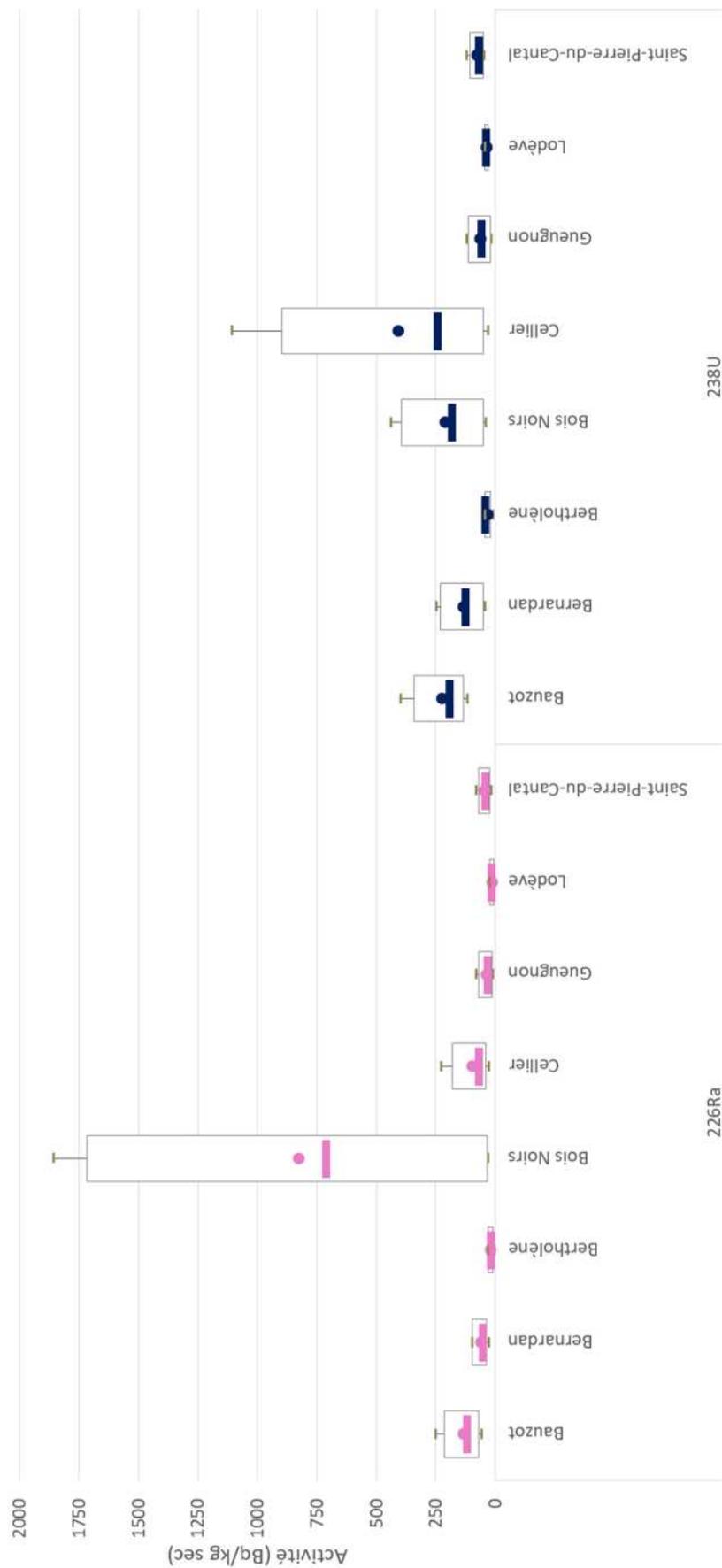


Figure 156. Synthèse des niveaux en ^{226}Ra et en ^{238}U observés dans les prélèvements de sédiments pour les différents sites miniers prévus au PSR en 2019

9.1 SITES DU LIMOUSIN

Les anciennes divisions minières du Limousin sont celles présentant le plus important nombre de prélèvements du fait du grand nombre de sites présents et de leur durée d'exploitation (première et dernière mines d'uranium en France). Cependant, certains prélèvements du second semestre en 2019 n'ont pas été effectués par le Laboratoire Régional de Contrôle des Eaux de la Haute-Vienne. Il manque donc les mesures, pour le second semestre, dans l'eau des étangs de Gouillet et de la Cruzille et dans le Ruisseau des Sagnes.

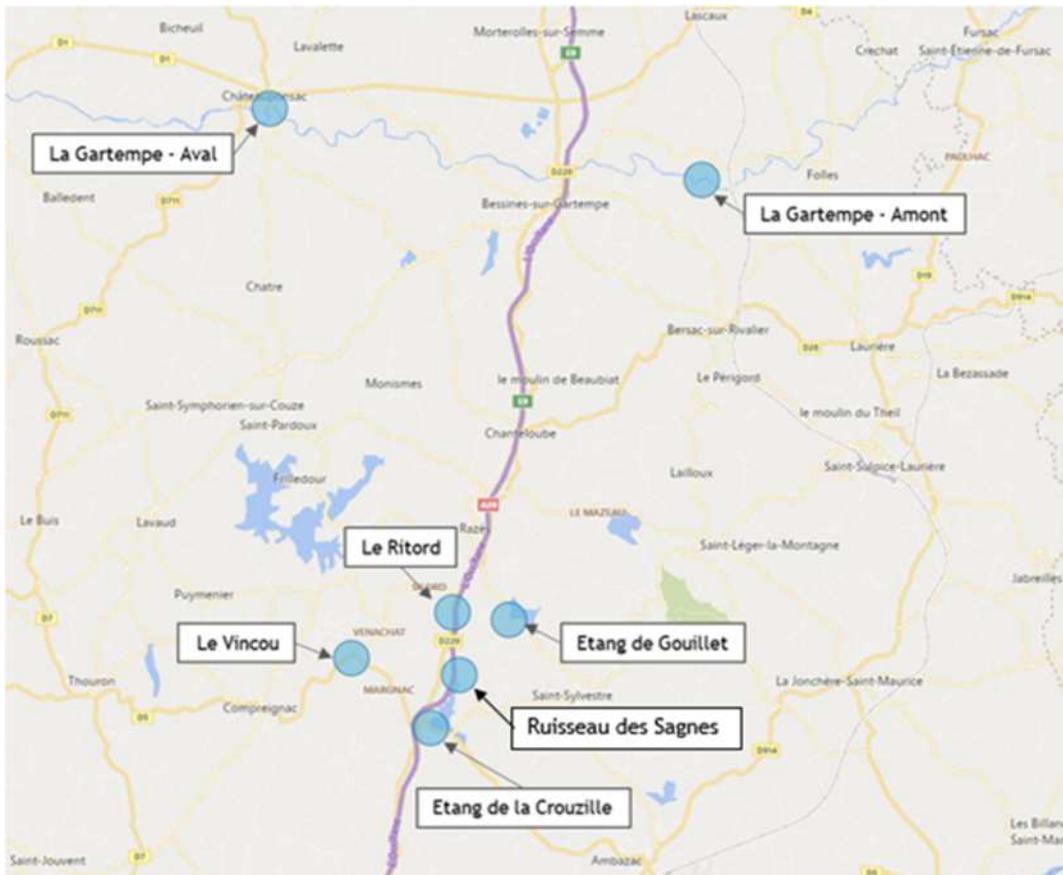


Figure 157. Points de prélèvement au sein de l'ancienne division minière de la Cruzille

Les activités observées en 2019 sont dans la fourchette de celles observées usuellement aux différents points. Les rapports d'activités $^{234}\text{U} / ^{238}\text{U}$ sont cohérents et proches de 1.

Alors qu'en 2018 deux prélèvements avaient présenté des valeurs plus élevées qu'habituellement dans l'étang de Gouillet, sans qu'une explication particulière ne puisse être apportée, les résultats obtenus au premier semestre 2019 sont du même ordre que ceux observés antérieurement.

Pour ce qui concerne l'Etang de la Cruzille, une diminution des activités en uranium est observée depuis 2014. Cette tendance se confirme en 2019.

On retrouve par ailleurs cette année encore le phénomène observé en 2018 sur la Gartempe, à savoir des niveaux en aval complet significativement plus élevés en été.

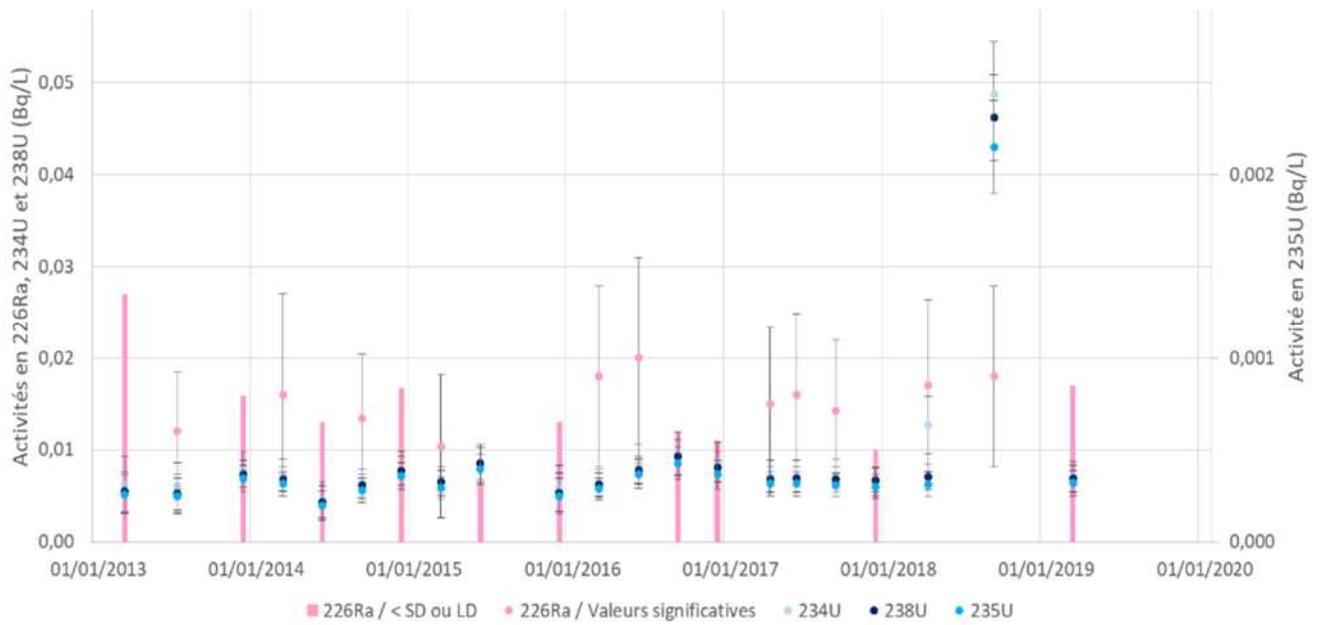


Figure 158. Activités en ^{226}Ra , ^{234}U , ^{235}U et ^{238}U dans les eaux prélevées dans l'Etang de Gouillet

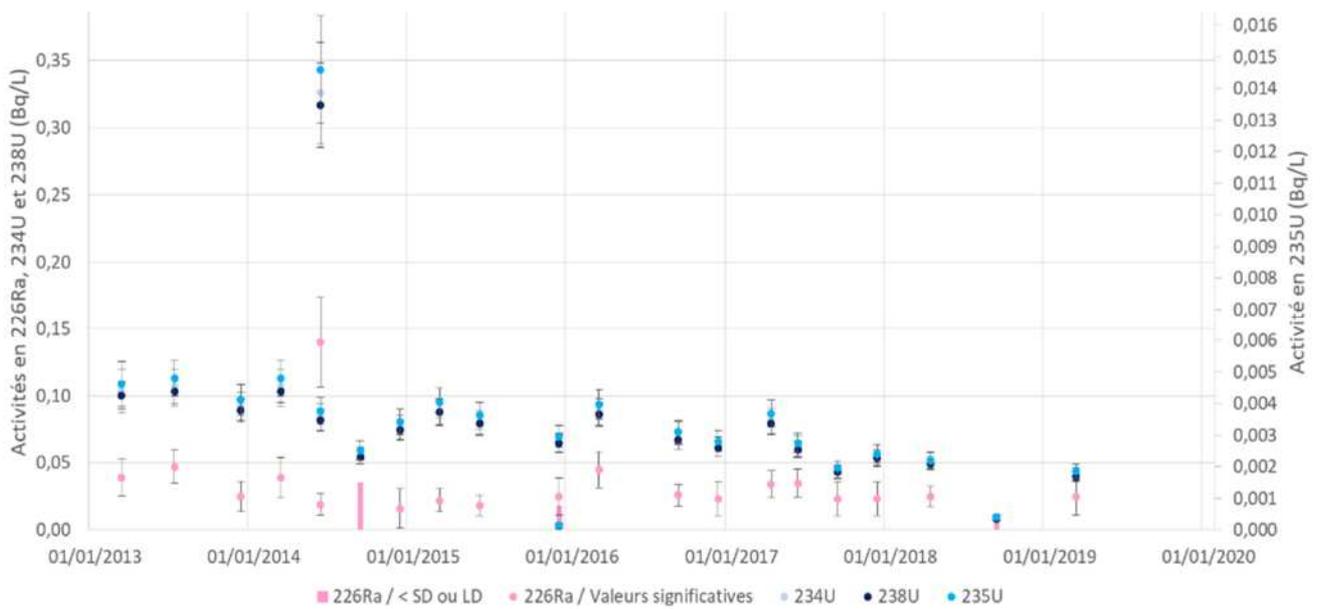


Figure 159. Activités en ^{226}Ra , ^{234}U , ^{235}U et ^{238}U dans les eaux prélevées dans l'Etang de la Cruzille

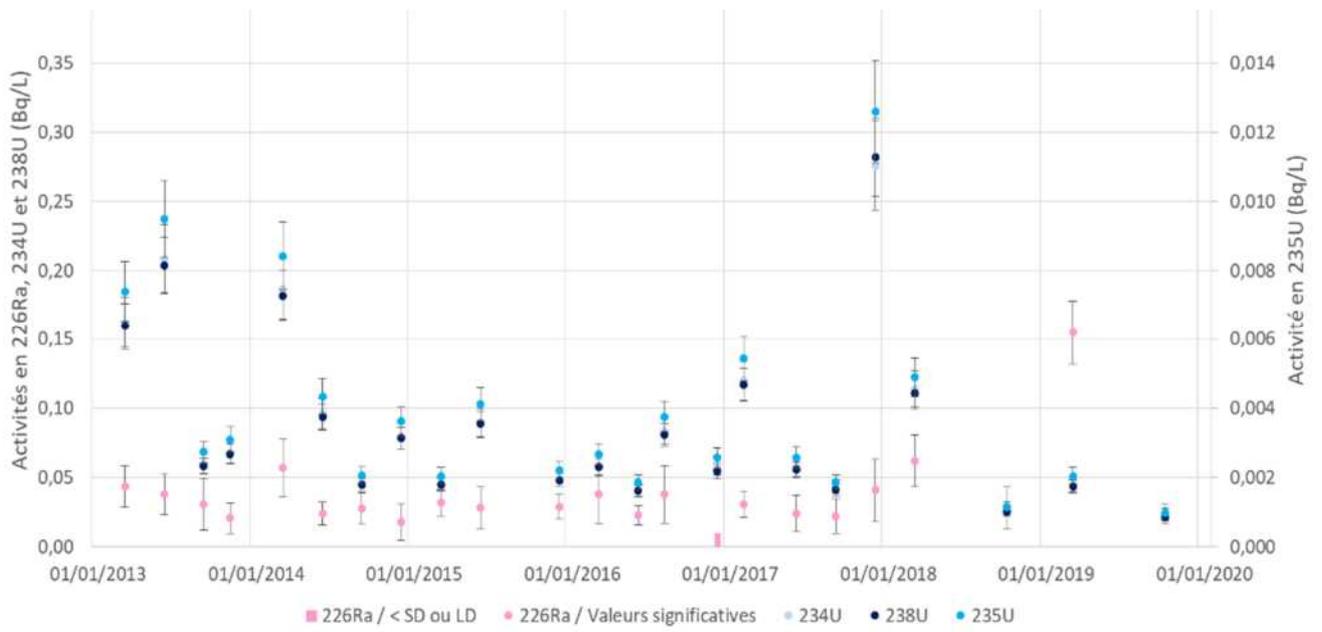


Figure 160. Activités en ^{226}Ra , ^{234}U , ^{235}U et ^{238}U dans les eaux prélevées dans le Ritord

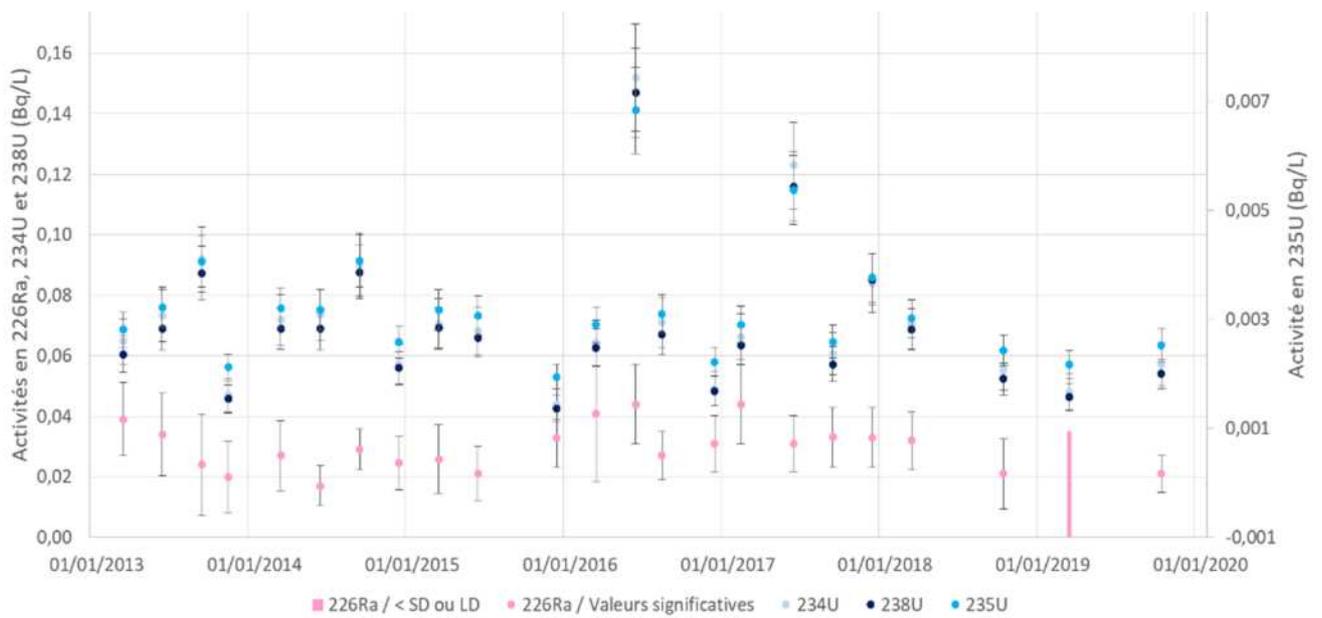


Figure 161. Activités en ^{226}Ra , ^{234}U , ^{235}U et ^{238}U dans les eaux prélevées dans le Vincou

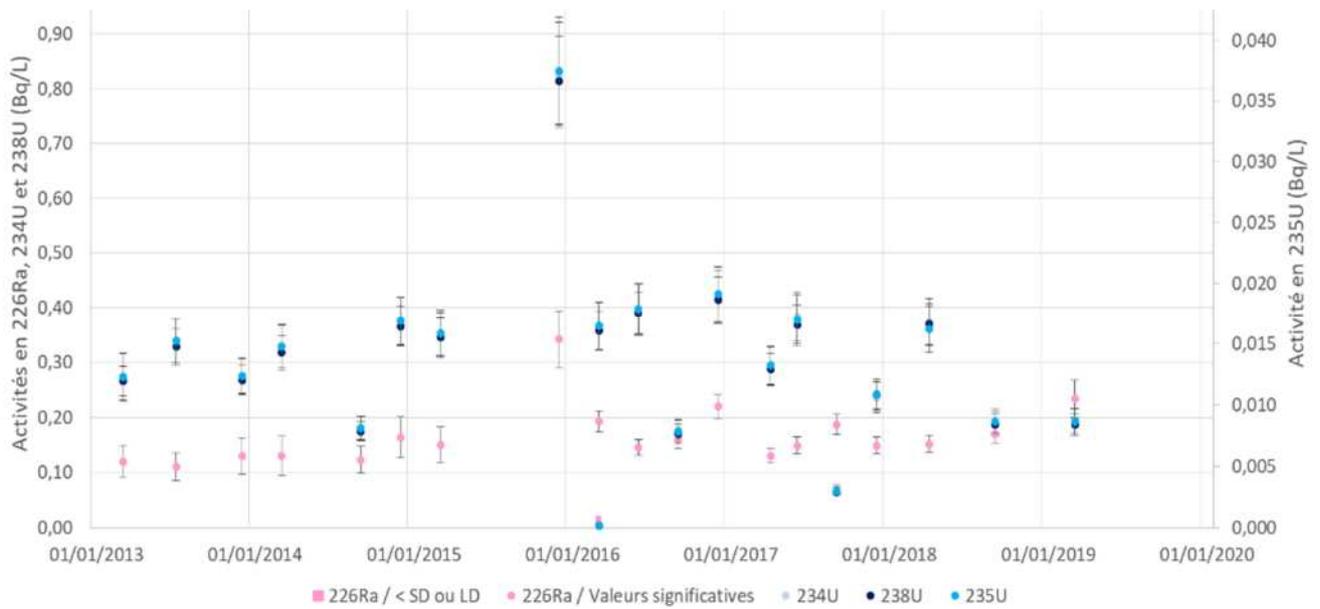


Figure 162. Activités en ^{226}Ra , ^{234}U , ^{235}U et ^{238}U dans les eaux prélevées dans le Ruisseau des Sagnes

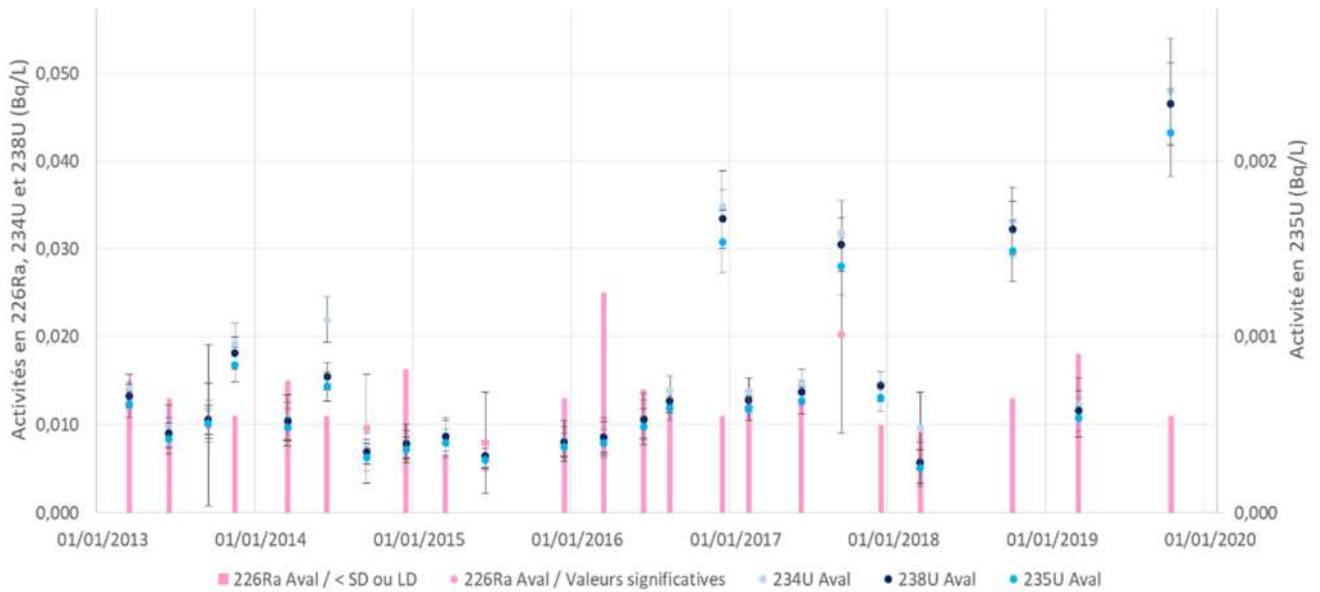


Figure 163. Activités en ^{226}Ra , ^{234}U , ^{235}U et ^{238}U dans les eaux prélevées en aval de la Division dans la Gartempe

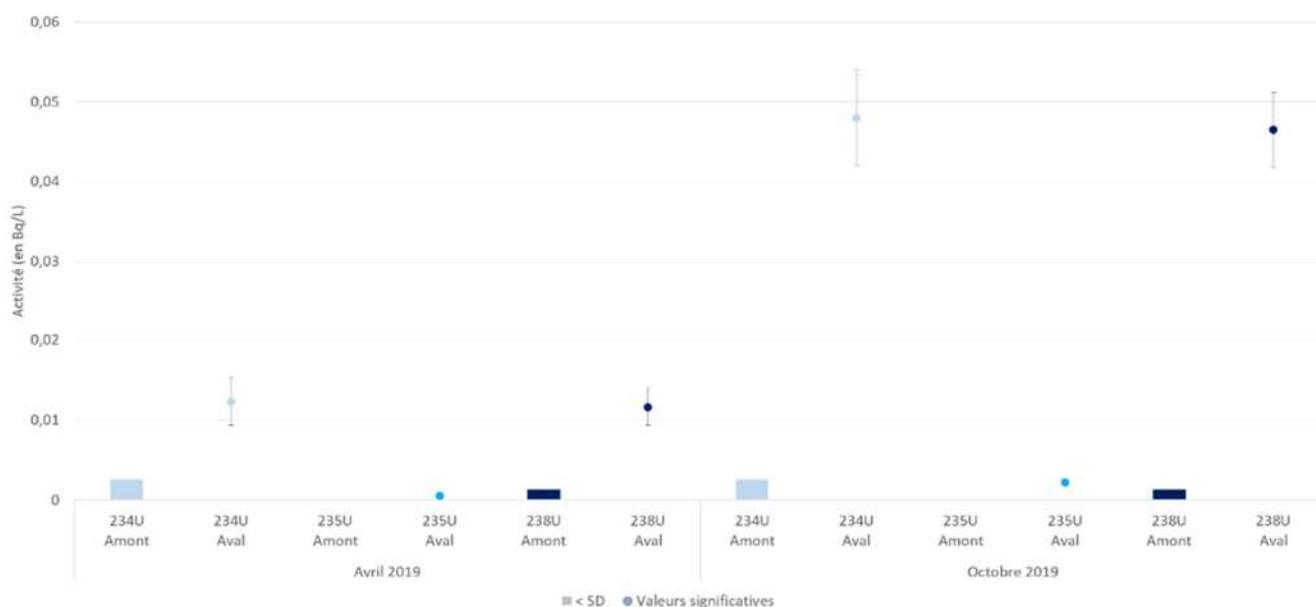


Figure 164. Activités en ^{234}U , ^{235}U et ^{238}U dans les eaux prélevées en 2019 dans la Gartempe en amont et en aval de la Division minière

9.2 L'ECARPIERE

La surveillance de l'ancien site de l'Écarpière repose sur des prélèvements en aval immédiat du site (Gétigné) et en aval lointain, après confluence avec la Sèvre nantaise (Gorges, près du site du Chardon). Comme attendu, les niveaux en uranium en aval lointain sont moins élevés.

Les niveaux observés en 2019 sont du même ordre de grandeur que ceux des années précédentes.

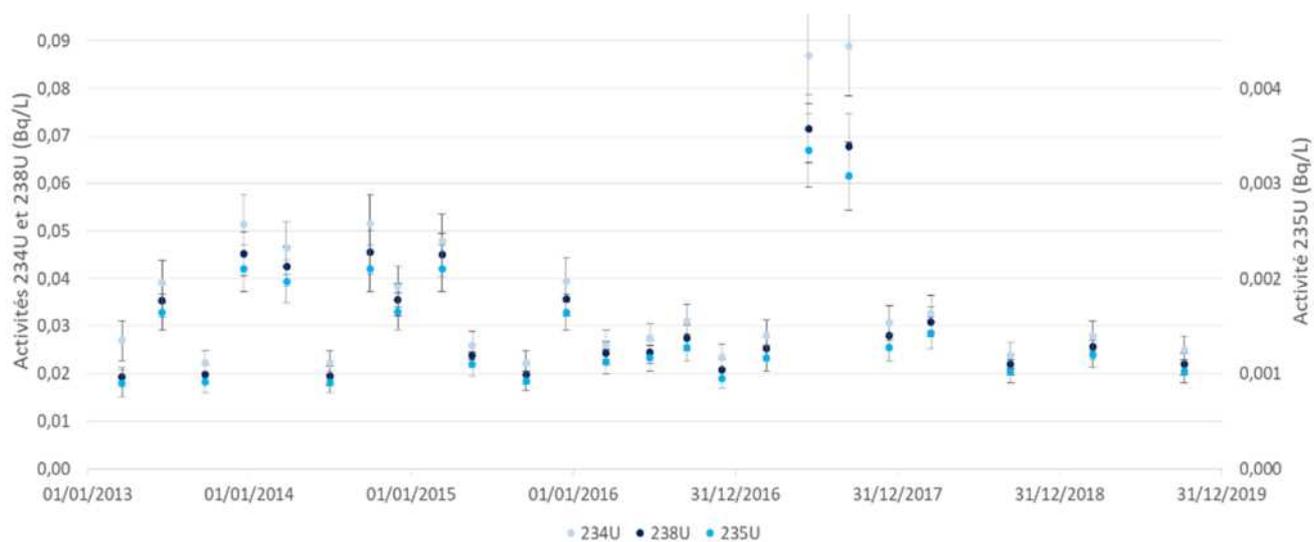


Figure 165. Activités en uranium dans les eaux prélevées à Gétigné en aval immédiat du site de l'Écarpière

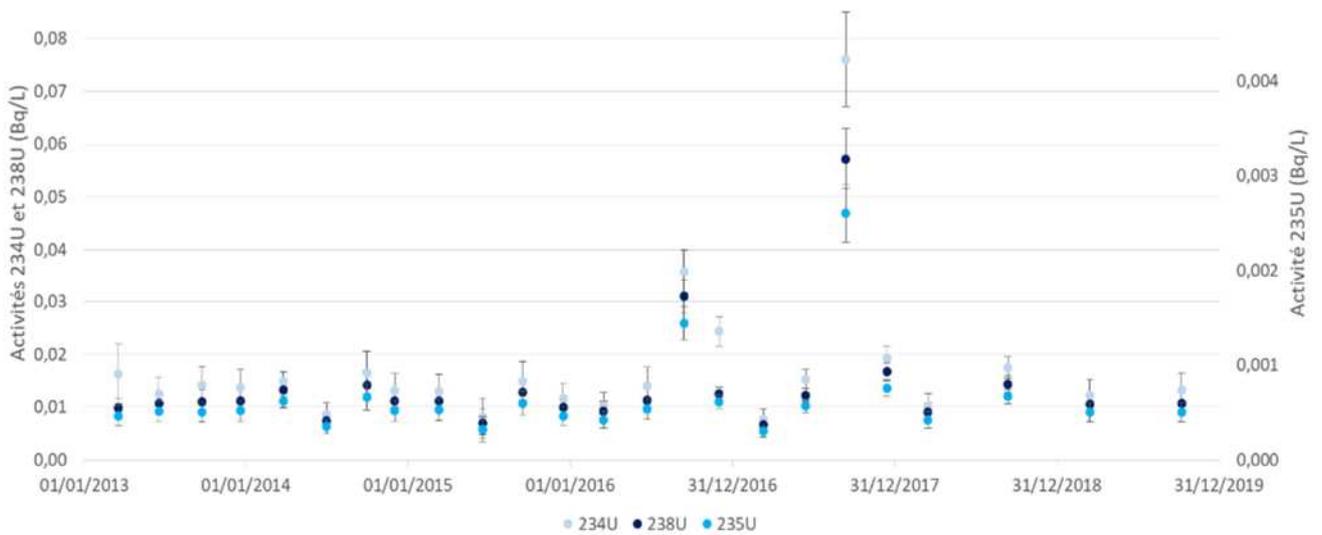


Figure 166. Activités en uranium dans les eaux prélevées à Gorges en aval lointain du site de l'Ecarpière

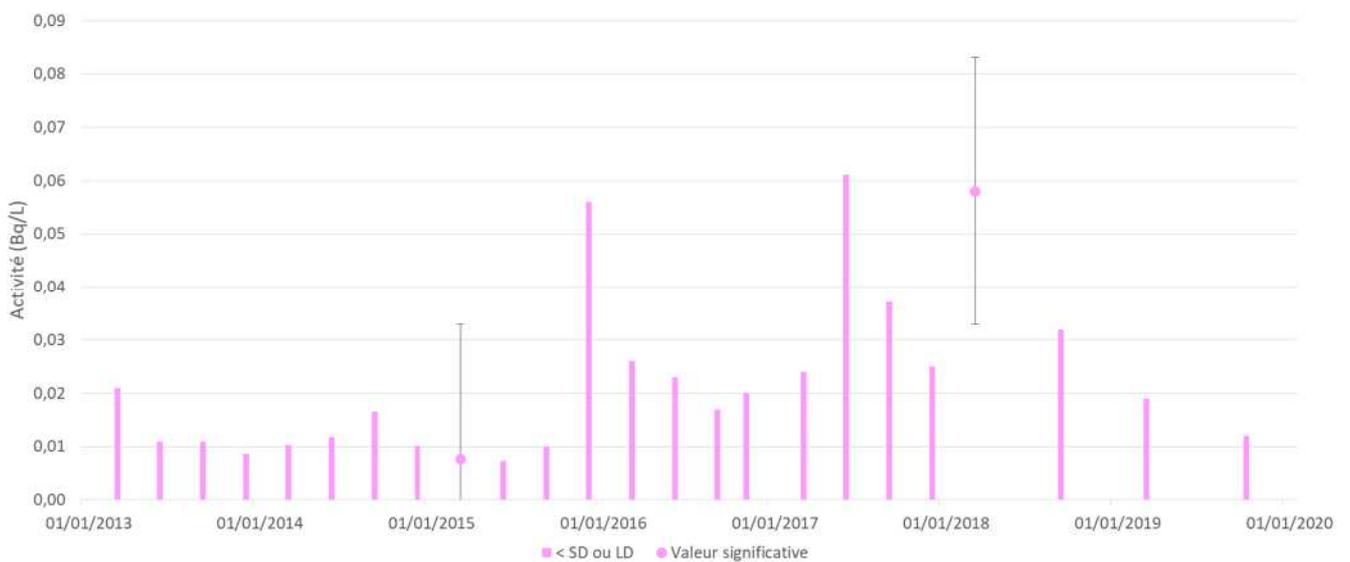


Figure 167. Activités en ²²⁶Ra dans les eaux prélevées à Gétigné en aval immédiat du site de l'Ecarpière

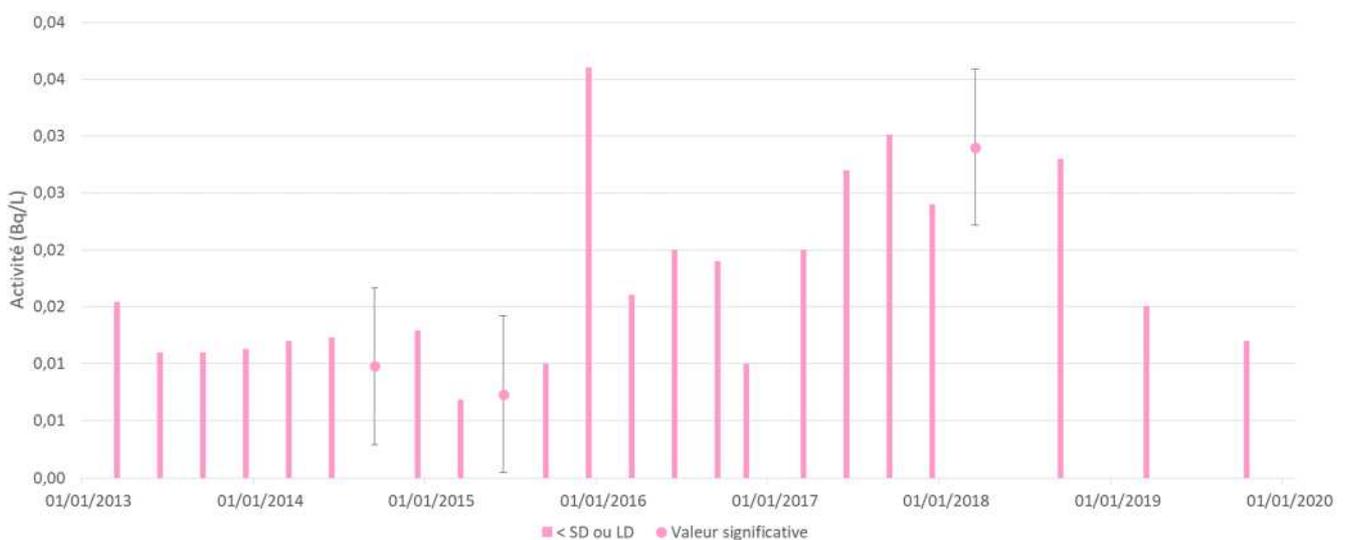


Figure 168. Activités en ²²⁶Ra dans les eaux prélevées à Gorges en aval lointain du site de l'Ecarpière

Etant donné que l'IRSN ne dispose pas jusqu'à présent de mesures en amont du site de l'Ecarpière, il a été proposé d'ajouter au plan de surveillance des points amont à compter de 2021.

9.3 LODEVÉ (LE BOSCO)

La surveillance régulière de Lodève et du site du Bosc a été réintroduite en 2018, avec un point de prélèvement en amont et en aval. Le marquage, par le site, de son aval est visible, tant dans les eaux de surface (en uranium) que dans les sédiments (en uranium et radium). Les niveaux en aval du site sont sensiblement plus élevés en uranium, montrant l'influence de celui-ci sur son environnement aquatique.

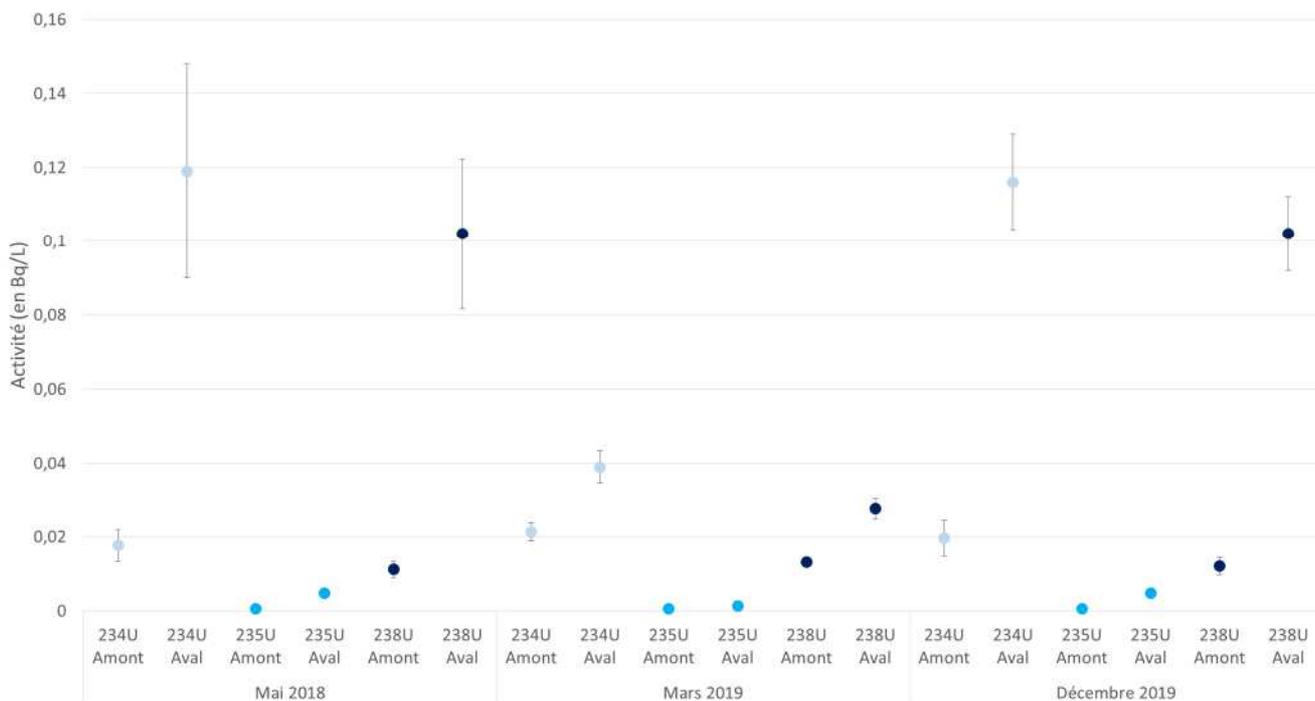


Figure 169. Activités en uranium dans les eaux prélevées en amont et aval du site du Bosc

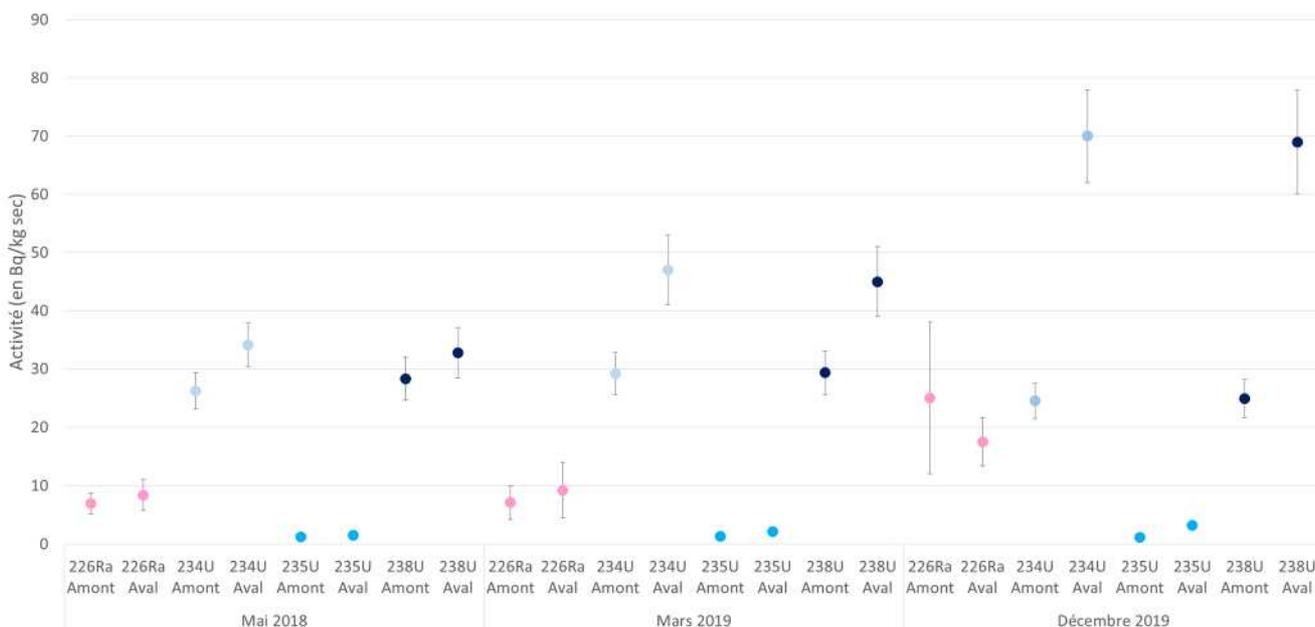


Figure 170. Activités en radium et uranium dans les sédiments prélevés en amont et aval du site du Bosc

9.4 BAUZOT

La surveillance régulière du stockage de Bauzot a été réintroduite en 2019, avec un point de prélèvement en amont et en aval du site. Le marquage, par le site, de son aval est visible, tant dans les eaux de surface (en uranium) que dans les sédiments (en uranium et radium).

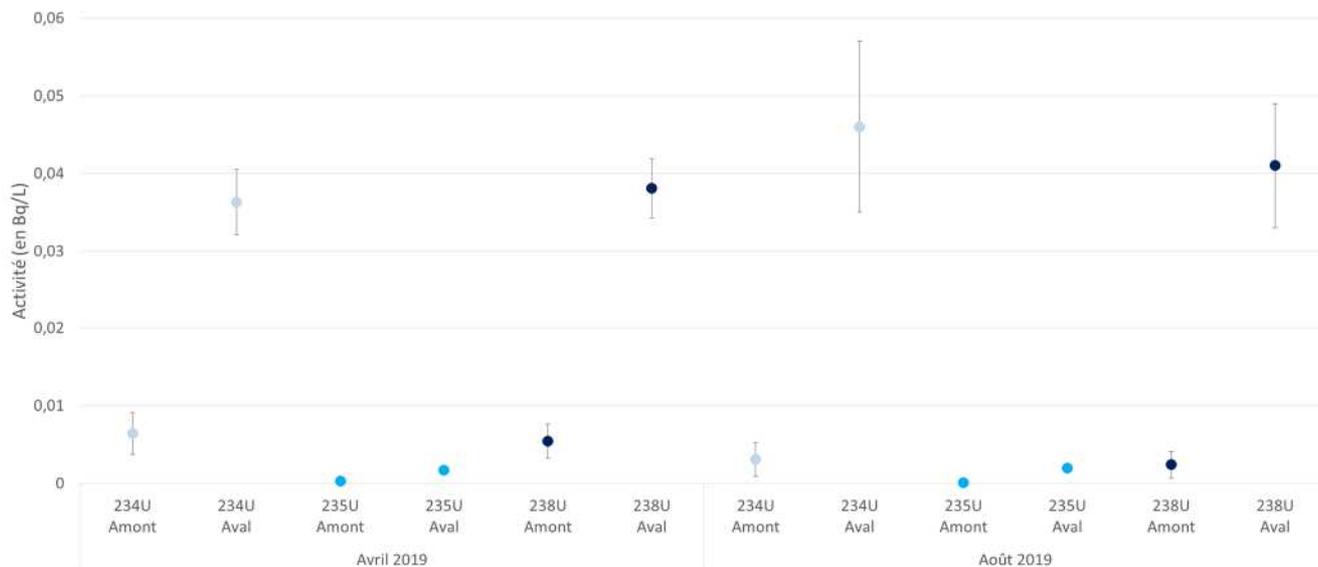


Figure 171. Activités en uranium dans les eaux prélevées en amont et aval du site de stockage du Bauzot

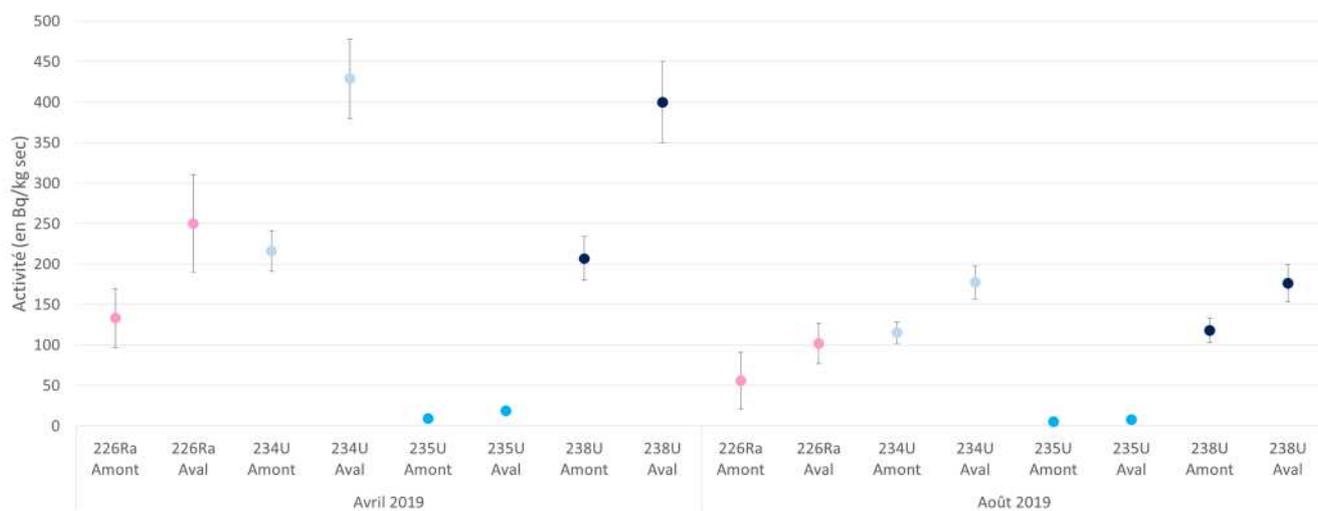


Figure 172. Activités en radium et uranium dans les sédiments prélevés en amont et aval du site de stockage du Bauzot

9.5 LE BERNARDAN

La surveillance régulière du site du Bernardan a été réintroduite en 2019, avec un point de prélèvement en amont et en aval du site. Le marquage, par le site, de son aval est visible, tant dans les eaux de surface (en uranium) que dans les sédiments (en uranium et radium).

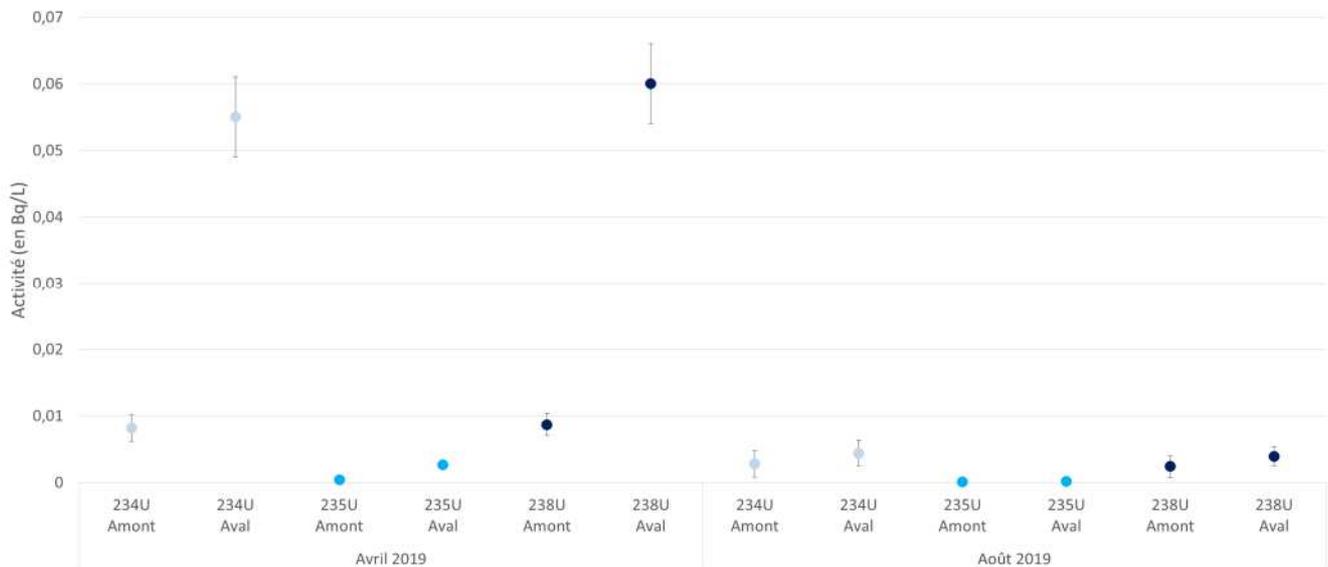


Figure 173. Activités en uranium dans les eaux prélevées en amont et aval du site du Bernardan

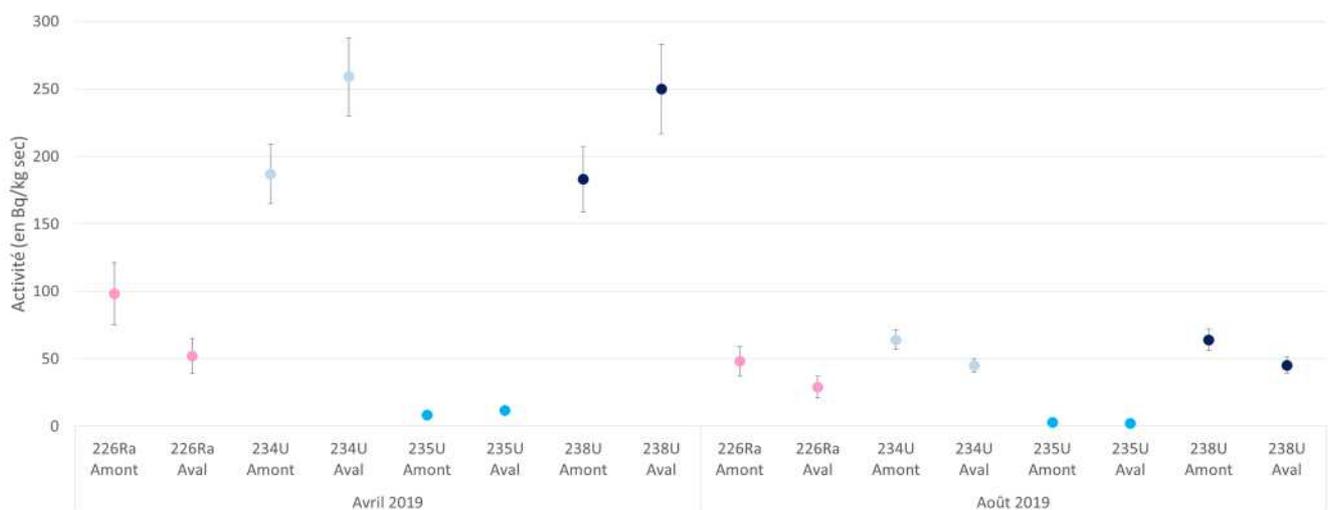


Figure 174. Activités en radium et uranium dans les sédiments prélevés en amont et aval du site du Bernardan

Lors de la campagne de prélèvement du mois d'août 2019, deux espèces de végétaux aquatiques (le potamot pectiné et le myriophylle) ont pu être prélevés en aval du site du Bernardan. Les activités relevées sont importantes et très supérieures aux activités usuellement observées dans les végétaux aquatiques en France, en ^{226}Ra comme en uranium, en particulier dans le myriophylle.

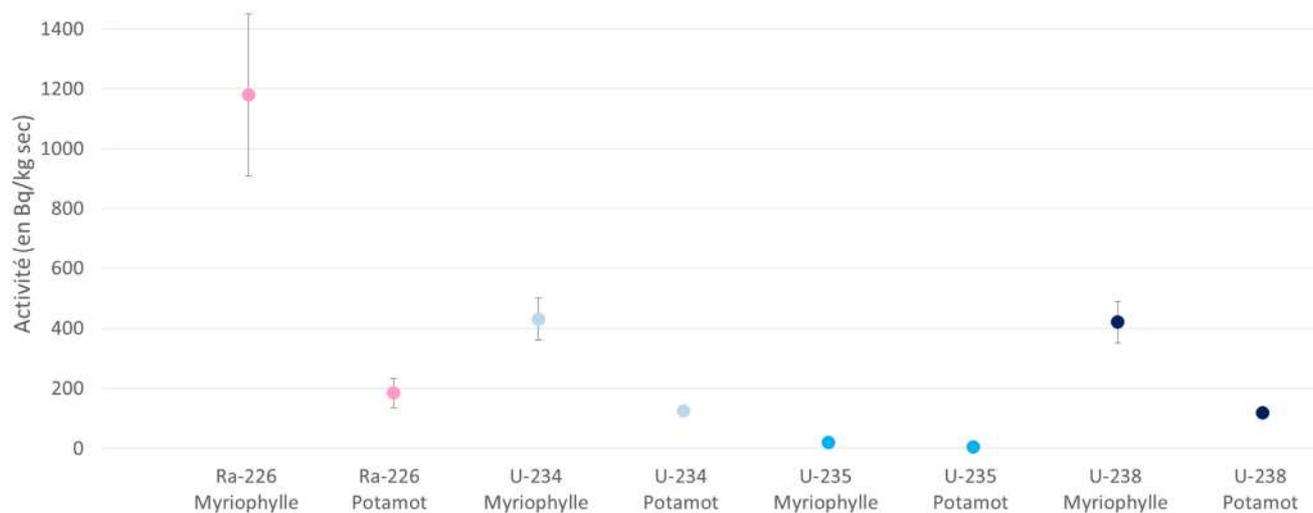


Figure 175. Activités en radium et uranium dans les végétaux aquatiques prélevés en aval du site du Bernardan au mois d'août 2019

9.6 BERTHOLENE

La surveillance régulière du site de Bertholène a été réintroduite en 2019, avec un point de prélèvement en amont et en aval du site. Le marquage, par le site, de son aval est visible, tant dans les eaux de surface (en uranium) que dans les sédiments (en uranium et radium).

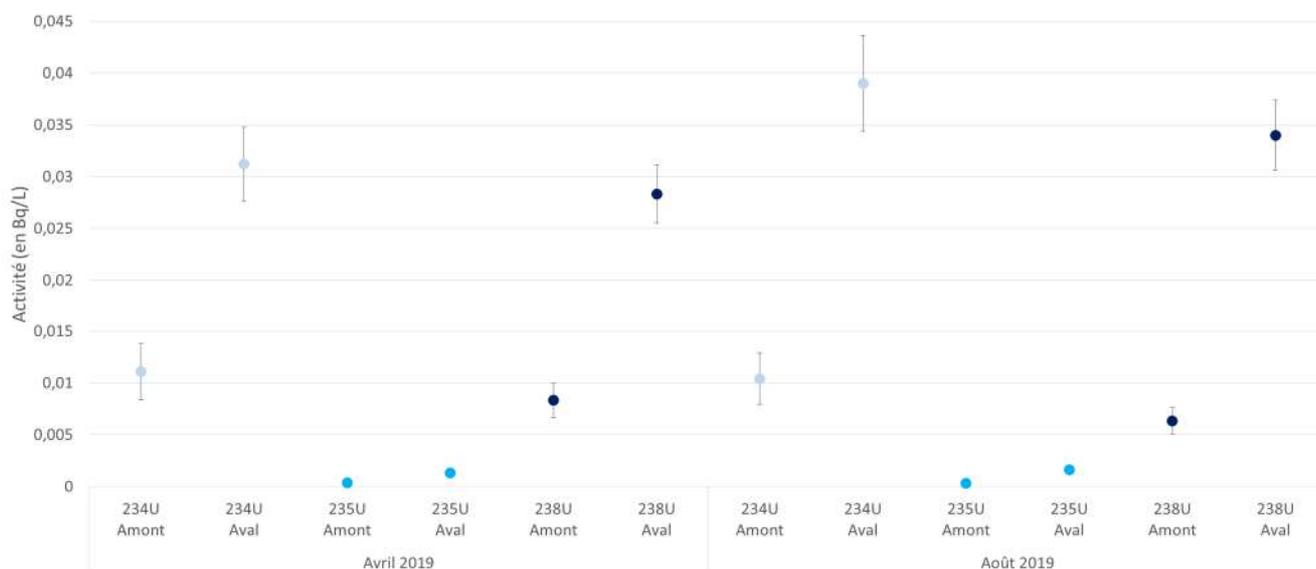


Figure 176. Activités en uranium dans les eaux prélevées en amont et aval du site de Bertholène

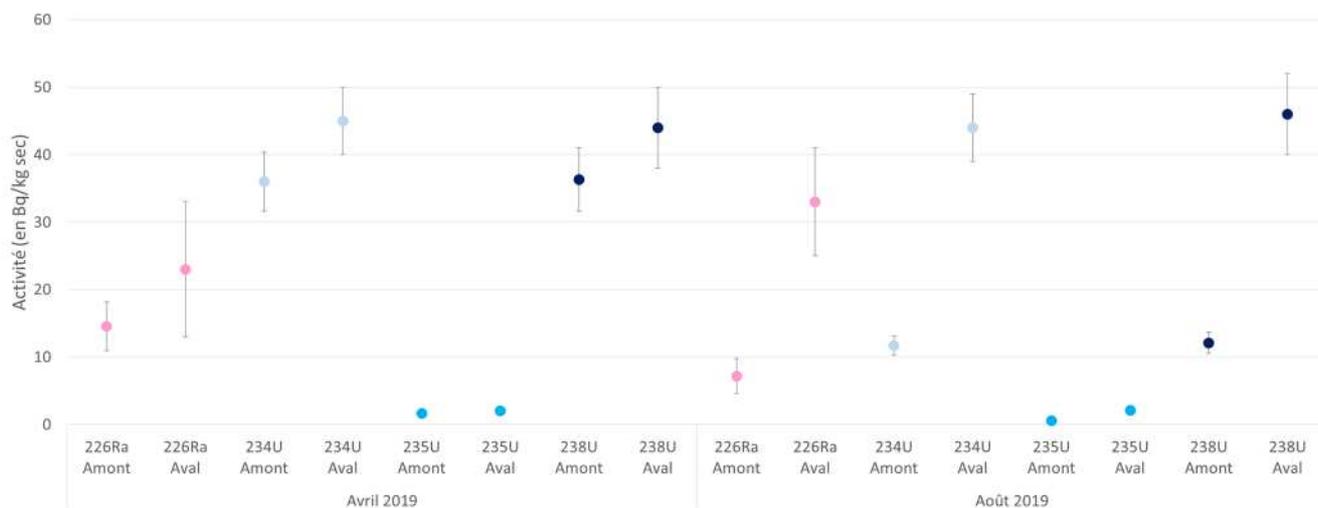


Figure 177. Activités en radium et uranium dans les sédiments prélevés en amont et aval du site de Bertholène

Lors de la campagne de prélèvement du mois d'août 2019, des végétaux aquatiques (le myriophylle) ont pu être prélevés en aval du site de Bertholène. Les activités relevées sont supérieures aux activités moyennes usuellement observées dans les végétaux aquatiques en France hors influence des anciens sites miniers et usines de l'amont du cycle, en ^{226}Ra (quelques Bq / kg sec) comme en uranium (de quelques dixièmes à quelques Bq/kg sec).

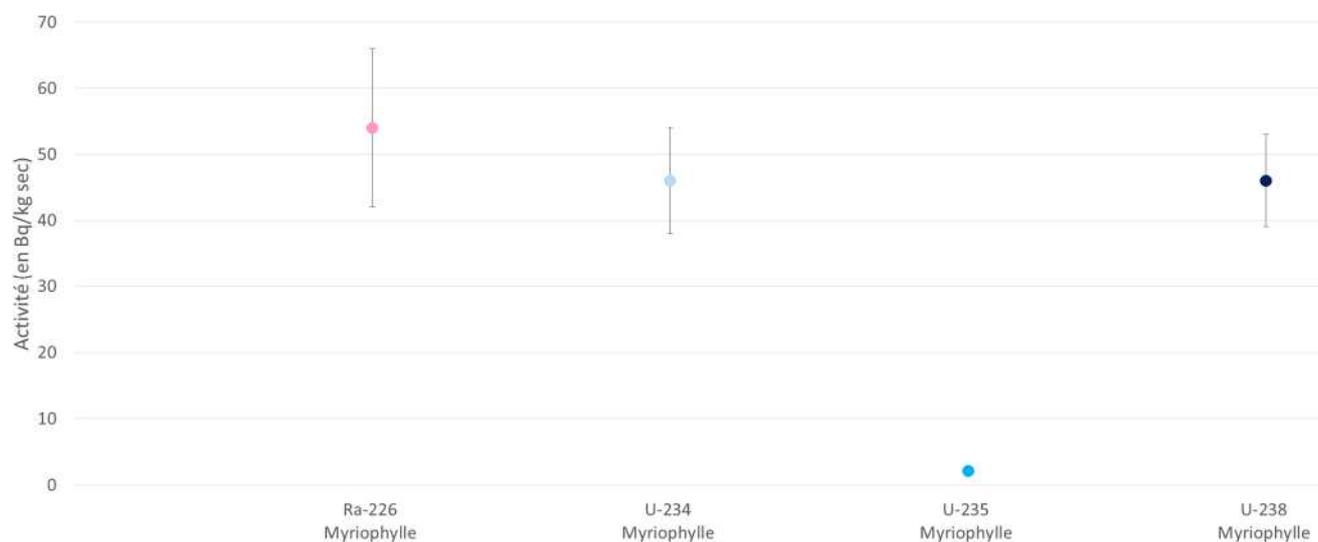


Figure 178. Activités en radium et uranium dans les végétaux aquatiques prélevés en aval du site de Bertholène au mois d'août 2019

9.7 LES BOIS NOIRS

La surveillance régulière du site des Bois Noirs a été réintroduite en 2019, avec un point de prélèvement en amont et en aval du site. Le marquage, par le site, de son aval est visible, tant dans les eaux de surface (en uranium) que dans les sédiments (en uranium et radium).

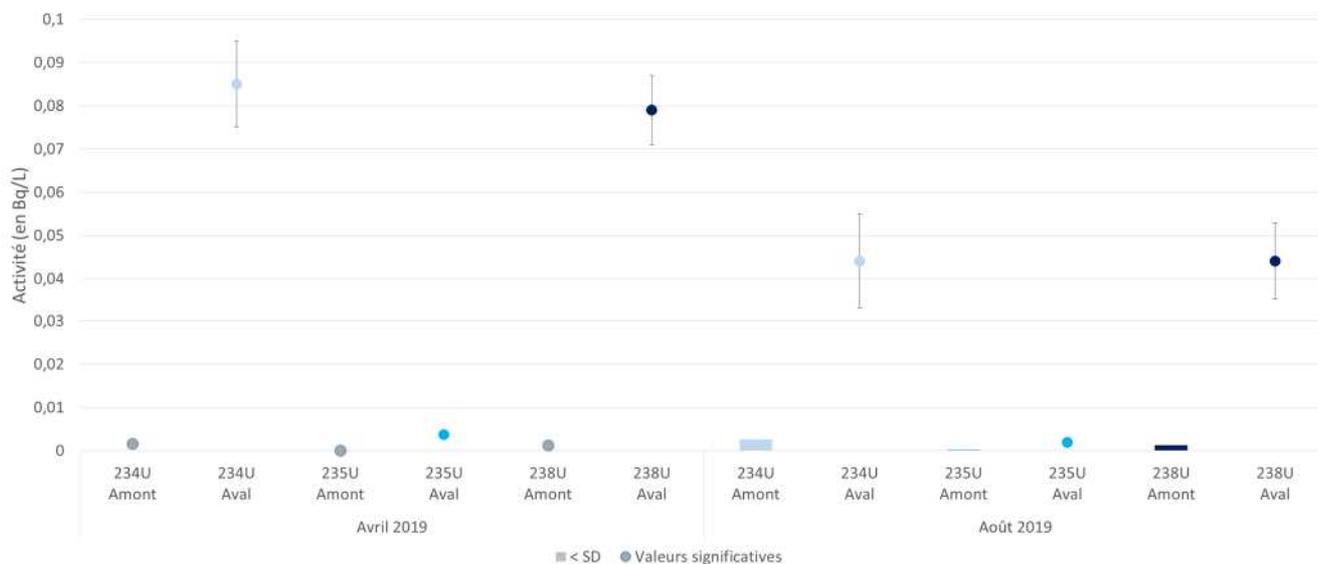


Figure 179. Activités en uranium dans les eaux prélevées en amont et aval du site des Bois Noirs

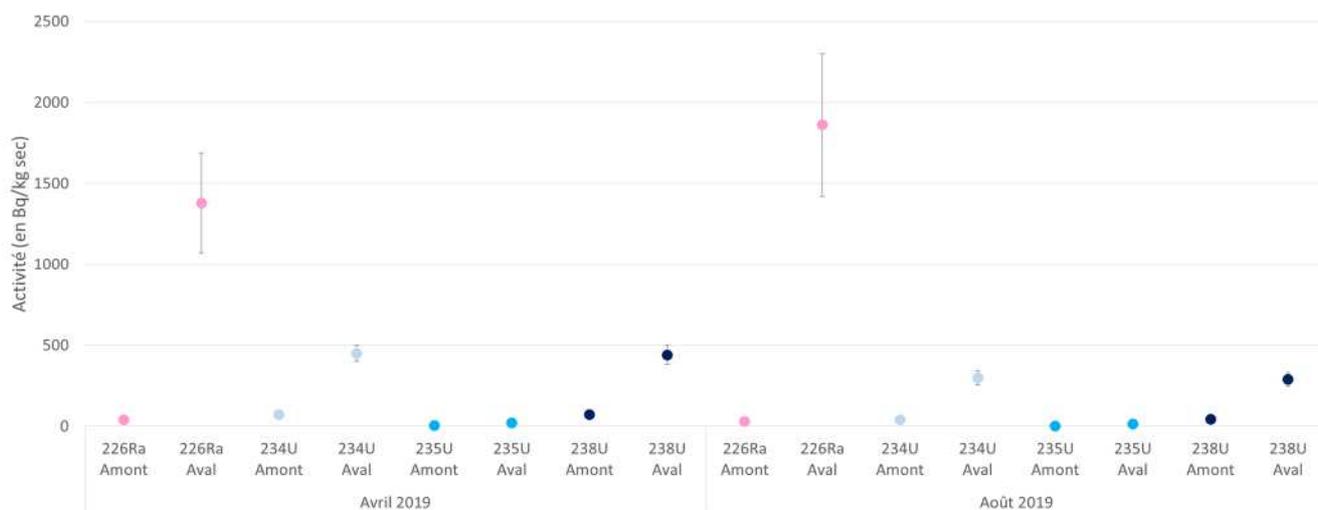


Figure 180. Activités en radium et uranium dans les sédiments prélevés en amont et aval du site des Bois Noirs

9.8 LE CELLIER

La surveillance régulière du site du Cellier a été réintroduite en 2019, avec un point de prélèvement en amont et en aval du site. Le marquage, par le site, de son aval est visible, tant dans les eaux de surface (en uranium) que dans les sédiments (en uranium et radium).

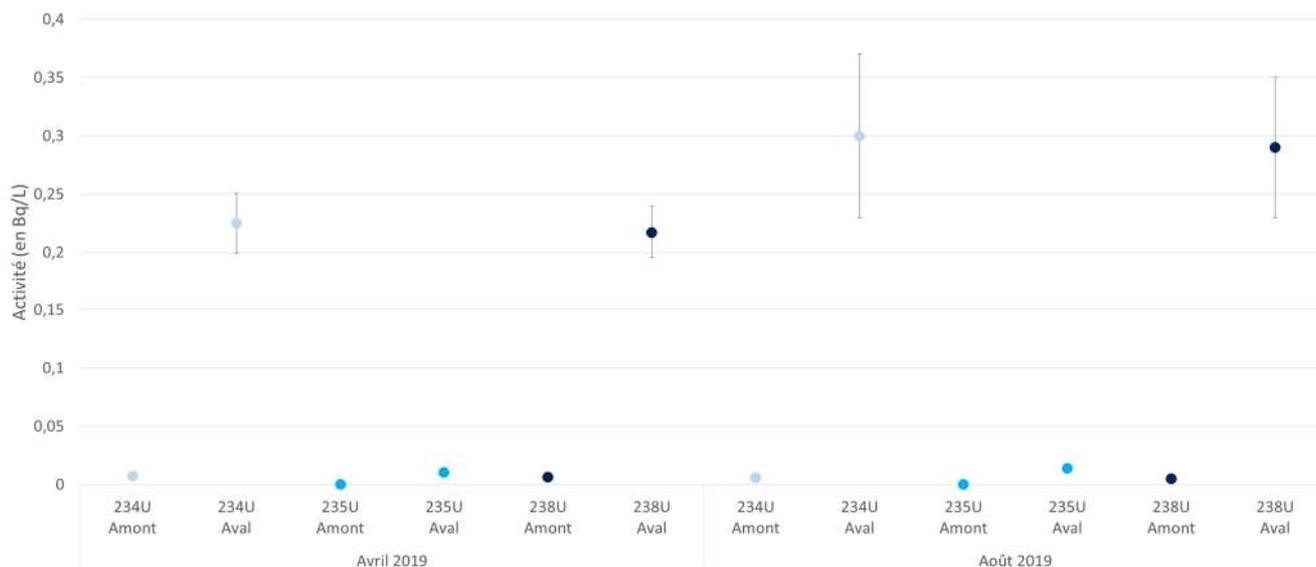


Figure 181. Activités en uranium dans les eaux prélevées en amont et aval du site du Cellier

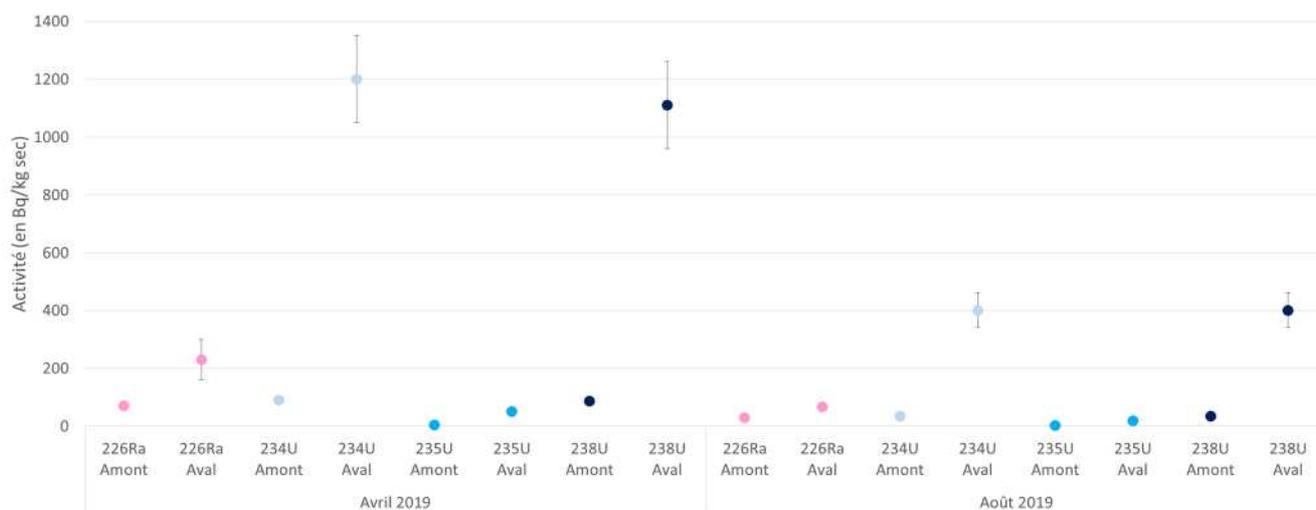


Figure 182. Activités en radium et uranium dans les sédiments prélevés en amont et aval du site du Cellier

Lors de la campagne de prélèvement du mois d'août 2019, deux espèces de végétaux aquatiques (la petite lentille d'eau et la mousse aquatique) ont pu être prélevés en amont et en aval du site du Cellier. Les activités relevées sont supérieures aux activités usuellement observées dans les végétaux aquatiques, en ^{226}Ra comme en uranium, et notamment pour la mousse aquatique qui présente des niveaux importants en uranium (à noter que les mousses ont une grande tendance à la bioaccumulation des radionucléides).

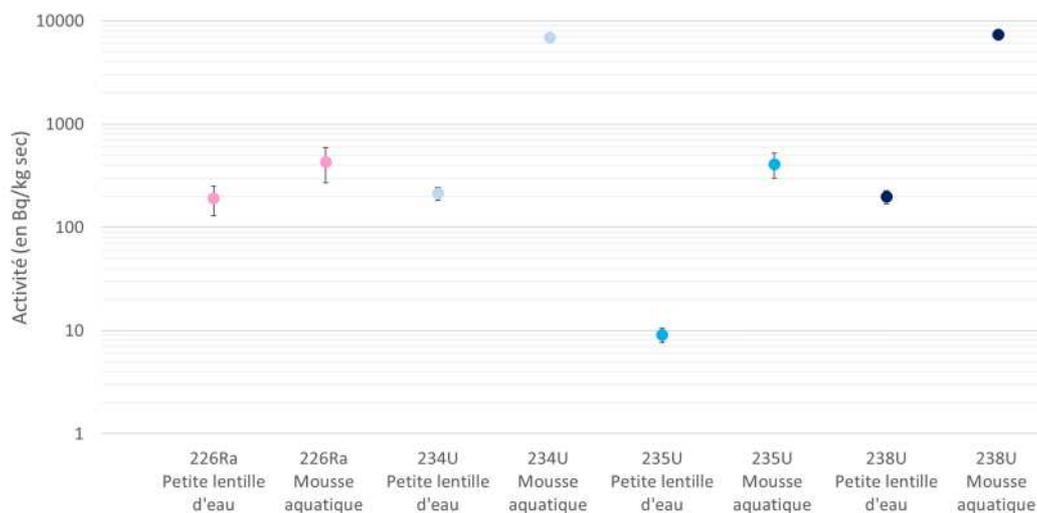


Figure 183. Activités en radium et uranium dans les sédiments prélevés en amont (lentille d'eau) et aval (mousse aquatique) du site du Cellier

9.9 GUEUGNON

La surveillance régulière du site de Gueugnon a été réintroduite en 2019, avec un point de prélèvement en amont et en aval du site. Le marquage, par le site, de son aval est relativement visible même s'il est faible dans les eaux de surface. Les valeurs relevées dans les sédiments sont plus difficilement interprétables, avec une dissymétrie importante entre les deux campagnes, qui présentent des résultats opposés.

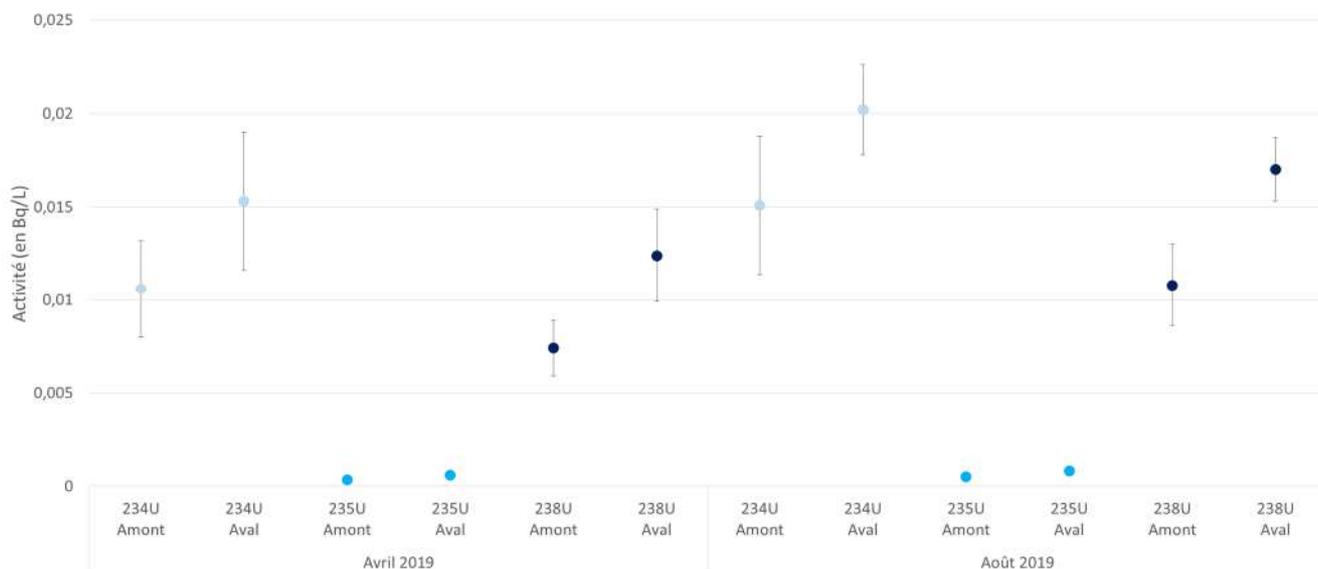


Figure 184. Activités en uranium dans les eaux prélevées en amont et aval du site de Gueugnon

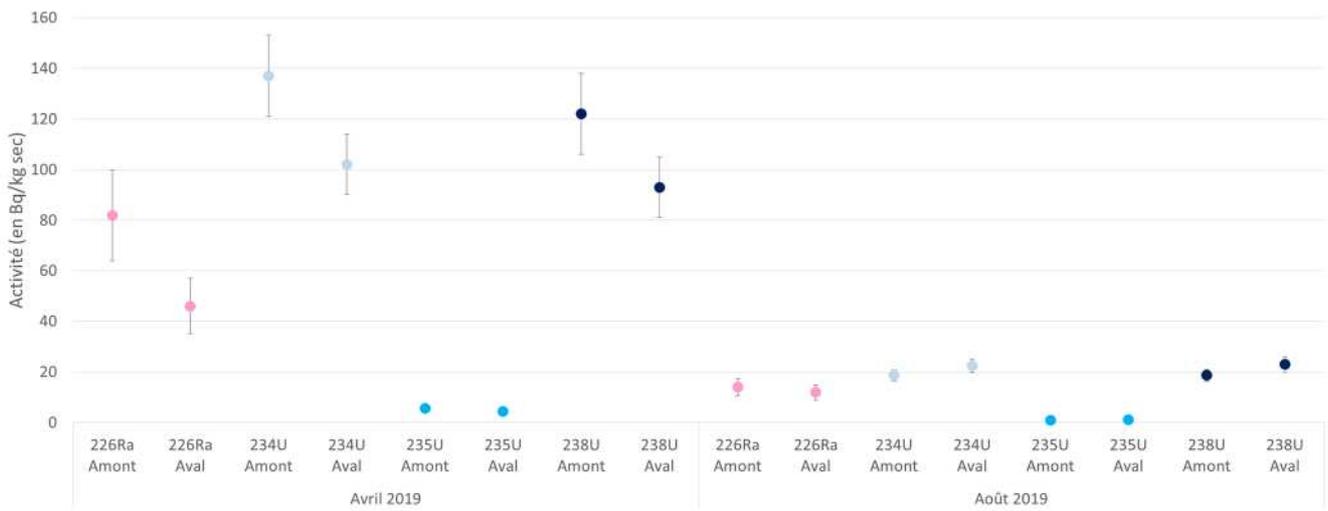


Figure 185. Activités en radium et uranium dans les sédiments prélevés en amont et aval du site de Gueugnon

9.10 SAINT-PIERRE

La surveillance régulière du site de Saint-Pierre (Cantal) a été réintroduite en 2019, avec un point de prélèvement en amont et en aval du site. Pour ce qui concerne le point en amont du site, les prélèvements de sédiments n'ont pas pu être réalisés du fait de l'absence de sédiments à cette localisation. Le marquage, par le site, de son aval est peu visible, même si les valeurs relevées en aval dans les sédiments sont plus élevées que les activités habituellement observées dans les sédiments de rivières.

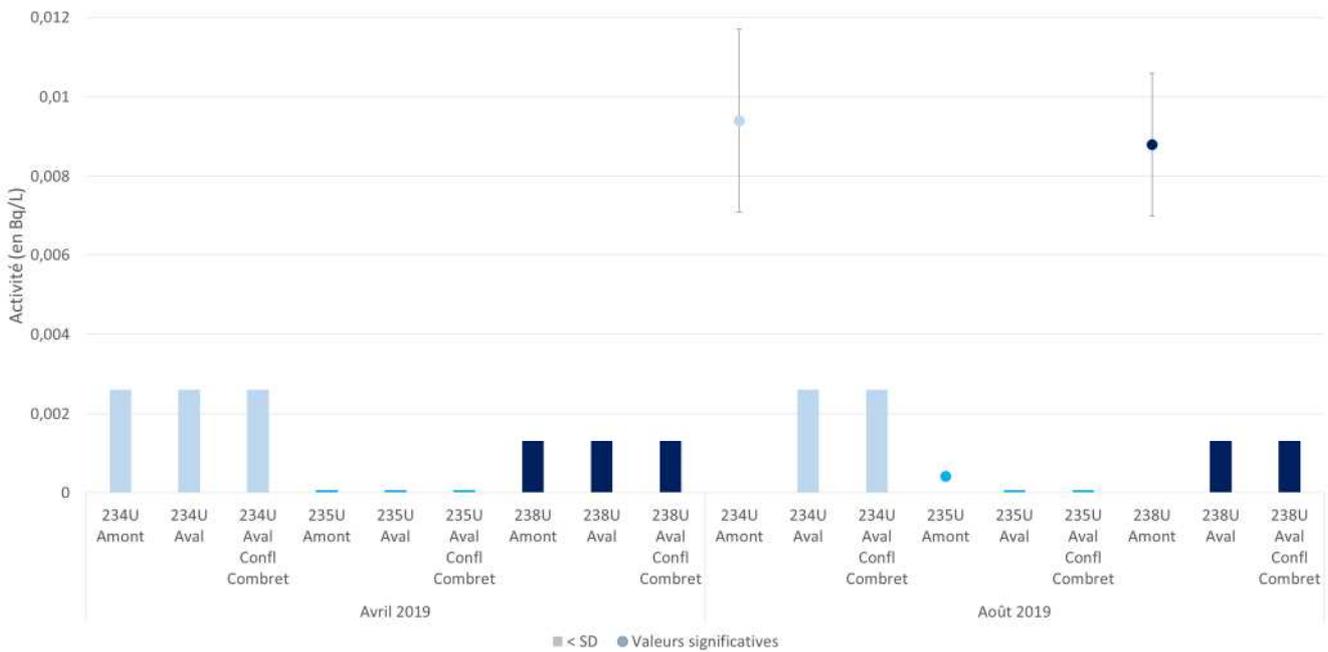


Figure 186. Activités en uranium dans les eaux prélevées en amont et en aval du site de Saint-Pierre et en aval de la confluence avec le Ruisseau du Combret

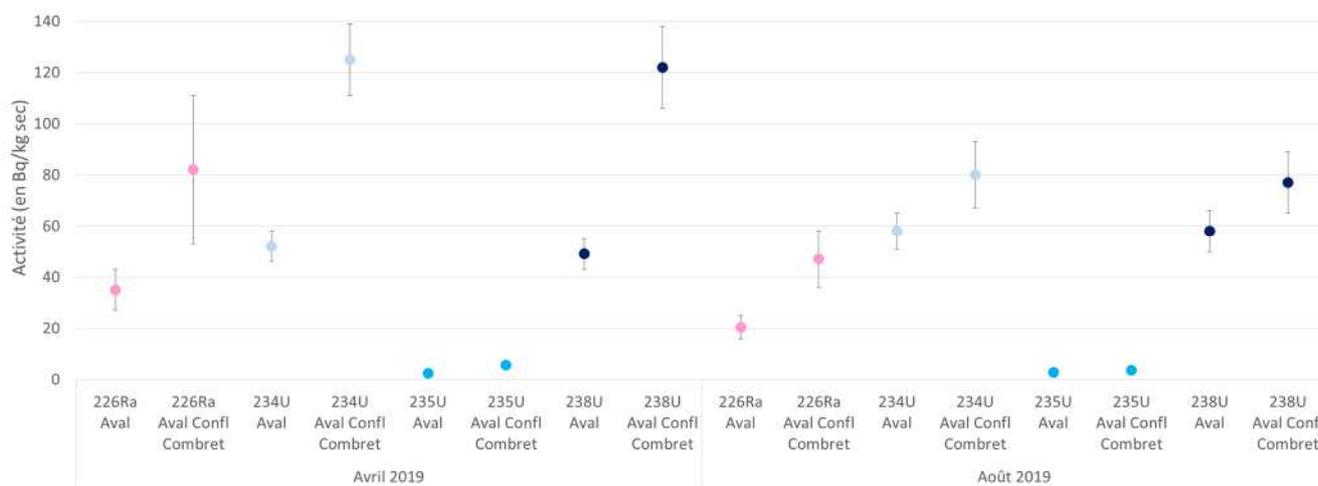


Figure 187. Activités en radium et uranium dans les sédiments prélevés en aval du site de Saint-Pierre-du-Cantal et en aval de la confluence avec le Ruisseau du Combret

SURVEILLANCE GENERALE DU TERRITOIRE

10.1 SURVEILLANCE ATMOSPHERIQUE

Prélèvements et analyses

La surveillance atmosphérique du territoire français est assurée par des prélèvements d'aérosols réalisés avec une fréquence hebdomadaire via des préleveurs automatisés répartis sur l'ensemble du territoire, auxquels sont associés des prélèvements d'eau de pluie réalisés principalement à proximité des installations nucléaires.

Le taux de réalisation des prélèvements de ces réseaux sont de 90 % pour les aérosols et de 97,5 % pour les eaux de pluie sur l'année 2019. Ce taux est impacté d'une part par la disponibilité du matériel en ce qui concerne le prélèvement des aérosols, et d'autre part par les conditions de pluviométrie qui peuvent ne pas permettre de collecter une quantité suffisante pour analyse.

Sur les aérosols, une mesure par spectrométrie gamma est systématiquement réalisée après l'opération de compactage du filtre permettant d'améliorer les performances métrologiques. Les analyses complémentaires réalisées sur certains prélèvements dépendent des radionucléides susceptibles d'être rejetés par l'installation.

Sur l'eau de pluie, une recherche de tritium est effectuée sur un aliquote ou un prélèvement mensuel de la majorité des sites, associée dans certains cas à une mesure par spectrométrie gamma. Le tritium est également analysé sur des prélèvements d'air réalisés soit par barboteur soit par piègeurs passifs.

Tableau 21. Analyses réalisées sur les prélèvements atmosphériques

	U	Pu / Am	³ H	Emetteurs gamma
Aérosols	Amont du cycle (Malvési, Tricastin, Romans)	Aval du cycle (la Hague, Marcoule)		Tous sites
Eau de pluie			Tous sites sauf SOMANU	SOMANU
Tritium dans l'air			Cadarache, CERN, GANIL, ILL, La Hague, Saclay, Valduc	

Exploitation des résultats

Aérosols

En 2019 deux valeurs significatives ont été détectées à Cruas en ^{110m}Ag et en ⁵⁸Co. Comme en témoignent les valeurs des années antérieures, ces produits d'activation font l'objet de quelques détections chaque année, à des niveaux relativement faibles. Les détections fréquentes de ¹³⁷Cs à Marcoule sont liées au changement de temps de mesure et de détecteur sur ce site en 2019. En effet, le passage à 24 heures de comptage sur un détecteur anti cosmique permet d'abaisser notablement le seuil de décision.

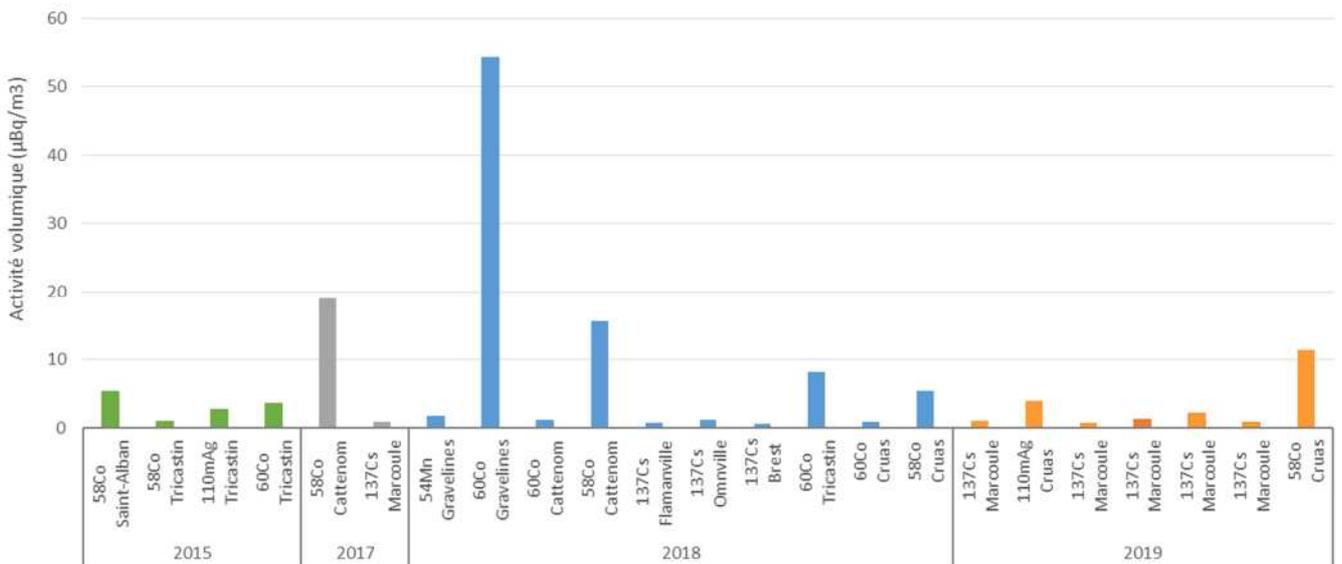


Figure 188. Radionucléides artificiels détectés localement par le réseau OPERA-Air 80 (hors évènements radiologiques détectés à l'échelle du territoire)

Eau de pluie

Les niveaux observés en HTO dans les eaux pluies depuis 2010 confirment une tendance à la baisse jusqu'en 2016. Depuis 3 ans, cette tendance s'est inversée, avec une moyenne légèrement en hausse en 2019.

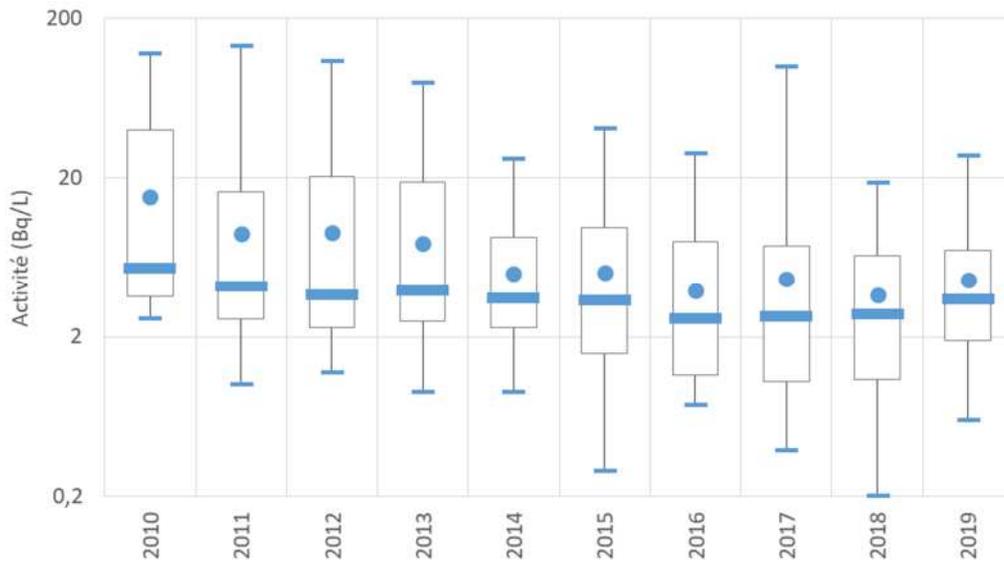


Figure 189. Niveaux d'activité en tritium total dans les eaux pluies tous sites confondus depuis 2010

L'analyse des résultats de tritium dans l'air et les eaux de pluie par type de site montre une hétérogénéité des résultats avec une part prépondérante du CEA de Valduc et de Marcoule ainsi que du site de la Hague. Pour ces sites à partir de 2021, les analyses seront réalisées sur les échantillons hebdomadaires permettant d'obtenir une information plus fine sur les variations des activités en tritium.

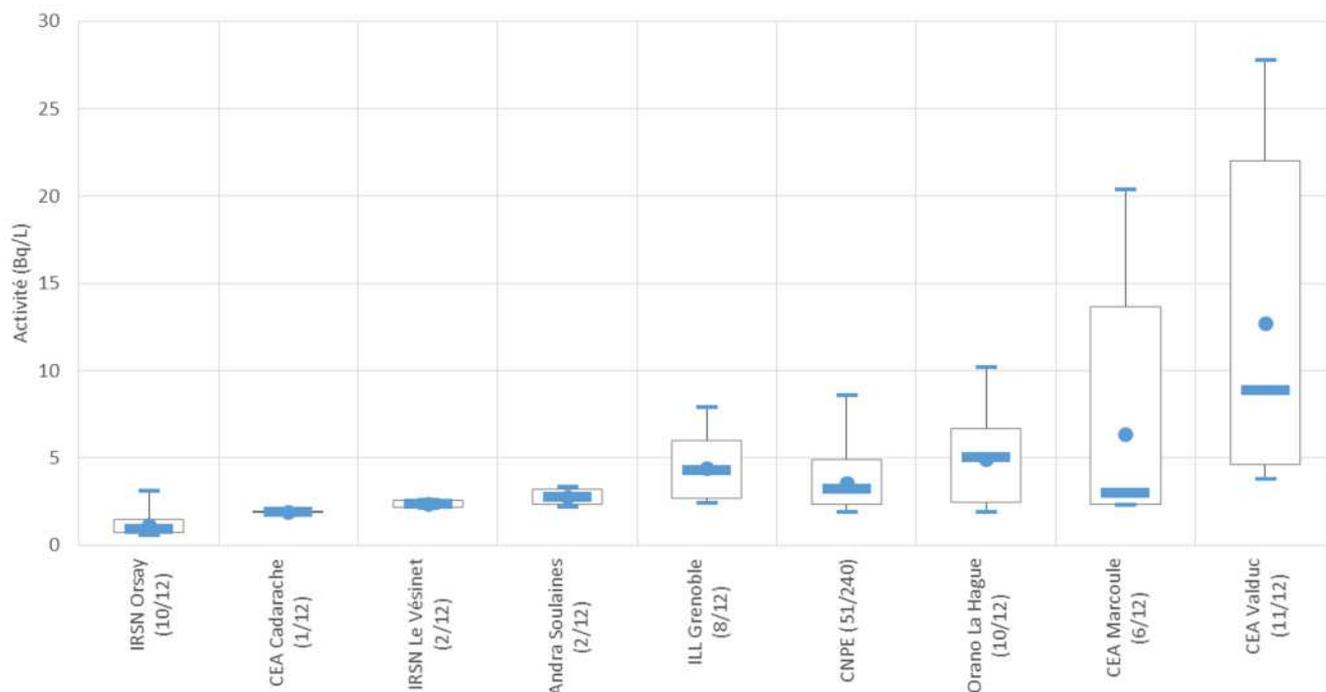


Figure 190. Niveaux d'activité en tritium total dans les eaux pluies par site en 2019



Figure 191. Activités en HTO dans l'air sur la période 2018-2019 pour les sites équipés d'un piègeur passif et/ou d'un barboteur

10.2 SURVEILLANCE MARINE

La surveillance marine réalisée par l'IRSN sur le littoral métropolitain (Atlantique, Manche / Mer du Nord et Méditerranée) a pour objectif de disposer d'une connaissance des niveaux de radioactivité dans les différentes matrices qui constituent le milieu marin (eau, sédiments, faune et flore). La stratégie de surveillance repose sur des prélèvements réalisés à proximité des installations nucléaires rejetant des effluents liquides en milieu marin (CNPE de Flamanville, de Paluel, Penly et Gravelines et usine de retraitement de la Hague) ou des sources d'apport par les principaux fleuves, et des stations dites « de référence », hors influence et représentatives de la zone considérée, avec une gamme de radionucléides recherchés étendue, permettant une contextualisation des autres mesures à proximité des installations.

La surveillance des eaux de mer

Comme en 2018, les résultats des analyses de ^3H pratiquées en 2019 sur les eaux de mer ne font pas apparaître de point singulier. Les activités mesurées rendent compte des activités industrielles, avec notamment les rejets de l'usine de retraitement de la Hague qui influencent largement l'ensemble du littoral de la Manche et de la Mer du Nord, ainsi que les apports par les grands fleuves comme en témoignent les activités en ^3H mesurées à Pornichet (Loire).

L'activité en ^3H la plus importante ($31,2 \pm 1,9$ Bq/L) a été mesurée dans le port de Goury à la pointe du Cotentin, où un prélèvement mensuel est réalisé par l'IRSN à comparer à un bruit de fond dans l'eau de mer de l'ordre de 0,1 Bq/L, établi sur l'Atlantique (Concarneau, Ile d'Oléron et Pyla-sur-Mer).

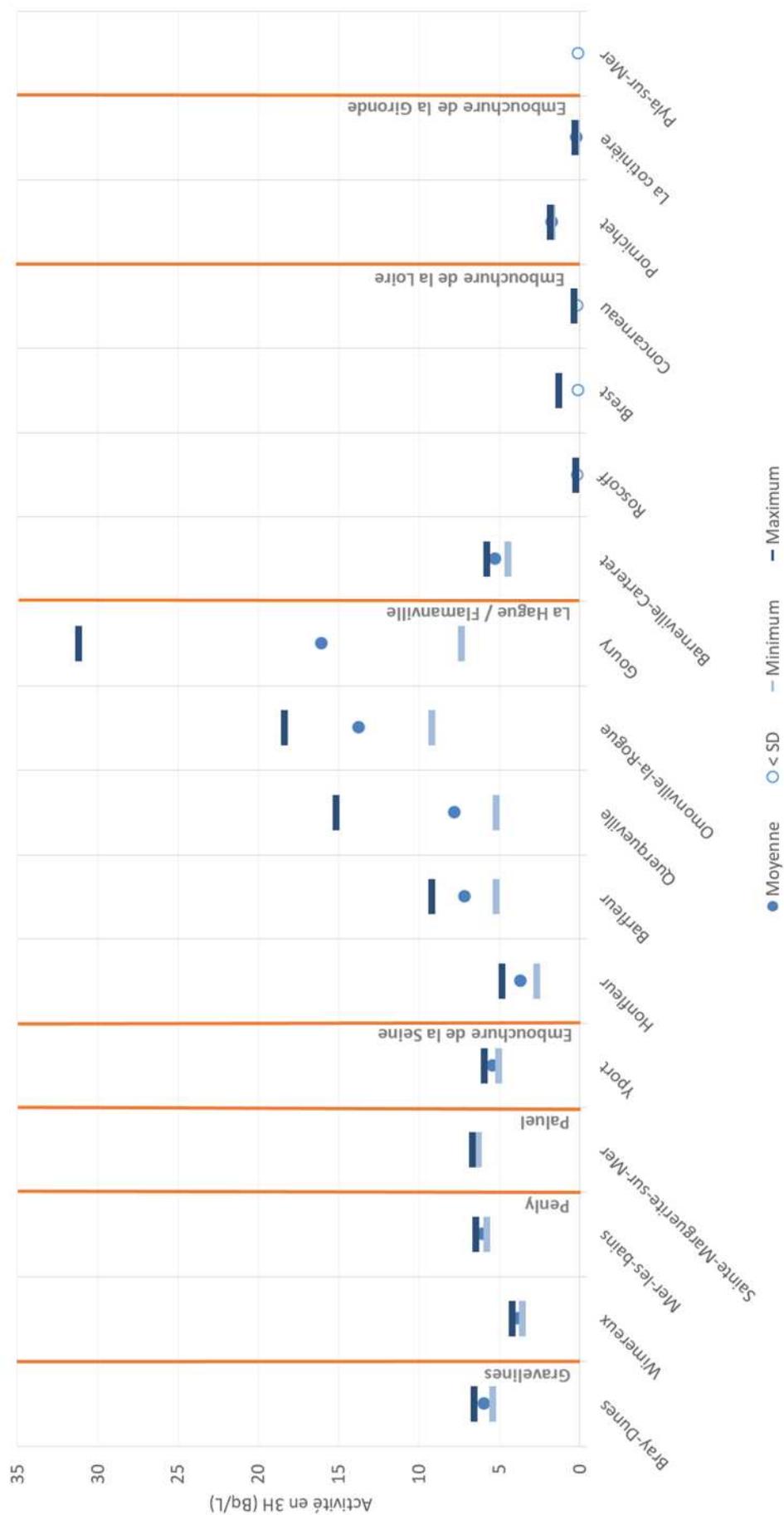


Figure 192. Activité en ^3H dans les eaux de mer prélevées en 2019 en Atlantique et en Manche / Mer du Nord

Pour les prélèvements réalisés en Méditerranée en 2019, les activités sont proches du bruit de fond, voire inférieures aux seuils de décision.

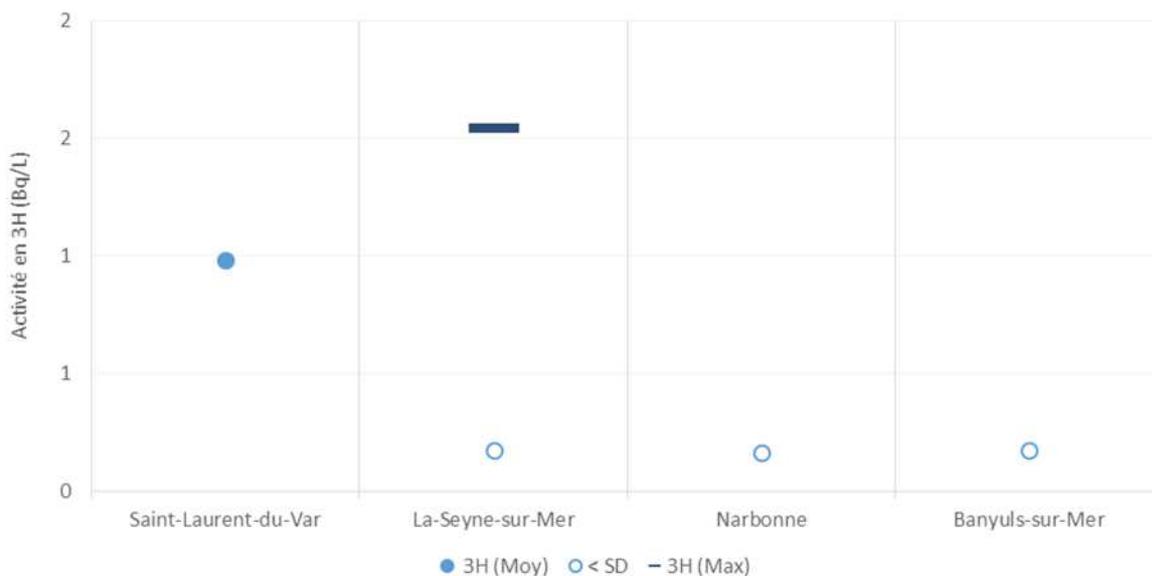


Figure 193. Activité en ^3H dans les eaux de mer prélevées en 2019 en Méditerranée

Les mesures de ^{137}Cs réalisées sur l'eau de mer après coprécipitation confirment que les niveaux les plus faibles sont atteints au sud de la Bretagne et dans le Golfe de Gascogne et qu'*a contrario*, les activités augmentent dans la Manche avec la proximité de l'usine de la Hague.

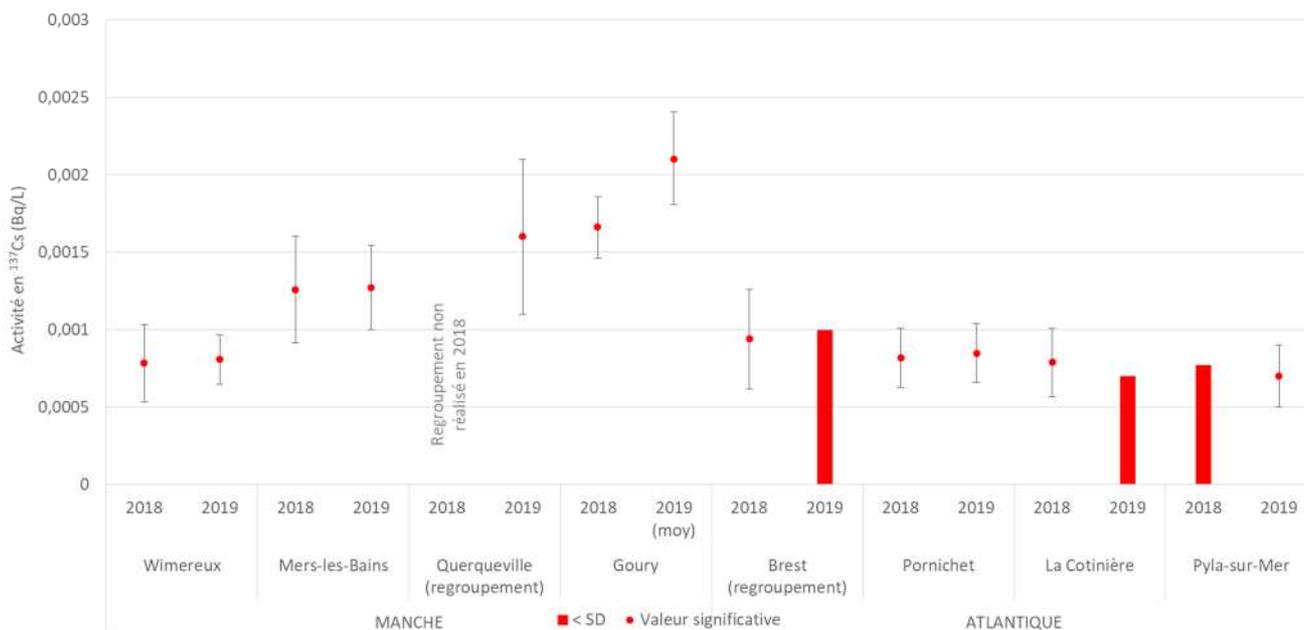


Figure 194. Activité en ^{137}Cs dans les eaux de mer prélevées sur la façade ouest en 2018 et 2019 (coprécipitation)

Les niveaux mesurés en Méditerranée sont du même ordre de grandeur qu'en 2018 hormis à Narbonne et Banyuls où les niveaux sont plus élevés. **L'activité en ^{137}Cs mesurée à Narbonne sur le prélèvement réalisé en décembre 2019 ($0,0019 \pm 0,0006$ Bq/L) sort du bruit de fond mesuré en Méditerranée pour se rapprocher des activités en manche au niveau de l'usine de retraitement de la Hague sans qu'une explication ne puisse être avancée.** Ce point fera l'objet d'une attention particulière en 2020.

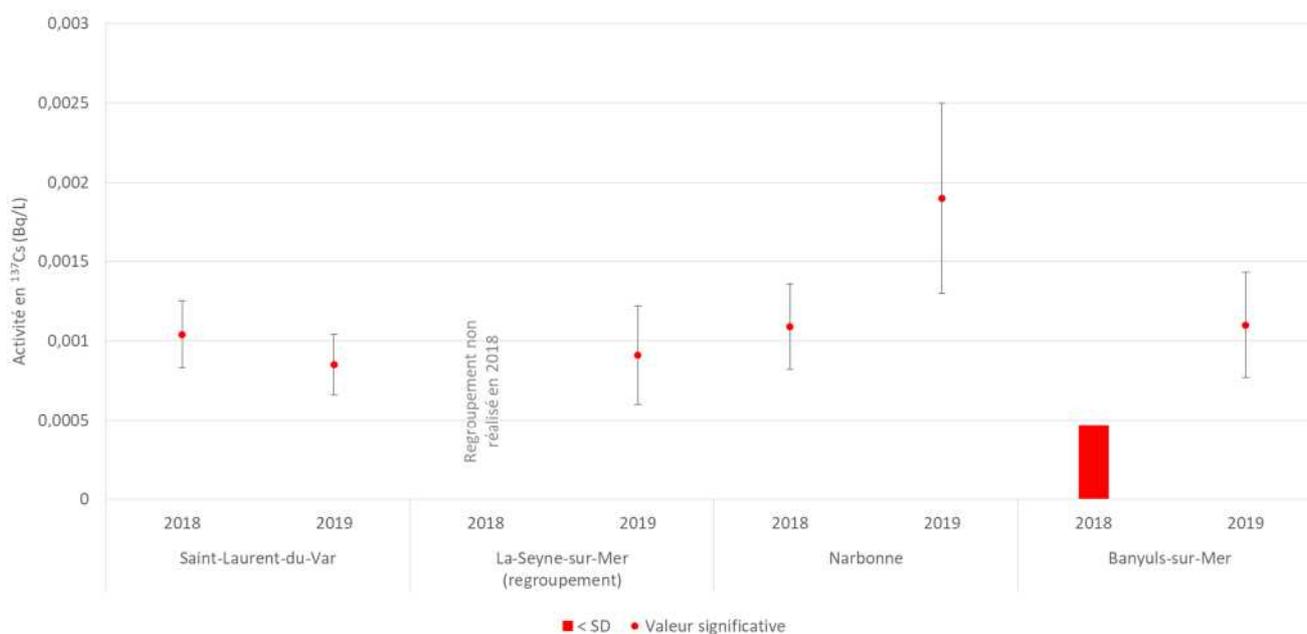


Figure 195. Activité en ¹³⁷Cs dans les eaux de mer prélevées sur la façade méditerranéenne en 2018 et 2019 (coprécipitation)

En complément de l'eau de mer, d'autres prélèvements sont réalisés sur les façades maritimes sur des matrices dont la capacité de bioaccumulation permet d'analyser un spectre plus large de radionucléides, en particulier les actinides rejetés en fonctionnement normal par les installations de l'aval du cycle du combustible.

Activités mesurées dans les sédiments

En 2019, les activités mesurées sur les sédiments (sables de plage) prélevés sur les différentes stations réparties sur le littoral de la façade ouest mettent en lumière l'influence prépondérante de l'usine de retraitement de la Hague sur les prélèvements réalisés en Manche. Les activités restent toutefois cohérentes avec celles mesurées depuis 2010 sur ces mêmes stations, avec une tendance à la diminution. Sur les prélèvements réalisés sur la façade Atlantique, seule une mesure significative en ²⁴¹Am a été mesurée en 2019 ($0,21 \pm 0,1$ Bq/kg sec).

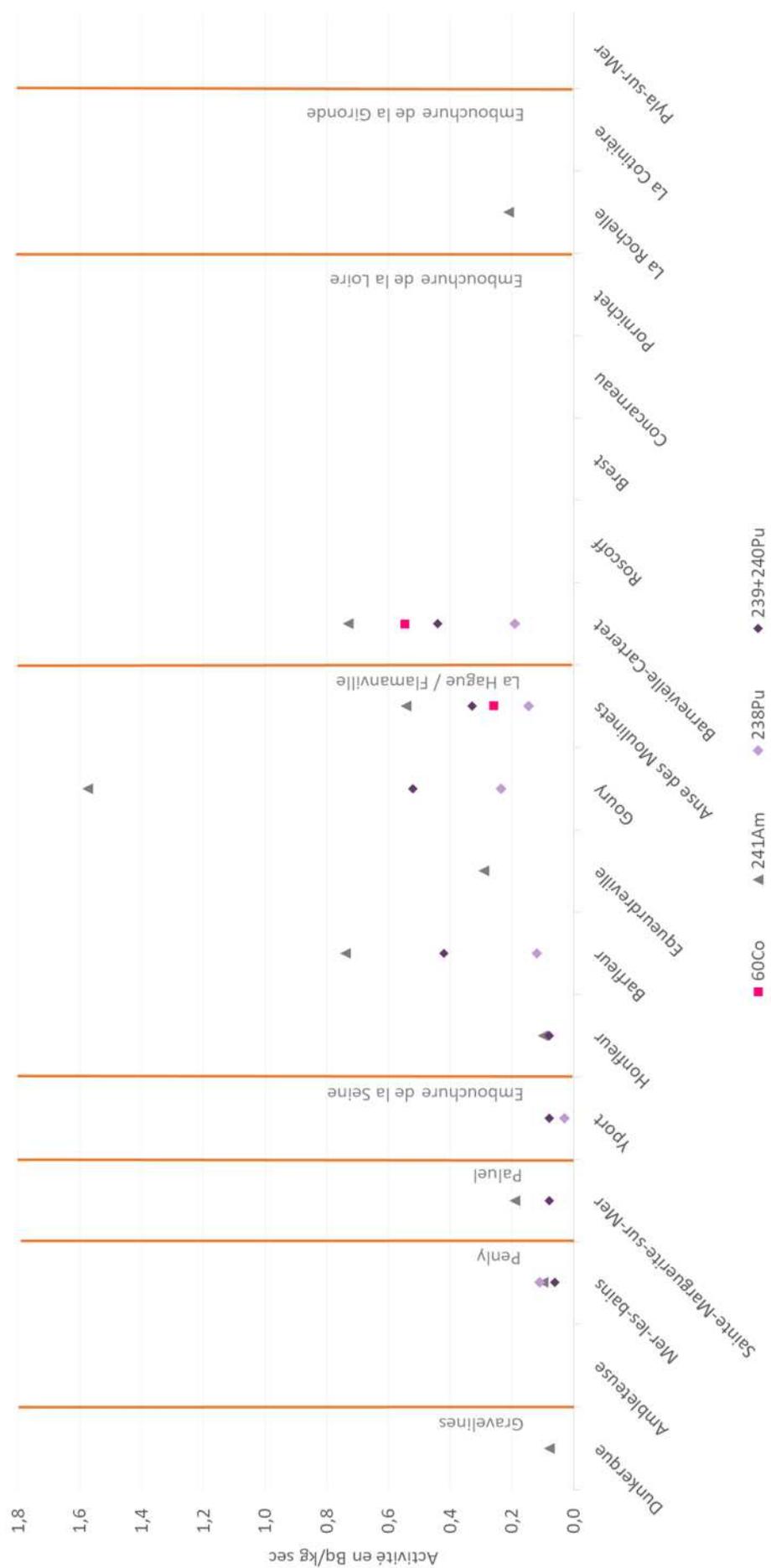


Figure 196. Moyenne des activités significatives mesurées dans les sédiments prélevés sur la façade ouest en 2019

La figure suivante s'intéresse aux activités en ^{137}Cs sur les sédiments prélevés en 2019. Comme en 2018, l'activité en ^{137}Cs la plus élevée a été mesurée à Mers-les-Bains ($2,96 \pm 0,39$ Bq/kg sec). Pour les autres stations, les niveaux mesurés sont inférieurs aux seuils de décision ou proches des niveaux moyens mesurés sur la période 2009-2017.

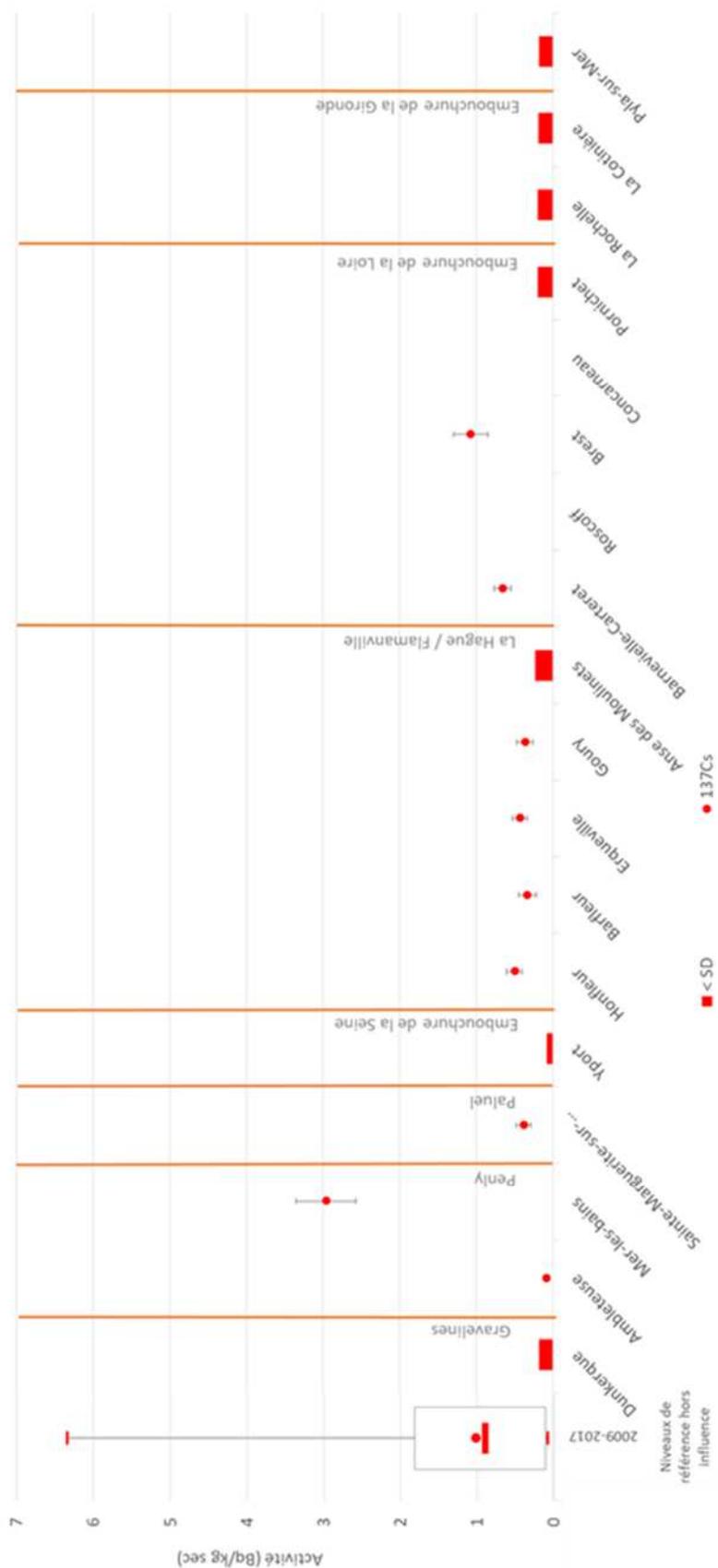


Figure 197. Moyenne des activités en ^{137}Cs dans les sédiments prélevés sur la façade ouest en 2019

En 2019, seul un prélèvement de sédiments a été réalisés en méditerranée à la Seyne-sur-Mer. Sur ce prélèvement une activité en ^{137}Cs équivalente à celle de 2018 a été mesurée ($0,35 \pm 0,12 \text{ Bq/kg sec}$).

Le suivi des algues et des mollusques

Sur la façade ouest, des prélèvements d'algues sont réalisés sur chacune des stations. Comme pour les sédiments, on observe l'influence des rejets de l'usine de la Hague notamment en Pu/Am, visible jusqu'en mer du Nord. Les activités mesurées restent toutefois cohérentes avec les gammes d'activités observées depuis 10 ans sur ces stations

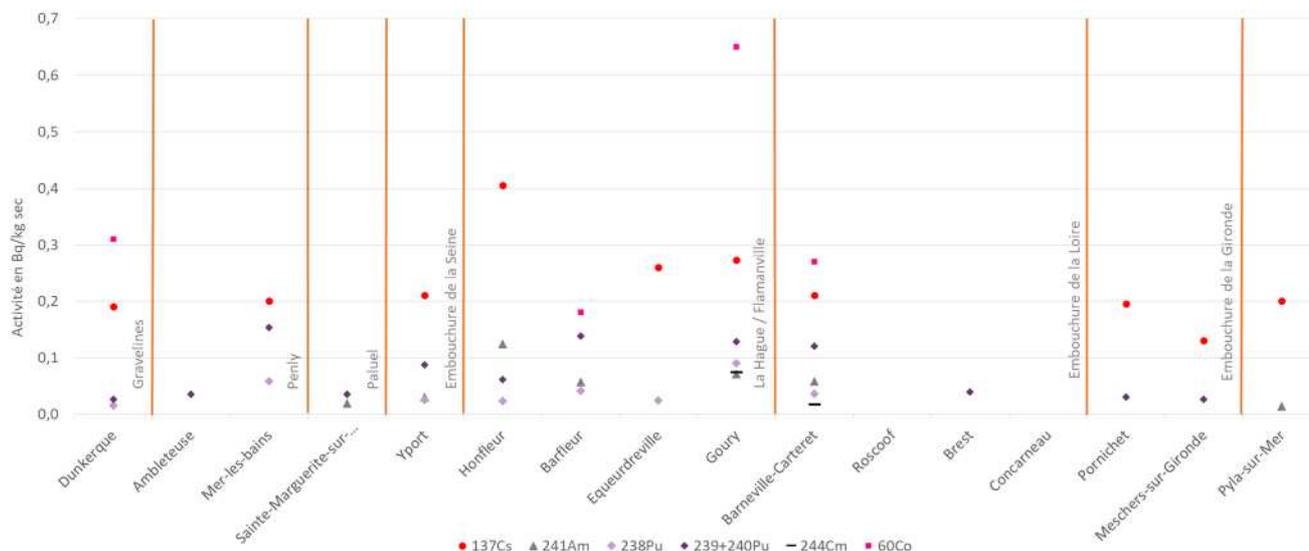


Figure 198. Moyenne des activités significatives mesurées dans les algues prélevées en Mer du Nord, en Manche et sur la façade atlantique en 2019 (hors ^3H et ^{14}C)

De ^{129}I est également détecté sur les algues prélevées en Manche, avec un maximum mesuré à Goury (moyenne 2019 : $63,95 \text{ Bq/kg sec}$).

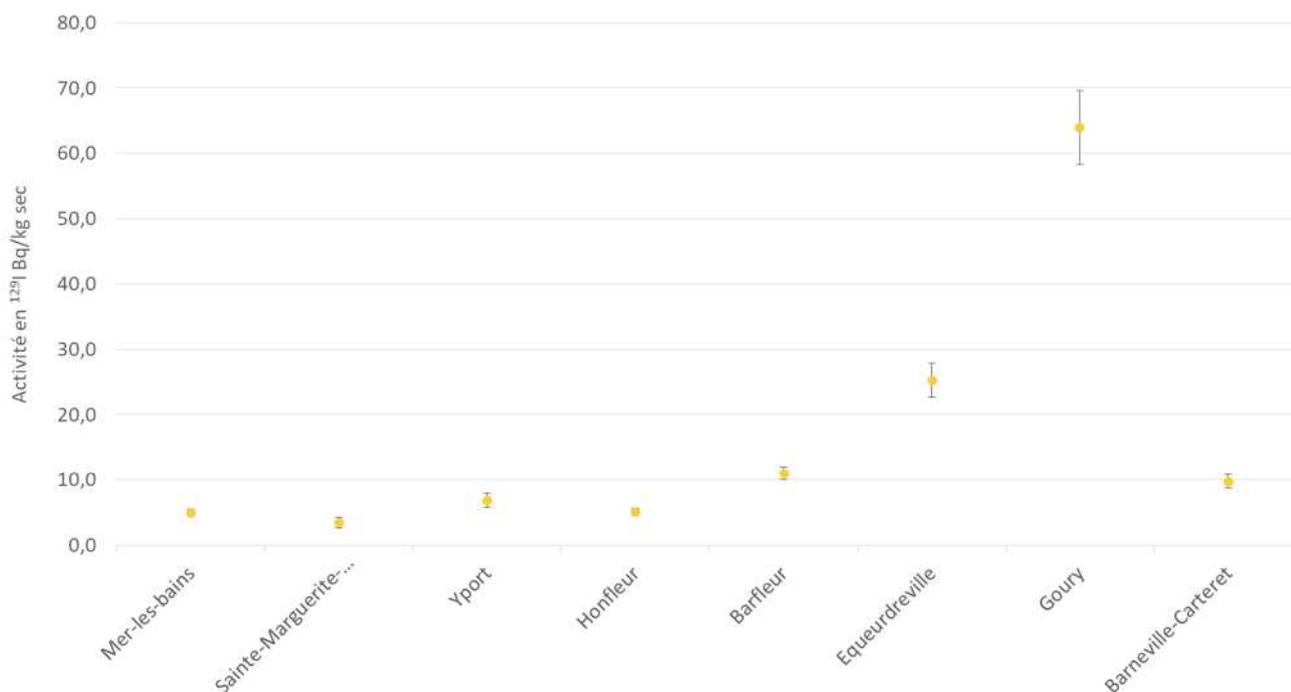


Figure 199. Activité en ^{129}I mesurée dans les algues prélevées en Mer du Nord et en Manche en 2019

Pour le ^3H et le ^{14}C , on retrouve également l'influence des rejets de la Hague, en particulier en ^3H sur la Manche par rapport à la façade atlantique.

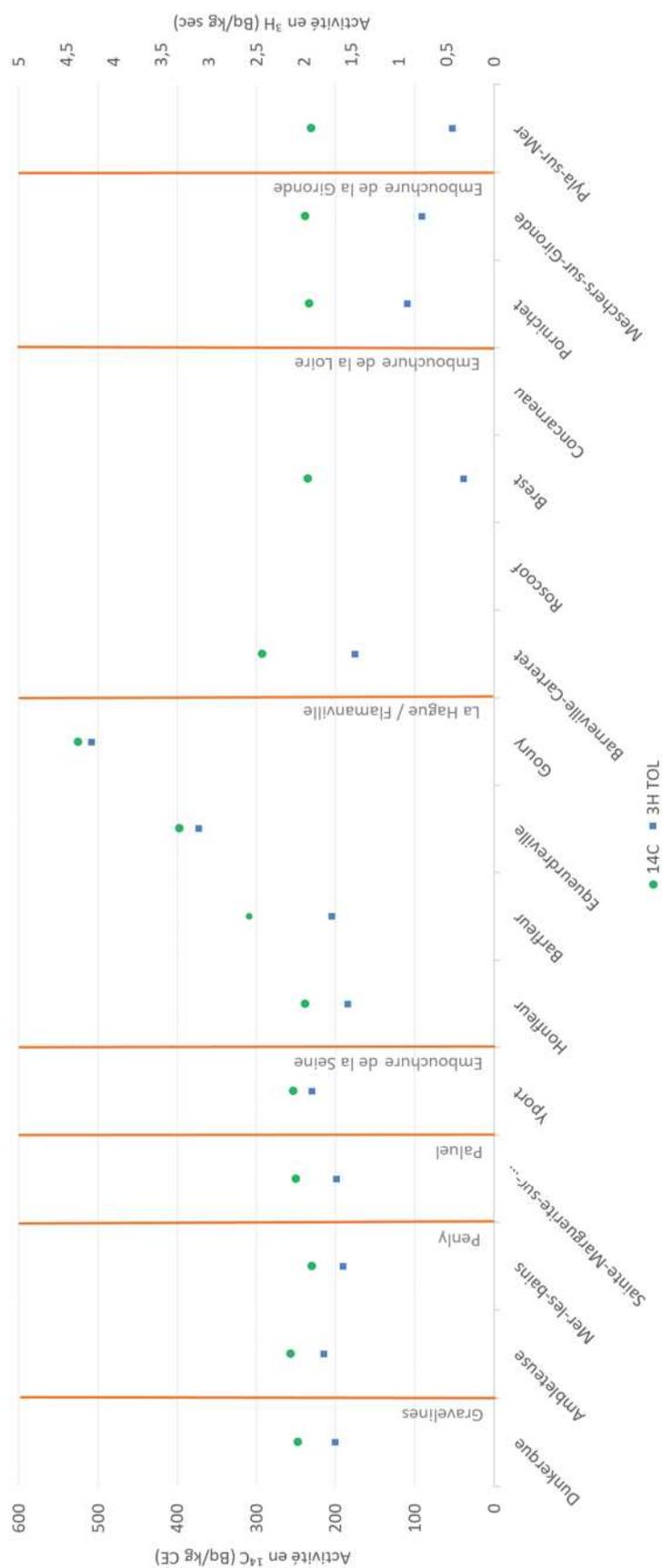


Figure 200. Activités en ^3H et ^{14}C dans les algues prélevées en Mer du Nord, en Manche et sur la façade atlantique en 2019

Comme indiqué dans le PSR 2018, l'équivalent en Méditerranée n'a pu être réalisé compte tenu du caractère protégé de la plupart des espèces végétales aquatiques sur les côtes méditerranéennes. Le seul échantillon d'algues a été prélevé au niveau du port militaire de Toulon par la Marine nationale. Le tableau suivant rend compte des activités significatives mesurées sur cet échantillon.

Tableau 22. Activités mesurées sur les algues prélevées à Toulon en 2019

	^{137}Cs (Bq/kg sec)	$^3\text{H TOL}$ (Bq/kg sec)	^{14}C (Bq/kg de C)	$^{239+240}\text{Pu}$ (Bq/kg sec)
2018	0,15 ± 0,783	0,45 ± 0,03	232,3 ± 1,6	< 0,0045
2019	0,23 ± 0,11	0,75 ± 0,05	235,9 ± 2,6	0,154 ± 0,034

Les valeurs en TOL, très variables en ce point, et en ^{14}C , relativement constantes, sont cohérentes avec les valeurs constatées les années précédentes. Les mesures significatives en ^{137}Cs et en $^{239+240}\text{Pu}$ sont dans la gamme des activités mesurées depuis 10 ans sur ce point et relativement proches des SD.

Concernant les mollusques, les activités mesurées restent très faibles et principalement influencées par les rejets liquides de la Hague au niveau de la pointe du Cotentin. Quelques points ressortent toutefois en 2019 avec les plus fortes activités en $^{239+240}\text{Pu}$ mesurées sur les coquilles Saint-Jacques prélevées à Pornichet (0,013 ± 0,006 Bq/kg frais) et à Dunkerque (0,012 ± 0,005 Bq/kg frais), et les activités en ^{238}Pu et ^{241}Am mesurées sur ce même prélèvement. Le prélèvement de Saint-Jacques réalisé au large de Mers-les-Bains (Tréport) présente également une activité en ^{241}Am plus importante que les années précédentes (0,018 ± 0,011 Bq/kg frais). En méditerranée les activités mesurées sont faibles (moyenne ^{137}Cs 0,013 ± 0,0003 Bq/k frais, moyenne $^{239+240}\text{Pu}$ 0,0009 ± 0,0001 Bq/k frais) et varient peu selon les stations.

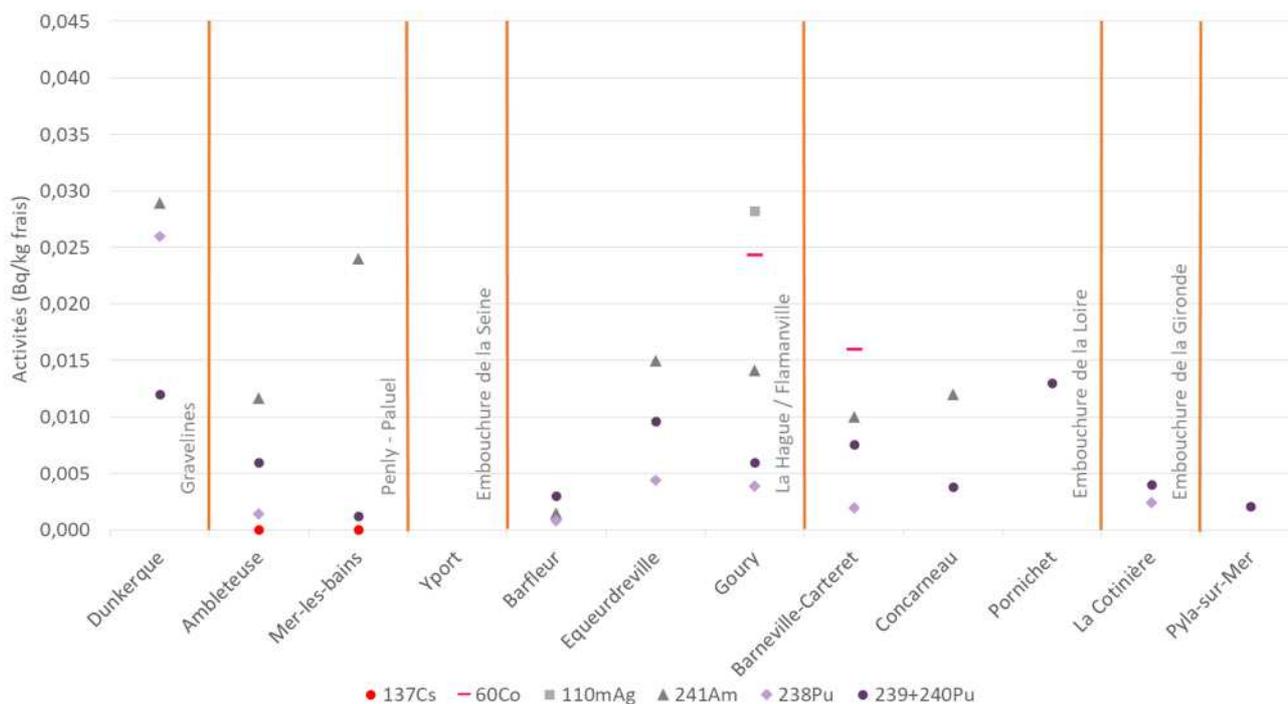


Figure 201. Activités significatives mesurées dans les mollusques prélevés en Mer du Nord, en Manche et sur la façade atlantique en 2019

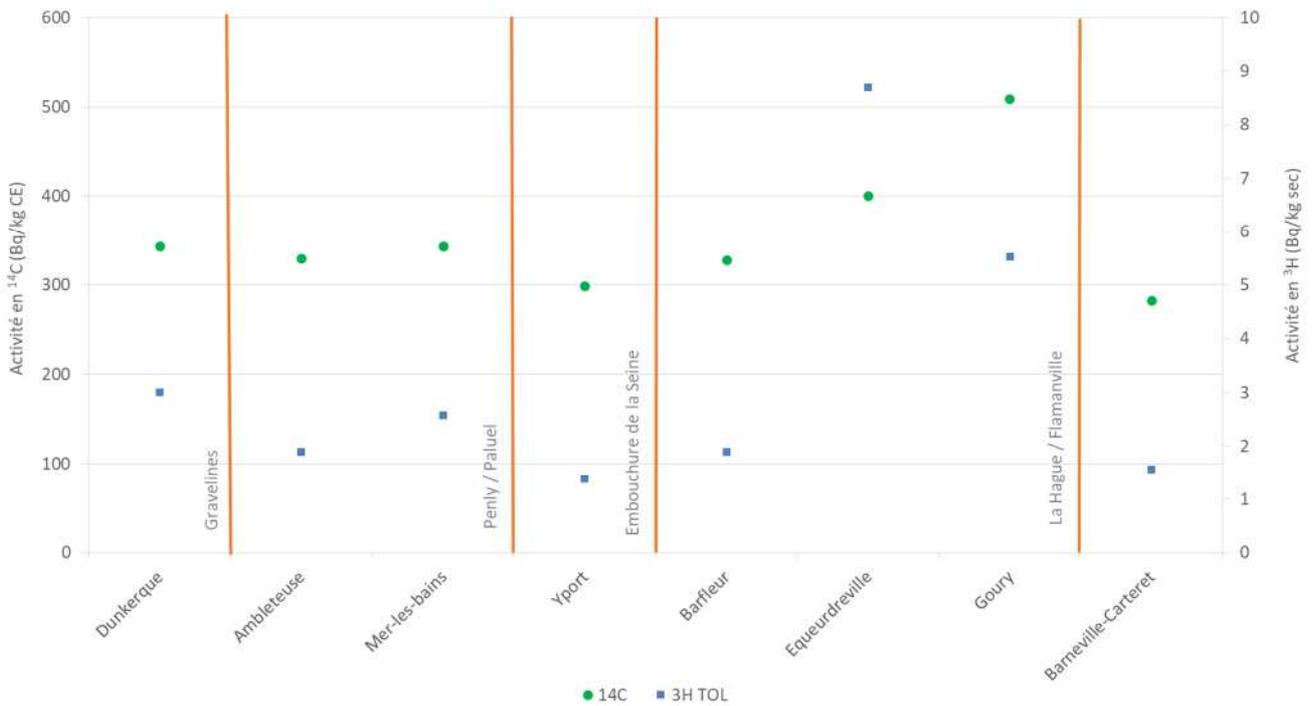


Figure 202. Activités significatives en ³H et ¹⁴C dans les mollusques prélevés en Mer du Nord et en Manche en 2019

En Méditerranée, les activités en ¹⁴C sont plus faibles qu'en Manche (moyenne 2019 de 234,6 ± 2,6 Bq/kg C), avec cependant des valeurs plus élevées sur les mollusques prélevés à l'embouchure du Rhône (247,3 ± 2,7 Bq/kg C), qui reflètent les rejets des installations nucléaires implantées le long du fleuve. Le tritium organiquement lié recherché en 2019 dans 2 des 6 stations de suivi, a été détecté (1,3 Bq/L) dans un seul échantillon prélevé à La Seyne sur Mer. Cette activité s'inscrit dans la gamme des valeurs disponibles pour la Méditerranée.

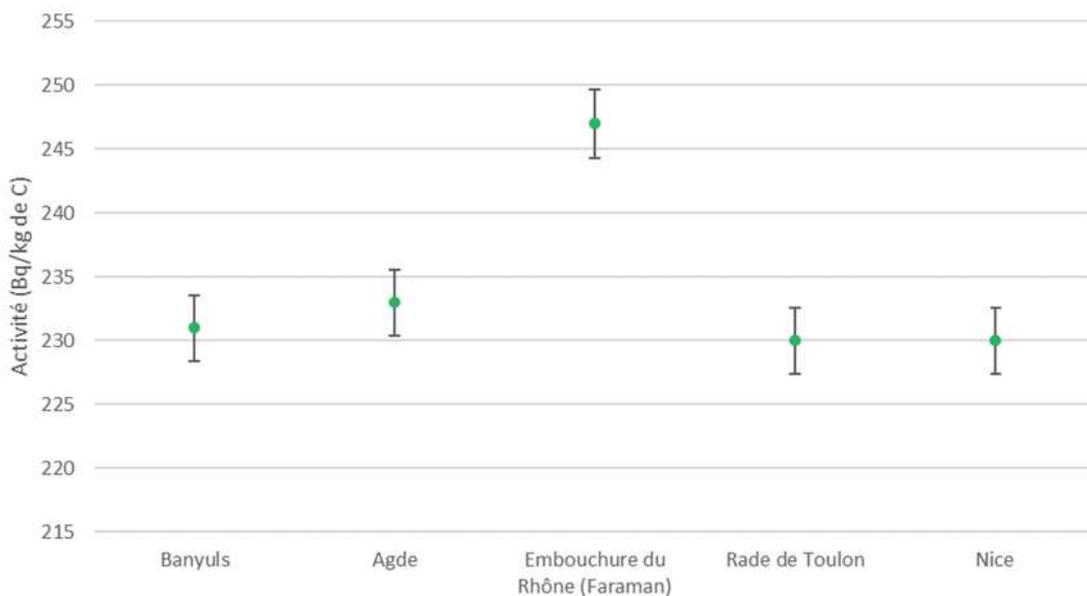


Figure 203. Activités en ¹⁴C dans les mollusques prélevés sur la façade méditerranéenne

Parmi les radionucléides émetteurs gamma d'origine artificielle recherchés, seul le ¹³⁷Cs a pu être quantifié avec des activités s'inscrivant dans la gamme du bruit de fond des mollusques en Méditerranée (de l'ordre de 0,01 Bq/kg frais).

Les activités des transuraniens s'inscrivent également dans la gamme du bruit de fond pour la Méditerranée. Le calcul du rapport d'activité ²³⁸Pu/²³⁹⁺²⁴⁰Pu (de l'ordre de 0,03) est caractéristique de celui signant les retombées des essais nucléaires

atmosphériques. Toutefois, à l'embouchure du Rhône, le rapport d'activité calculé est plus élevé (0,06) et témoigne d'une contribution des anciens rejets liquides liés aux anciennes activités de retraitement du site de Marcoule au marquage de l'environnement marin soumis à l'influence du Rhône.

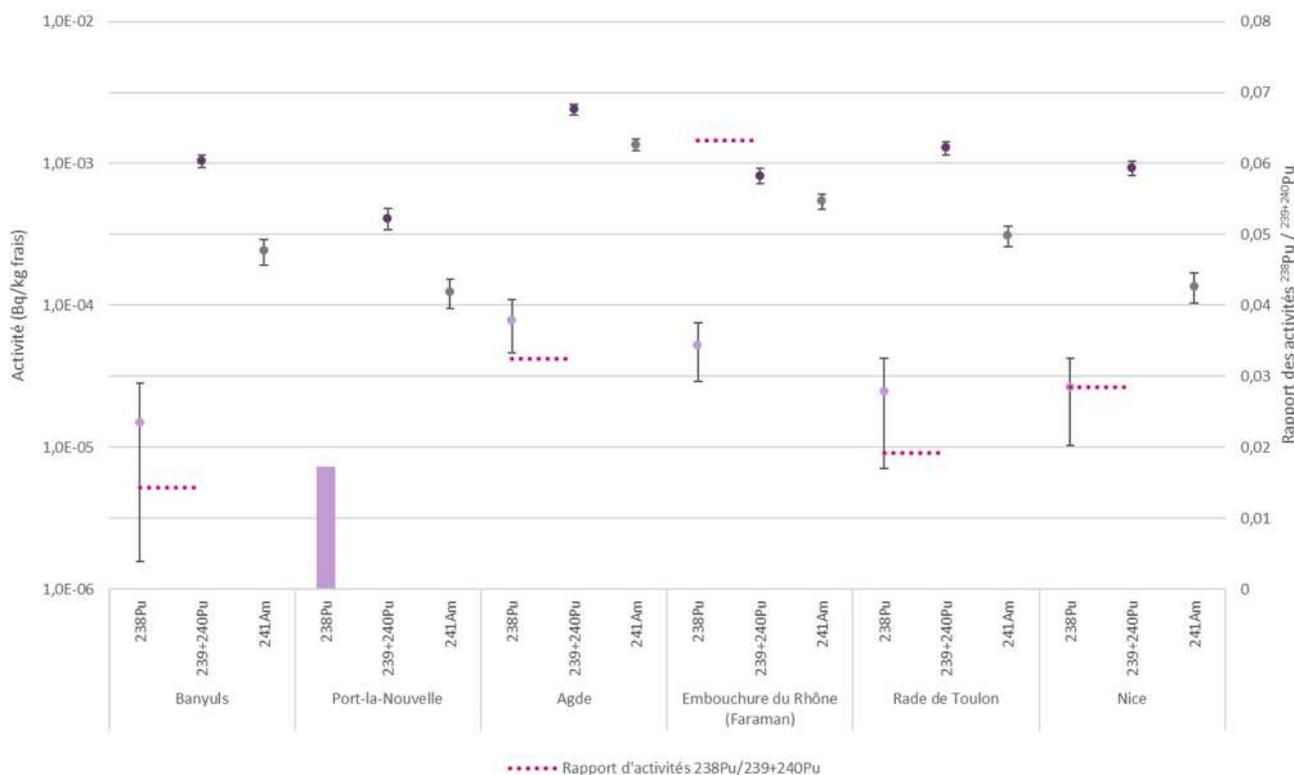


Figure 204. Activités en ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ et ^{241}Am dans les mollusques prélevés sur la façade méditerranéenne

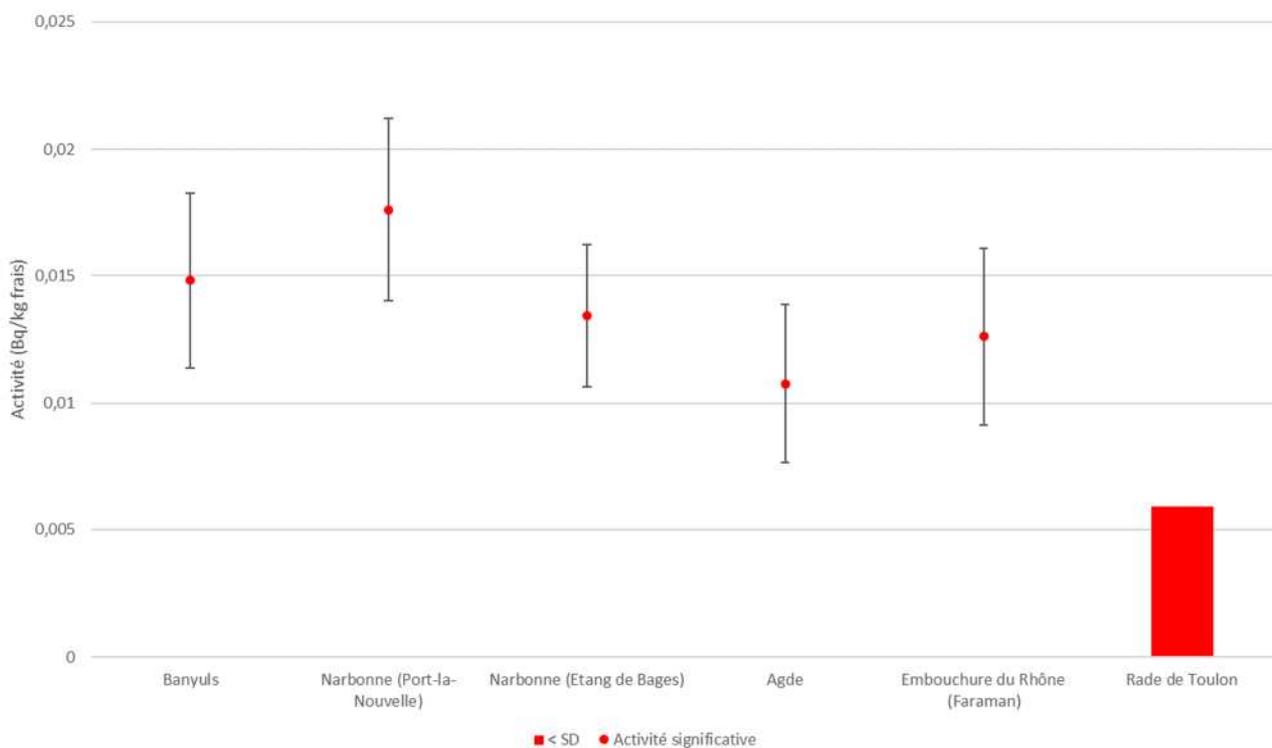


Figure 205. Activités en ^{137}Cs dans les mollusques prélevés sur la façade méditerranéenne

En 2019, une campagne complémentaire de mesure du ^{210}Po a été menée sur les mollusques de la façade ouest afin de compléter les données disponibles sur ce radionucléide naturel. Les activités les plus élevées sont en effet mesurées dans les denrées marines, en particulier les coquillages et les crustacés. Les activités mesurées sont assez variables et vont de moins de 5 Bq/kg frais sur les patelles prélevées à Goury et à Barneville-Carteret à $37,8 \pm 2,6$ Bq/kg frais sur l'échantillon d'huitres prélevé à Arcachon. Ces activités sont comparables aux activités en ^{210}Po mesurées sur les produits de la mer dans le cadre d'études similaires réalisées par l'IRSN.

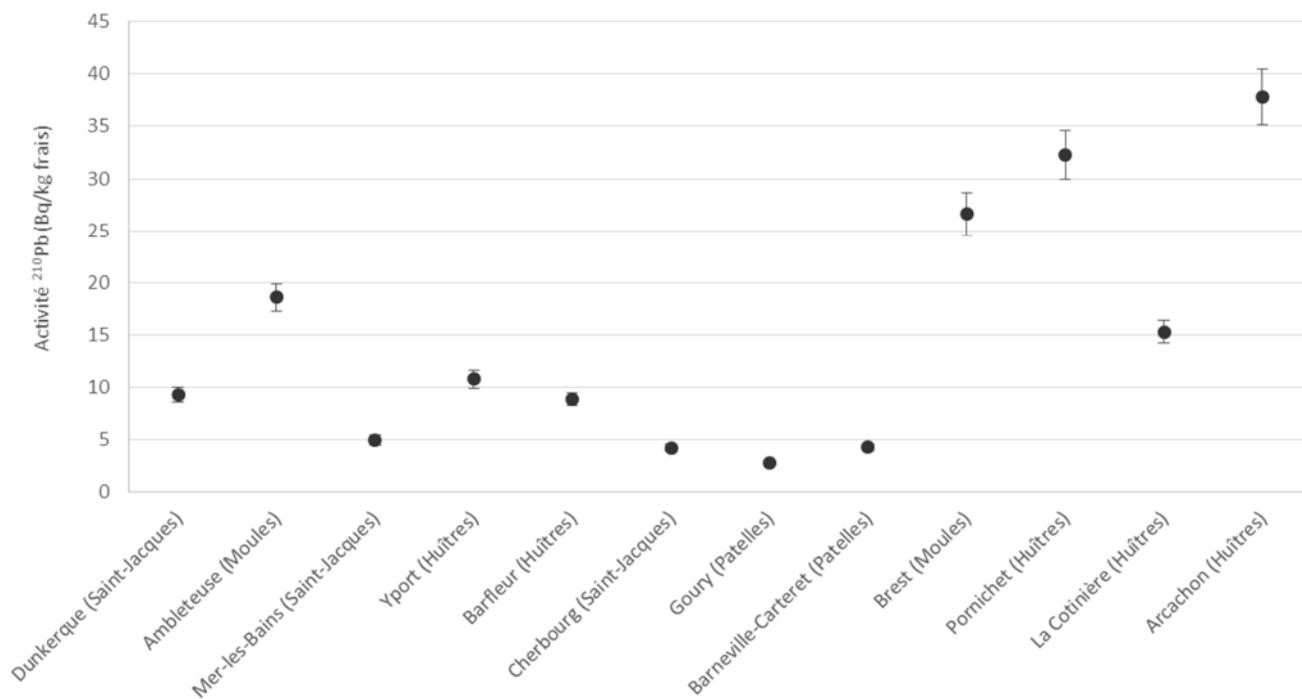


Figure 206. Activités en ^{210}Po dans les mollusques prélevés en Mer du Nord, en manche et sur la façade atlantique en 2019

10.3 EAUX SOUTERRAINES

Hormis lors des inspections ASN, l'IRSN ne réalise pas de prélèvements et d'analyses sur les eaux souterraines au droit des sites. La surveillance des eaux de nappes repose donc sur la surveillance réglementaire des exploitants ou, lorsque cela est possible, des analyses sur des résurgences et des sources hors du périmètre des sites. Une veille est toutefois réalisée sur les mesures transmises par les exploitants dans le RNM. Cette analyse, qui porte sur les résultats de mesures présents dans la base de données au 30/06/2020, est donc traitée dans ce paragraphe dédié.

Activités en tritium

Le site qui présente les activités en ^3H dans les eaux souterraines les plus importantes en 2019 reste le site de la Hague du fait de contaminations historiques importantes (incident tritium détecté en 1976 notamment¹⁵). Avec des activités moyennes beaucoup moins élevées (proche de 100 Bq/L), les sites CEA de Bruyères-le-Châtel et de Saclay arrivent ensuite, avec une augmentation notable de l'activité en ^3H entre 2018 et 2019, en particulier à Saclay. Pour les sites EDF, les activités moyennes varient entre 5,9 Bq/L à Fessenheim et 38,7 Bq/L à Tricastin, où la plus forte activité en ^3H dans les eaux souterraines après le site la Hague a été mesurée en 2019 (1880 ± 235 Bq/L) à la suite d'un événement ayant entraîné un rejet dans la nappe. Enfin, le site où l'activité moyenne est la moins importante est le site de l'Andra de l'Aube.

Il convient de noter que les centres CEA de Cadarache, Fontenay-aux-Roses, Saclay et Valduc ne transmettent pas sauf exception de données sur les activités des eaux de nappes prélevées au moyen de piézomètres implantés à l'intérieur des

¹⁵ En octobre 1976, le SCPRI relève lors de ses contrôles une activité en tritium dans le ruisseau de la Sainte-Hélène de 7400 Bq/L, mettant ainsi en évidence une pollution du fait de déchets tritiés stockés dans la tranchée bétonnée TB2, en service depuis le 26/06/1971. La reprise des déchets a été effectuée du 22/10/1977 au 20/02/1978).

sites. L'IRSN réalise pour sa part des prélèvements dans des sources à proximité des centres de Fontenay-aux-Roses, Saclay et Valduc,

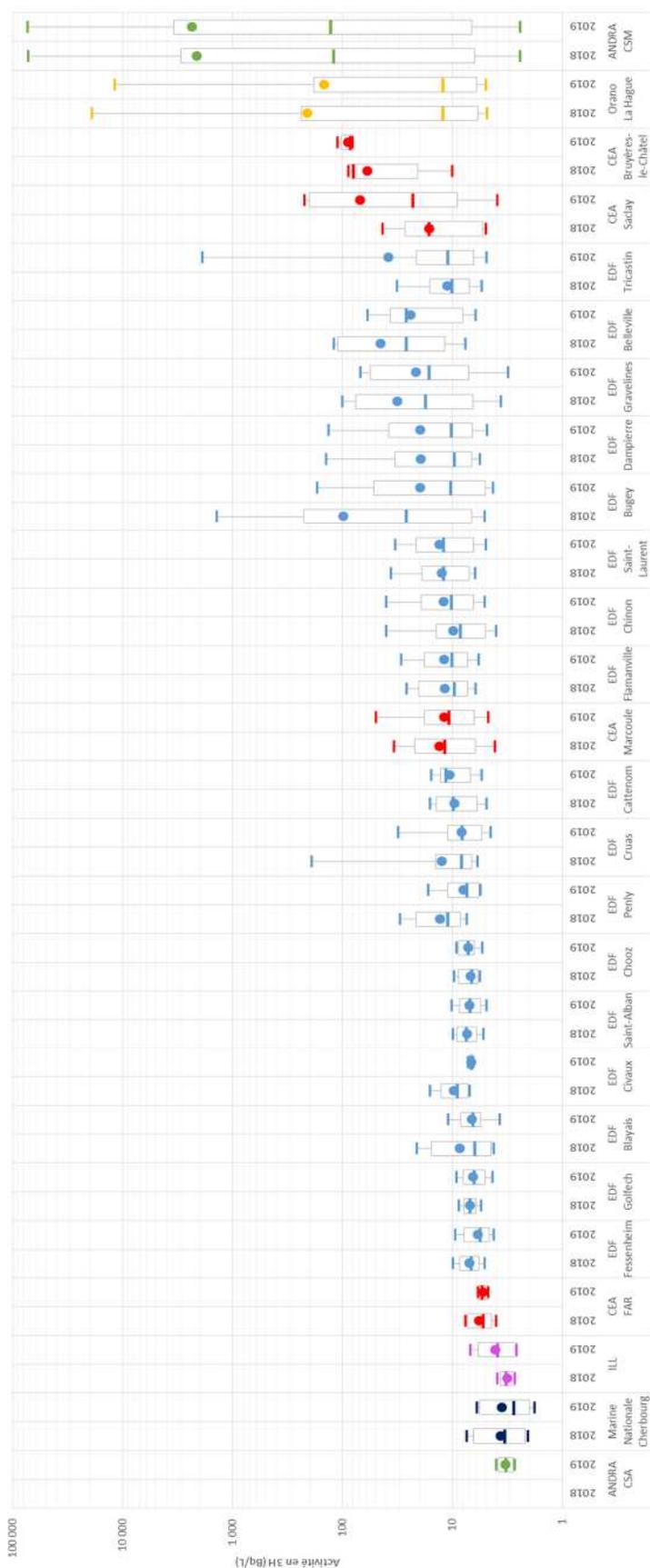


Figure 207. Activité en ^3H mesurées en 2019 par les exploitants dans les eaux de nappe et de source (valeurs significatives uniquement)

Une analyse statistique des données 2019 a été réalisée pour déceler d'éventuelles valeurs atypiques liées à des événements sur les sites, en comparant pour un piézomètre donné l'écart-type des données et les valeurs maximales mesurées (étant entendu que certains piézomètres peuvent présenter des valeurs très élevées de façon permanente, du fait par exemple de contaminations anciennes). Le tableau ci-dessous présente les points présentant un écart-type supérieur à 10 pour les sites autres que le site de la Hague :

Tableau 23. Gammes d'activité en ^3H dans des piézomètres susceptibles de mettre en lumière un événement ayant entraîné une pollution de la nappe (hors site de la Hague)

Site	Piézomètre	Min	Moy	Max	σ	Prélèvements / Valeurs significatives
CEA - Bruyères-le-Châtel	DIF/EAU/PZ25*	83,00	96,50	110,00	19,09	2/2
CEA - Marcoule	MAR/EAU/F213	10,40	17,72	49,00	15,34	6/6
EDF - Belleville *	OSEZ005PZ	11,00	28,20	58,90	11,07	31/31
EDF - Bugey*	OSEZ013PZ *	53,00	76,10	170,00	33,27	11/11
EDF - Dampierre	OSEZ008PZ*	84,50	110,96	134,00	12,29	12/12
	OSEZ002PZ	14,00	39,25	80,00	24,44	6/6
	OSEZ018PZ*	15,00	30,44	75,50	16,12	12/12
	OSEZ032PZ*	17,50	33,49	66,00	12,70	12/12
EDF - Flamanville	OSEZ013PZ	12,70	20,95	29,20	11,67	2/2
EDF - Tricastin	OSEZ042PZ	12,10	344,64	1880,00	555,10	29/29
	OSEZ026PZ	10,50	31,07	140,00	35,90	25/25

*Sites ou piézomètres déjà identifiés à l'occasion du rapport annuel 2018.

L'analyse des chroniques fait ressortir des événements qui avaient déjà été identifiés sur plusieurs sites dont Belleville, Bugey et Dampierre, ainsi qu'un événement en fin d'année sur le site du Tricastin, qui a fait l'objet d'une déclaration d'évènement de la part de l'exploitant.

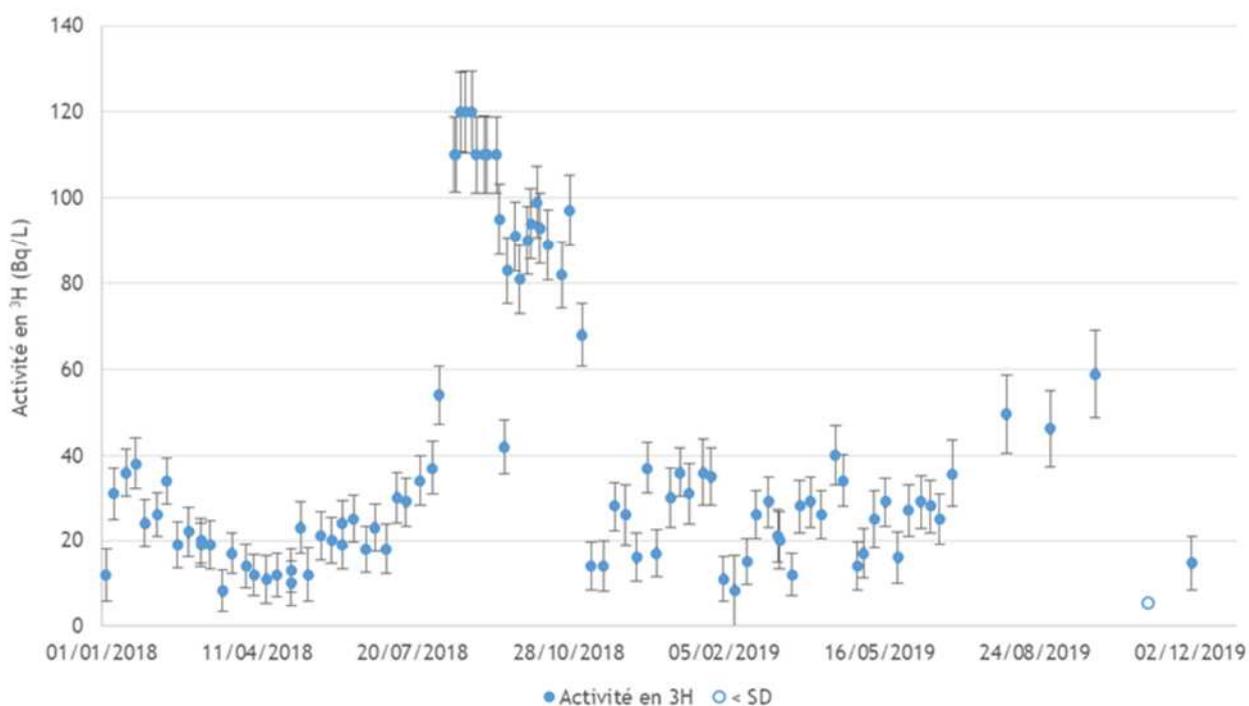


Figure 208. Evolution de l'activité en ^3H dans le piézomètre OSEZ005PZ à Belleville (données EDF RNM)

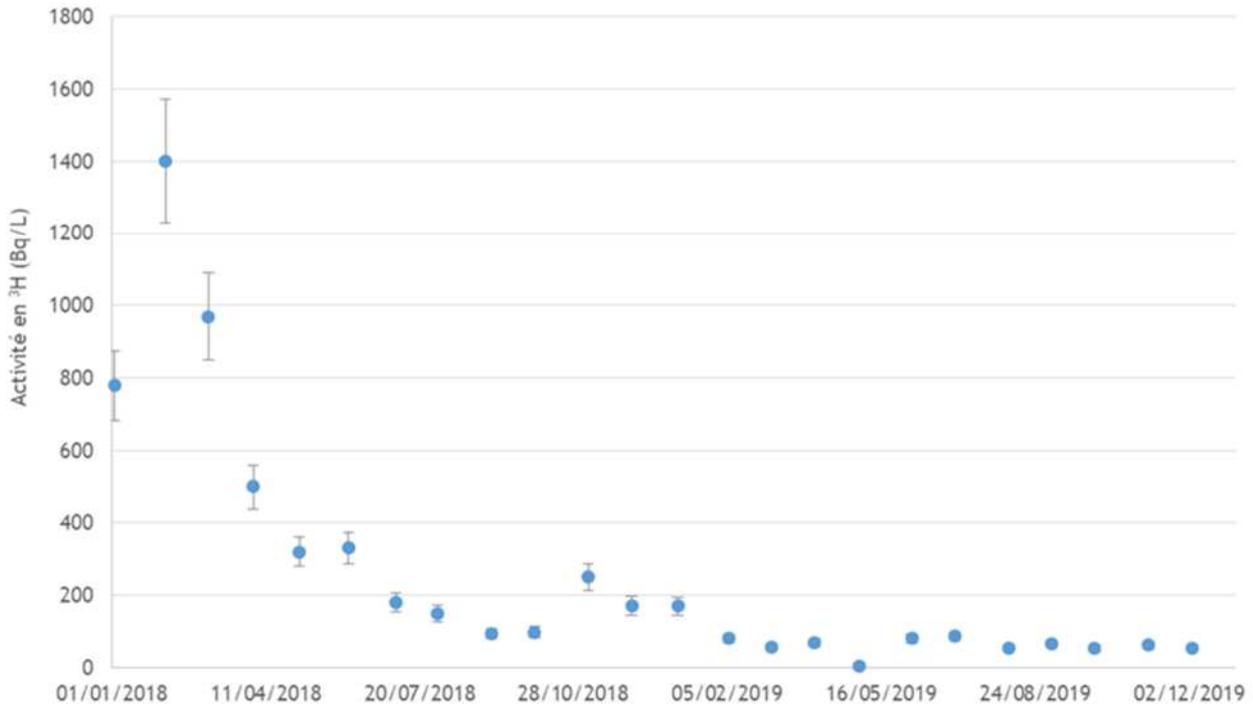


Figure 209. Evolution de l'activité en ^3H dans le piézomètre OSEZ013PZ à Bugey (données EDF RNM)

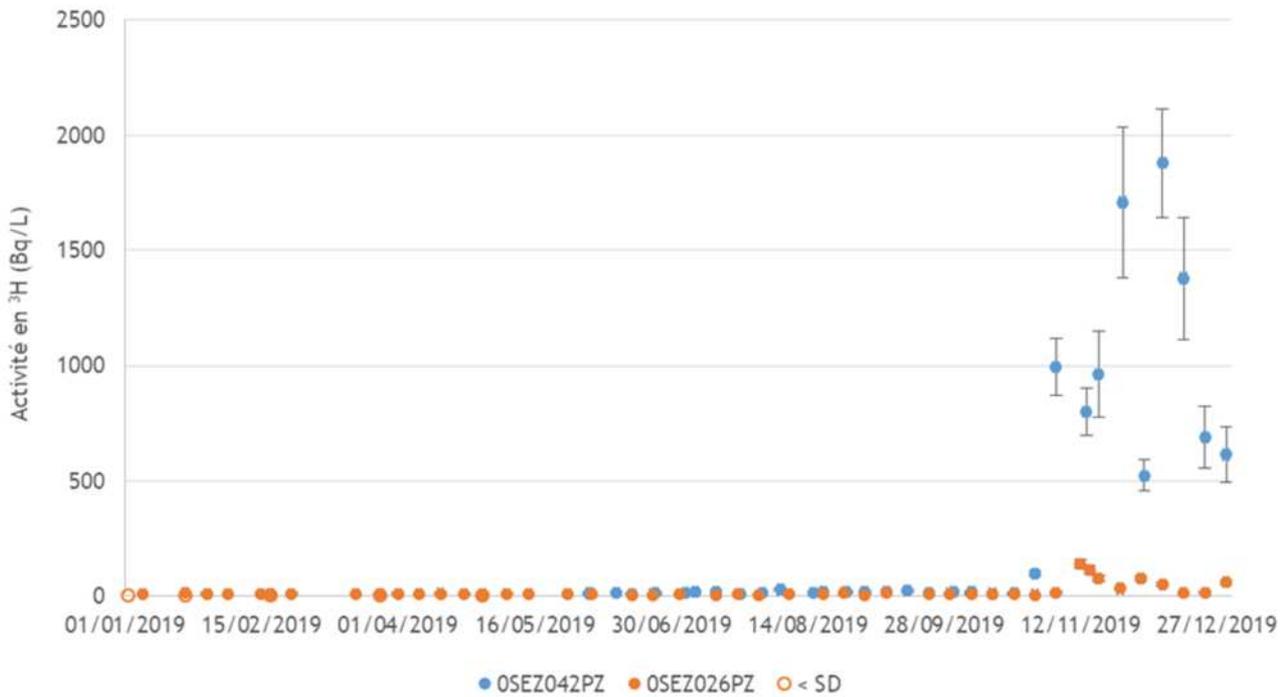


Figure 210. Activités en ^3H dans les piézomètres présentant un pic d'activité à Tricastin en 2019 (données EDF RNM)

Pour le site de la Hague, les figures suivantes présentent les piézomètres de l'ANDRA et d'ORANO la Hague échantillonnés plus de 2 fois en 2019 et pour lesquels plus de 50 % de valeur significatives ont été relevées :

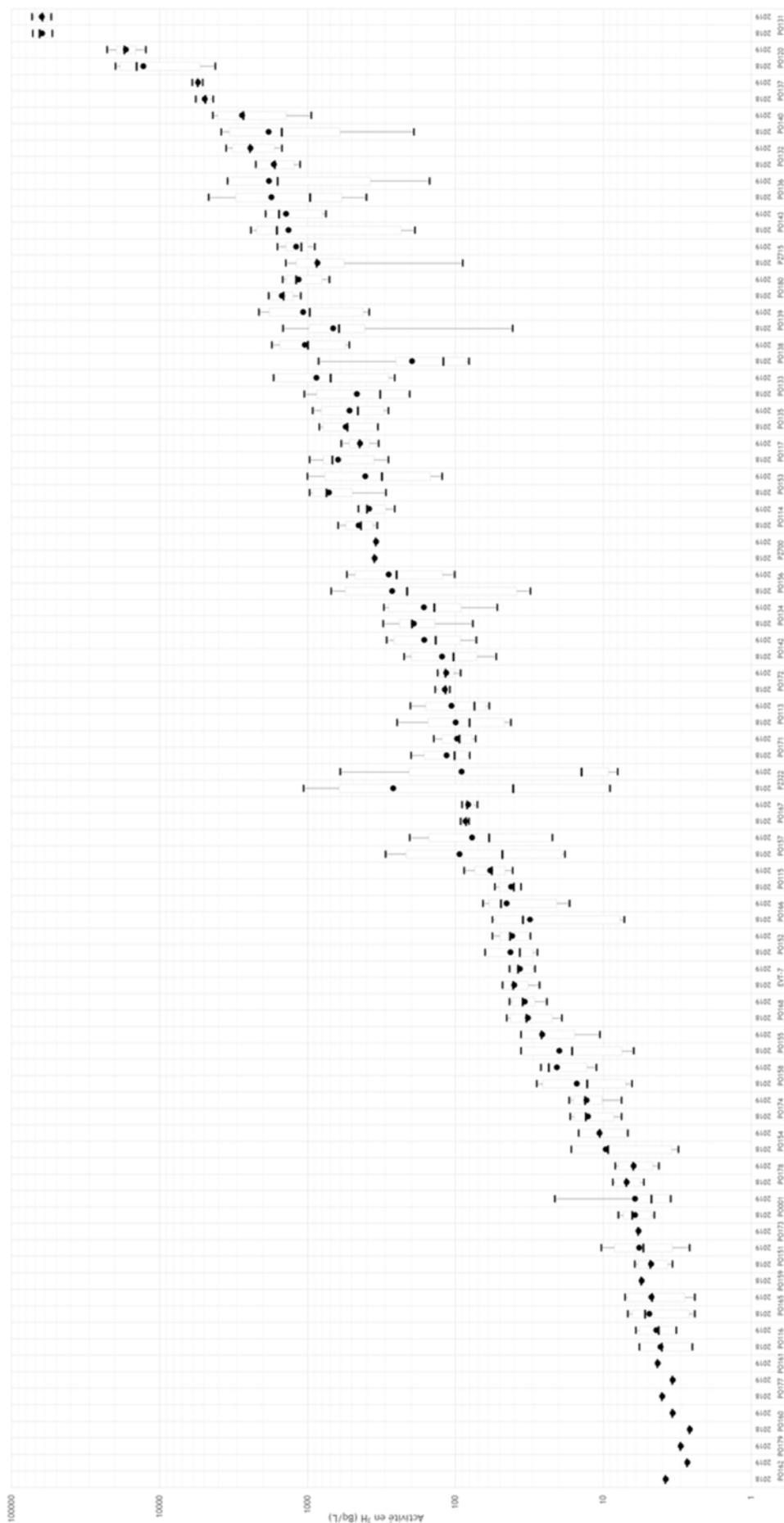


Figure 211. Evolution de l'activité en ^3H dans les piézomètres du CSM (données ANDRA RNM)

Les gammes d'activités observées sont cohérentes avec l'historique du site et les niveaux observés antérieurement, qui ont toutefois notablement diminué par rapport aux activités relevées dans les années 80 / 90, avec des niveaux plus élevés à l'est du site, au niveau du CSM.

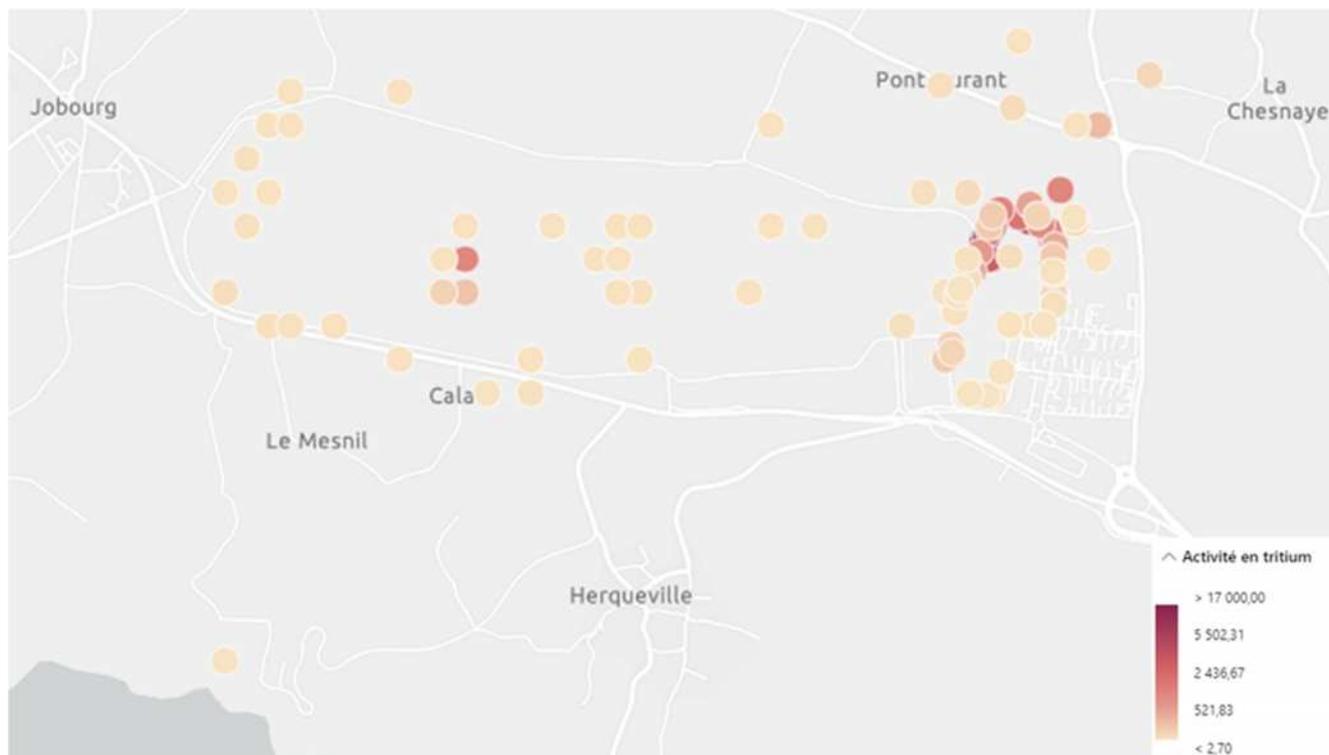


Figure 213. Répartition géographique des activités moyennes en ^3H en 2019 dans les eaux de nappe sur le site de la Hague

Radionucléides artificiels détectés (hors ^3H)

Pour 2019, l'analyse des données disponibles dans le RNM montre qu'aucun radionucléide émetteur gamma d'origine anthropique n'a été mesuré significativement dans les eaux souterraines par les exploitants nucléaires.

Les autres marquages constatés, par exemple en uranium (établissement Orano Malvési) ou en ^{90}Sr (centre CEA de Marcoule, établissement Orano de la Hague), font l'objet d'un suivi spécifique par l'exploitant et sont liés à l'historique d'exploitation des sites ou à des événements passés.

10.4 SURVEILLANCE ALIMENTAIRE

Denrées collectées

En 2019, l'annexe technique aux conventions liant l'IRSN et la DGAL d'une part et la DGCCRF d'autre part prévoyait la réalisation de 500 prélèvements dont 160 à destination de l'IRSN.

Tableau 24. Prélèvements prévus en 2019 au titre des conventions DGAL/IRSN et DGCCRF/IRSN

Destinataire pour traitement et analyse	Préleveur	Prélèvements prévus au PSR 2019
LDA	DGAL	218
SCL	DGCCRF	116
IRSN	DGAL	126
	DGCCRF	40

Tableau 25. Répartition des denrées collectées par préleveur

Matrice	Associations locales de chasse		DGAL		DGCCRF		France Agrimer		IRSN		Marine Nationale	
	Prévus	Reçus	Prévus	Reçus	Prévus	Reçus	Prévus	Reçus	Prévus	Reçus	Prévus	Reçus
Animaux d'élevage			6	3								
Boissons alcoolisées									3	3		
Céréales					1	1	30	29				
Champignons									13	6		
Fromages									12	12		
Fruits					11	7						
Gibier												
Animaux sauvages	4	11										
Laits			90	85								
Légumes					26	25			1	0		
Plantes aromatiques					2	2						
Poissons			24	18					4	3	3	3
Total	4	11	120	106	40	35	30	29	33	24	3	3

Sur les 236 prélèvements de denrées prévus, 208 ont été réceptionnés et ont fait l'objet d'analyses.

Niveaux observés

Laits

Sur les 85 laits analysés, seuls 2 présentent des activités significatives en ^{137}Cs (SD usuel d'environ 0,05 Bq/L). Il s'agit du prélèvement provenant de Guyane (cf. paragraphe 3.5) et du prélèvement réalisé à proximité de Belleville. Toutefois, l'activité mesurée ($0,085 \pm 0,029$ Bq/L) est inférieure à la moyenne habituellement observée en France de 0,116 Bq/L.

Les activités significatives en ^{90}Sr des 18 prélèvements de lait sur lesquels ce radionucléide a été recherché sont cohérentes avec les niveaux habituellement observés en France hors influence, à l'exception du prélèvement de lait réalisé dans les Pyrénées-Atlantiques qui présente une valeur assez élevée.

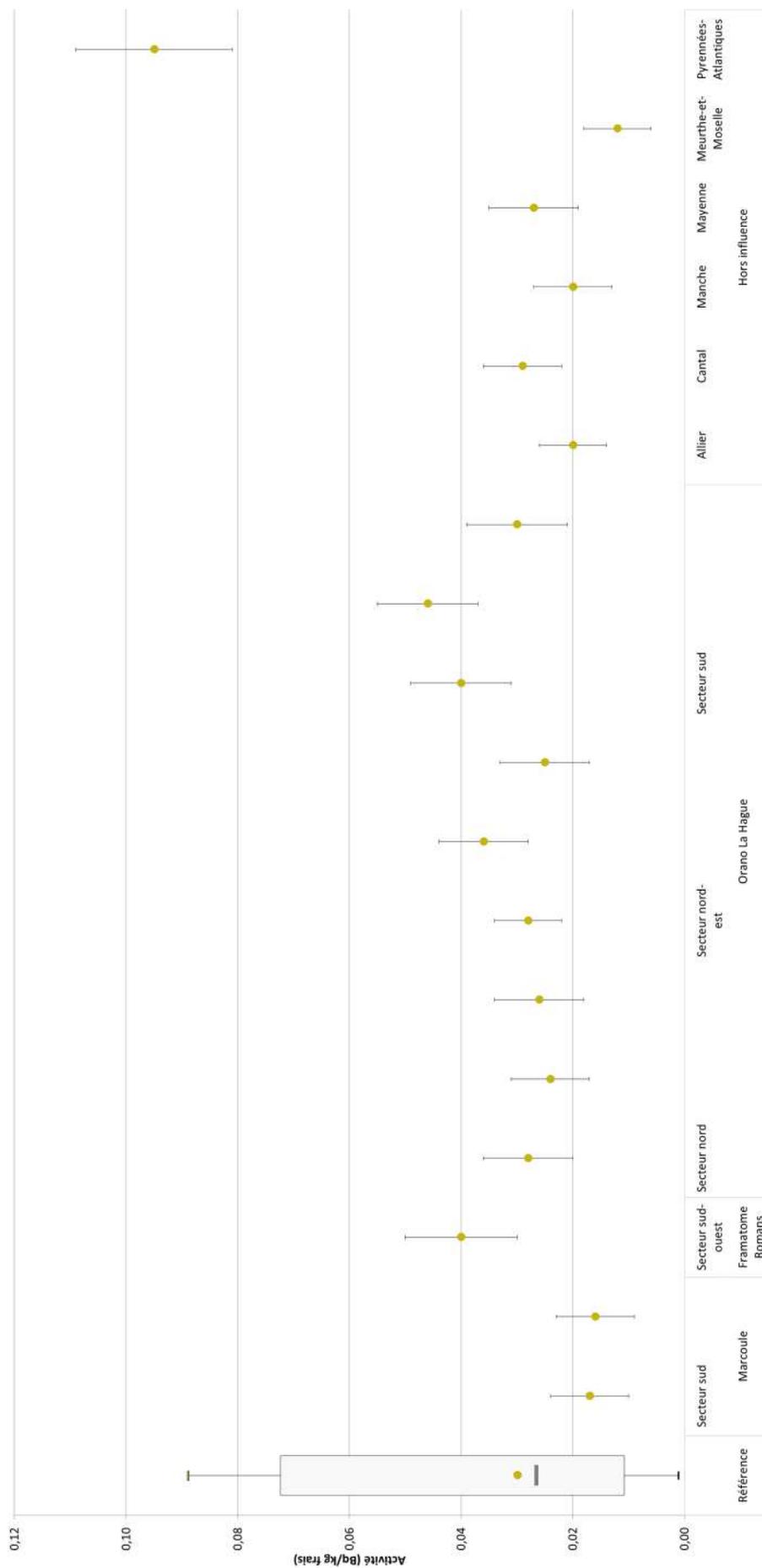


Figure 214. Activités en ⁹⁰Sr dans les laits en 2019

A l'exception des prélèvements réalisés au nord du centre de Valduc, les activités moyennes en ^3H des prélèvements de laits sont comparables aux valeurs observées en 2018 et donc proches des valeurs de référence « hautes » mesurées hors influence.

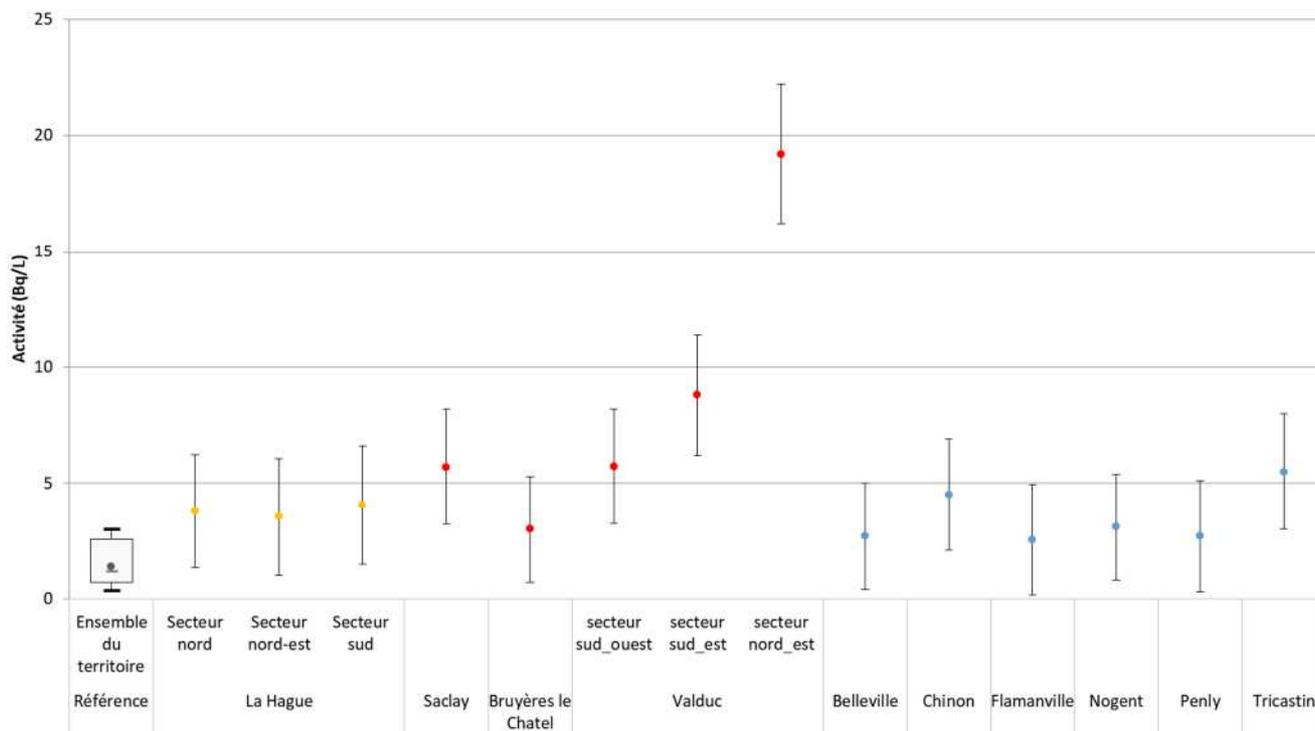


Figure 215. Répartition des activités en tritium mesurées dans les prélèvements de laits

Parmi les 6 prélèvements de lait réalisés autour des installations de l'amont du cycle – et contrairement à 2018 – seul le prélèvement réalisé à proximité de Malvésy présente une activité significative en ^{238}U . Cette valeur est cohérente avec la moyenne usuellement observée en France hors influence.

Tableau 26. Activités significatives en ^{238}U dans les laits

Site	Activité mesurée (Bq/L)	Moyenne France (Bq/kg frais)
Malvésy	0,040 ± 0,008	
Valeur de référence hors influence		0,069

Viandes, animaux d'élevages et gibiers

Seuls 3 prélèvements de viande d'élevage ont été reçus sur les 6 initialement prévus au PSR 2019. Aucun émetteur gamma artificiel n'a été mesuré significativement.

Par ailleurs, afin d'assurer un suivi en zone de rémanence (voir le constat radiologique *Rémanence de la radioactivité d'origine artificielle*), une campagne de prélèvements de gibier (sangliers) a été menée en collaboration avec les associations locales de chasse. Sur les 4 régions d'études prévues, seules 2 ont pu transmettre des prélèvements.

Tableau 27. Activités en ¹³⁷Cs mesurées dans les échantillons de sangliers

Département	Commune	Activité mesurée en 2019 (Bq/kg frais)	Moyenne constat (Bq/kg frais)	Valeur maximale constat (Bq/kg frais)
Niveau de référence	sous influence	24,5	/	/
2B-Haute-Corse	Ventiseri	1,71 ± 0,23		
	Ventiseri	0,71 ± 0,11	0,78	1,43
	Ventiseri	0,41 ± 0,08		
88-Vosges	Ménil-de-Senones	109 ± 13		
	Ménil-de-Senones	104 ± 13	4,21	
	Châtas	296 ± 36	21,52	29,06
	Ban-de-Sapt	46 ± 6	/	/
	Hurbache	6,6 ± 0,8	351,71	902,86
	Moyenmoutier	11,8 ± 1,5		
	Moyenmoutier	11 ± 1,4	16,98	34,46
	Saint-Jean-d'Ormont	23,8 ± 2,9	/	/

Les valeurs obtenues sont comparables à celles des prélèvements réalisés dans le cadre du constat. On peut constater une moindre variabilité des résultats des prélèvements corses en comparaison des prélèvements vosgiens. L'ensemble des activités mesurées sont cohérentes avec les niveaux usuellement observés en France, à l'exception des prélèvements réalisés sur les communes de Ménil-de-Senones, de Châtas¹⁶ et de Ban-de-Sapt. On peut également observer que les résultats obtenus en 2019 sont cohérents avec les anciennes valeurs pour les prélèvements réalisés en Corse et pour ceux réalisés sur les communes de Moyenmoutiers et d'Hurbache dans les Vosges. Par contre, les sangliers de Châtas et de Ménil-de-Senones présentent des activités en ¹³⁷Cs nettement supérieures aux activités observées jusqu'à présent pour les prélèvements réalisés sur ces communes. *A contrario*, la valeur obtenue à Hurbache est inférieure à l'activité moyenne observée dans les prélèvements issus de cette commune lors des années précédentes.

Céréales

Au titre du PSR 2019, 29 prélèvements de blé sur les 30 initialement prévus ont été réalisés, dont un supplémentaire au nord du site de Tricastin. Un échantillon de riz a également été prélevé en Camargue (hors influence mais dans une zone présentant des niveaux naturels élevés).

La totalité des activités mesurées en ¹⁴C sont cohérentes avec le niveau de référence dans les matrices biologiques terrestres, à l'exception, comme en 2018, du blé prélevé sous influence de la Hague dont l'activité est de 1060 ± 11 Bq/kg de C.

Comme en 2018, les prélèvements de céréales réalisés à proximité des sites de la Hague et Marcoule présentent des activités significatives en ⁹⁰Sr. Ces activités sont comparables à celles obtenues jusqu'à présent.

¹⁶ Le prélèvement de Châtas est constitué de morceaux réduits de différents individus.

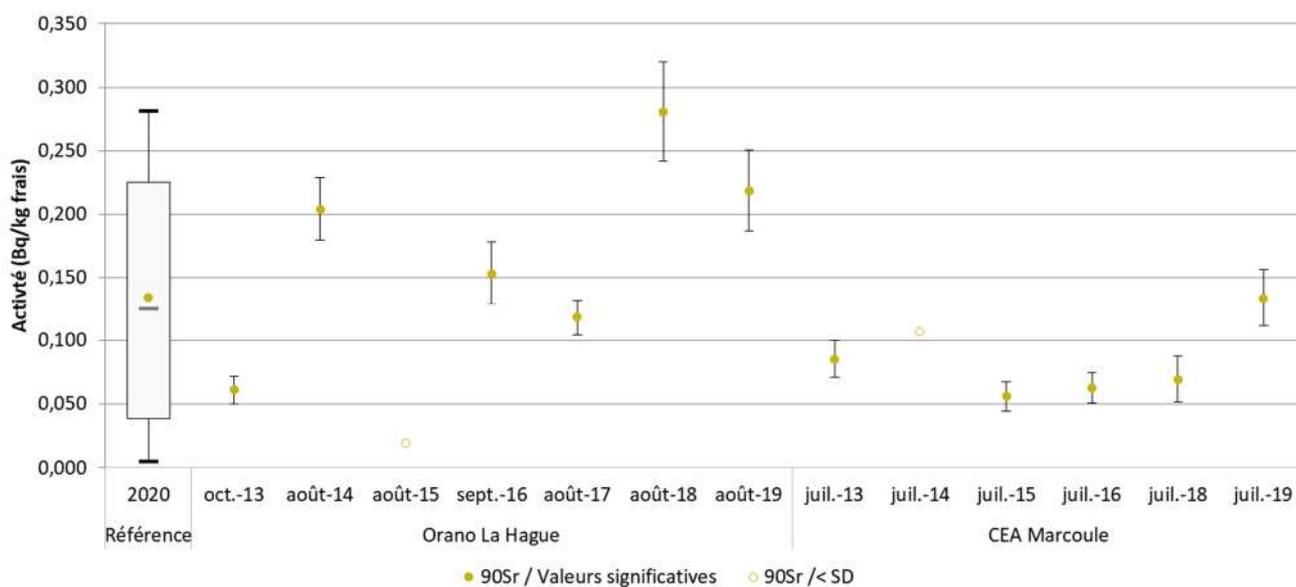


Figure 216. Activités en ⁹⁰Sr mesurées dans les céréales dans l'environnement d'ORANO la Hague et du CEA Marcoule

Par ailleurs, une activité significative en ⁹⁰Sr ($0,018 \pm 0,001$ Bq/kg frais) a également été mesurée dans le prélèvement de riz de Camargue, compatible avec les niveaux usuellement mesurés.

Parmi les 4 prélèvements de céréales sur lesquels une détermination des activités en uranium a été effectuée en 2019, seuls ceux réalisés à proximité d'Orano Tricastin présentent des activités significatives¹⁷, dont une activité en ²³⁵U au sud du site, avec un ratio isotopique ²³⁵U/²³⁸U de $0,709 \% \pm 0,033 \%$, teneur compatible avec l'uranium naturel.

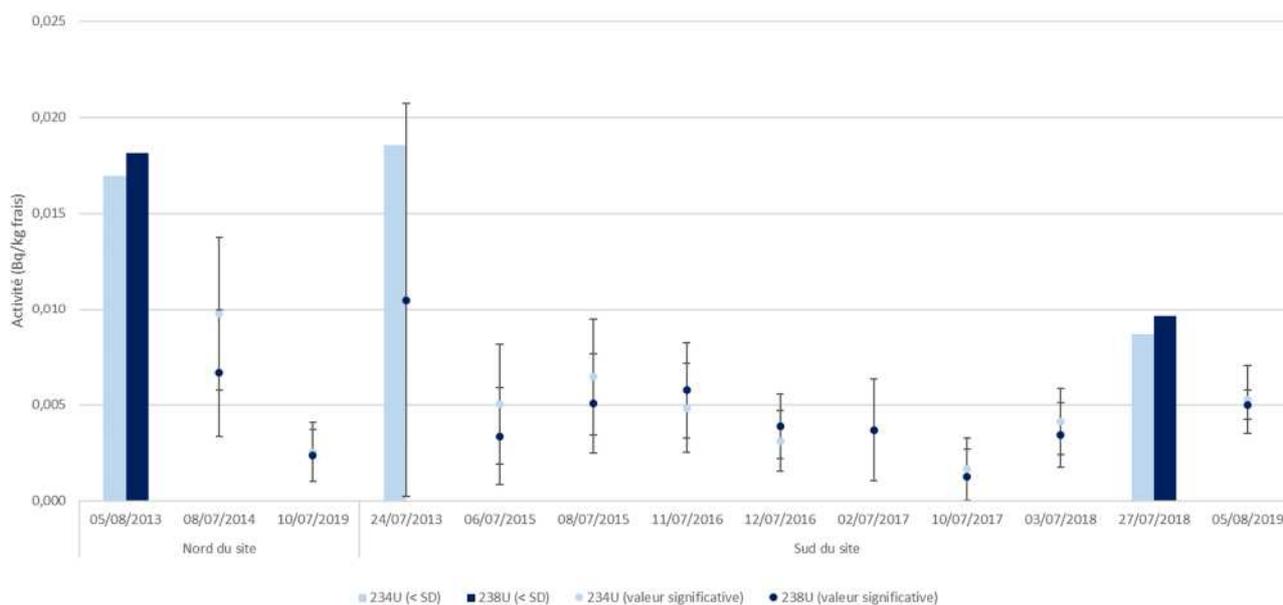


Figure 217. Activités en uranium isotopique dans les céréales prélevées à proximité du site d'Orano Tricastin

Sur les 5 prélèvements ayant fait l'objet d'une analyse de TOL, seuls 4 ont une activité significative, et correspondent aux sites rejetant le plus de tritium par voie atmosphérique (actuellement ou par le passé), à l'exception du CEA de Saclay.

¹⁷ Certains prélèvements n'ont pas pu être réalisés au nord du site, et ont donc été réalisés en substitution au sud du site.

Tableau 28. Activités significatives en TOL dans les céréales

Site	Activité (Bq/kg frais)	Rappel valeurs 2018 (Bq/kg frais)
CEA Marcoule	1,15 ± 0,35	1,20 ± 0,26
ORANO La Hague	7,91 ± 0,64	2,87 ± 0,60
CEA Saclay	1,74 ± 1,16	1,48 ± 0,29
CEA Valduc	3,29 ± 1,31	3,54 ± 0,32

Les activités mesurées en 2019 sont comparables aux activités déterminées en 2018, à l'exception du prélèvement autour du site d'ORANO la Hague, qui est dans la fourchette haute des valeurs usuellement mesurées autour de ce site.

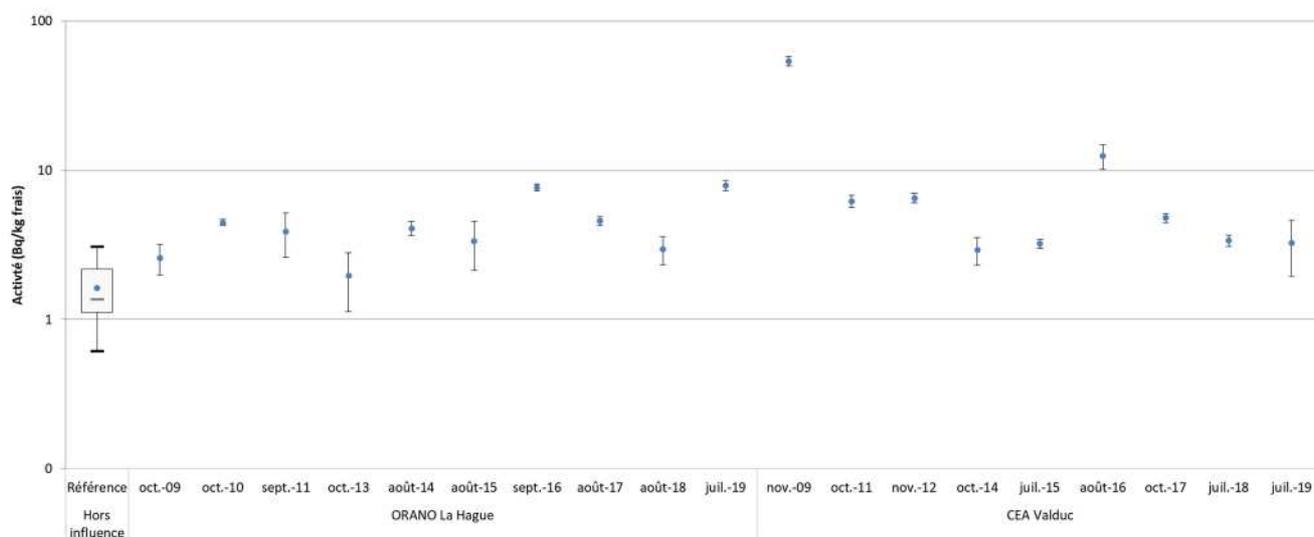


Figure 218. TOL dans les céréales prélevées à proximité de la Hague et Valduc

Poissons

Comme en 2018, un grand nombre de valeurs significatives ont été relevées dans les prélèvements de poissons. Toutes les activités mesurées en ¹³⁷Cs sont cohérentes avec les niveaux usuellement mesurés.

Tableau 29. Activités significatives dans les prélèvements de poissons

Radionucléide	Nombre de mesures	Nombre de valeurs significatives
¹³⁷ Cs	27	19
Isotopes de l'U	3	3
Isotopes du Pu	5	4
²⁴¹ Am	5	4
¹²⁹ I	24	1
¹⁴ C	15	15
TOL	13	13
⁹⁰ Sr	4	3

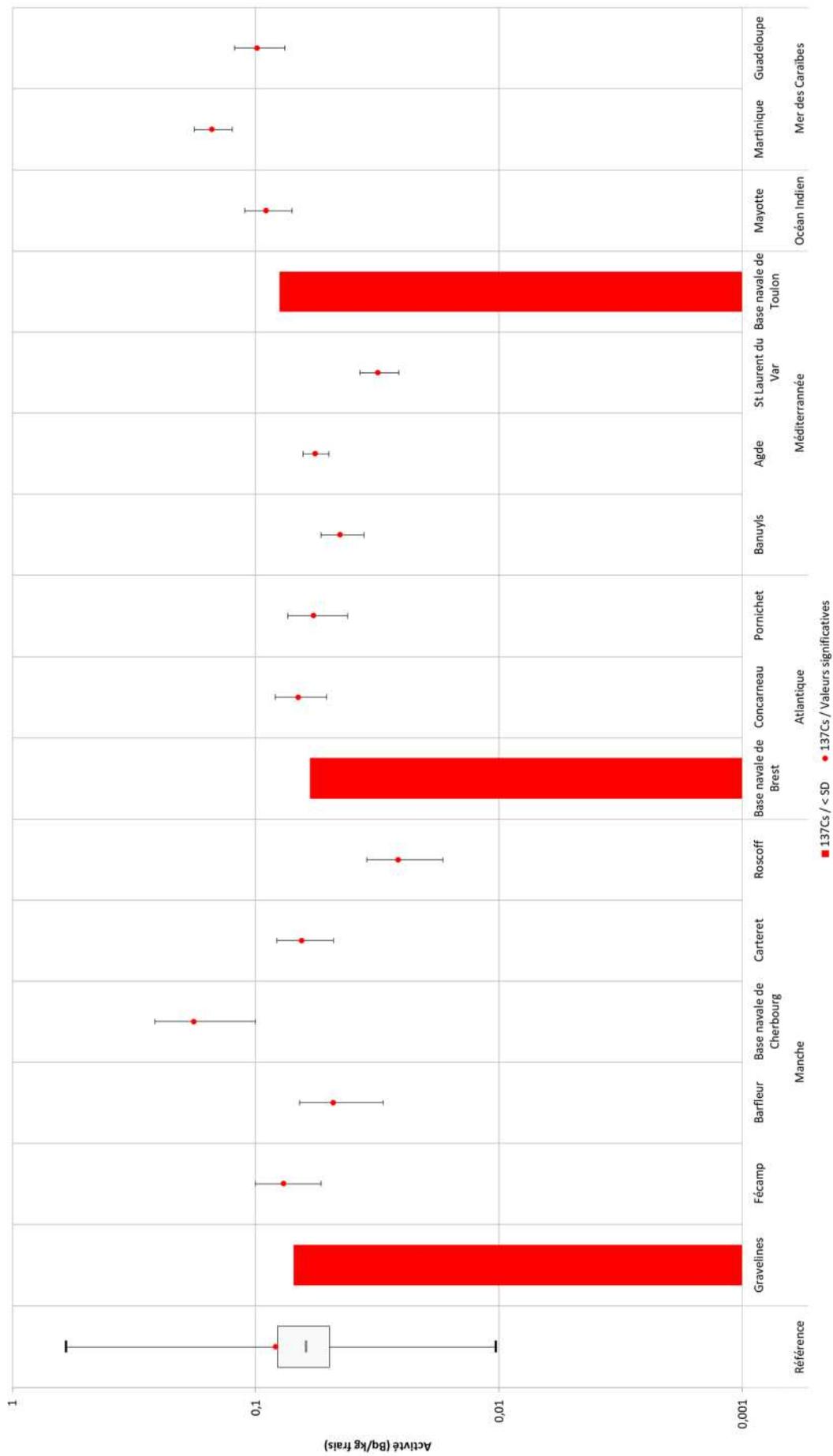


Figure 219. Activités en ^{137}Cs dans les poissons marins

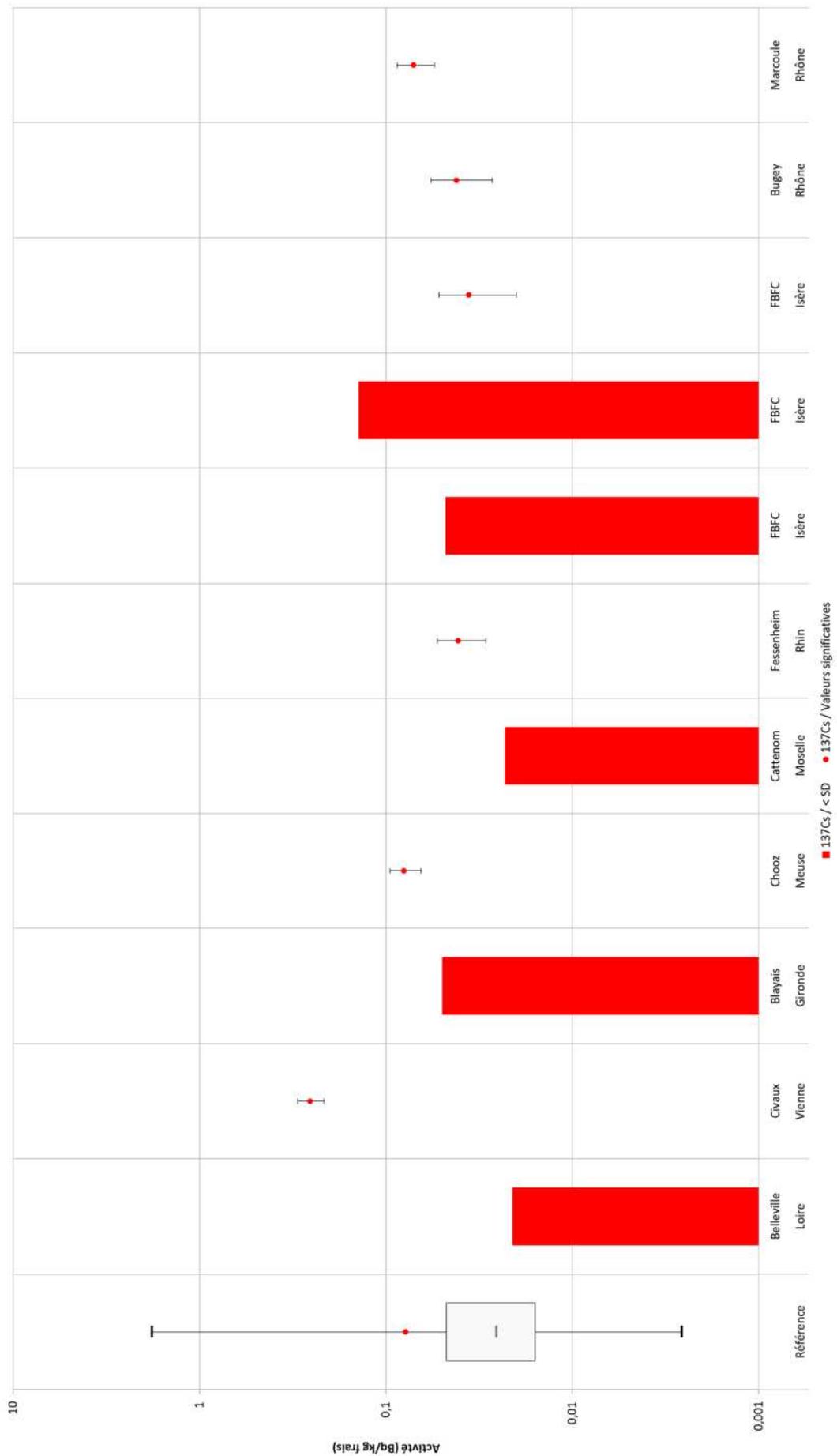


Figure 220. Activités en ^{137}Cs dans les poissons de rivière

Le prélèvement de poisson en aval du Bugey présente également une activité significative en ^{110m}Ag ($0,043 \pm 0,016$ Bq/kg frais), équivalente aux activités mesurées en 2018 ($0,0402 \pm 0,0079$ Bq/kg frais) et 2017 ($0,043 \pm 0,100$ Bq/kg frais).

Comme en 2018, une seule activité significative en ^{129}I a été mesurée dans le prélèvement réalisé dans la Manche au large de Carteret dans le cadre de la surveillance d'ORANO la Hague. Si l'activité mesurée en 2019 est plus élevée qu'en 2018, elle reste inférieure au maximum relevé en 2015 sur un prélèvement de la même espèce.

Tableau 30. Activités significatives en ^{129}I dans les prélèvements de poissons réalisés au large de Carteret

	2019	2018	2015
Activité (Bq/ kg frais)	$0,072 \pm 0,021$	$0,037 \pm 0,008$	$0,087 \pm 0,032$

Comme en 2018, on peut noter une certaine hétérogénéité dans les résultats de ^{14}C dans les poissons, notamment pour les poissons de rivière pour lesquels les activités varient de 25 Bq/kg frais (Cattenom) à 145 Bq/kg frais (Civaux). Les activités mesurées en 2019 restent toutefois comparables à celles mesurées en 2018.

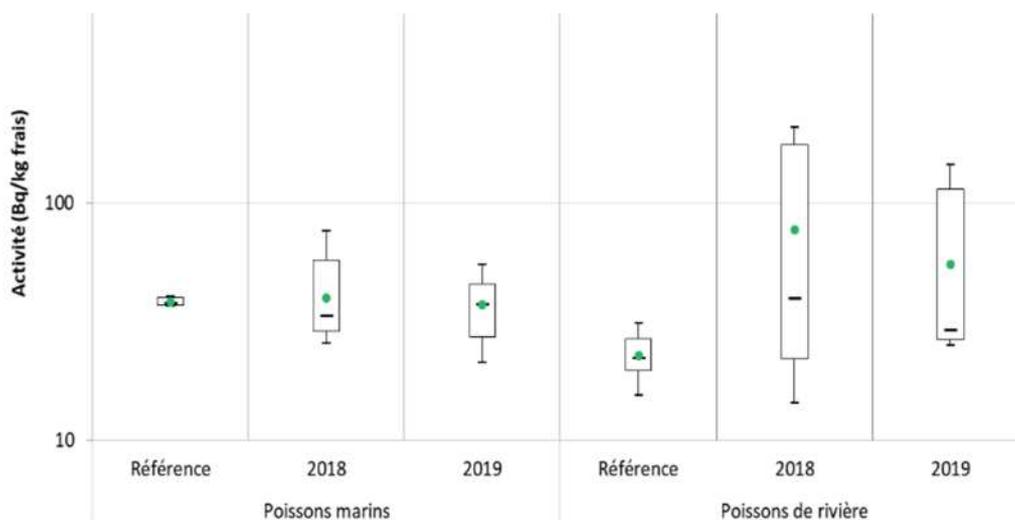


Figure 221. Activités en ^{14}C dans les poissons

Les activités en TOL sont du même ordre de grandeur dans les poissons de mer et de rivière, avec une tendance légèrement plus élevée en rivière. Les activités mesurées dans les poissons de mer sont comme en 2018 supérieures aux niveaux de référence en France.

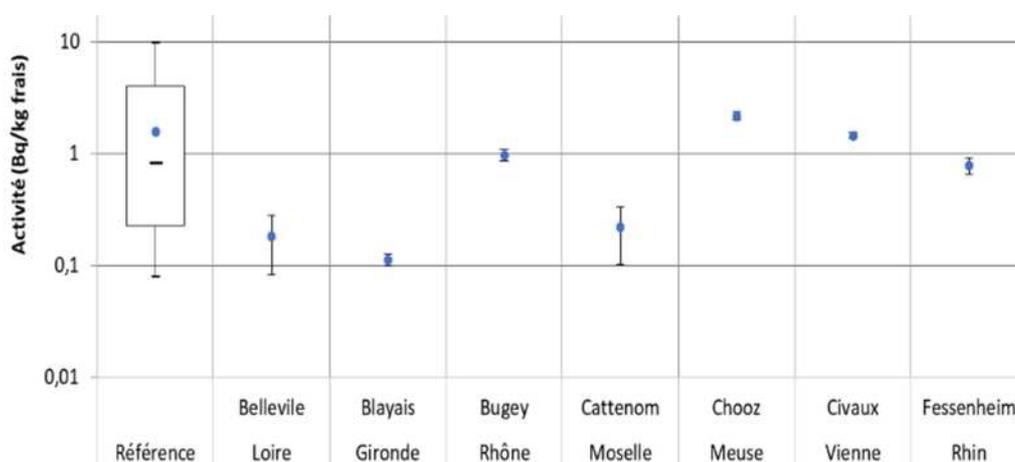


Figure 222. TOL dans les poissons de rivière

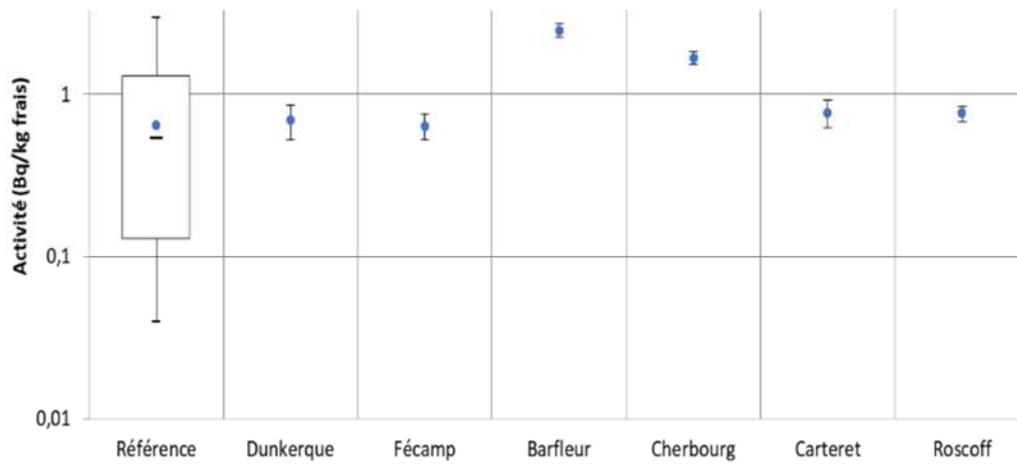


Figure 223. TOL dans les poissons marins

Les activités en ^{90}Sr mesurées dans les poissons marins sont cohérentes avec les niveaux usuellement mesurés hors influence. L'activité du prélèvement de poisson réalisé en aval du CEA de Marcoule est cohérente avec celles relevées les années précédentes, et reste donc nettement supérieure aux valeurs mesurées hors influence.

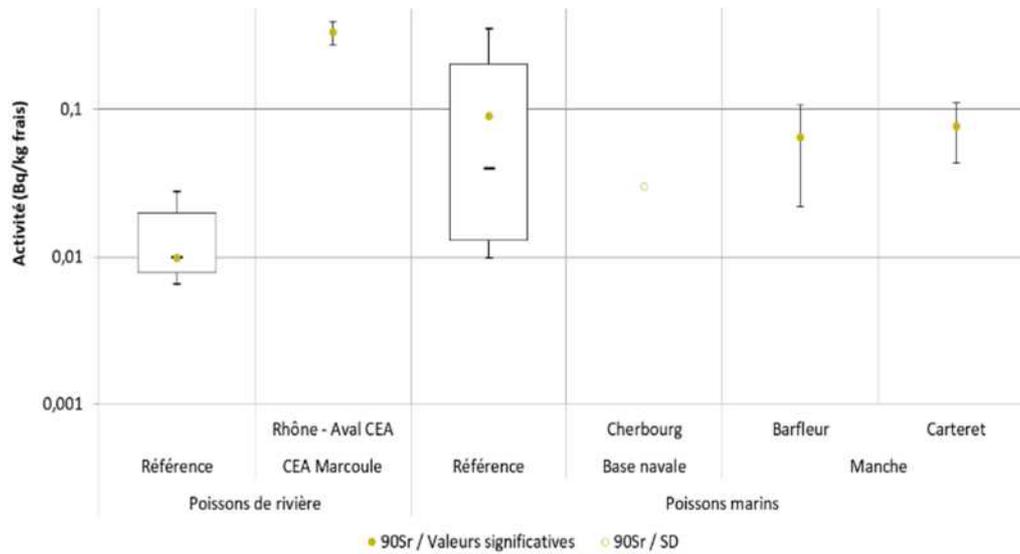


Figure 224. Activités en ^{90}Sr dans les poissons

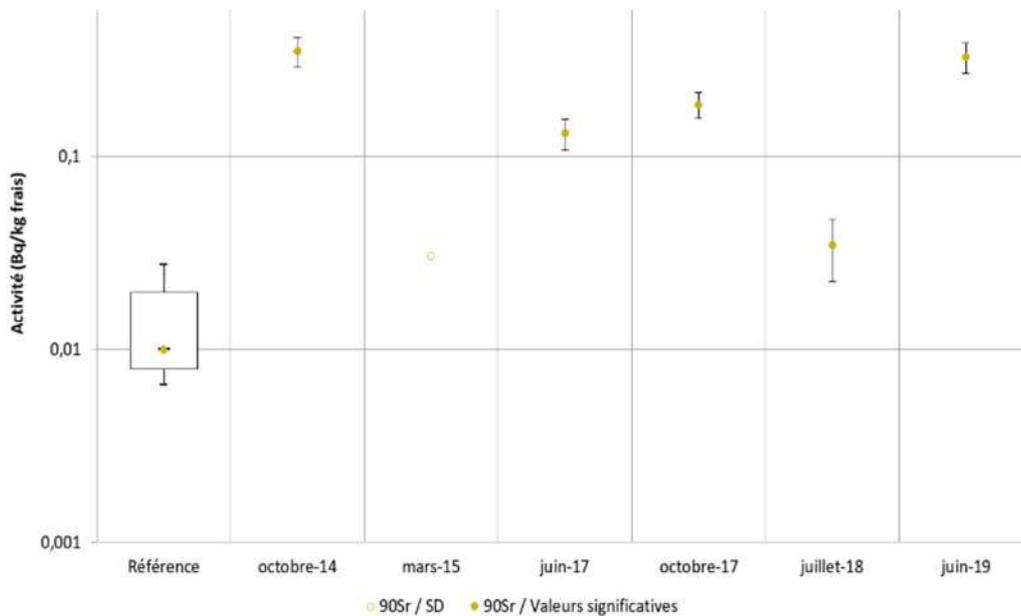


Figure 225. Activités en ^{90}Sr dans les poissons en aval de Marcoule

Seul le prélèvement de poisson réalisé à Carteret dans le cadre de la surveillance de la Hague présente une activité significative mais très proche du seuil de décision en ^{238}Pu ($0,0008 \pm 0,0009$ Bq/kg frais). Les activités en $^{239-240}\text{Pu}$ et ^{241}Am de ce prélèvement sont également significatives et le ratio $^{238}\text{Pu}/^{239-240}\text{Pu}$ est de 0,2, permettant d'attribuer la présence des transuraniens aux activités de retraitement. Les prélèvements de poissons réalisés en aval du CEA de Marcoule, à St Laurent du Var et à proximité de la base navale de Cherbourg ont également des activités significatives en $^{239-240}\text{Pu}$ et ^{241}Am . L'activité en ^{241}Am mesurée dans le prélèvement de la rade Cherbourg est par ailleurs supérieure aux niveaux historiquement observés pour ce point, sans pouvoir expliquer à ce stade cette valeur plus élevée.

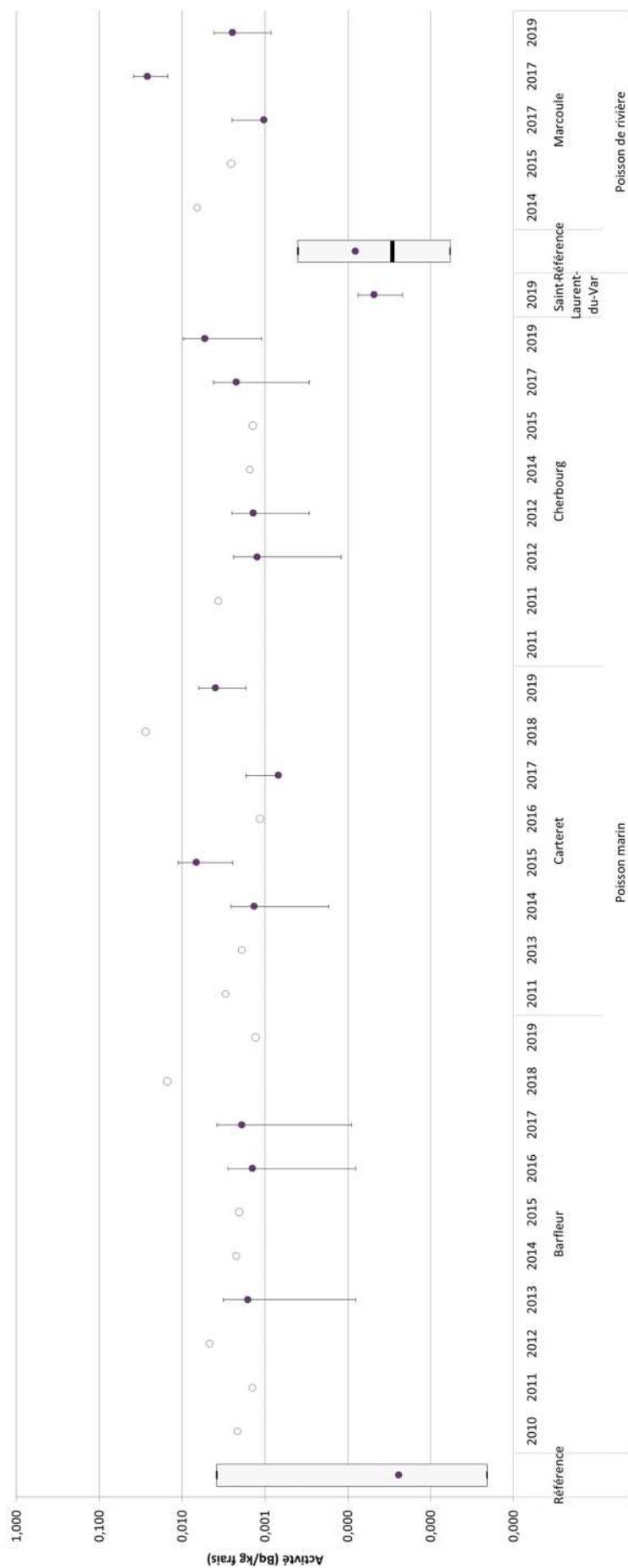


Figure 226. Activités en $^{239-240}\text{Pu}$ dans les poissons

Fruits, légumes et herbes

Comme en 2018, un grand nombre de valeurs significatives ont été obtenues lors des analyses des 35 prélèvements de végétaux terrestres.

Tableau 31. Activités significatives dans les prélèvements de végétaux terrestres

Radionucléide	Nombre de mesures	Nombre de valeurs significatives
^{137}Cs	34	8
^{14}C	20	20
^{234}U , ^{235}U , ^{238}U	6	5
^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{241}Am	1	0
TOL	25	23

Les activités significatives en ^{137}Cs des 5 prélèvements de légumes feuilles et des 3 prélèvements de fruits sont cohérentes avec les niveaux habituellement mesurés hors influence. Il est intéressant de noter que l'activité mesurée dans le prélèvement d'herbe aromatique (thym) à proximité de Cadarache présente également pour la première fois cette année une activité significative en ^{137}Cs .

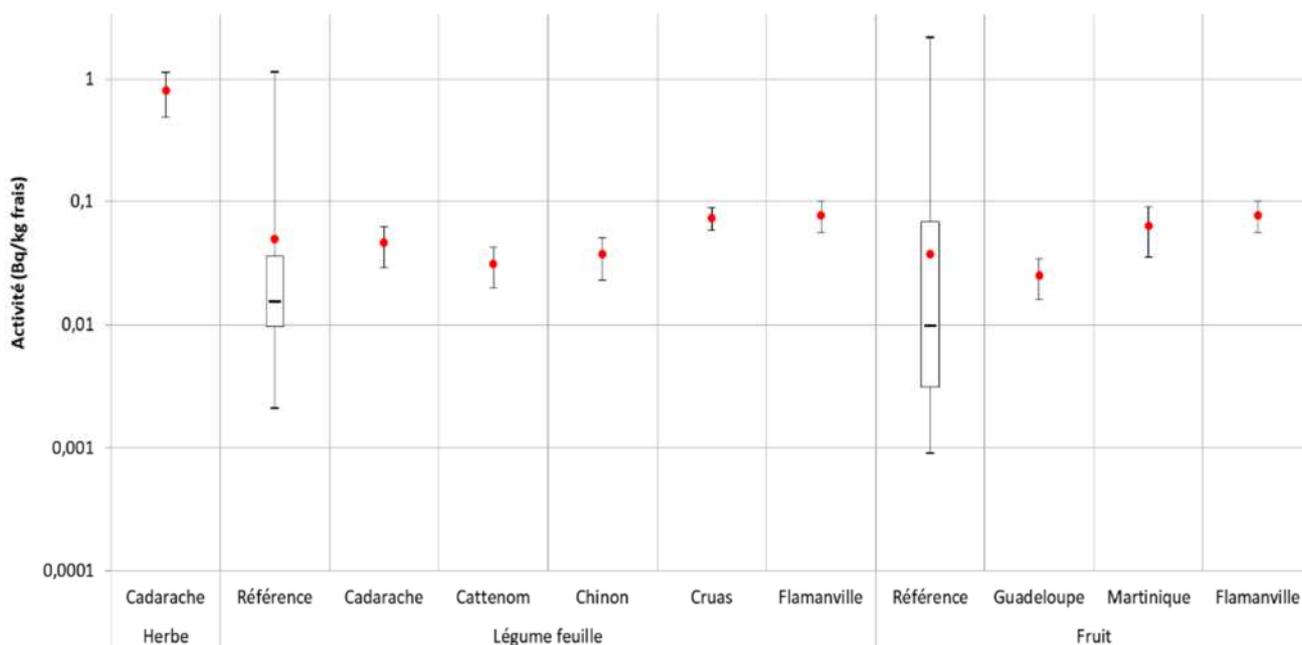


Figure 228. Activités en ^{137}Cs dans les légumes et les fruits

L'ensemble des activités en ^{14}C dans les légumes et fruits est dans la gamme des valeurs de référence.

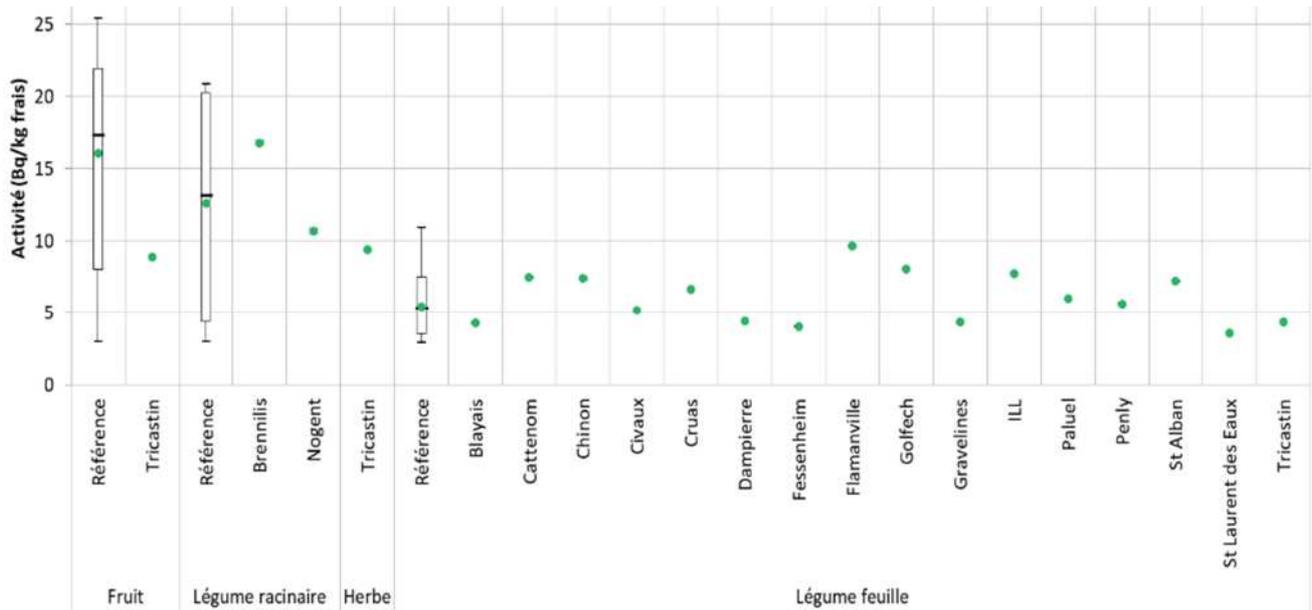


Figure 229. Activités en ^{14}C dans les légumes et les fruits

5 activités significatives en uranium ont été mesurées dont 2 dans des prélèvements à proximité du site du Tricastin. Les activités mesurées sont cohérentes avec les valeurs historiquement mesurées pour ces indicateurs. L'activité mesurée pour le prélèvement de fruit réalisé en Guyane est également cohérente avec les niveaux précédemment observés dans cette région, assez élevés du fait du contexte géologique local.

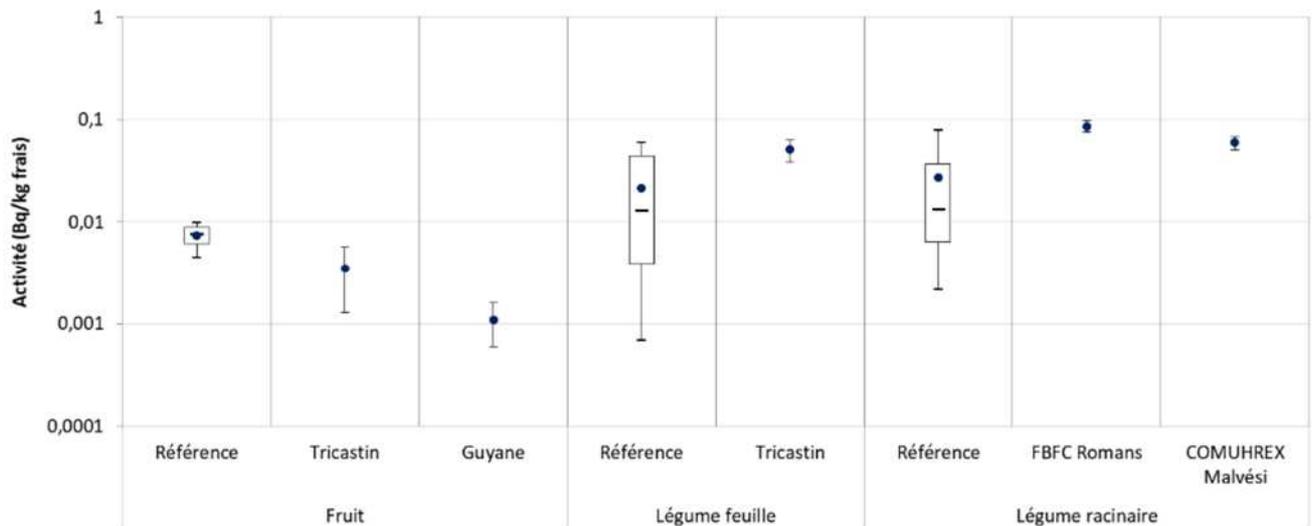


Figure 230. Activités significatives en ^{238}U dans les légumes et les fruits

Les activités en TOL sont cohérentes avec les niveaux attendus.

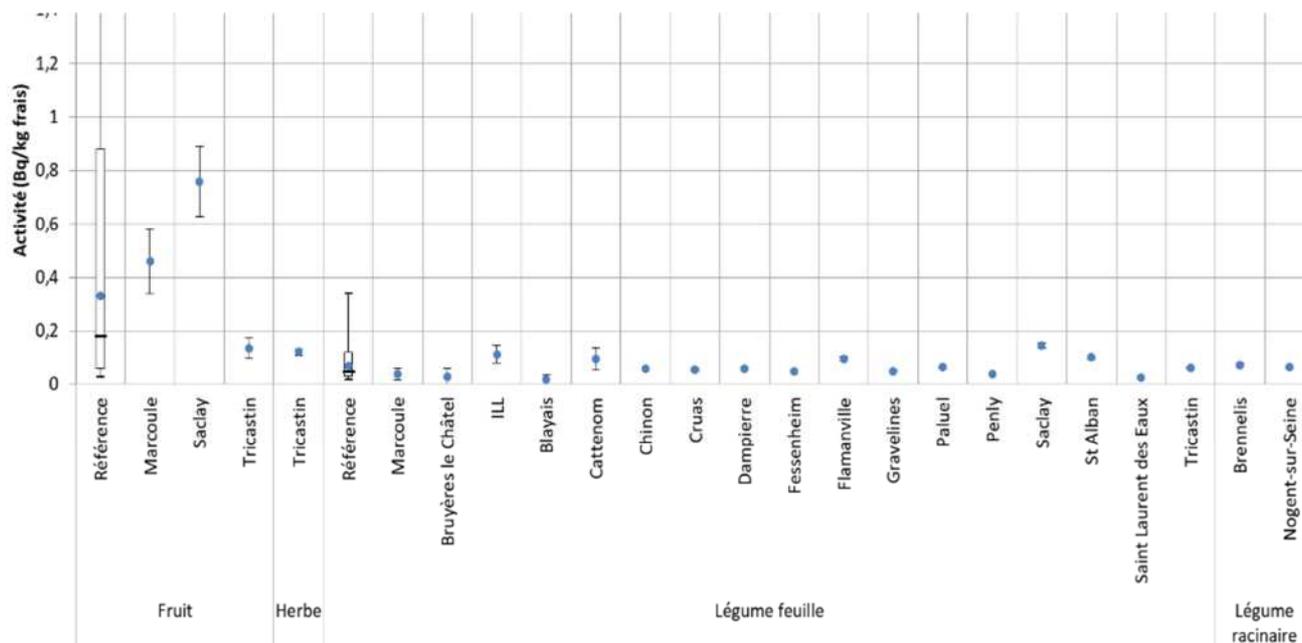


Figure 231. Activités en TOL dans les légumes et les fruits

Boissons alcoolisées

Aucune activité significative autre que du HTO n'a été relevée dans les 3 prélèvements de boissons alcoolisées réalisés en 2019. Les niveaux d'activités sont faibles et proches des seuils de décision.

Tableau 32. Activités en tritium libre mesurées dans les boissons alcoolisées

Origine du prélèvement	Activité ³ H (Bq/L d'eau de lyophilisation)
Pyrénées-Atlantiques (Jurançon)	15 ± 10
Drôme (Coteaux du Tricastin)	16 ± 12
Normandie (Cidre)	20 ± 12

Champignons

Depuis 2019, l'IRSN a engagé un processus de campagnes annuelles d'analyse de denrées de grande consommation dont la production est largement répartie sur l'ensemble du territoire métropolitain, à raison d'un prélèvement par région administrative, et ce, afin de déterminer chaque année des ordres de grandeur de la radioactivité dans un aliment spécifique. En 2019, 6 prélèvements de champignons ont été réalisés sur les 13 initialement prévus. Parmi ces 6 prélèvements, seuls 3 présentent une activité significative en ¹³⁷Cs, cohérentes avec les niveaux usuellement observés en France dans les régions hors influence.

Tableau 33. Activités en ¹³⁷Cs mesurées dans les champignons

Région	Espèce	Activité (Bq/kg frais)
Bourgogne-Franche-Comté	Non identifiée	0,024 ± 0,011
Nouvelle-Aquitaine	Cèpe	9,0 ± 1,1
Grand Est	Cèpe	3,93 ± 0,048

Fromages

Comme pour les denrées communes, l'IRSN procède depuis 2019 à des campagnes de prélèvements de denrées dites « symboliques », correspondant à des aires géographiques définies et reconnues par l'Institut national de l'origine et de la qualité (INAO). L'objectif est d'analyser des denrées représentant une valeur symbolique pour des territoires localisés, tout en privilégiant les appellations permettant un rapprochement en terme métrologique (même légumineux, fromages dont l'élaboration est sensiblement identique...). Ainsi en 2019, ce sont 12 prélèvements de fromage qui ont été analysés.

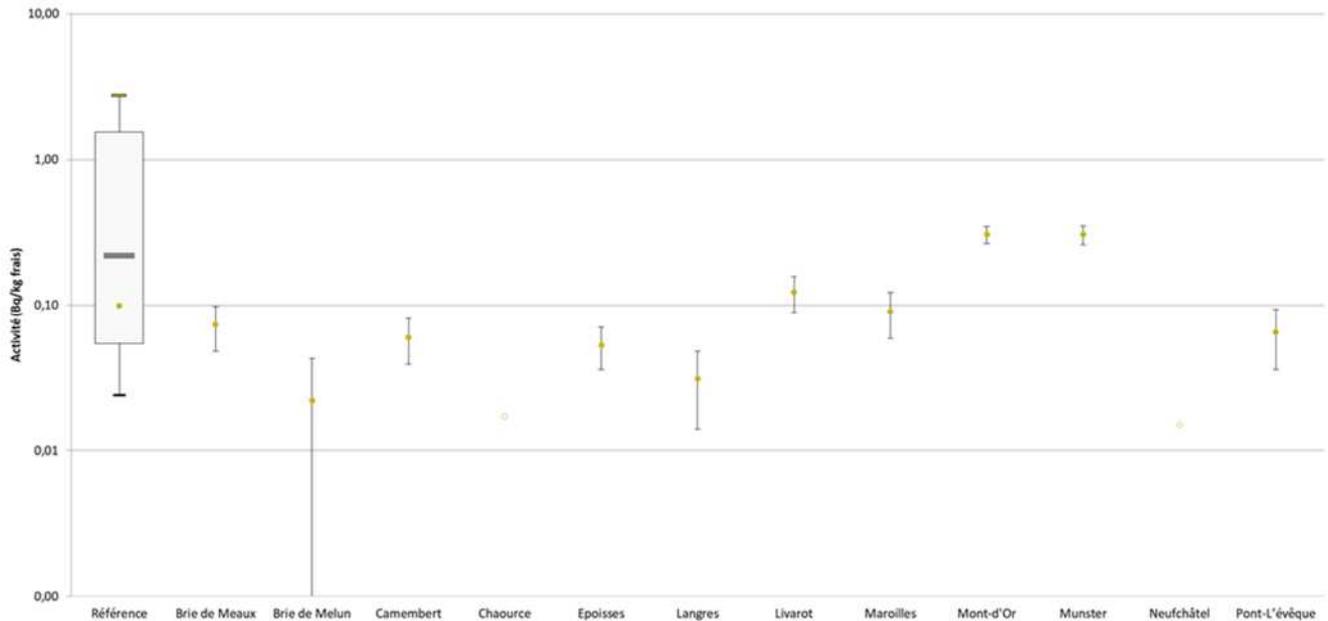


Figure 232. Activités en ^{90}Sr dans les fromages

Conclusions

Comme en 2018, parmi les denrées contrôlées en 2019, aucune activité supérieure aux niveaux maximum admissibles (NMA) de la Commission européenne ou les prescriptions du *Codex alimentarius* n'a été mesurée. Bien que les niveaux soient faibles et, que la consommation de ces denrées ne présente pas d'enjeu sanitaire, certains indicateurs témoignent de l'influence de certains sites sur les productions agroalimentaires à proximité, et ce de façon chronique.

Par ailleurs, certaines valeurs observées peuvent être ponctuellement plus élevées que celles usuellement observées, sans pouvoir expliquer ce phénomène autrement que par l'incertitude liée au prélèvement (localisation exacte...) ou l'effet de la fréquence d'échantillonnage basse pour certaines matrices.

10.5 CAMPAGNES LOCALES DE DETERMINATION DU BRUIT DE FOND

L'IRSN a défini 5 « observatoires » répartis sur le territoire français (Bretagne, Massif central, Nord-est, Provence et Sud-ouest), à distance des installations nucléaires, afin de disposer de chroniques d'évolution temporelle des principaux radionucléides d'origine artificielle décelables dans l'environnement, à distance des installations nucléaires, afin de déterminer un « bruit de fond ». Ces stations permettant en outre de refléter la variabilité spatiale des activités des radionucléides recherchés, qu'elle soit liée à des conditions environnementales ou des dépôts initiaux différents (retombées atmosphériques de Tchernobyl et des essais atmosphériques d'armes nucléaires par exemple).

En 2019, l'IRSN a procédé à des prélèvements de bœuf, lait et tomme au lait de vache, d'herbe de pâturage, de salade, de pommes, de champignons (bolets) et de feuilles d'arbres en Bretagne, au sud du Mont-Saint-Michel.

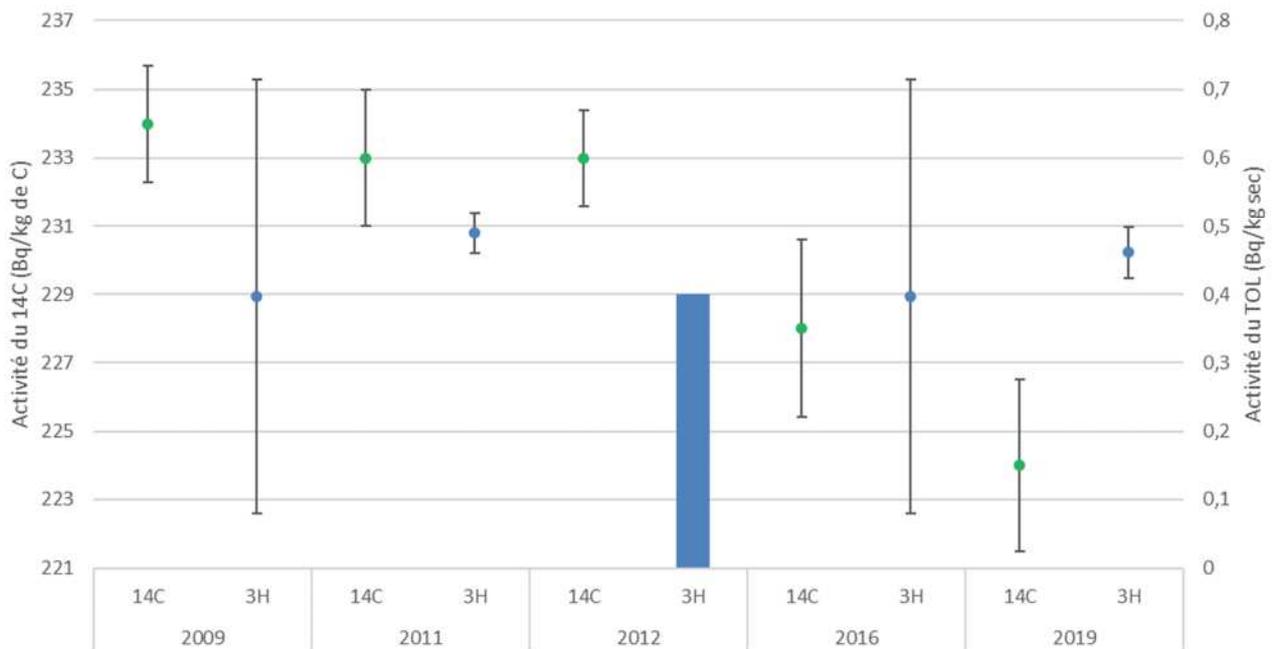


Figure 233. TOL et ¹⁴C mesurés dans les feuilles d'arbres prélevées par l'IRSN en Bretagne entre 2009 et 2019

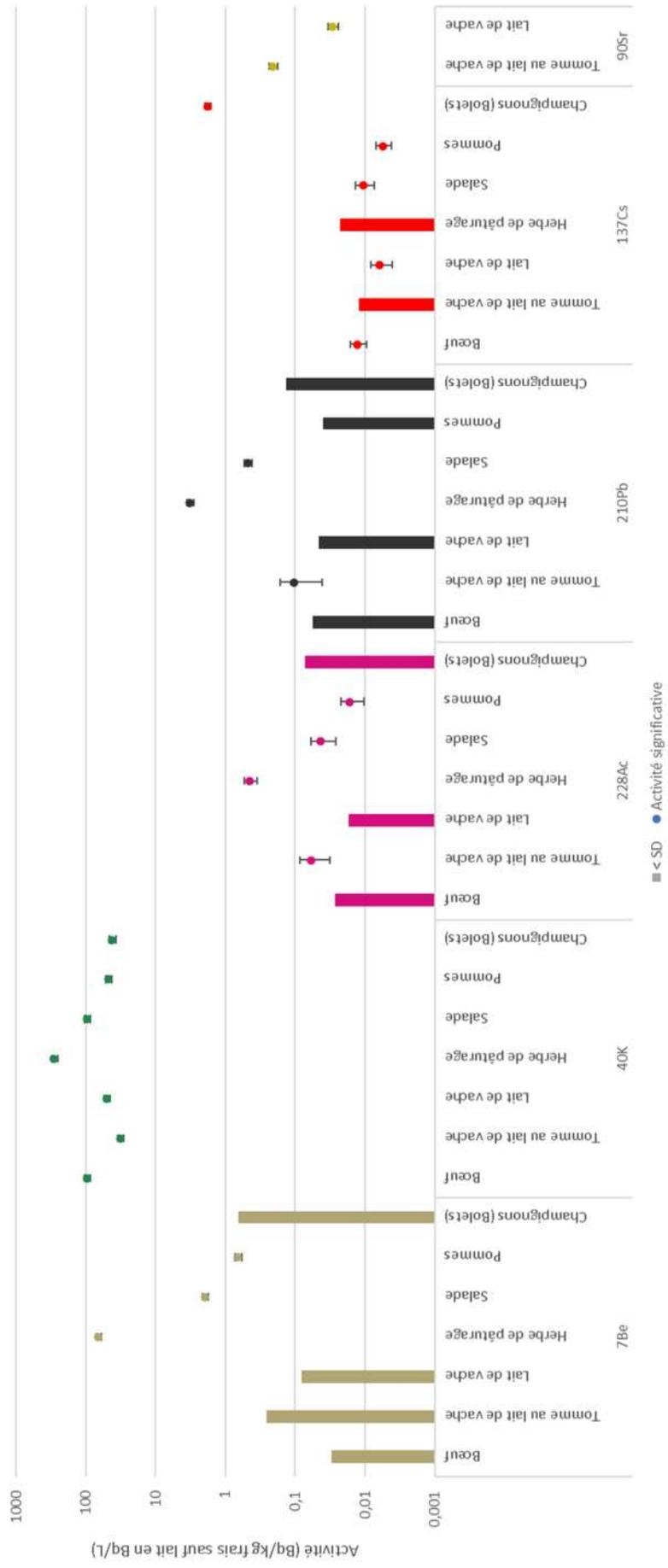


Figure 234. Radionucléides mesurés significativement dans les denrées prélevées en Bretagne en 2019 par l'IRSN

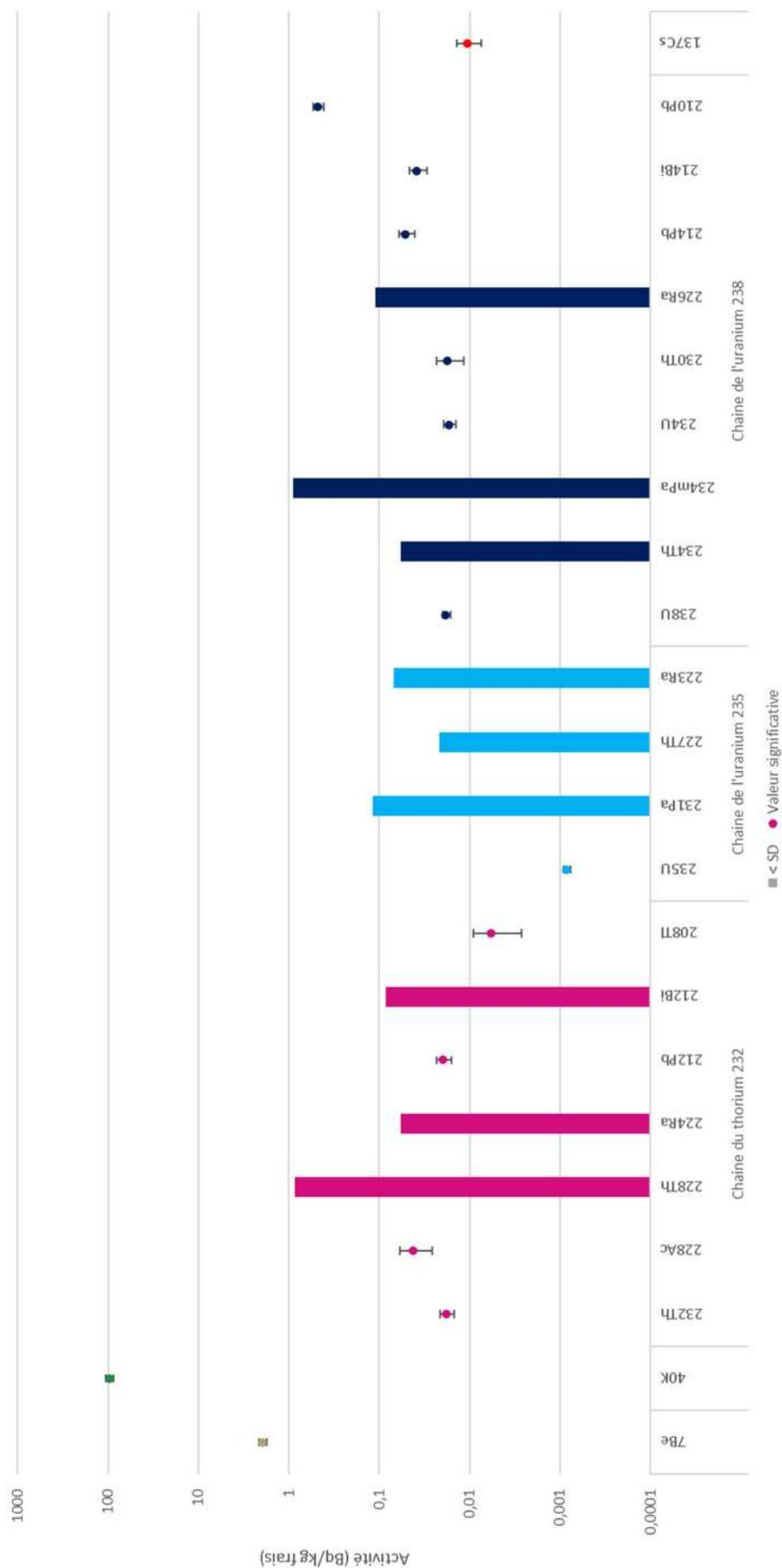


Figure 235. Radionucléides naturels et ^{137}Cs mesurés dans les salades prélevées en Bretagne par l'IRSN en 2019

10.6 DROM-COM

Aucune installation nucléaire n'est implantée dans les DROM-COM ou à proximité immédiate. L'objectif de la surveillance mise en œuvre par l'IRSN est donc d'effectuer une veille sur un nombre limité d'indicateurs, représentatifs de l'environnement local, signifiant socialement et relativement répandus dans l'ensemble de ces territoires, à savoir l'eau de mer, les fruits et le lait.

Tableau 34. Prélèvements reçus depuis les DROM-COM au titre du PSR 2019

DROM-COM	Eau de mer	Fruits	Lait
Guadeloupe	0	1	0
Guyane	0	1	1
Martinique	0	1	1
Mayotte	1	0	1
Réunion	1	0	1
Saint-Pierre-et-Miquelon	0	0	0
Total	2	3	4

Les denrées collectées sont analysées en spectrométrie gamma, avec une analyse complémentaire d'uranium sur les fruits collectés en Guyane, ce radionucléide ayant été observé par le passé dans certaines productions agricoles locales, à des niveaux restant cependant faibles. Comme en 2018, l'obtention des échantillons en provenance des DROM-COM reste assez variable selon les départements, et l'objectif d'obtenir l'ensemble des échantillons dans chacun d'eux reste difficilement atteignable.

Tableau 35. Activités mesurées dans les prélèvements réalisés dans les DROM-COM en 2019

DROM-COM	Type de prélèvement	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs	²²⁸ Ac	²³⁴ U	²³⁸ U
Guadeloupe	Fruit (Bq/kg frais)	62 ± 8	0,03 ± 0,01	< 0,08		
Guyane	Fruit (Bq/kg frais)	53 ± 7	< 0,06	0,33 ± 0,12	0,0007 ± 0,0004	0,0011 ± 0,0005
	Eau de mer (Bq/L)	6,1 ± 0,9	< 0,04	< 0,17		
	Lait (Bq/L)	62 ± 6	0,23 ± 0,04	< 0,18		
Martinique	Fruit (Bq/kg frais)	122 ± 15	0,06 ± 0,03	< 0,27		
	Lait (Bq/L)	38 ± 5	< 0,21	1,60 ± 0,60		
Mayotte	Eau de mer (Bq/L)	1,3 ± 0,6	< 0,04	< 0,17		
	Lait (Bq/L)	48 ± 2	< 0,05	< 0,23		
Réunion	Lait (Bq/L)	50,2 ± 4,4	< 0,05	< 0,22		

Sur l'ensemble des prélèvements analysés en 2019, les seules mesures significatives pour les radionucléides artificiels ont concerné le ¹³⁷Cs dans le lait de vache prélevé en Guyane (0,23 ± 0,04 Bq/L) et les fruits de Guadeloupe (0,03 ± 0,01 Bq/kg frais) et Martinique (0,06 ± 0,03 Bq/kg frais). Aucun ne fait toutefois apparaître d'activité significativement plus élevée que les années précédentes.

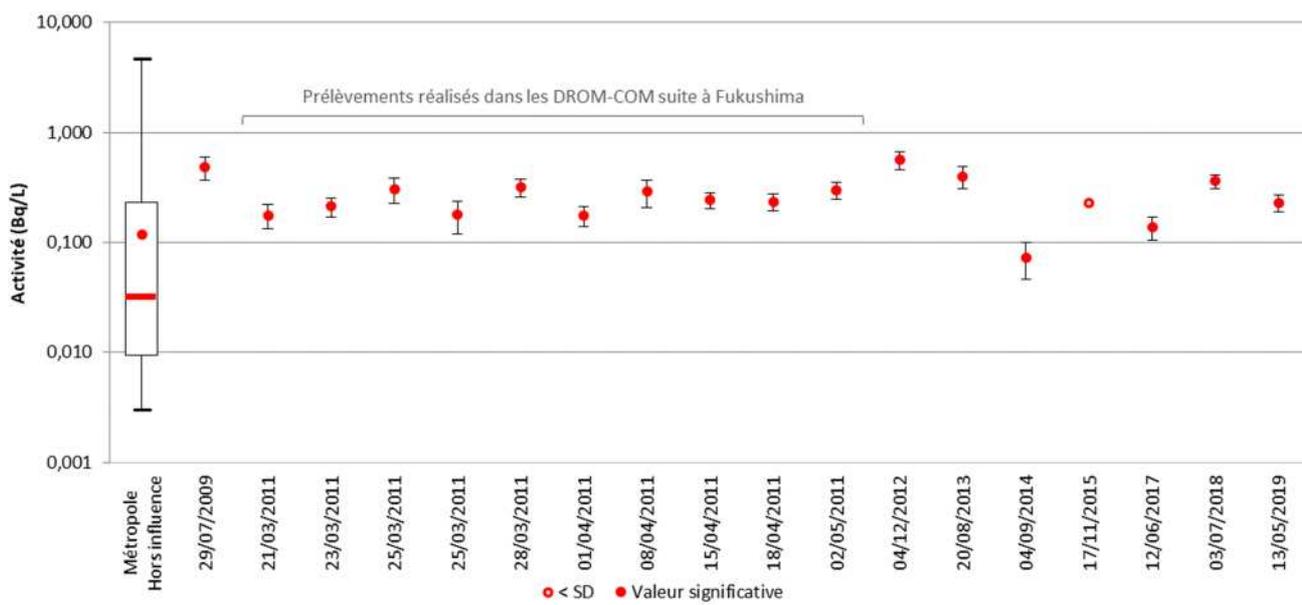


Figure 236. Evolution de l'activité en ¹³⁷Cs dans le lait prélevé en Guyane entre 2009 et 2019

EVENEMENTS

11.1 DETECTIONS ET INVESTIGATIONS DIRECTES

Rejet de ^{75}Se depuis les laboratoires du réacteur BR2 à Mol (Belgique)

Le réacteur BR2 et ses laboratoires, situés sur le site du Centre d'étude de l'énergie nucléaire (CEN) de Mol en Belgique, assure la fabrication de sources de ^{75}Se – radionucléide qui n'existe pas à l'état naturel – pour des applications de gammagraphie.

Le 15 mai 2019, lors de l'opération de soudure d'une des sources, une fuite de radionucléide par la ventilation de la cellule chaude a eu lieu, entraînant un rejet à la cheminée de 37 GBq de ^{75}Se . Les modélisations ont prévu le panache associé qui s'est dirigé vers le nord de la France, puis la Normandie avant de redescendre vers le sud, ce que confirment les résultats des mesures des filtres aérosols.

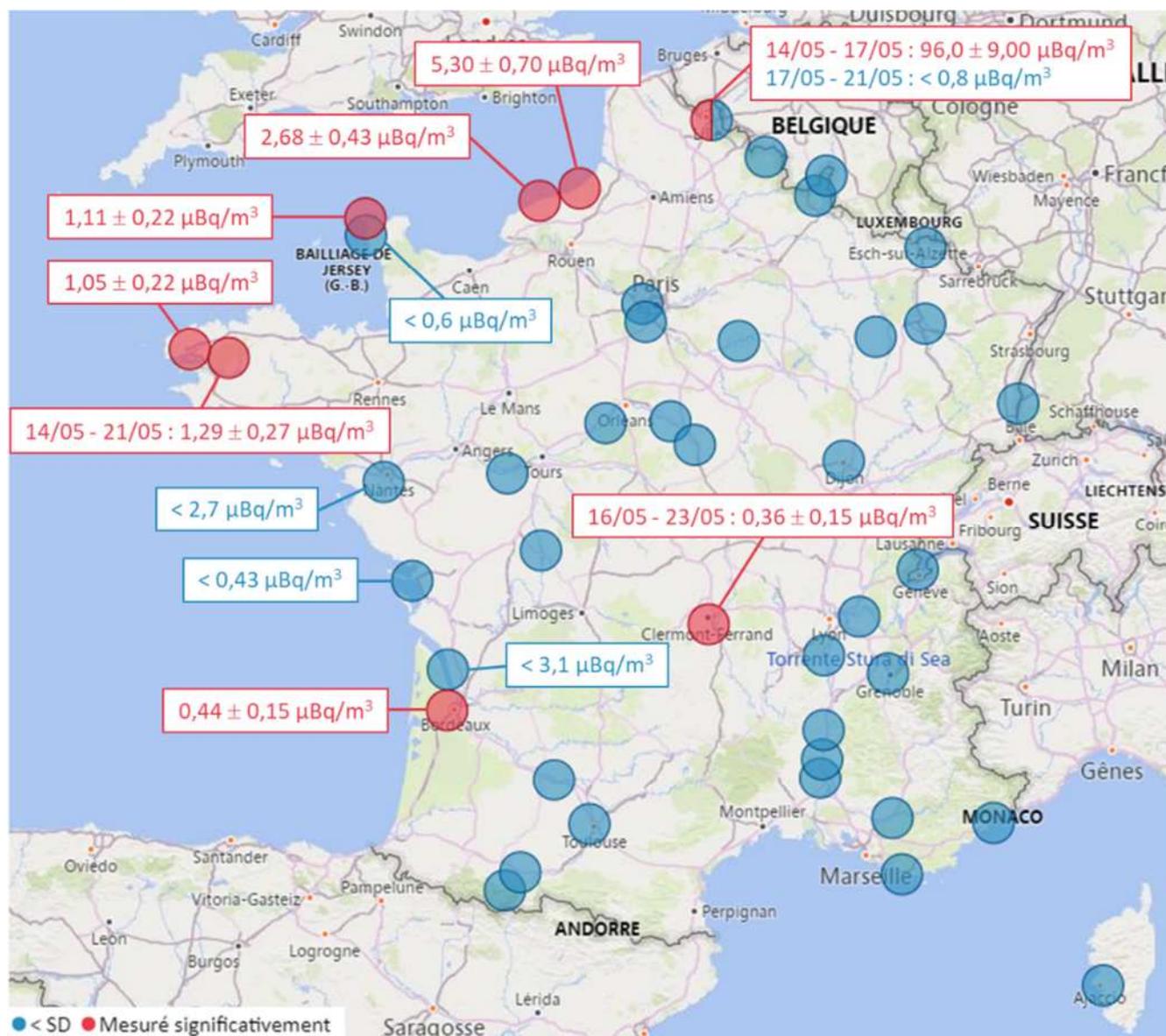


Figure 237. Activités en ^{75}Se relevées sur les filtres aérosols des stations du réseau OPERA-Air pour la période du 13/05/2019 au 20/05/2019 (sauf mention contraire)

NB : Les SD plus bas correspondent aux mesures longues sur détecteur anti-cosmique.

En complément, une mission réactive de prélèvements et de mesures a eu lieu dans la zone de Lille le 22/05/2019, le lendemain de la réception de l'information du rejet par le CEN de Mol. Aucune activité significative en ^{75}Se n'a été relevée dans les matrices prélevées.

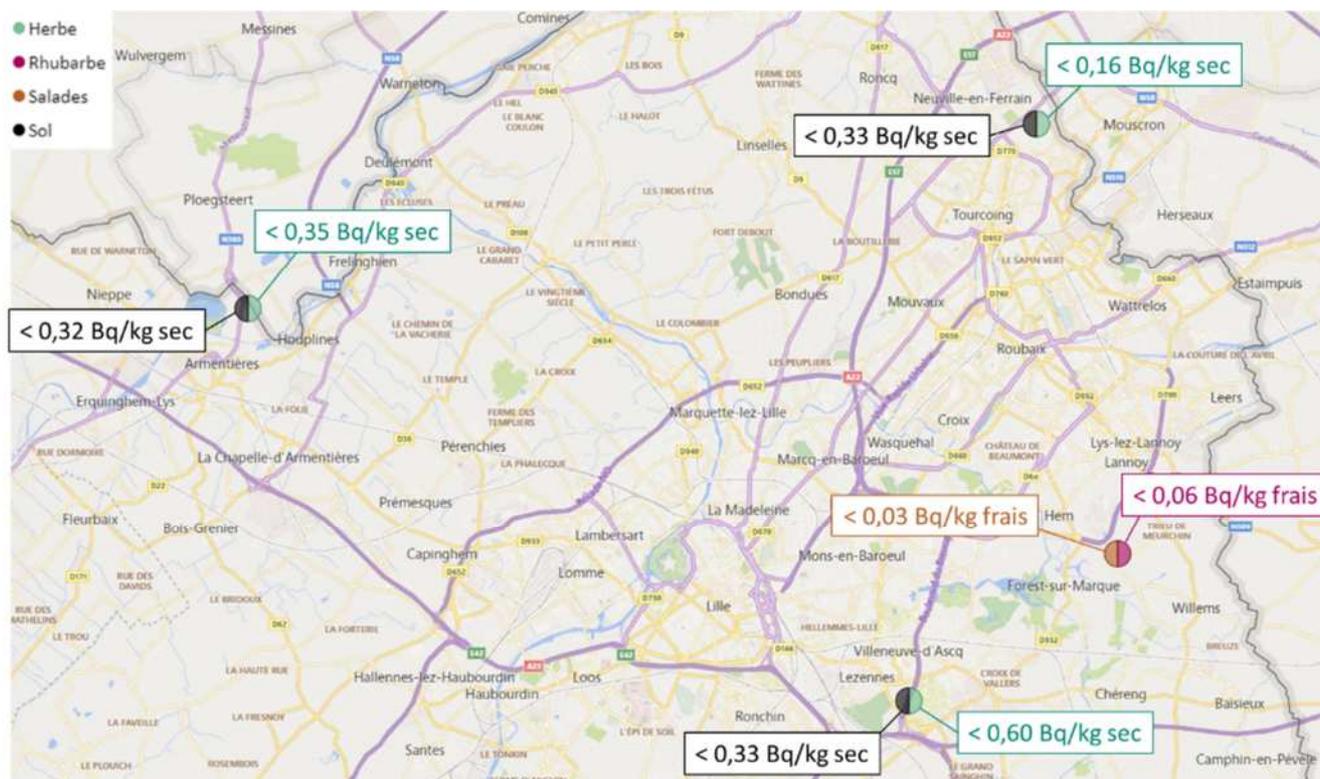


Figure 238. Activités dans les prélèvements réalisés le 22/05/2019 dans la région de Lille suite au rejet de ^{75}Se par le CEN de Mol

Par ailleurs, un prélèvement d'herbe a été réalisé le 23/05/2019 à la plateforme IRSN d'Omonville-la-Petite (à proximité immédiate de la station OPERA-80), avec une activité en ^{75}Se inférieure à 0,21 Bq/kg sec.

Les niveaux de traces observés ont confirmé l'absence de tout risque sanitaire.

Détection de ^{60}Co Bugey à la cheminée du BANG de Bugey

Lors de la mesure du prélèvement d'aérosols à la cheminée du BANG de Bugey pour la période du 15/09/2019 au 22/09/2019, EDF a détecté une activité en ^{60}Co de 1,4 mBq/m³. Après recherche, le filtre de la période du 01/09/2019 au 08/09/2019 présentait lui aussi une activité élevée en ^{60}Co , de 1,2 mBq/m³.

Cet événement a donné lieu à une déclaration à l'ASN, qui a mené une inspection réactive le 03/10/2019 et a sollicité l'IRSN pour savoir si la surveillance assurée par les balises TELERAY et la mesure des filtres de la station OPERA-80 de Bugey avaient détecté une augmentation de la radioactivité et/ou de l'activité en ^{60}Co dans l'air dans l'environnement du CNPE. Les analyses menées n'ont montré aucune élévation en lien avec l'événement.

Les investigations menées par EDF et l'ASN ont conduit à considérer que la source du rejet pouvait être « [la modification de] la zone SFC pour améliorer les opérations de réception, de traitement et de conditionnement des déchets [...] sans la mise en place d'un système de filtration de la ventilation d'ambiance de la zone concernée alors que certaines activités potentiellement contaminantes étaient susceptibles d'y être menées ».

Détection de ^{58}Co dans l'air à Chinon

Lors de l'analyse par spectrométrie gamma du filtre de la station OPERA-Air de Chinon (située au point AS 1) pour la période du 14/10/2019 au 21/10/2019, une valeur significative a été relevée en ^{58}Co de $12,10 \pm 2,23 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$. Cette valeur a été confirmée par comptage 24 h sur détecteur anti-cosmique à $12,24 \pm 1,38 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$. Les filtres des périodes antérieures et postérieures présentaient une activité en ^{58}Co inférieure au seuil de décision ($0,67 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ sur le filtre du 21/10/2019 au 28/10/2019). Le graphique ci-dessous présente la chronique en ^{58}Co de la station OPERA-80 au point AS 1 du CNPE de Chinon (la SD en gris correspond à un volume de prélèvement plus faible qu'attendu) :

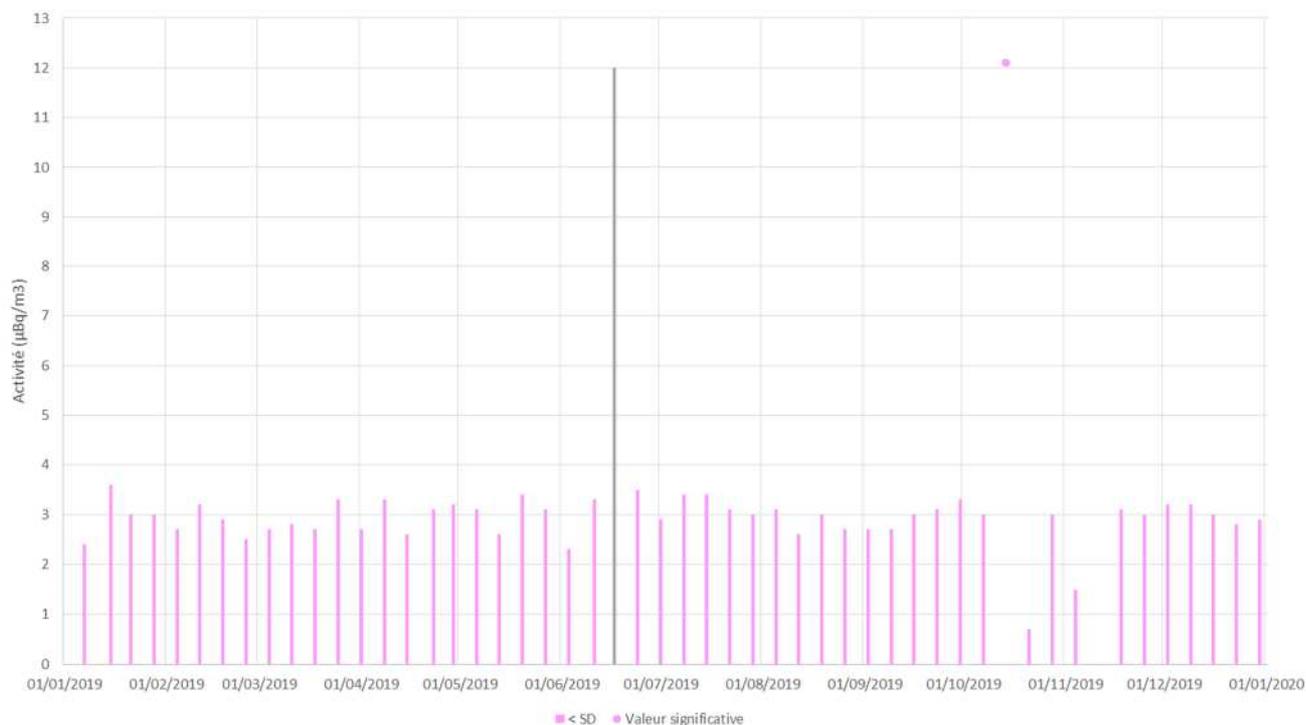


Figure 239. Activités en ^{58}Co mesurées sur les filtres aérosols prélevés en 2019 par la station IRSN de Chinon

EDF a procédé suite à ce signalement à des analyses en spectrométrie gamma sur le regroupement des filtres de la période correspondant prélevés au point AS 1. Aucun radionucléide artificiel n'a été mesuré significativement (seuil de décision en ^{58}Co de $6 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$). Il convient cependant de noter que le débit des stations EDF est de $6 \text{ m}^3/\text{h}$, à comparer aux $80 \text{ m}^3/\text{h}$ de la station IRSN.

Les sources potentielles de ^{58}Co identifiées sur cette période sont de deux types :

- deux rejets de réservoirs TEG, avec des activités en ^{58}Co de $6,3 \cdot 10^{-2}$ et $1,2 \cdot 10^{-1} \mu\text{Bq}/\text{m}^3$;
- la dépressurisation de l'un des quatre bâtiments réacteurs, dont l'activité mesurée inférieure au SD par EDF de $0,1 \text{ Bq}/\text{m}^3$ a été évaluée par l'exploitant après dispersion à $1,1 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$.

Mesures élevées en indices bêta globaux sur les sites EDF

Fin août 2019, EDF a informé l'IRSN d'un dépassement sur plusieurs sites du seuil d'indice bêta global de ses filtres aérosols de 2 mBq/m³ prévu dans la décision 2013-DC-0360 modifiée, dans un contexte général d'augmentation à cette période de ces mêmes activités.

Les valeurs moyennes observées par EDF montrent en effet une augmentation importante à la fin de l'été 2019, particulièrement à la fin du mois d'août. On peut également noter qu'un tel phénomène c'était déjà produit au mois de février.

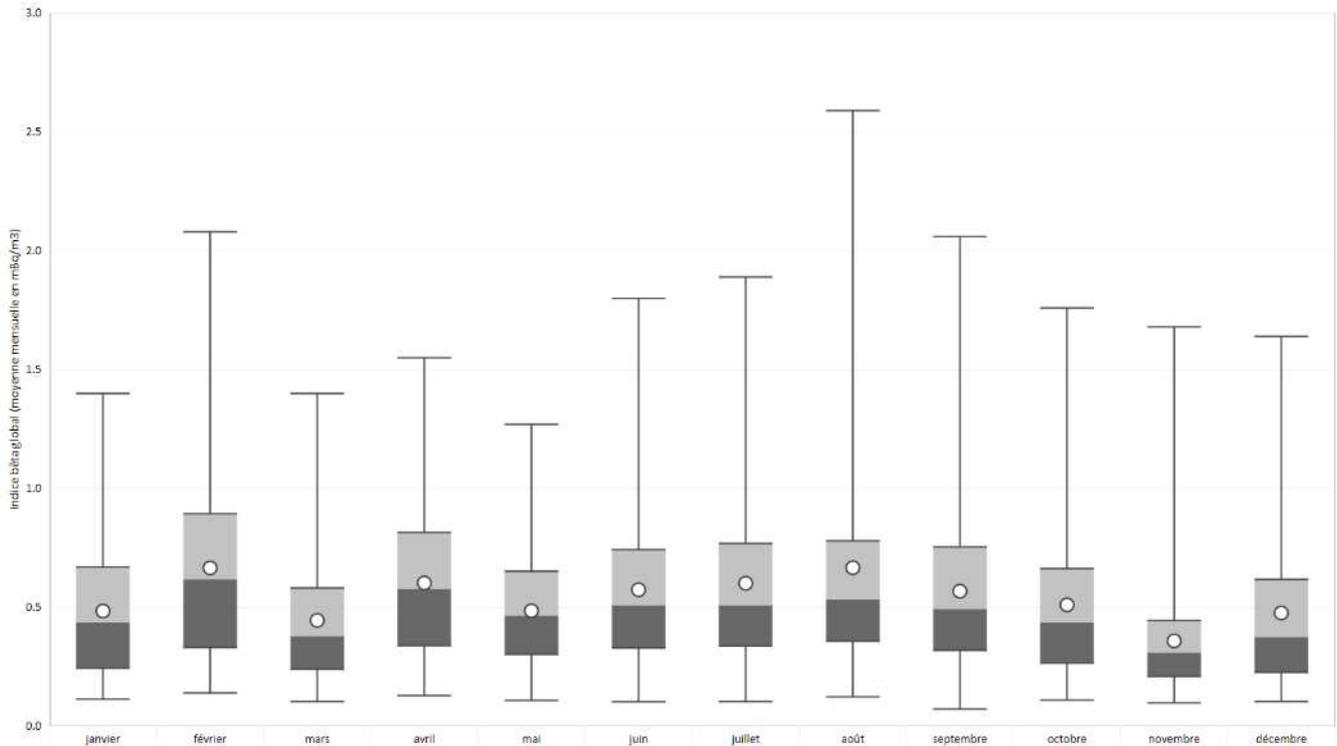


Figure 240. Moyennes des indices bêta globaux mesurés sur les filtres aérosols EDF prélevés aux points AS1 des CNPE EDF en 2019

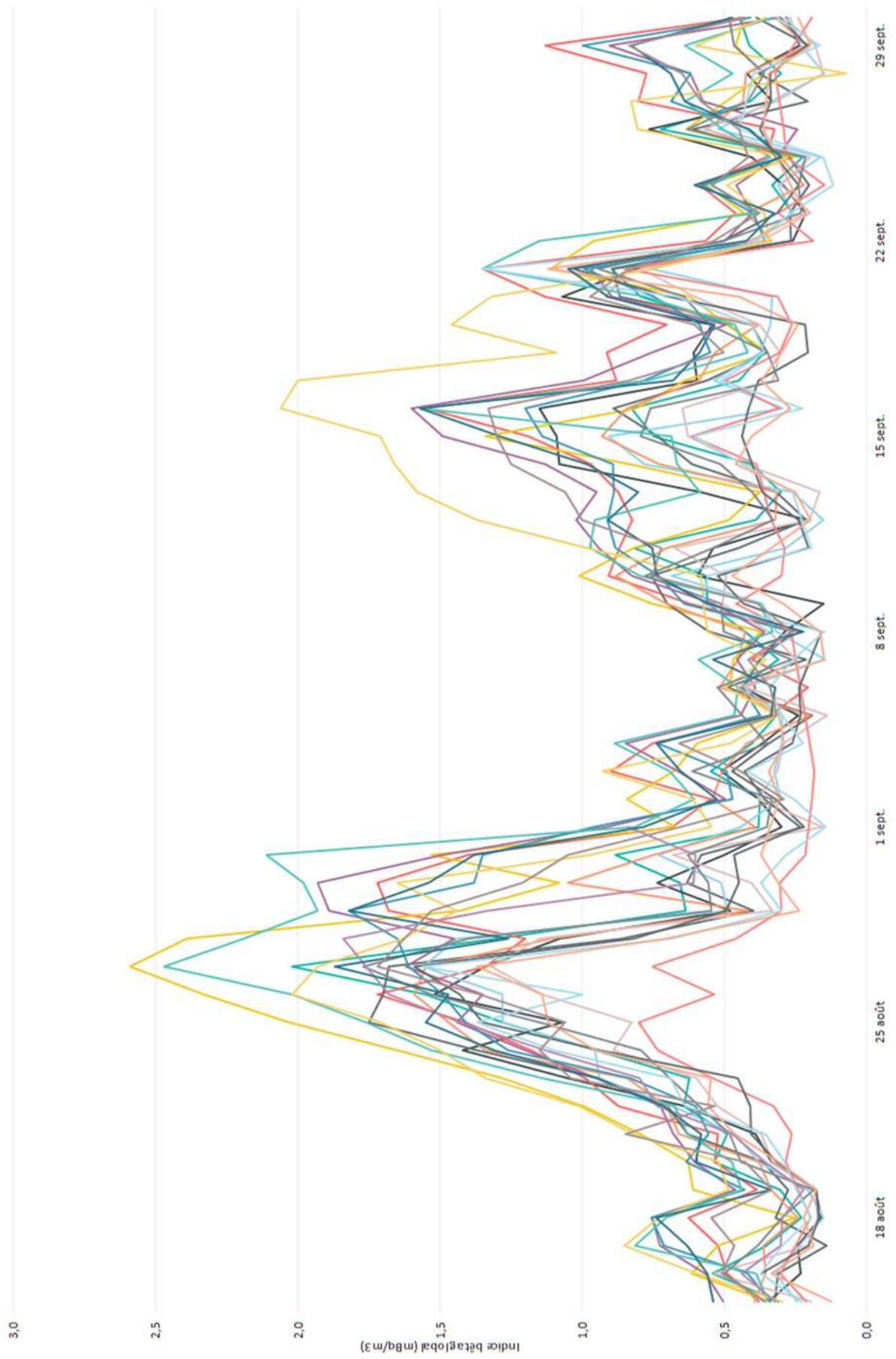


Figure 241. Indices bêta globaux mesurés sur les filtres aérosols EDF prélevés aux points AS1 des CNPE EDF du 15/09/2019 au 30/09/2019

Les niveaux les plus élevés atteints le 27/08/2019 sont observés sur les CNPE de Cattenom, Fessenheim, Belleville, Golfech (avec un dépassement du seuil le 26/09) et Nogent, présentant ainsi un aspect très généralisé sur le territoire. En outre, cette augmentation est spatialement isotrope, comme le montre la mesure sur les quatre stations réglementaires :

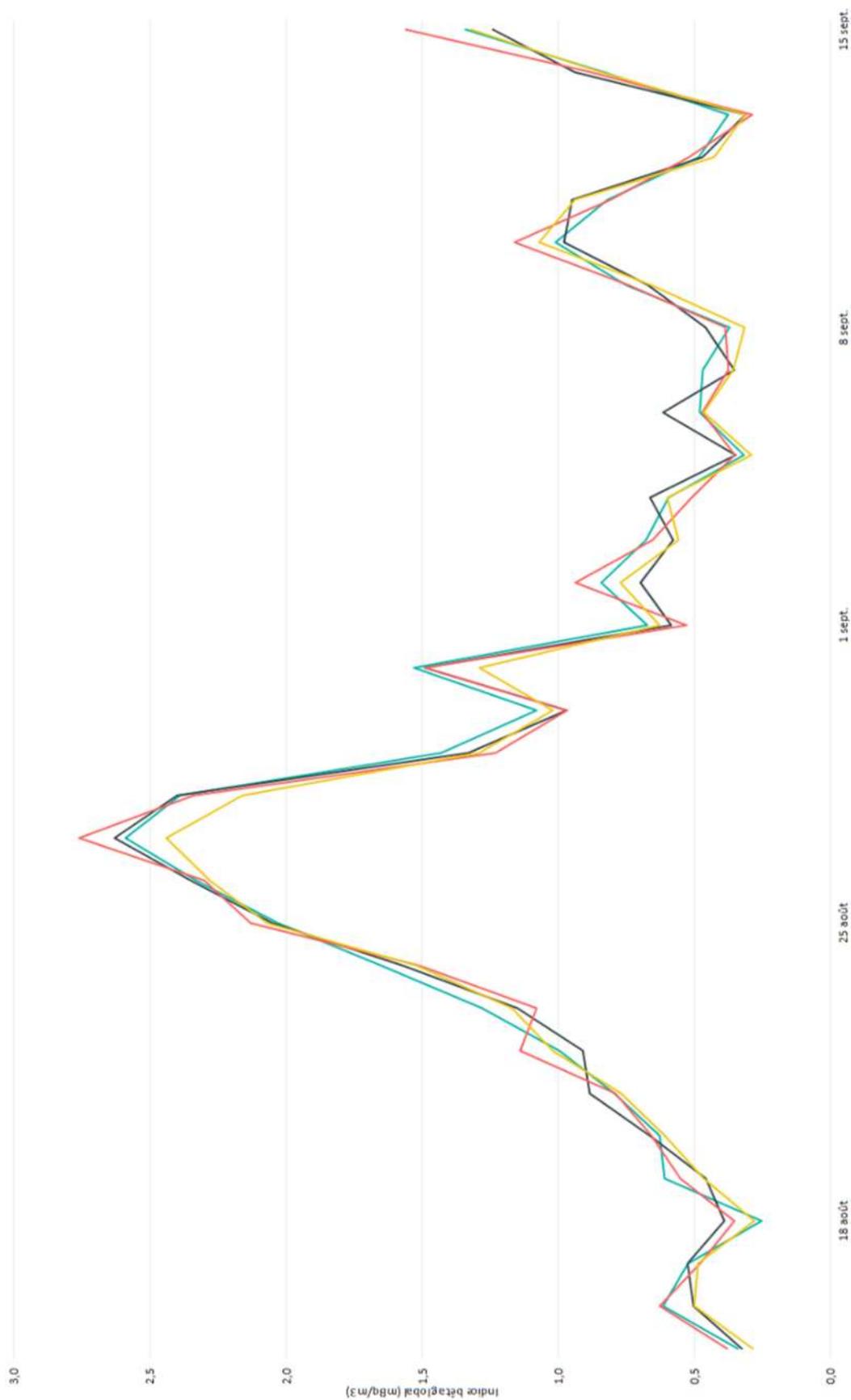


Figure 242. Indices bêta globaux mesurés sur les filtres aérosols du CNPE de Cattenom entre le 15/08/2019 et le 15/09/2019

Afin de confirmer l'origine naturelle du phénomène, l'IRSN a étudié les résultats des mesures en spectrométrie gamma des filtres des stations OPERA-Air situées aux points AS1 des CNPE. La variation du ^{210}Pb , principal contributeur à l'indice bêta global à t + 5 jours, sur la période confirme l'origine naturelle du phénomène avec une très bonne corrélation :

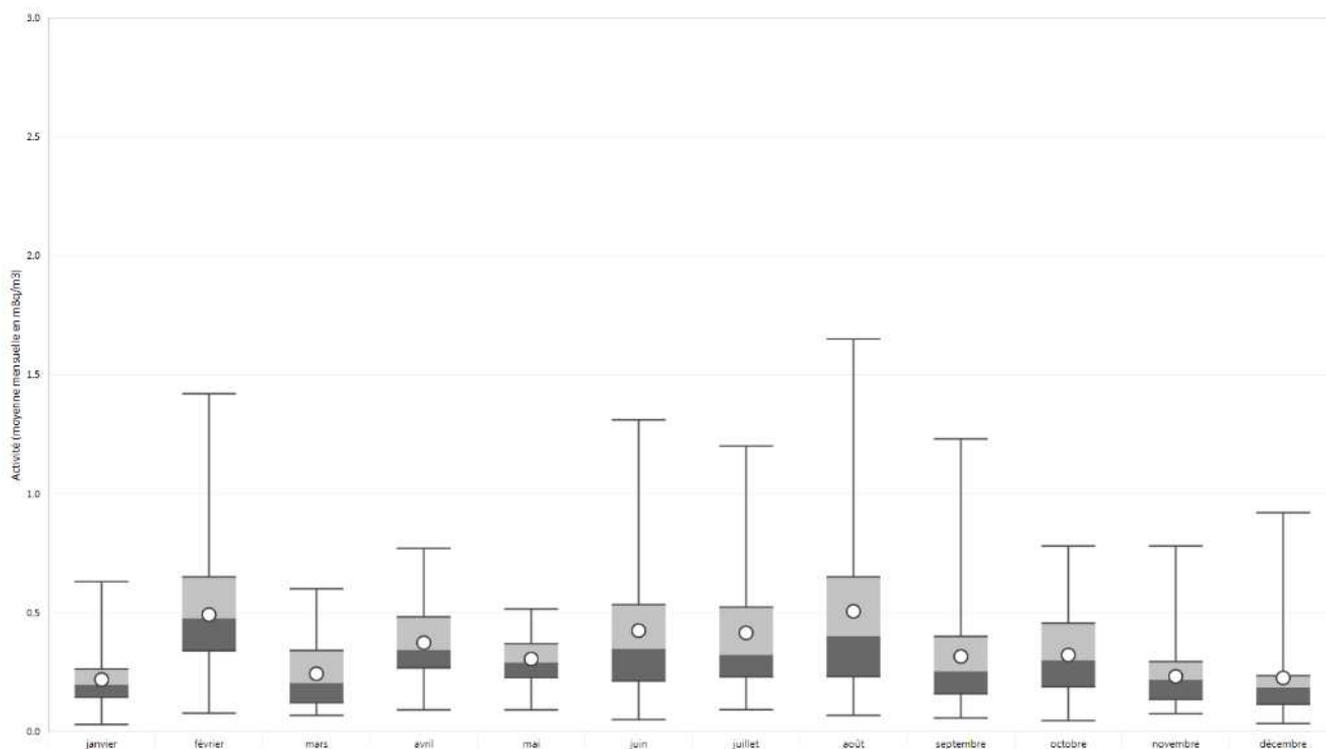


Figure 243. Moyennes des activités en ^{210}Pb mesurées sur les filtres aérosols IRSN prélevés aux points AS1 des CNPE EDF en 2019

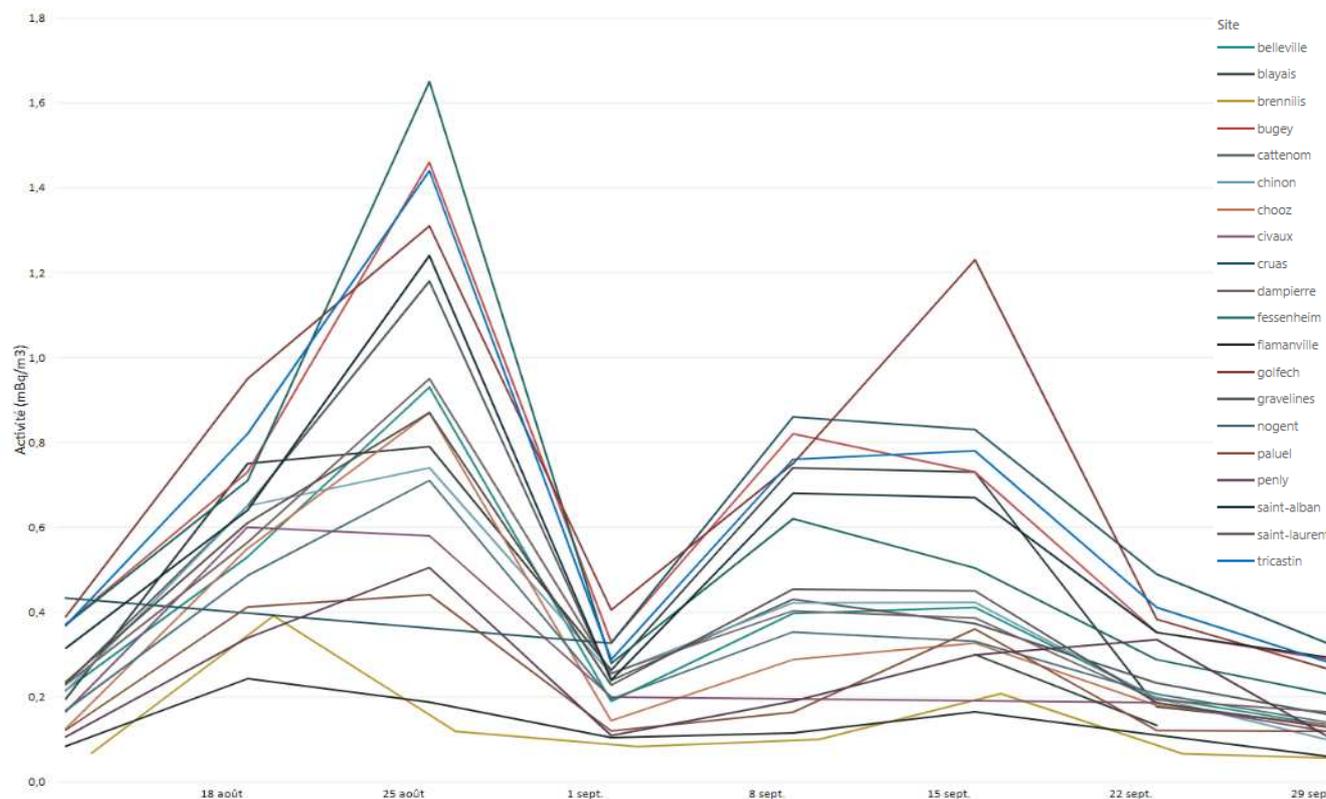


Figure 244. Activités en ^{210}Pb mesurées sur les filtres aérosols IRSN prélevés aux points AS1 des CNPE EDF du 15/09/2019 au 30/09/2019

Il convient de noter que l'ensemble des stations de France métropolitaine ont permis d'observer la même tendance, imputable à l'épisode de canicule en France à cette période. Par ailleurs, une élévation de la même ampleur a été observée à Ajaccio à la mi-septembre 2019 (1,5 mBq/m³). Des épisodes d'augmentation des niveaux de ²¹⁰Pb dans l'air, moins généralisés cependant, ont également pu être observés lors de la canicule de juin 2019 et en février 2019.

Concernant cette dernière période, l'élévation a principalement pu être observée les 26 et 27 février dans deux zones distinctes : à l'ouest au niveau de Civaux, Chinon et Saint-Laurent, et autour de Lyon (Saint-Alban au sud, Creys-Malville et Bugey à l'est), à des niveaux légèrement inférieurs. Des variations importantes sur le mois de février sont également repérables à Cattenom et Nogent.

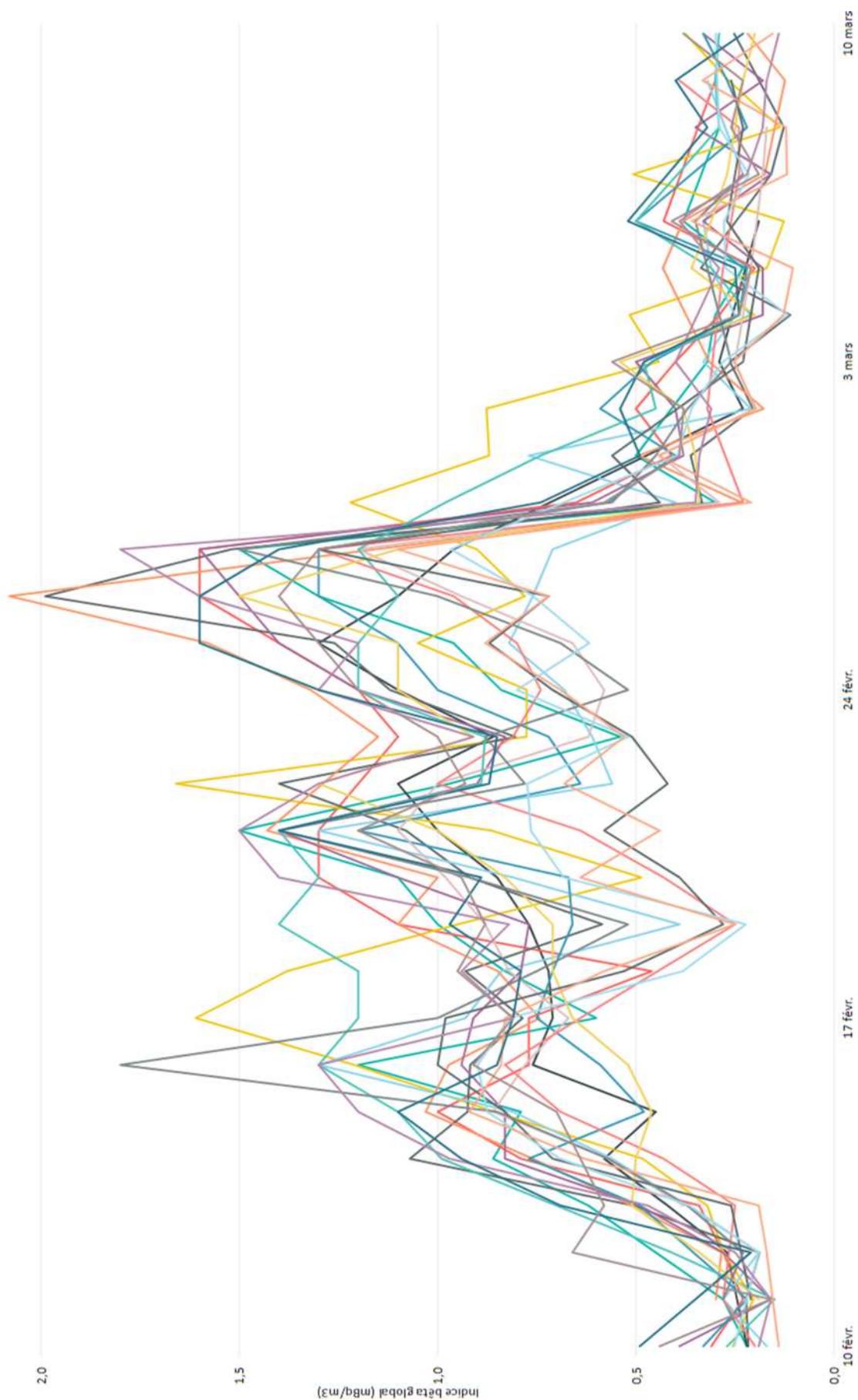


Figure 245. Indices bêta globaux mesurés sur les filtres aérosols EDF prélevés aux points AS1 des CNPE EDF du 10/02/2019 au 10/03/2019

Le caractère isotrope reste présent sur l'ensemble des stations, avec des différences cependant plus marquées selon les points de prélèvement :

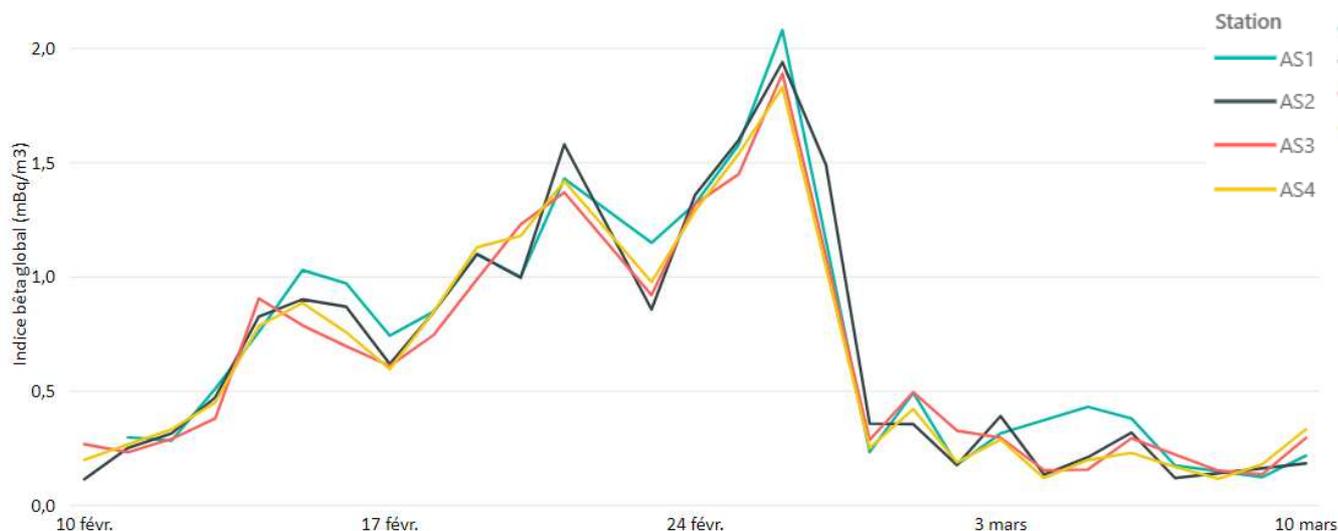


Figure 246. Indices bêta globaux mesurés sur les filtres aérosols du CNPE de Civaux entre le 10/02/2019 et le 10/03/2019

Bien que moins prononcée, cette augmentation est également visible en ^{210}Pb sur les stations du réseau OPERA-Air.

11.2 SCRUTATION STATISTIQUE

Introduction

Initiée pour les données acquises lors du PSR 2018, la démarche d'une analyse statistique de scrutation des données visant à identifier l'éventuelle présence de valeurs statistiquement hors référence (VSHR - anomalies statistiques ou *outliers*) a été reconduite sur les données du PSR 2019, en complément de l'analyse et de la vigilance assurée par les chargés de mission surveillance. La méthode utilisée, présentée en annexe, repose sur la comparaison à des valeurs de référence associées au bruit de fond radiologique en France (voir le paragraphe 17.4). L'analyse prend également en compte la répartition des mesures sur une profondeur historique de 5 ans pour identifier les VSHR « sévères ». Depuis l'analyse réalisée pour le PSR 2018, certaines valeurs de référence ont été actualisées en exploitant les données les plus récentes et selon des méthodes statistiques qui prennent dorénavant en compte les mesures non significatives.

Sont considérées comme VSHR des valeurs de mesures d'activité qui se démarquent du bruit de fond environnemental et/ou d'activités relevées historiquement. Les causes des VSHR peuvent être multiples :

- marquage connu lié à des situations déjà connues (pollution historique, rejet chronique...);
- problème lié à la qualité de la donnée saisie dans la base (problèmes d'unité, de classification, de facteurs de conversion, etc.) ou inadéquation de la valeur de référence;
- marquages à investiguer (augmentation brusque, détection de radionucléide...).

Les données analysées ont été classées en différents types :

- les données « non significatives » : il s'agit de l'ensemble des mesures inférieures au SD;
- les données qualifiées de « normales », c'est-à-dire compatible avec les gammes des valeurs de bruit de fond;
- les VSHR de type 1, associées à un faible écart du bruit de fond environnemental;
- les VSHR de type 2, associées à des écarts significatifs du bruit de fond environnemental;
- les VSHR sévères : il s'agit d'écarts significatifs par rapport bruit de fond (appartenant à la catégorie des VSHR de type 2) mais également de comportements singuliers au regard de l'historique des données.

Synthèse des résultats pour le PSR 2019

Le tableau ci-dessous résume les résultats de la scrutation de données pour la sélection des 21 couples matrice / radionucléide retenus, parmi les plus analysés et les plus représentatifs vis-à-vis des rejets des installations.

Tableau 36 : Synthèse des résultats de la scrutation de données pour les couples matrice-radionucléide choisis

Matrices	Radionucléides	Mesures non significatives	Mesures normales	VSHR de type 1	VSHR de type 2
Sédiments et MES	¹³⁷ Cs	253	2	1	
	¹³⁴ Cs	256			
	⁵⁸ Co	219	18	14	5
	⁶⁰ Co	134	110	12	
	¹³¹ I	241		5	1
	^{110m} Ag	170	62	21	3
	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	7	11		
	²⁴¹ Am	225	49		
Eaux douces de surface	³ H	225	49	115	73
Eaux de mer	³ H	27	7	5	28
Aérosols	¹³⁷ Cs	1850	375	2	
	⁶⁰ Co	2227			
	²¹⁰ Pb	1	2222	4	
Eaux atmosphériques	³ H	215	19	65	10
Feuilles d'arbres	³ H	Pas de données			
Herbes	³ H			1	
	¹⁴ C		3	2	10
Végétaux racinaires	²³⁸ U		1		
Mollusques	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	1	12		
Laits	³ H	40	20	8	
	⁹⁰ Sr		18		

Analyse globale de la répartition des VSHR

La répartition globale par type de donnée est résumée ci-dessous. Sur quasiment 10000 analysées, la part des VSHR de type 2 (celles qui font l'objet d'une analyse plus fine dans les paragraphes suivants) est très faible (1,3 %).

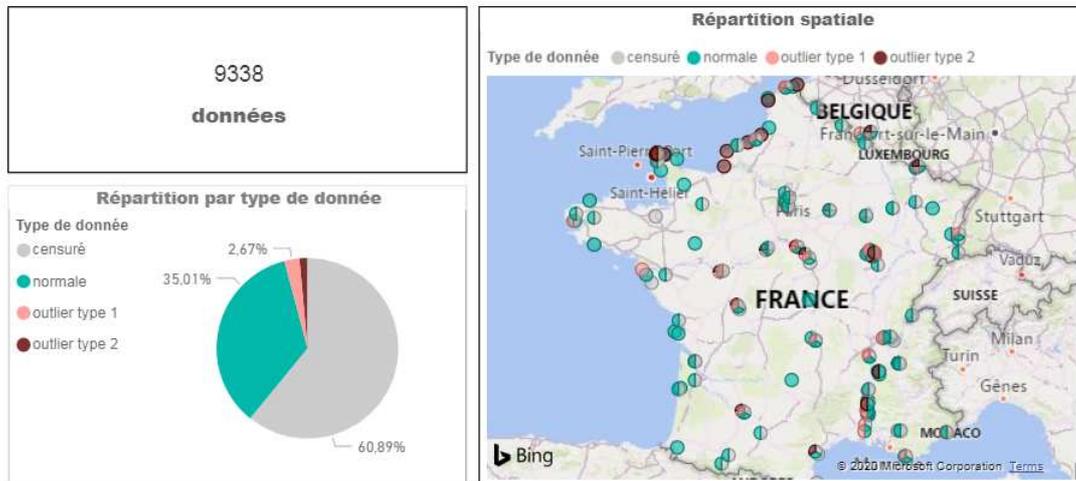


Figure 247 : Répartition globale par type de données

L'analyse de la répartition spatiale des différents types de données en 2019 (carte ci-dessus) confirme, comme attendu, que les VSHR de type 2 sont concentrées autour des principales installations françaises en fonctionnement. Inversement, les points situés dans les régions les moins « nucléarisées », comme le sud-ouest de la France, présentent très peu de VSHR et sont conformes aux niveaux de références

Analyse des VSHR de type 2

Une analyse synthétique de la répartition des VSHR de type 2 est donnée ci-dessous pour chaque couple matrice-radionucléide pour lequel ce type de VSHR a été rencontré, les VSHR de type 1 étant quant à elles présentées dès lors qu'elles présentaient un intérêt particulier.

Sédiments et MES / ^{110m}Ag

La répartition des VSHR pour le couple sédiments et boues / ^{110m}Ag met en évidence la présence de VSHR de type 1 et 2 autour de plusieurs CNPE, expliquées par leurs rejets liquides passés et actuels :

- Saint Laurent (activité maximale de 36,2 Bq/kg sec en juin 2019) ;
- Dampierre (7,6 Bq/kg sec en juillet 2019) ;
- Bugey (6,6 Bq/kg sec en octobre 2019) ;
- Cattenom (6,3 Bq/kg sec en septembre 2019) ;
- Nogent (5,7 Bq/kg sec en juillet 2019) ;
- Chooz (4,4 Bq/kg sec septembre 2019) ;
- Tricastin (3,6 Bq/kg sec en octobre 2019).

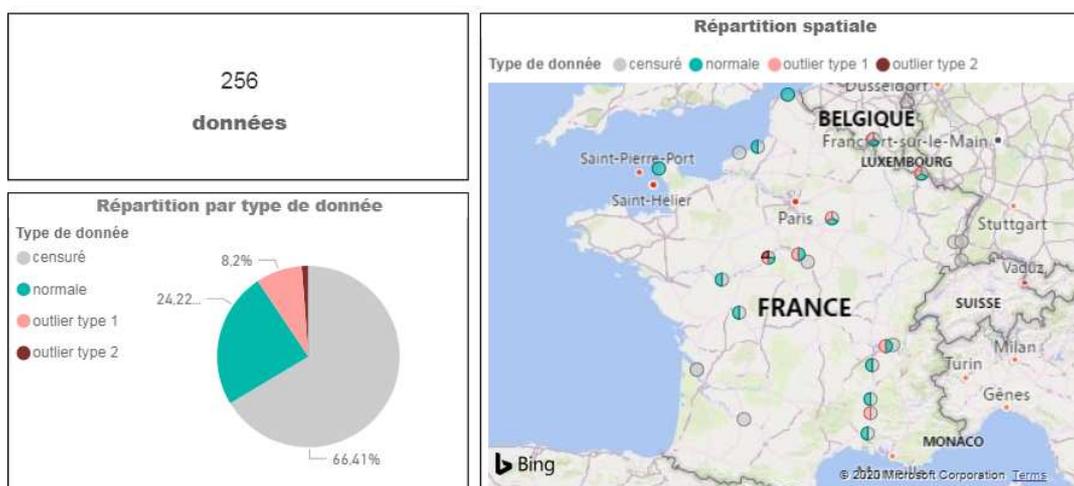


Figure 248. Répartition des VSHR pour le couple « Sédiments et boues / ^{110m}Ag » en 2019

La VSHR la plus importante mesurée à Saint-Laurent se détache de façon significative des seuils de référence :

- valeur médiane du bruit de fond : 0,11 Bq/kg sec ;
- seuil 1 : 3,2 Bq/kg sec ;
- seuil 2 : 14 Bq/kg sec.

Par ailleurs cette VSHR se détache de façon singulière par rapport à la distribution des mesures sur l'historique des 5 dernières années selon ce qui est représenté dans la boîte à moustache ci-dessous :

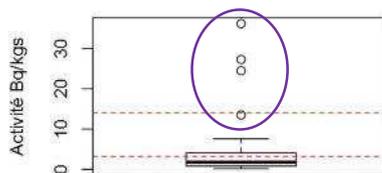


Figure 249. Répartition de l'activité mesurée pour le couple Sédiments et boues / ^{110m}Ag à Saint-Laurent

Sédiments et MES / ^{58}Co

La répartition des VSHR pour le couple sédiments et boues / ^{58}Co met en évidence la présence de VSHR de type 1 et 2 autour de plusieurs CNPE, expliquées par leurs rejets liquides :

- Gravelines (activité maximale de 16,1 Bq/kg sec en août 2019) ;
- Nogent (8,7 Bq/kg sec en juillet 2019) ;
- Cattenom (5,6 Bq/kg sec en octobre 2019) ;
- Chooz (1,9 Bq/kg sec en mai 2019).

Il convient de noter, dans le cas de Gravelines, que l'hydrocollecteur est implanté directement dans le canal de rejet, et que les MES collectées correspondent aux boues de rejet.

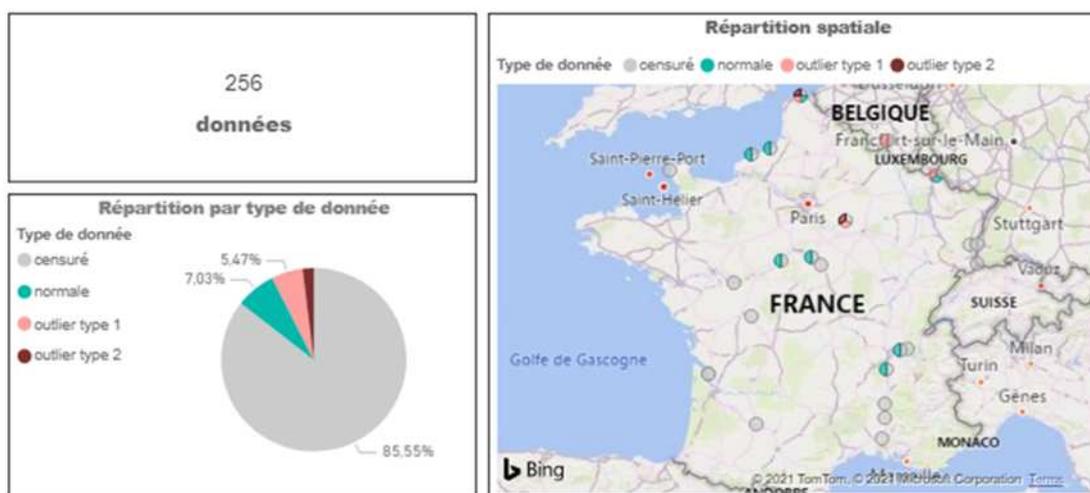


Figure 250. Répartition des anomalies pour le couple « Sédiments et boues / ^{58}Co » en 2019

Sédiments et MES / ^{131}I

La répartition des VSHR pour le couple sédiments et boues / ^{131}I met en évidence la présence de 4 VSHR de type 1 et 2 sur les sites suivants :

- Nogent (activité maximale de 32 Bq/kg sec en mars 2019) ;
- Fessenheim (11,3 Bq/kg sec en novembre 2019) ;
- Creys-Malville (10,4 Bq/kg sec en octobre 2019) ;
- Cattenom (3,5 Bq/kg sec en octobre 2019).

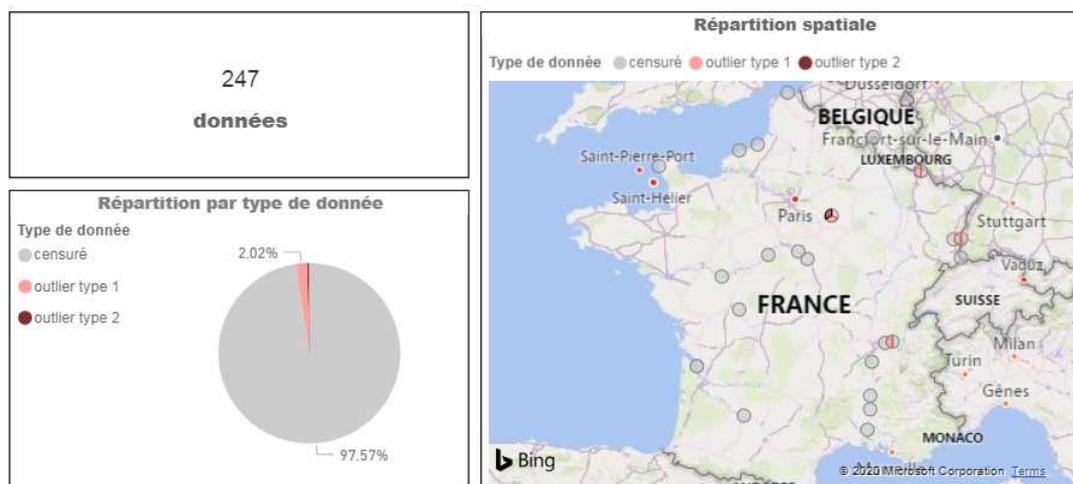


Figure 251. Répartition des VSHR pour le couple « Sédiments et boues / ^{131}I » en 2019

Les activités mesurées à Nogent se détachent des seuils de référence (bien qu'il ne s'agisse pas d'une VSHR sévère) :

- valeur médiane du bruit de fond : 0,33 Bq/kg sec ;
- seuil 1 : 3,2 Bq/kg sec ;
- seuil 2 : 14 Bq/kg sec.

Ces VSHR peuvent être expliquées par la présence de centres de médecine nucléaire dans les agglomérations implantées en amont de ces sites : Troyes (Nogent), Bâle (Fessenheim), Genève (Creys-Malville) et Metz (Cattenom).

Eaux de surface continentales / ^3H

La répartition des VSHR du couple eaux douces de surface / ^3H met en évidence des marquages en tritium connus et liés aux rejets d'effluents des principales installations nucléaires en activités (voir ci-dessous).

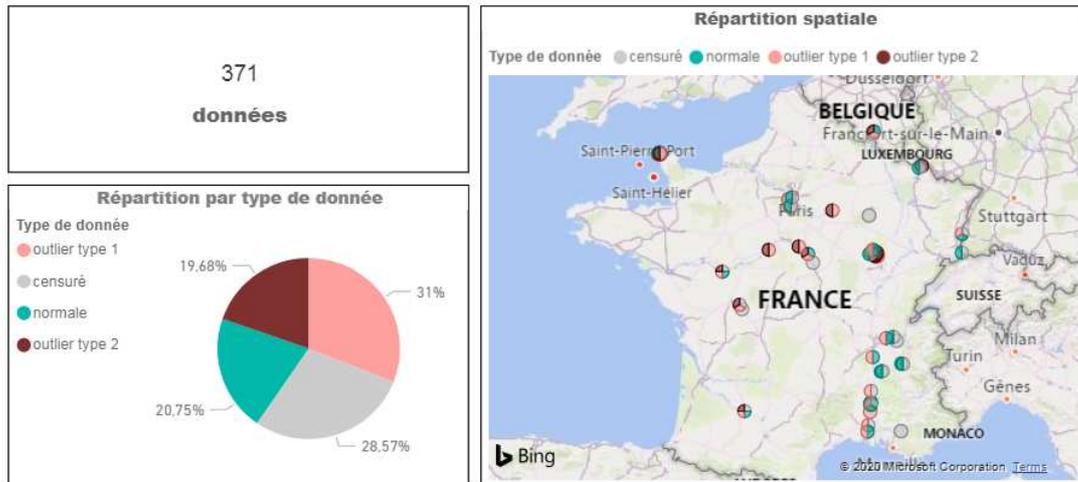


Figure 252. Répartition des VSHR pour le couple eaux douces de surface / ^3H en 2019

Parmi ces VSHR, un point singulier se détache de façon très significative des seuils de référence ainsi que de l'historique des mesures : il s'agit d'une activité de 275 Bq/L mesurée dans le ruisseau le Grand Bel, au nord-est du site de la Hague. Ce marquage est connu et fait l'objet d'une surveillance spécifique par l'IRSN.

Eaux de mer / ^3H

La répartition des VSHR du couple « eaux de mer / ^3H » met en évidence des marquages en tritium sur l'ensemble des côtes de la Manche et de la Mer du Nord, connus et essentiellement liés aux rejets liquides de l'usine de la Hague en Manche.

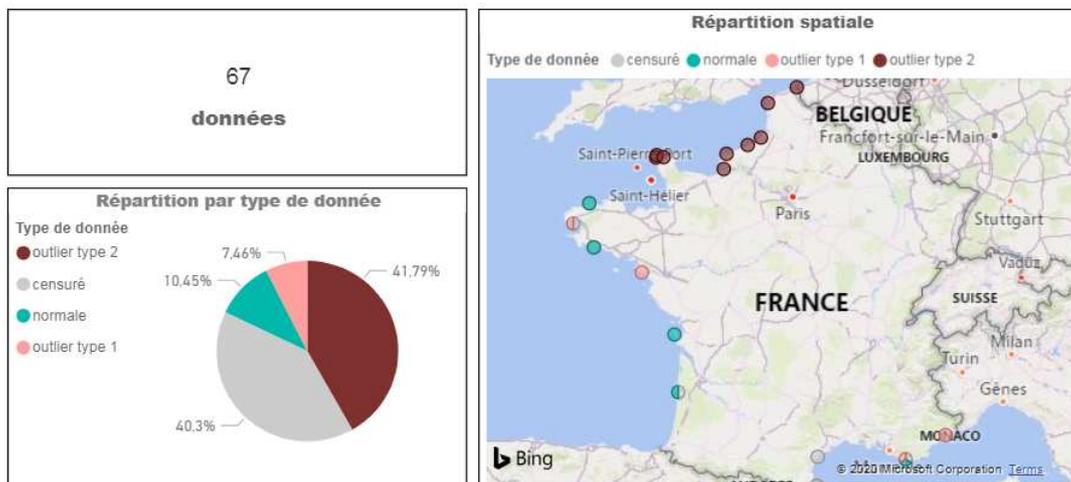


Figure 253. Répartition des VSHR pour le couple eaux de mer / ^3H en 2019

Eaux atmosphériques / ^3H

La répartition des VSHR du couple eaux atmosphériques / ^3H met en évidence de nombreuses VSHR en tritium associées aux marquages connus des rejets d'effluents atmosphériques des installations suivantes : Valduc, Marcoule, ILL.

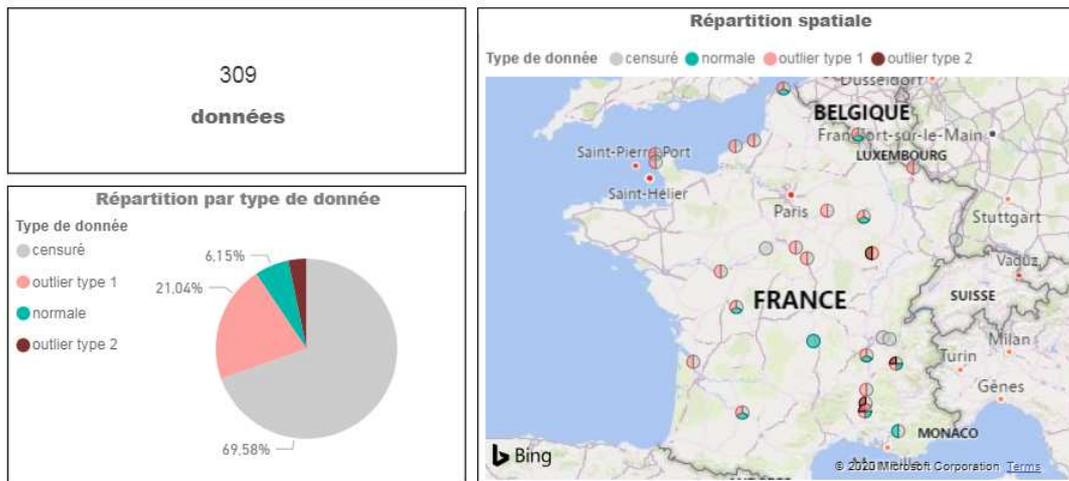


Figure 254. Répartition des VSHR pour le couple eaux atmosphériques / ^3H en 2019

Herbe / ^{14}C

La répartition des VSHR de type 2 pour le couple herbes / ^{14}C met en évidence une forte présence de VSHR de type 2 liés à des marquages autour de la Hague.

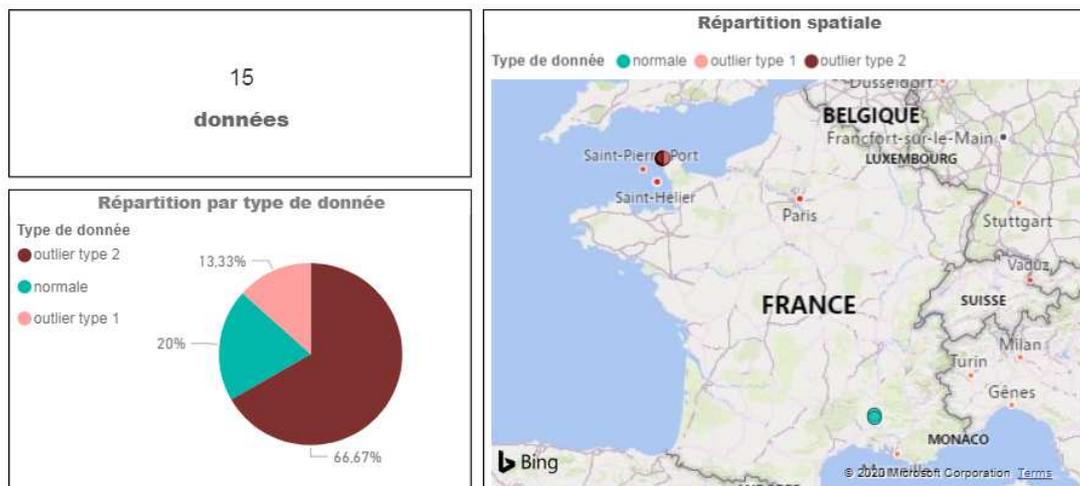


Figure 255. Répartition des VSHR pour le couple Herbes / ^{14}C en 2019

Des VSHR sévères, mais connues et liées aux rejets, sont mesurées à proximité de l'usine de la Hague avec des activités allant de 400 à 1750 Bq/kg c, représentées dans la boîte à moustache ci-dessous.

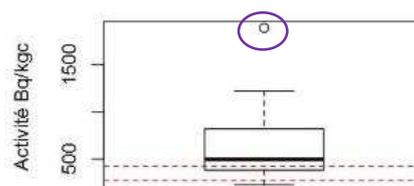


Figure 256. Répartition des mesures pour le couple herbe / ^{14}C en 2019

Bilan

L'analyse de scrutation des données PSR 2019 aboutit à mettre en évidence des VSHR de type 1 et 2 qui correspondent soit à des situations déjà connues ou investiguées, soit à des détections qui correspondent à des rejets des installations. 3 VSHR classées comme statistiquement « sévères » ont été identifiées :

Tableau 37 : Synthèse des VSHR sévères mises en évidence par scrutation du PSR 2019

Couple matrice / radionucléide	VSHR	Origine
Sédiments et MES / ^{110m}Ag	Activité de 36,2 Bq/kg sec au niveau de l'hydrocollecteur aval de Saint-Laurent en juin 2019 (24,5 et 27,3 en juillet et août également)	Rejets liquides actuels
Eaux douces de surface / ^3H	Activité de 275 Bq/l dans le Grand Bel	Marquage historique
Herbes / ^{14}C	Activités pouvant atteindre les 1890 Bq/kg sec à proximité du site de la Hague	Rejets gazeux du site

Comme en 2018, l'analyse de scrutation statistique met en évidence la qualité des données du PSR 2019 : aucune erreur d'unité ou de saisie n'a été identifiée.

11.3 EVENEMENTS SIGNIFICATIFS POUR L'ENVIRONNEMENT DECLARES EN 2019

Les événements significatifs repris ici sont uniquement ceux présentant un rejet radiologique hors d'une installation, ayant conduit ou qui auraient pu conduire à une dispersion de radionucléides dans l'environnement, y compris à l'intérieur du site. Ce bilan est établi sur la base des comptes rendus d'événements significatifs (CRES) établis par les exploitants et transmis à l'ASN et à l'IRSN.

Tableau 38. ESE déclarés par des CNPE

Date incident ou constat	CNPE	Résumé	Conséquences sur l'environnement
11/07/2019	Bugey	Présence d'eau tritiée dans le caniveau TER (350 Bq/L)	Non (caniveau étanche)
01/10/2019	Bugey	Détection de Cobalt 60 à la cheminée du BANG	Rejets de ^{60}Co : - $1,4 \cdot 10^{-3}$ Bq/m ³ sur la 1 ^{ère} période de septembre - $1,2 \cdot 10^{-3}$ Bq/m ³ sur la 3 ^{ème} période de septembre Pas de détection sur les balises de surveillance de l'environnement ou les stations de prélèvement d'aérosols sur site et en limite de site (EDF comme IRSN)
18 et 21/03/2019	Chinon	Débordements d'effluents issus de fosses SEK vers la Loire via les réseaux SEH et SEO du site	L'exploitant estime à 18 m ³ le volume d'effluents rejetés en Loire
28/03/2019	Dampierre	Détection de ^{60}Co lors de l'analyse du filtre de la ventilation de l'atelier chaud	Rejet non filtré par le système associé à la ventilation d'une activité faible Pas de détection sur les balises de surveillance de l'environnement ou les stations de prélèvement d'aérosols sur site et en limite de site (EDF comme IRSN)

Date incident ou constat	CNPE	Résumé	Conséquences sur l'environnement
21/03/2019	Flamanville	Défaillance dans l'organisation ayant conduit à des défauts de contrôle et à l'inétanchéité de deux puisards	Non
05/04/2019	Tricastin	Défauts de pose et de contrôle de revêtement interne d'un réservoir d'effluents	Non
13/07/2019	Tricastin	Interruption automatique d'un rejet de réservoir KER suite à atteinte du seuil d'alarme sur une des deux chaînes de surveillance des rejets	Non
04/11/2019	Tricastin	Détection d'un marquage radiologique dans le réseau piézométrique du site	Contamination de la nappe phréatique en tritium (maximum relevé sur les piézomètres réglementaires de 1880 Bq/L)
29/11/2019	Tricastin	Interruption automatique d'un rejet de réservoir KER suite à atteinte du seuil d'alarme sur une des deux chaînes de surveillance des rejets	Non
27/12/2019	Tricastin	Retard sur la réalisation d'un programme de maintenance préventive sur les tuyauteries véhiculant des fluides TRICE ¹⁸ à la suite de la détection d'un marquage en tritium au niveau d'un puisard	Non. La nappe aurait pu être marquée en tritium en cas d'inétanchéité des structures de génie civil

Tableau 39. ESE déclarés par d'autres installations

Date incident ou constat	Site	Installation	Résumé	Conséquences
Décembre 2019	ANDRA Manche	CSM INB 66	Panne de préleveur atmosphérique	Non (indisponibilité du 6 au 12/12/2019)
02/05/2019	CEA Cadarache	ATUE INB 52	Défaut localisé d'étanchéité sur un tronçon du réseau effluents industriels	L'activité totale potentiellement rejetée à l'environnement évaluée par l'exploitant sur la durée totale de 2 ans est de : - 19,5.10 ³ Bq en α ; - 144,3.10 ³ Bq en β/γ ;
30/08/2019	CEA Cadarache	ATUE INB 52	Perte du capteur de débit aéraulique de l'émissaire de rejet E32	Non

¹⁸ Toxique et/ou radiologique, inflammable, corrosif et explosif.

Date incident ou constat	Site	Installation	Résumé	Conséquences
30/08/2019	CEA Cadarache	ATUE INB 52	Présence de traces d'uranium dans le premier flot des eaux pluviales au point de transfert principal de ces eaux dans le réseau des eaux de ruissellement du site	Présence dans les eaux collectées d'uranium, de l'ordre de : - 10^{-2} Bq/L en ^{234}U et ^{238}U ; - 10^{-3} Bq/L en ^{235}U . Canalisations réputées marquées à la suite de déversements historiques en extérieur. Aucune détection en aval du site.
31/05/2019	CEA Cadarache	CASCAD INB 22	Perte partielle de la surveillance radiologique à la cheminée de CASCAD sur une période d'environ 2 heures	Non
30/09/2019	CEA Cadarache	Parc d'entreposage des déchets radioactifs INB 56	Perte temporaire de la surveillance des rejets à l'émissaire E41	Non (indisponibilité de 25 minutes)
24/01/2019	CEA Cadarache	STEDS INB 37A	Défaut des conduits de transfert d'effluents du hall du bâtiment 313 en amont des cuves avant transfert	Le rejet potentiel à l'environnement est évalué par l'exploitant à 1 m3, avec les activités suivantes : - < 500 Bq/m ³ en α ; - < 3 300 Bq/m ³ en β/γ hors ^3H ; - < 13 000 Bq/m ³ en ^3H .
02/05/2019	CEA Cadarache	STEDS INB 37A	Défaut localisé d'étanchéité sur un raccord du réseau effluents industriels du bâtiment 313	L'activité totale potentiellement rejetée à l'environnement évaluée par l'exploitant sur la durée totale de 28 ans est de : - $2,52 \cdot 10^6$ Bq en α ; - $18,65 \cdot 10^6$ Bq en β/γ hors ^3H ; - $18,65 \cdot 10^9$ Bq en ^3H .
17/06/2019	CEA Cadarache	STEDS INB 37B	Découverte d'une contamination au sol hors zone réglementée	Tâche de contamination à l'extérieur du bâtiment 319. L'activité totale présente dans le goudron retiré a été estimée à $1,18 \cdot 10^6$ Bq en ^{137}Cs . Des prélèvements de terre complémentaires mettent en évidence une contamination en ^{137}Cs .
23/09/2019	CEA Cadarache	STEDS INB 37B	Fuite d'effluents industriels pendant un transfert (défaut d'étanchéité)	Rejet dans une zone marquée historiquement : - $3,05 \cdot 10^7$ Bq en α ; - $6,36 \cdot 10^7$ Bq en β ; - $3,68 \cdot 10^8$ Bq en tritium.
13/05/2019	CEA Saclay	LECI INB 50	Perte temporaire de la surveillance des rejets du bâtiment 619	Non (indisponibilité pendant plus de 4 h)
Septembre 2019	Framatome Romans	INB 98	Indisponibilité temporaire des équipements de prélèvement aux émissaires de rejets gazeux des ateliers AP2 et R1	Non

Date incident ou constat	Site	Installation	Résumé	Conséquences
19/01/2019	Orano la Hague	NPH (INB 117) et HAO-Nord (INB 80)	Indisponibilité du report des mesures de cheminées de rejet EM20 et EM02	Non (indisponibilité pendant plus de 8 h)
09/01/2019	Orano Tricastin	Usine Philippe Coste ICPE	Dépassement de la prescription de rejets en émetteur α	Dépassement des seuils d'alarme cheminée en émetteurs α avec un maximum de 1,5 Bq/m ³
12/02/2019	Orano Tricastin	Usine Philippe Coste ICPE	Dépassement de la prescription de rejets en émetteur α	Dépassement des seuils d'alarme cheminée en émetteurs α avec un maximum de 3 Bq/m ³
17/07/2019	Orano Tricastin	Usine Philippe Coste ICPE	Dépassement de la prescription de rejets en émetteur α	Dépassement des seuils d'alarme cheminée en émetteurs α avec un maximum de 4,5 Bq/m ³
13/08/2019	Orano Tricastin	Usine Philippe Coste ICPE	Dépassement de la prescription de rejets en émetteur α	Dépassement des seuils d'alarme cheminée en émetteurs α avec un maximum de 2,1 Bq/m ³
30/08/2019	Orano Tricastin	Usine Philippe Coste ICPE	Dépassement de la prescription de rejets en émetteur α	Dépassement des seuils d'alarme cheminée en émetteurs α avec un maximum de 1,5 Bq/m ³
12 au 14/09/2019	Orano Tricastin	Usine Philippe Coste ICPE	Dépassement de la prescription de rejets en émetteur α	Dépassement des seuils d'alarme cheminée en émetteurs α avec un maximum de 2,62 Bq/m ³
28 et 29/12/2019	Orano Tricastin	Usine Philippe Coste ICPE	Dépassement de la prescription de rejets en émetteur α	Dépassement des seuils d'alarme cheminée en émetteurs α avec un maximum de 2,61 Bq/m ³

Plusieurs déclarations d'événements relatifs à des problèmes de propreté des conteneurs en provenance de sites miniers à destination d'Orano Malvési, sont également à signaler, bien que sans conséquence sur l'environnement, la contamination restant confinée à l'intérieur du conteneur de transport.

TRANSPARENCE ET MISE A DISPOSITION DES DONNEES

L'entrepôt de données SYRACUSE regroupe la quasi-totalité des données relatives à la mesure de la radioactivité dans l'environnement à l'IRSN, y compris les mesures issues des bases de l'IPSN et de l'OPRI. Ce système permet ainsi à l'ensemble des personnels de l'Institut d'accéder à ces données et de les exploiter. Les données sont transmises quotidiennement (EMMA) ou mensuellement (autres bases sources) dans SYRACUSE, puis contrôlées, homogénéisées et contextualisées afin de garantir leur qualité et leur capacité à être comprises et interprétées.

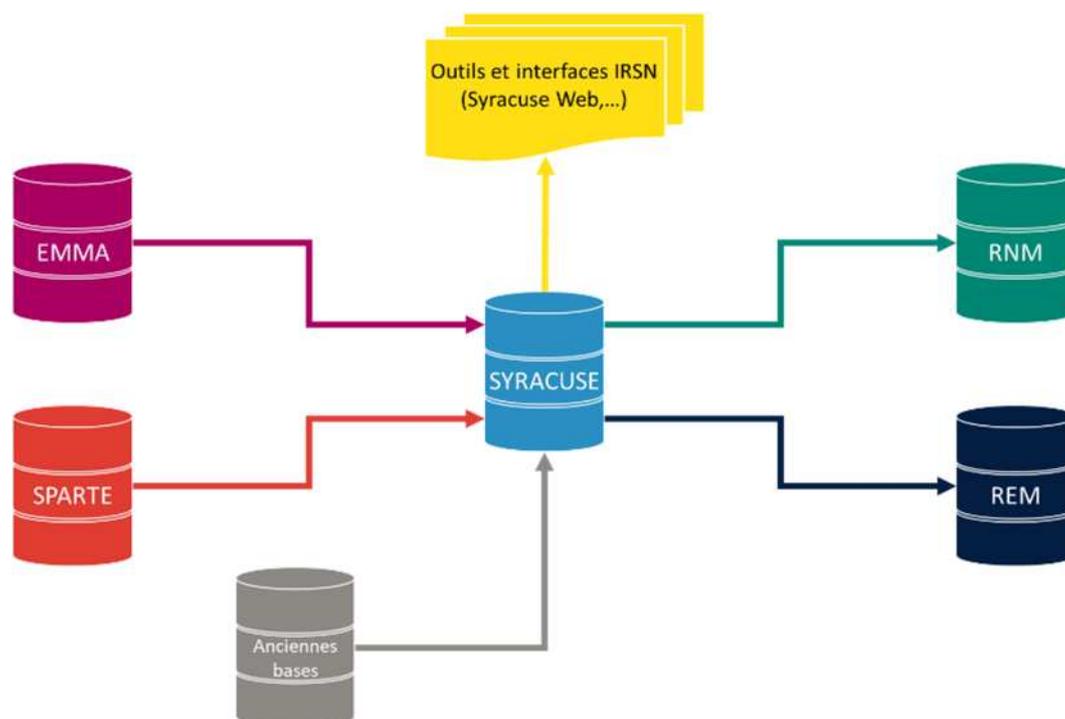


Figure 257. Transferts de données depuis et vers Syracuse

L'ensemble¹⁹ des résultats d'analyses de l'IRSN dans le cadre de la surveillance régulière et les moyennes horaires des débits équivalents de doses mesurés par les balises du réseau TELERAY sont transmis chaque mois au Réseau National de Mesures de la radioactivité dans l'environnement (www.mesure-radioactivite.fr) et ainsi mis à disposition du grand public. Le tableau ci-dessous résume les transferts de données opérés dans le cadre du PSR 2019 :

Tableau 40. Données relatives au PSR 2019 transférées dans SYRACUSE et le RNM

	Enregistrés dans EMMA et transmis dans SYRACUSE	Transmis au RNM
Prélèvements	4 322	3 997
Résultats de mesures	81 529	68 997

Par ailleurs, dans le cadre de l'article 36 du Traité instituant la Communauté Européenne de l'Energie Atomique (Traité EURATOM), la France communique annuellement à la Commission européenne des informations concernant les analyses de certains indicateurs et radionucléides, regroupés dans la base REM, créée en 1988.

¹⁹ Dans la mesure où les analyses sont conformes au référentiel RNM. Par ailleurs, certains prélèvements tels que les piègeurs passifs ne sont pas envoyés au RNM pour l'instant.

RETOUR D'EXPERIENCE

La mise en perspectives des résultats de mesure sur les échantillons prélevés dans le cadre du PSR 2018 a vocation à alimenter la construction du plan 2020 afin de l'optimiser, tant du point de vue des prélèvements à réaliser que des analyses à réaliser.

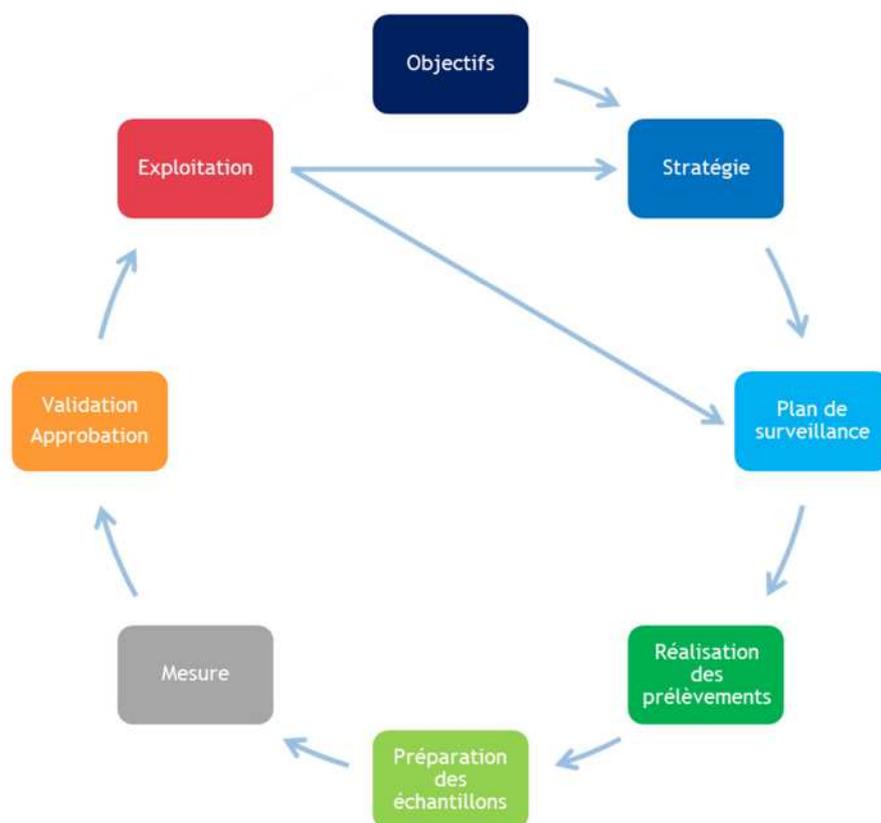


Figure 258. Cycle de mise en œuvre du PSR



Figure 259. Prise en compte du REX du rapport annuel de l'année N dans le PSR de l'année N+2

Les évolutions se déclinent selon 4 composantes, qui se combinent :

- localisation : intégration de nouveaux points de prélèvement, pour améliorer la connaissance des activités autour d'un site (par exemple acquérir des données pour établir et/ou conforter des niveaux de référence sur un triplet localisation / matrice / radionucléide, ou arrêt d'une chronique) ;
- fréquence : renforcement ou relâchement (voire arrêt) selon les objectifs poursuivis, la reproductibilité des valeurs significatives et la dynamique du phénomène surveillé dans le temps ;
- matrice : ajout ou retrait d'indicateurs selon leurs capacités d'intégration et/ou leur sensibilité ;
- radionucléide : analyses supplémentaires sur des radionucléides d'intérêt, ou a contrario arrêt de mesures ne présentant que peu d'intérêt vis-à-vis de la compréhension de l'environnement ou du suivi d'une installation.

Outre les chroniques, le plan comporte également des campagnes de caractérisation ponctuelles, afin :

- de disposer d'informations complémentaires sur un site ne nécessitant pas nécessairement une intégration dans le plan,
- d'évaluer un marquage ou d'améliorer la connaissance de celui-ci (radionucléides, étendue...),
- de réaliser un état ponctuel autour d'une installation du fait de son changement de statut ou de son mode d'exploitation,
- de répondre à des attentes des pouvoirs publics, des collectivités locales ou de la société civile.

Le PSR 2020 comportait un nombre important d'évolutions correspondant à l'ensemble des axes évoqués ci-dessus – cependant, certaines n'ont pas pu être développées du fait de la crise sanitaire qui a marqué cette année. Le plan 2021 reprend la trame du PSR 2020 en l'adaptant sur quelques points :

- renforcement des analyses en tritium dans les eaux de pluie des sites de la Hague, Marcoule et Valduc ;
- achèvement de l'acquisition de données en spectrométrie gamma in situ à proximité et sous influence pour l'ensemble des sites français ;
- évaluation des niveaux de référence en thorium dans l'air autour de l'usine Solvay de la Rochelle ;
- reprise des travaux sur la surveillance du ^{14}C par piégeage passif ;
- connexion en réseau des stations OPERA-Air 80 ;
- campagnes d'acquisition de données plus complètes autour de certains sites sur certains indicateurs / radionucléides ;
- réalisation de prélèvements spécifiquement dédiés à l'acquisition de données hors influence ou à l'investigation de certaines valeurs atypiques, telles que la détection de radionucléides plus fréquentes ;
- évaluation des niveaux d'activité dans l'environnement et les denrées emblématiques des DROM-COM.

CONCLUSIONS

Sur l'ensemble des analyses réalisées en 2019 par l'IRSN dans le cadre de son plan de surveillance régulière (PSR), aucune activité significative n'a été relevée qui pourrait laisser supposer l'existence d'un rejet excédant les limites réglementaires imposées aux exploitants nucléaires des sites surveillés. Les niveaux d'activité mesurés dans l'ensemble des matrices environnementales prélevées à proximité des sites surveillés ne présentent pas de tendance significative à l'augmentation, et restent relativement constants ou en diminution, plus ou moins marquée selon le radionucléide.

Cette année encore, la plupart des marquages historiques identifiés sont soit constants, soit en diminution, du fait de la décroissance des radionucléides ou de leur progressive dilution dans le milieu. Aucun événement ayant pu entraîner un marquage des compartiments atmosphérique, terrestre et aquatique n'a par ailleurs été détecté à proximité des sites surveillés. Au niveau des sites, des événements ont été déclarés sur plusieurs sites nucléaires induisant des marquages évolutifs en tritium dans les nappes phréatiques (migration dans la nappe, transferts et décroissance).

Il convient de noter un nombre significativement plus important que les années précédentes de détections au niveau des matières en suspension dans les cours d'eau français, sans toutefois que les activités observées soient anormalement élevées. Cette observation conforte la pertinence de cet indicateur en aval des installations nucléaires afin d'en assurer le suivi.

Dans le cas des sites nucléaires en arrêt ou en démantèlement, les analyses conduites ne mettent pas en lumière de rejet spécifiquement lié à ces activités. Dans la plupart des cas, l'arrêt des opérations se traduit dans un laps de temps plus ou moins long selon le radionucléide considéré par une diminution des activités mesurées auparavant, en dehors d'un événement particulier ayant pu marquer durablement l'environnement du site en question, et un retour vers des niveaux proches du bruit de fond radiologique.

D'un point de vue général, les variations des niveaux d'activités observées dans l'environnement à l'échelle du territoire sont cohérentes avec les dynamiques connues, telles que les variations saisonnières dans l'air des radionucléides telluriques et cosmogéniques, la prédominance des rejets de l'installation de la Hague sur ceux des autres installations localisées sur le littoral de la Manche ou encore l'influence des rejets des installations nucléaires situées en bordure du Rhône sur une grande partie du littoral méditerranéen français.

La surveillance des denrées à l'échelle nationale, à laquelle participe l'IRSN via sa convention avec la DGAL et la DGCCRF, ne met pas en lumière de denrées excédant les niveaux des textes européens (NMA) ou internationaux (Codex alimentarius). Si l'influence des installations nucléaires sur les indicateurs agroalimentaires produits à proximité peut être décelée par les moyens métrologiques actuels, les échantillons contrôlés présentent des activités faibles, sans conséquence sanitaire.

Les moyens notamment métrologiques mis en œuvre par l'IRSN ont permis comme chaque année de mettre en avant plusieurs événements ou pics d'activités, notamment sur les compartiments atmosphérique et aquatique. Ces détections de valeurs atypiques ont été confirmées par la scrutation statistique réalisée à partir de niveaux de référence (établis à partir de l'ensemble des données issues de la surveillance environnementale exercée depuis 60 ans par l'Institut). Cette étape permet par ailleurs de mettre en lumière des événements plus complexes à déceler et apporte une garantie supplémentaire quant à la capacité de détection et de réaction de l'IRSN.

L'expertise des données recueillies et leur mise en perspective permet enfin de réévaluer le plan de surveillance lui-même afin de l'inscrire dans un cycle d'optimisation et d'adaptation aux enjeux et aux besoins identifiés, que ce soit en termes de connaissance de l'environnement des installations, de besoins analytiques, d'interface avec les modèles, d'exploitation de données ou de définition de niveaux de référence.

LISTE DES ACRONYMES

Acronyme	Définition
AASQA	Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air
ANDRA	Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs
AMS	Spectrométrie de masse par accélérateur
ARS	Agence régionale de santé
BR	Bilan radiologique
CEA	Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
CERN	Conseil européen pour la recherche nucléaire
CNPE	Centre nucléaire de production d'électricité
COM	Collectivité d'outre-mer
DAM	Direction des applications militaires du CEA
DGAL	Direction générale de l'alimentation
DGCCRF	Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes
DROM	Département-région d'outre-mer
EC	Eau de combustion
EDF	Electricité de France
ESE	Événement significatif pour l'environnement
GANIL	Grand accélérateur national d'ions lourds
HT	Tritium sous forme d'hydrogène tritié
HTO	Tritium sous forme d'eau tritiée
ICPE	Installation classée pour la protection de l'environnement
ICP-MS	Spectrométrie de masse à plasma à couplage inductif
ILL	Institut Laue Langevin
INB	Installation nucléaire de base
INBS	Installation nucléaire de base secrète
IRSN	Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire
LD	Limite de détection
LDA	Laboratoires départementaux d'analyse (DGAL)
LQ	Limite de quantification
LRCE	Laboratoire régional de contrôle des eaux
MES	Matières en suspension
PEM	Polygone d'expérimentation de Moronvilliers
PSR	Plan de surveillance régulière de l'environnement (IRSN)
REM	Radioactivity Environmental Monitoring (base de données européenne)
RNM	Réseau National de Mesure
SCL	Service central des laboratoires (service commun de la DGCCRF et des Douanes)

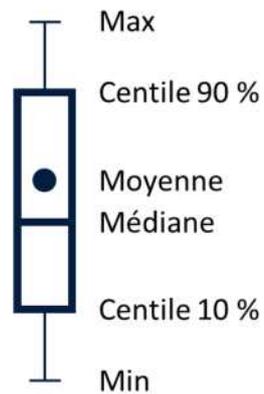
Acronyme	Définition
SD	Seuil de décision
SICN	Société industrielle de combustible nucléaire
SIENID	Sites et installations d'expérimentations nucléaires intéressant la défense
TMR	Transport de matières radioactives
TOL	Tritium organiquement lié
VSHR	Valeur statistiquement hors référence

ANNEXES

16.1 REPRESENTATION GRAPHIQUE DES DONNEES

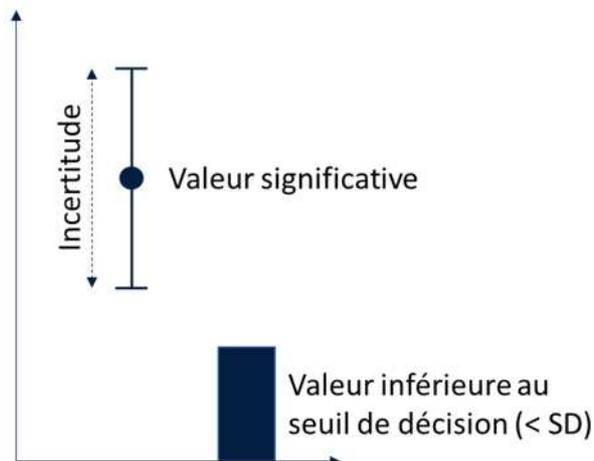
Les représentations graphiques utilisées dans le rapport sont les suivantes :

- « Boîte à moustache »



Des ronds évidés peuvent parfois être représentés sur les graphiques présentant des chroniques en regard de boîtes à moustache : cette symbolique correspond aux valeurs inférieures aux seuils de décision, notamment lorsqu'une barre (voir ci-dessous) pourrait prêter à confusion ou rendre la lecture du graphique difficile.

- Valeurs significatives / Valeurs inférieures au seuil de décision



16.2 METHODOLOGIE MATHEMATIQUE DE SCRUTATION DES DONNEES

Présentation de l'algorithme

Le protocole de détection de valeurs statistiquement hors référence (VSHR), c'est-à-dire « d'anomalies » d'un point de vue statistique, mis en œuvre dans l'analyse de scrutation des données est basé sur la méthode Tukey, parmi les plus classiques. Selon cette méthode, les données sont considérées comme « anormales » lorsque leur valeur dépasse un seuil calculé à partir des quartiles de la distribution des mesures. Généralement, dans la littérature, ce seuil est égal à :

$$\text{Seuil} = q_{75} + \text{facteur multiplicatif} \times \text{IQR}$$

Où :

- q_{75} est le troisième quartile de la distribution des mesures, ce qui équivaut à la valeur pour laquelle 75 % des données sont inférieures à cette valeur. La valeur de 75 % est libre : dans le cas de la scrutation du PSR, la valeur de 90 % a été retenue car elle semble plus adaptée à l'objectif visé ;
- **IQR** est l'intervalle interquartile, c'est-à-dire la différence entre le troisième et le premier quartile ;
- le facteur multiplicatif est un coefficient communément égal à 1,5, 3 ou 10 selon la sévérité des VSHR à détecter. Son choix résulte d'une analyse de sensibilité.

La méthode Tukey a été adaptée aux données PSR 2019 comme suit :

- l'analyse est effectuée de façon distincte pour chaque couple radionucléide / matrice sélectionné par le LSE ;
- les mesures utilisées afin d'établir les seuils sont des valeurs de référence associées au bruit de fond : il s'agit de points éloignés des installations ;
- deux seuils ont été retenus pour des facteurs multiplicatifs égaux à 1.5 et à 10. Le seuil 1 permet de détecter les VSHR de type 1 et le seuil 2 permet de détecter les VSHR de type 2.

Au final chaque mesure du PSR 2019 relève de l'une des quatre catégories suivantes :

- mesure non significative ou censurée : ce sont les mesures inférieures à la SD. Cette catégorie de données est traitée de façon indépendante et n'est pas sujette à scrutation ;
- valeur normale ;
- VSHR de type 1 : ce sont les mesures supérieures à seuil 1 ;
- VSHR de type 2 : ce sont les mesures supérieures à seuil 2.

La méthode peut également être représentée ainsi :

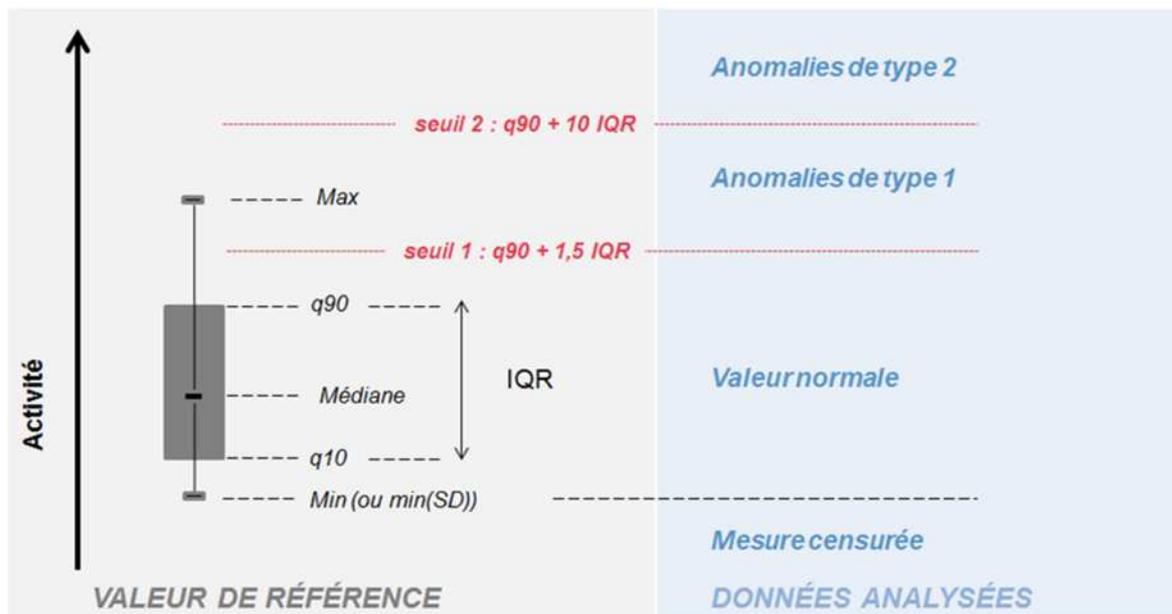


Figure 260. Schéma de la méthode de scrutation

Détection des VSHR sévères

Les seuils 1 et 2 prennent uniquement en compte les valeurs de référence, mais pas le contexte local des mesures. Il convient donc d'ajouter une analyse complémentaire qui permet de détecter les VSHR qualifiées de sévères, c'est-à-dire qui ne sont pas non plus dans la gamme des mesures réalisées localement. Il s'agit des VSHR de type 2 qui se détachent de façon significative de l'historique des 4 années de mesure. Un nouveau seuil est donc utilisé pour identifier ces points singuliers, calculé comme suit :

$$\text{Seuil VSHR sévères} = q75 + 10 \times \text{IQR}$$

Où :

- q75 est le troisième quartile des activités mesurées pendant 4 années ;
- IQR est l'intervalle interquartile des activités mesurées pendant 4 années.

Visualisation des résultats

L'analyse a été réalisée sur l'ensemble des données à partir de 2015 et a été implémentée via le logiciel de statistiques R. Une interface Power BI permettant de visualiser les résultats a également été réalisée. Le tableau synthèse de résultats est donné ci-dessous.

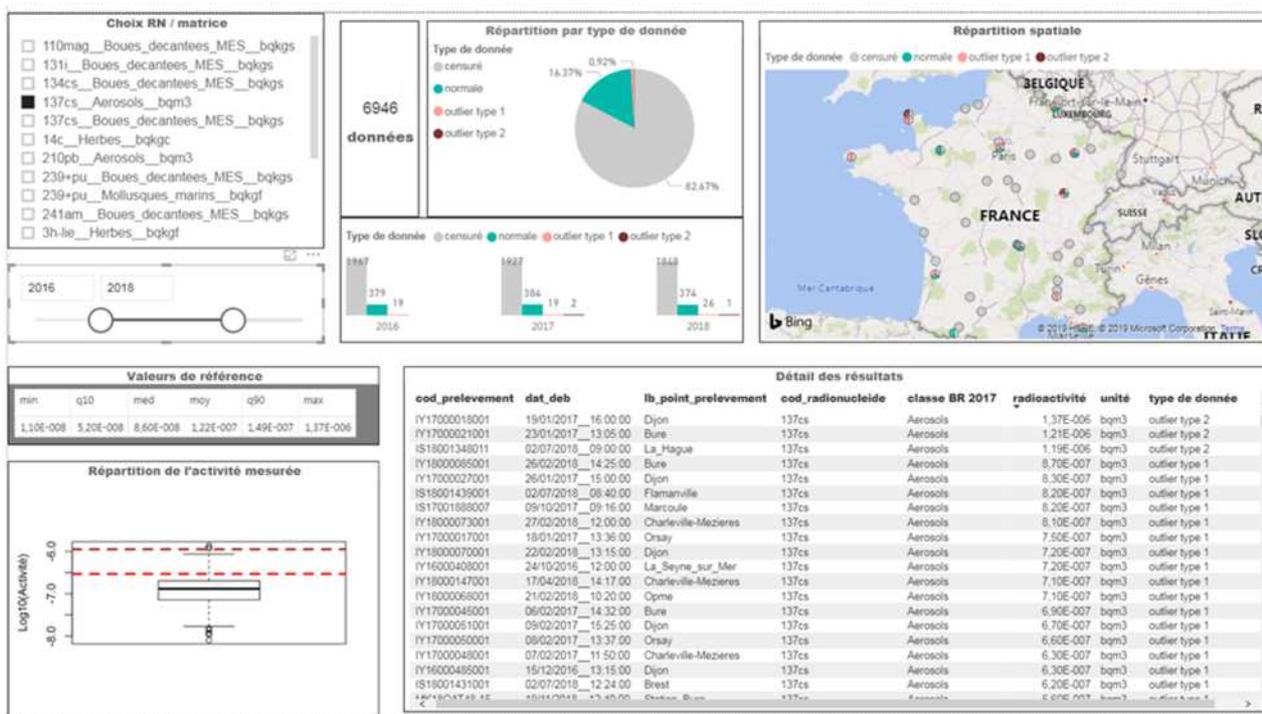


Figure 261. Aperçu de l'interface de scrutation

L'interface permet de visualiser pour un ou plusieurs couples matrice / radionucléide :

- les valeurs de référence correspondant au bruit de fond ;
- la répartition des mesures sous forme de boîte à moustache ainsi que les seuils permettant de détecter les VSHR de type 1 et de type 2 ;
- la répartition globale et par année du type de données ;
- la carte représentant la localisation des prélèvements et le type de donnée associée ;
- le détail des résultats sous forme d'un tableau pouvant être exporté sous Excel.

Dans l'interface, les VSHR sévères correspondent aux points singuliers qui se détachent de la boîte à moustache :

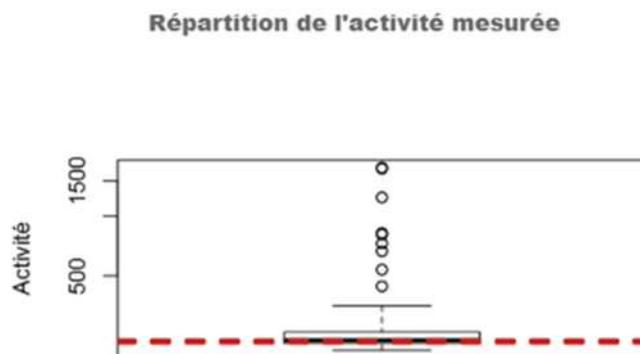


Figure 262. Visualisation des VSHR sévères

16.3 ACTUALISATION DES VALEURS DE REFERENCE

L'analyse de scrutation statistique réalisée pour le PSR 2018 amenait à conclure que certains seuils de référence utilisés ne permettaient pas d'identifier la totalité des VSHR existantes. Plusieurs éléments pouvaient expliquer cela, notamment le fait que les seuils utilisés avaient été estimés en prenant uniquement en compte les mesures significatives. Pour le PSR 2019, de nouveaux seuils ont été définis à partir de méthodes statistiques qui intègrent les mesures non significatives dans le calcul des indicateurs statistiques.

La méthodologie mise en œuvre afin d'établir les valeurs de référence à partir des mesures entreposées dans Syracuse repose sur les étapes suivantes :

1. sélection pour chaque couple matrice / radionucléide des zones géographiques « hors influence » en excluant les zones à proximité des installations (par exemple : pour le couple laits / ^{90}Sr sont exclues les mesures à proximité de la Hague et Saclay ;
2. extraction des données associées à la zone géographique sélectionnée sur l'historique choisi (par exemple 10 ans) ;
3. calcul des indicateurs statistiques (minimum, percentiles, moyenne, etc...) et des seuils de référence.

Le calcul des indicateurs statistiques amène à faire un choix sur la modalité de traitement des mesures non significatives, dont le pourcentage peut être très élevé. Une présentation des méthodes existantes est donnée dans le rapport *Méthodes statistiques pour le traitement de données censurées – Choix d'indicateurs applicables à la surveillance de l'environnement, Présentation de la méthodologie mise en œuvre dans le cadre du BR 2015-2017* (PSE-ENV/SIRSE/2018-00507).

La méthode choisie pour le PSR 2018 était de supprimer toutes les données non significatives. Ce choix amène à diminuer le nombre de données exploitées et surestimer les indicateurs statistiques (en effet, dans la plupart des cas, les mesures non significatives sont inférieures aux mesures significatives).

Le choix fait pour le PSR 2019 et mis en œuvre pour les MES a été de garder l'ensemble des données et de recourir, quand le pourcentage de données non significatives est élevé (supérieur à 50 %), à des méthodes permettant une estimation des indicateurs statistiques reposant sur des hypothèses de distribution de loi. Ceci a été réalisé grâce au package NADA disponible pour le logiciel de statistique R.

Une comparaison très simplifiée des deux méthodes est schématisée ci-dessous.

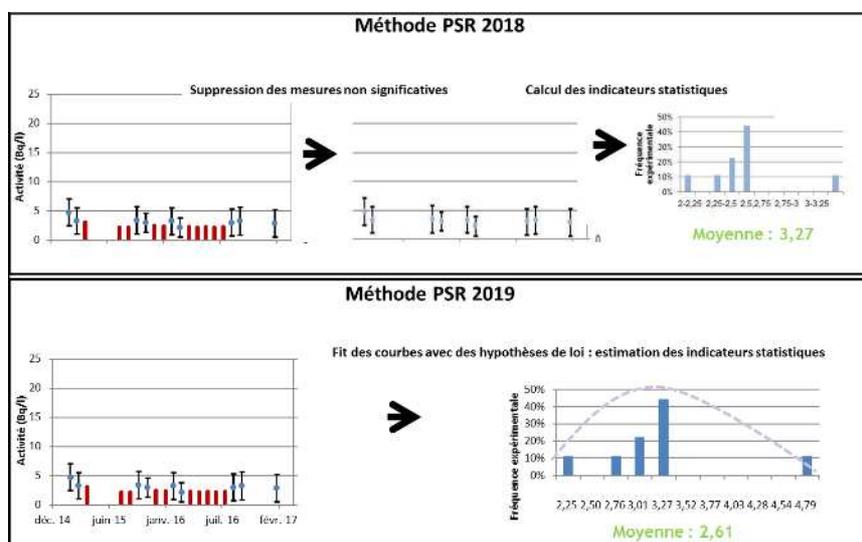


Figure 263. Comparaison des deux méthodes utilisées pour traiter les mesures non significatives

Comme illustré dans les graphiques ci-dessous, qui présentent une comparaison des niveaux de référence obtenus en mettant en œuvre ces deux méthodes sur les données de référence sédiments et MES pour plusieurs radionucléides, les nouveaux niveaux obtenus sont plus faibles que les niveaux précédemment utilisés. Les écarts entre les résultats obtenus par les deux méthodes sont d'autant plus importants que le pourcentage de données non significatives est élevé. Par exemple, pour le couple « Sédiments et MES / 239+240Pu », le pourcentage de mesures non significatives est égal à 32 % et les écarts sont faibles. En revanche, pour le couple « Sédiments et MES / 134 Cs », le pourcentage de mesures non significatives est égal à 99 %, et il y a un écart d'au moins un facteur 10 entre les deux niveaux.

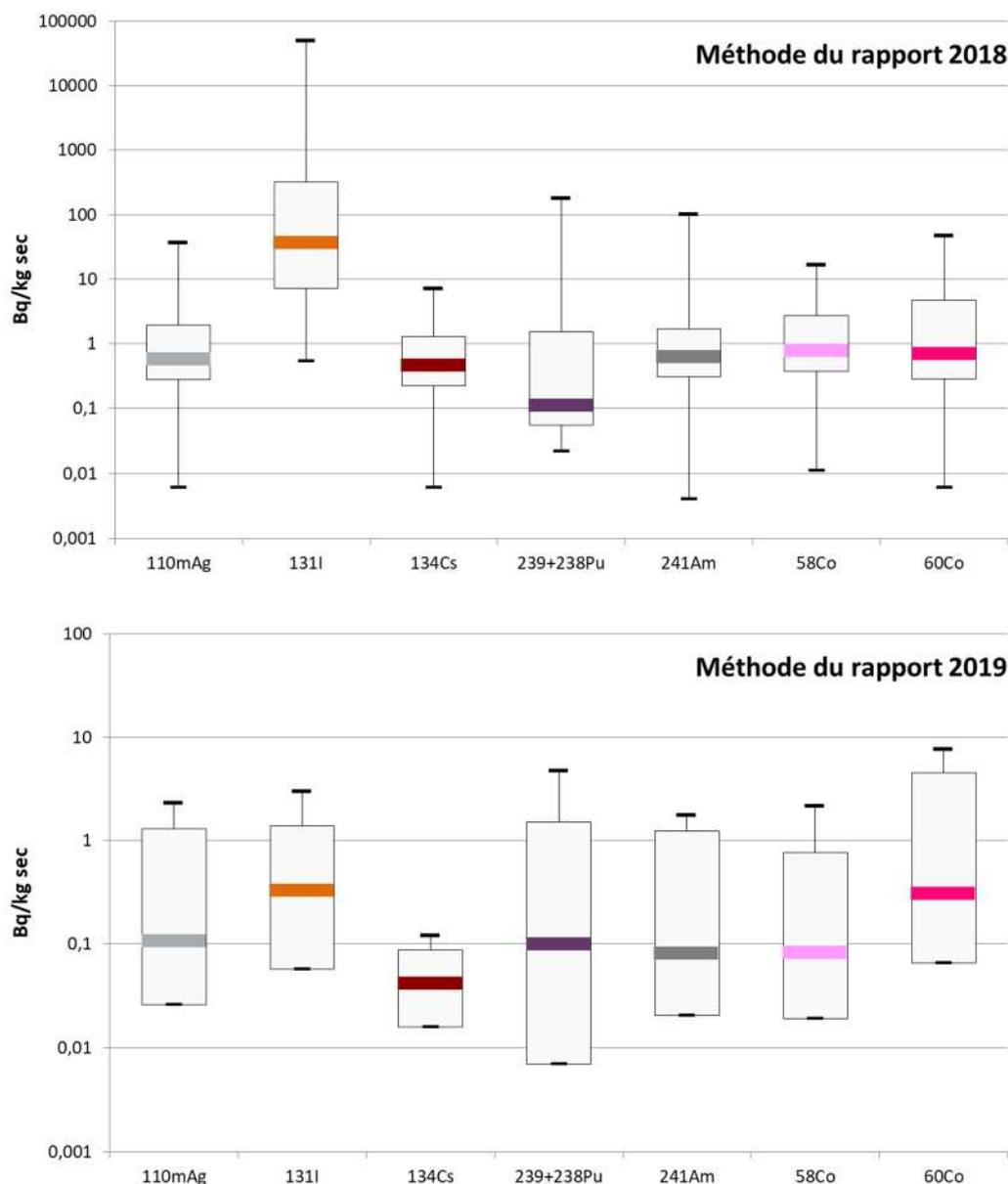


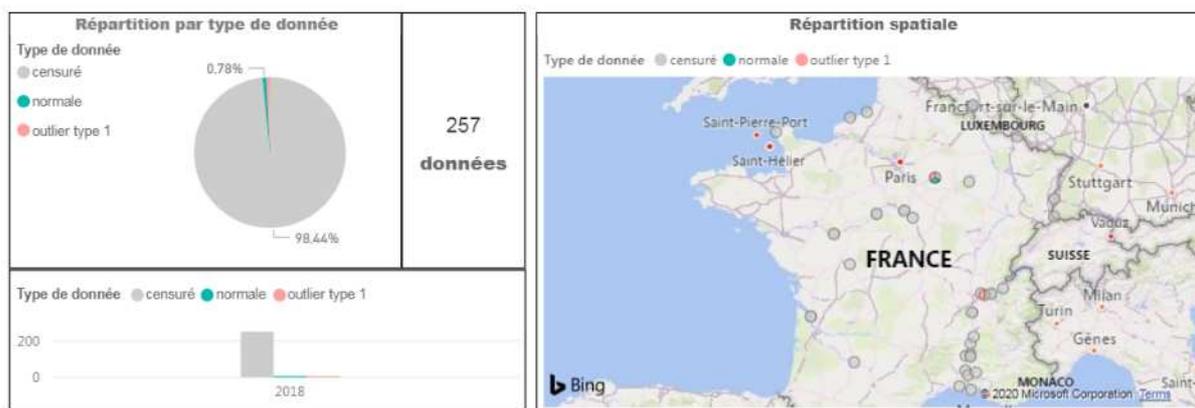
Figure 264. Comparaison des niveaux obtenus avec les différentes méthodes

Un exemple de l'impact de ces nouveaux seuils sur l'identification des VSHR est illustré ci-dessous, en prenant l'exemple du couple « Sédiments et MES / ^{134}Cs » :

Tableau 41. Comparaison des valeurs de référence pour le couple « Sédiments et MES / ^{134}Cs »

Indicateur	Valeurs de référence 2018 (Bq/kg sec)	Valeurs de référence 2019 (Bq/kg sec)
q10	0,575	0,0213
Med	0,684	0,0423
q90	0,760	0,0873
Seuil 1	1,04	0,179
Seuil 2	2,61	0,444

Résultats obtenus dans le cadre du PSR 2018



Résultats obtenus dans le cadre du PSR 2019

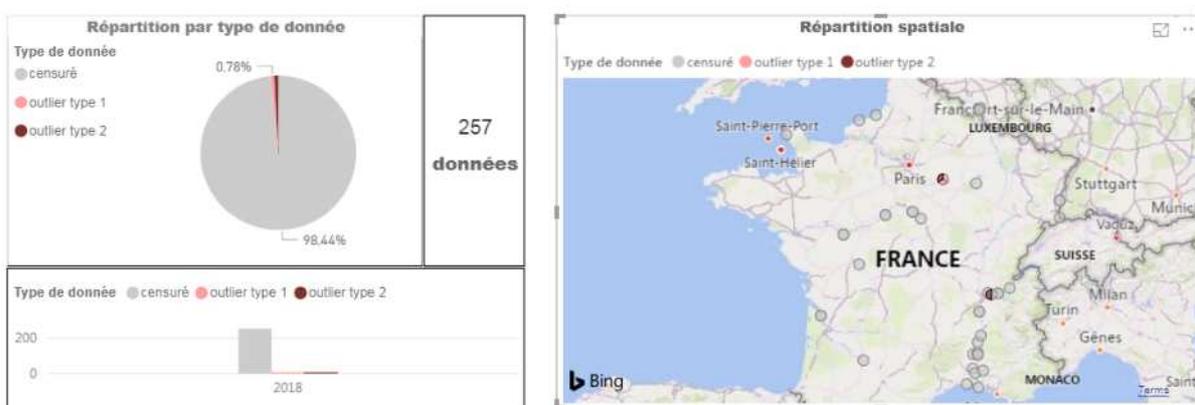


Figure 265. Comparaison des résultats obtenus pour le couple « Sédiments et MES / ¹³⁴Cs »

En 2018, à proximité du CNPE de Nogent deux mesures égales à 0,49 Bq/kg sec en août et 0,39 Bq/kg sec en février ont été enregistrées. Lors de l'analyse statistique du PSR 2018, ces données avaient été qualifiées de normales, alors qu'en réalité il s'agit de VSHR. La nouvelle méthodologie mise en œuvre pour le PSR 2019 identifie ainsi ces mesures comme anormales : elles correspondent à des VSHR de type 1.

Les nouveaux seuils adoptés pour les MES permettent d'identifier de façon plus pertinente des niveaux d'activités anormales, et la méthode mise en œuvre pour exploiter au mieux l'information associée aux mesures non significatives alors que leur proportion est très élevée apparaît pertinente. Toutefois, la mise en œuvre de méthodes statistiques reposant sur des hypothèses de distribution de loi devra aussi s'accompagner d'un travail de recherche bibliographique.

16.4 VALEURS DE REFERENCE UTILISEES POUR LA SCRUTATION DES DONNEES

Tableau 42. Valeurs de référence utilisées pour la scrutation des données

Matrice	Radionucléide	Unité	Valeurs de référence					Historique	
			Q10	med	Q90	Seuil1	Seuil 2	Seuil 3	
Sédiments et MES	¹³⁷ Cs	Bq/kg sec	1,9	3,8	8,3	18	73	39	
	¹³⁴ Cs	Bq/kg sec	0,021	0,042	0,087	0,19	0,75	2,6	
	⁵⁸ Co	Bq/kg sec	0,027	0,083	0,77	1,9	8,2	24	
	⁶⁰ Co	Bq/kg sec	0,094	0,31	4,5	11	49	38	
	¹³¹ I	Bq/kg sec	0,091	0,33	1,4	3,3	14	410	
	^{110m} Ag	Bq/kg sec	0,036	0,11	1,3	3,2	14	17	
	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	Bq/kg sec	0,0082	0,11	1,5	3,8	17	9,3	
²⁴¹ Am	Bq/kg sec	0,044	0,11	1,2	2,9	13	12		
Eaux douces de surface	³ H	Bq/L	0,9	2,2	2,9	5,9	23	190	
Eaux de mer	³ H	Bq/L	0,17	0,27	0,37	0,67	2,4	330	
Aérosols	¹³⁷ Cs	μBq/m3	0,023	0,11	0,48	1,2	5,1	1,2	
	⁶⁰ Co	μBq/m3	2,70E-10	9,90E-08	3,70E-05	9,20E-05	0,0004	49	
	²¹⁰ Pb	μBq/m3	120	310	780	1800	7400	3800	
Eaux atmosphériques	³ H	Bq/L	0,31	1,3	3,6	8,6	37	32	
Feuilles d'arbres	³ H	Bq/L d'ec	1,4	1,6	2,1	3,2	9,1	31	
Herbes	³ H	Bq/L d'ec	1,4	1,6	2,1	3,2	9,1	31	
	¹⁴ C	Bq/kg de C	230	230	240	270	420	430	
Végétaux racinaires	²³⁸ U	Bq/kg frais	0,01	0,01	0,04	0,08	0,35	*	
Mollusques	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	Bq/kg frais	0,001	0,0043	0,014	0,033	0,14	0,064	
Laits	³ H	Bq/L	0,7	1,2	2,6	5,4	21	2,1	
	⁹⁰ Sr	Bq/L	0,011	0,027	0,072	0,16	0,69	0,3	

Table des illustrations et tableaux

Illustration

Figure 1. Membres du réseau de préleveurs de l'IRSN au 01/01/2021	9
Figure 2. Prélèvements transmis par le réseau de préleveurs au titre du PSR 2019	10
Figure 3. Stations 80 m ³ /h du réseau OPERA-Air déployées au 31/12/2019	11
Figure 4. Hydrocollecteurs IRSN déployés au 31/12/2019	12
Figure 5. Activités en ²³⁸ U dans les sédiments à proximité du site de Malvési	17
Figure 6. Activités en ²³⁸ U dans les végétaux à proximité du site de Malvési	18
Figure 7. Schéma simplifié des cours d'eau en aval hydraulique du site du Tricastin	19
Figure 8. Activités en ²³⁸ U dans les eaux de la Gaffière en amont et aval du site du Tricastin	19
Figure 9. Activités en ²³⁸ U dans les eaux du Lauzon (aval du point de rejet du site du Tricastin)	20
Figure 10. Activités en ²³⁸ U dans les MES du canal de Donzère en aval du site du Tricastin	20
Figure 11. Activités en uranium dans les aérosols mesurés au point AS1 du CNPE du Tricastin	21
Figure 12. Activités en ²³⁸ U dans les poissons prélevés en amont et aval du point de rejet du site de Romans-sur-Isère	22
Figure 13. Activité de l'uranium dans les eaux, sédiments et végétaux aquatiques prélevés en amont et en aval du site de Romans-sur-Isère en 2019	22
Figure 14. Ratios isotopiques ²³⁵ U/ ²³⁸ U dans les eaux, sédiments et végétaux aquatiques prélevés en amont et en aval du site de Romans-sur-Isère en 2019	23
Figure 15. Activités en uranium mesurées dans les prélèvements d'herbe à proximité de Romans-sur-Isère	23
Figure 16. Gammes d'activités mensuelles du ³ H dans les eaux de pluies prélevées sur les CNPE EDF en 2019	24
Figure 17. Activités en ³ H (HTO et TOL) et ¹⁴ C dans les légumes feuilles prélevés à proximité des CNPE EDF	25
Figure 18. Activités en ³ H total et ¹⁴ C en Bq/kg frais dans les légumes feuilles prélevés à proximité des CNPE EDF	26
Figure 19. Gammes d'activités en ³ H dans les eaux douces et estuariennes prélevées en aval des CNPE EDF en 2019	27
Figure 20. Activité ³ H dans les rejets liquides des CNPE EDF pour la période 2015-2019	28
Figure 21. Activité ^{110m} Ag dans les rejets liquides des CNPE EDF pour la période 2015-2019	29
Figure 22. Activité ⁶⁰ Co dans les rejets liquides des CNPE EDF pour la période 2015-2019	30
Figure 23. Activité ¹³⁷ Cs dans les rejets liquides des CNPE EDF pour la période 2015-2019	31
Figure 24. Activité ⁵⁴ Mn dans les rejets liquides des CNPE EDF pour la période 2015-2019	32
Figure 25. Activités en ¹³⁷ Cs dans les MES prélevées en aval du CNPE du Blayais	33
Figure 26. Activités en ¹³⁷ Cs dans les MES prélevées en aval du CNPE de Golfech	33
Figure 27. Activités en ³ H dans l'eau prélevée en aval du CNPE du Blayais	34
Figure 28. Activités en ³ H dans l'eau prélevée en aval du CNPE de Golfech	34
Figure 29. Activités en ¹³⁷ Cs mesurées dans les MES prélevées en aval du CNPE de Belleville	35
Figure 30. Activités en ¹³⁷ Cs mesurées dans les MES prélevées en aval du CNPE de Dampierre	35
Figure 31. Activités en ¹³⁷ Cs dans les MES prélevées en aval du CNPE de Saint-Laurent	36
Figure 32. Activités en ¹³⁷ Cs dans les MES prélevées en aval du CNPE de Chinon	36
Figure 33. Activités en ¹³⁷ Cs dans les MES prélevées en aval du CNPE de Civaux	37
Figure 34. Activités en ⁶⁰ Co mesurées dans les MES prélevées en aval du CNPE de Dampierre	37
Figure 35. Activités en ⁶⁰ Co mesurées dans les MES prélevées en aval du CNPE de Saint-Laurent	38
Figure 36. Activités en ⁶⁰ Co mesurées dans les MES prélevées en aval du CNPE de Chinon	38

Figure 37. Activités en ^{60}Co mesurées dans les MES prélevées en aval du CNPE de Civaux.....	38
Figure 38. Activités en ^{110}Ag mesurées dans les MES prélevées en aval du CNPE de Dampierre.....	39
Figure 39. Activités en ^{110}Ag mesurées dans les MES prélevées en aval du CNPE de Saint-Laurent	39
Figure 40. Activité en ^3H de l'eau prélevée en aval du CNPE de Belleville.....	40
Figure 41. Comparaison entre les concentrations mensuelles en ^3H dans l'eau prélevée en aval du CNPE de Belleville et les gammes de débit mesurées à la station HYDRO de Saint-Satur.....	40
Figure 42. Activité en ^3H de l'eau prélevée en aval du CNPE de Dampierre	41
Figure 43. Comparaison entre les concentrations mensuelles en ^3H dans l'eau prélevée en aval du CNPE de Dampierre et les gammes de débit mesurées à la station HYDRO de Gien.....	41
Figure 44. Activité en ^3H de l'eau prélevée en aval du CNPE de Saint-Laurent.....	41
Figure 45. Comparaison entre les concentrations mensuelles en ^3H dans l'eau prélevée en aval du CNPE de Saint-Laurent et les gammes de débit mesurées à la station HYDRO de Blois.....	42
Figure 46. Activité en ^3H de l'eau prélevée en aval du CNPE de Chinon	42
Figure 47. Comparaison entre les concentrations mensuelles en ^3H dans l'eau prélevée en aval du CNPE de Chinon et les gammes de débit mesurées à la station HYDRO de Langeais.....	42
Figure 48. Activité en ^3H de l'eau prélevée en aval du CNPE de Civaux.....	43
Figure 49. Comparaison entre les concentrations mensuelles en ^3H dans l'eau prélevée en aval du CNPE de Civaux et les gammes de débit mesurées à la station HYDRO de Lussac-les-Châteaux	43
Figure 50. Activités en ^{58}Co , ^{60}Co et ^{137}Cs dans les MES prélevées dans le puits de rejet à Paluel en 2019	44
Figure 51. Activités en ^{58}Co , ^{60}Co et ^{137}Cs dans les MES prélevées dans le puits de rejet à Penly en 2019	45
Figure 52. Activités en ^{58}Co , ^{60}Co et ^{137}Cs dans les MES prélevées dans le canal de rejet à Gravelines en 2019.....	45
Figure 53. Activités en ^3H dans le bassin de rejet du CNPE de Flamanville en 2019.....	46
Figure 54. Activités en ^3H dans le puits de rejet du CNPE de Paluel en 2019	46
Figure 55. Activités en ^3H dans le puits de rejet du CNPE de Penly en 2019	47
Figure 56. Activités en ^3H dans le canal de rejet du CNPE de Gravelines en 2019.....	47
Figure 57. Activités en ^3H dans l'eau prélevée en amont et aval du CNPE de Cattenom en 2019	48
Figure 58. Activité en ^{137}Cs des MES prélevées en aval du CNPE de Cattenom en 2019	49
Figure 59. Activité en ^{60}Co des MES prélevées en aval du CNPE de Cattenom en 2019.....	50
Figure 60. Activités en ^{58}Co et $^{110\text{m}}\text{Ag}$ des MES prélevées en aval du CNPE de Cattenom en 2019	50
Figure 61. Activités en ^3H dans l'eau prélevée en aval du CNPE de Chooz en 2019	51
Figure 62. Activités en ^{137}Cs des MES prélevées en aval du CNPE de Chooz en 2019.....	52
Figure 63. Activités en ^{60}Co des MES prélevées en aval du CNPE de Chooz en 2019	52
Figure 64. Activités en $^{110\text{m}}\text{Ag}$ des MES prélevées en aval du CNPE de Chooz en 2019	53
Figure 65. Activités en ^3H dans l'eau prélevée en amont et aval du CNPE de Fessenheim en 2019	54
Figure 66. Activités en ^{137}Cs des MES prélevées en amont et en aval du CNPE de Fessenheim en 2019.....	55
Figure 67. Activité en ^{60}Co dans les MES prélevées en aval du site de Bugey	57
Figure 68. Activité en $^{110\text{m}}\text{Ag}$ dans les MES prélevées en aval du site de Bugey	57
Figure 69. Activité en ^{137}Cs dans les MES prélevées en aval du site de Bugey.....	58
Figure 70. Activité en ^3H dans l'eau prélevée en aval du site de Bugey.....	58
Figure 71. Activité en ^{60}Co dans les MES prélevées en aval du CNPE de Saint-Alban.....	59
Figure 72. Activité en $^{110\text{m}}\text{Ag}$ dans les MES prélevées en aval du CNPE de Saint-Alban	59

Figure 73. Activité en ^{137}Cs dans les MES prélevées en aval du CNPE de Saint-Alban	60
Figure 74. Activité en ^3H dans l'eau prélevée en aval du CNPE de Saint-Alban	60
Figure 75. Activité en ^{60}Co dans les MES prélevées en aval du site de Cruas	61
Figure 76. Activité en $^{110\text{m}}\text{Ag}$ dans les MES prélevées en aval du site de Cruas	61
Figure 77. Activité en ^{137}Cs dans les MES prélevées en aval du site de Cruas	62
Figure 78. Activité en ^3H dans l'eau prélevée en aval du site de Cruas	62
Figure 79. Activité en ^{60}Co dans les MES prélevées en aval du site du Tricastin	63
Figure 80. Activité en ^{137}Cs dans les MES prélevées en aval du site du Tricastin.....	63
Figure 81. Activité en ^3H dans l'eau prélevée en aval du site du Tricastin.....	64
Figure 82. Gammes d'activités des radionucléides artificiels (présentant au moins une mesure significative) de l'eau prélevée par SORA en 2019	65
Figure 83. ^{60}Co dans les MES du Rhône collectées par décantation sur les hydrocollecteurs IRSN en 2019	65
Figure 84. $^{110\text{m}}\text{Ag}$ dans les MES du Rhône collectées par décantation sur les hydrocollecteurs IRSN en 2019	66
Figure 85. ^{137}Cs dans les MES du Rhône collectées par décantation sur les hydrocollecteurs IRSN en 2019.....	66
Figure 86. Activité en tritium de l'eau prélevée et filtrée par SORA en 2019.....	67
Figure 87. Gammes d'activités en tritium dans les échantillons d'eau prélevés par les hydrocollecteurs du Rhône et SORA en 2019.....	67
Figure 88. Activités en ^{137}Cs dans les MES prélevées en aval du CNPE de Nogent en 2019	68
Figure 89. Activités en ^{60}Co dans les MES prélevées en aval du CNPE de Nogent en 2019	69
Figure 90. Activités en ^{54}Mn , ^{58}Co et $^{110\text{m}}\text{Ag}$ dans les MES prélevées en aval du CNPE de Nogent en 2019.....	70
Figure 91. Activité en ^3H dans l'eau prélevée en aval du CNPE de Nogent en 2019.....	71
Figure 92. Activités en ^3H dans l'atmosphère à la station IRSN d'Omonville-la-Petite	72
Figure 93. Activité en ^3H dans l'air prélevé par des piègeurs passifs à Herqueville (station AS4)	73
Figure 94. Activité en ^3H dans l'eau de pluie à Omonville-la-Petite (station IRSN).....	73
Figure 95. Evolution de l'activité volumique des iodures atmosphériques à la station IRSN d'Omonville-la-Petite	74
Figure 96. Activité en ^{129}I dans le lait prélevé en 2019 aux 3 points de prélèvement IRSN	76
Figure 97. Activité en ^3H mesurée dans le lait prélevé en 2019 aux 3 points de surveillance IRSN.....	77
Figure 98. Activité en ^3H TOL mesurée dans les végétaux terrestres autour de la Hague.....	78
Figure 99. Activité en ^{129}I mesurée dans les végétaux terrestres autour de la Hague.....	79
Figure 100. Activité en ^{14}C mesurée dans les végétaux terrestres autour de la Hague	79
Figure 101. Activité spécifique du carbone 14 dans les herbes prélevées au sud (station A12) de la Hague entre 2010 et 2019	80
Figure 102. Activité en TOL dans les ajoncs prélevés autour du site de la Hague (campagnes 2018-2019).....	81
Figure 103. Activité en ^{14}C dans les ajoncs prélevés autour du site de la Hague (campagnes 2018-2019)	81
Figure 104. Activité en ^3H dans les eaux de surface prélevées autour du site de la Hague.....	82
Figure 105. Activité en ^{90}Sr dans les eaux de surface prélevées autour du site de la Hague.....	83
Figure 106. Activités relevées pour les principaux radionucléides mesurés sur les sédiments du milieu dulçaquicole.....	84
Figure 107. Cartographie des activités en ^{137}Cs mesurées au Nord-ouest du site de la Hague lors des campagnes de caractérisation menées par le SIRSE en 2017	85
Figure 108. Activités en ^3H dans l'eau du Rhône prélevée en amont et aval du site de Marcoule.....	87

Figure 109. Activités des radionucléides artificiels dans les sédiments prélevés dans le Rhône en amont et aval du site de Marcoule	87
Figure 110. Activités en ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu dans les prélèvements de poissons en aval de Marcoule	88
Figure 111. Activités en ³ H dans les eaux de pluie prélevées sur le site de Marcoule.....	88
Figure 112. Activités en TOL dans les feuilles d'arbre et l'herbe prélevées à proximité du site de Marcoule.....	89
Figure 113. Activités TOL dans les céréales, fruits et légumes prélevés à proximité du site de Marcoule entre 2009 et 2019	89
Figure 114. Carte des activités en TOL dans les végétaux prélevés près du site de Marcoule en 2019 et sur la période 2009-2018	90
Figure 115. Activités en ⁹⁰ Sr dans les prélèvements d'eau de nappe dans l'ancien et le nouveau puits à Codolet	91
Figure 116. Activités en ¹³⁷ Cs dans les prélèvements de sédiments à proximité de Bruyères-le-Châtel.....	92
Figure 117. Activités en uranium dans les sédiments prélevés dans le bassin de retenue de l'Orge et le ruisseau du Grand Rué	93
Figure 118. Activités en plutonium et américium dans les sédiments prélevés dans le bassin de retenue de l'Orge et le ruisseau du Grand Rué	93
Figure 119. Activité en ³ H dans les prélèvements d'eau de surface à proximité de Bruyères-le-Châtel	94
Figure 120. Activité en TOL dans les végétaux autour du site de Bruyère-le-Châtel	94
Figure 121. HTO dans l'air prélevé par piégeage passif sur le centre CEA de Cadarache	95
Figure 122. Activités en ¹³⁷ Cs dans les légumes feuilles prélevés à proximité du centre CEA de Cadarache	96
Figure 123. Activités en uranium dans les eaux douces autour du CEA de Fontenay-aux-Roses	96
Figure 124. Activités en ⁹⁰ Sr, ⁶⁰ Co et ¹³⁷ Cs dans les sédiments prélevés dans l'Aqueduc des mineurs.....	97
Figure 125. Activités en Pu et Am dans les sédiments prélevés dans l'Aqueduc des mineurs	98
Figure 126. Activités en ³ H dans les eaux prélevées autour du site du CEA de Saclay	98
Figure 127. Activités en ³ H dans les eaux prélevées en aval de l'exutoire de rejet principal du CEA de Saclay	99
Figure 128. Activités en ¹³⁷ Cs dans les eaux prélevées en aval de l'exutoire de rejet principal du CEA de Saclay	99
Figure 129. Activités en ⁹⁰ Sr dans les eaux prélevées autour du site du CEA de Saclay	100
Figure 130. Activités en HTO dans l'air et l'eau de pluie prélevés à proximité du site du CEA de Saclay.....	100
Figure 131. Activité en TOL dans les végétaux prélevés autour du site du CEA de Saclay.....	101
Figure 132. Activités en HTO dans l'air et l'eau de pluie prélevés à proximité du CEA de Valduc.....	102
Figure 133. Activités en TOL dans les herbes et les feuilles d'arbres à proximité du CEA de Valduc	102
Figure 134. Activités en ³ H dans les eaux de surface prélevées à proximité du centre CEA de Valduc.....	103
Figure 135. Activités en ³ H dans les eaux de sources à proximité du centre CEA de Valduc.....	103
Figure 136. Activités en ³ H libre dans le lait prélevé autour du CEA de Valduc.....	104
Figure 137. Activités en tritium (HT et HTO) dans l'air prélevé à l'ILL entre 2015 et 2019	105
Figure 138. Activités en tritium (HT et HTO) dans l'air prélevé à l'ILL entre 2017 et 2019	106
Figure 139. Activités en ³ H dans les eaux de pluies prélevées à l'ILL.....	107
Figure 140. Activités en ³ H dans les herbes prélevées à proximité de l'ILL	107
Figure 141. Activités en ³ H dans les eaux prélevées en amont et en aval de l'ILL sur l'Isère.....	108
Figure 142. Activités en ¹³⁷ Cs dans les sédiments prélevés en en amont et en aval de l'ILL et du centre CEA de Grenoble depuis 2010.....	108
Figure 143. Activités en HTO dans l'air à proximité du CERN	109
Figure 144. Activité en HTO dans l'air à proximité du GANIL.....	110

Figure 145. Activités en ^{137}Cs dans les sédiments prélevés au niveau des bases navales françaises	111
Figure 146. Activités en ^{137}Cs , ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ et ^{241}Am dans les mollusques prélevés par la Marine Nationale et analysés par l'IRSN à proximité des bases navales de Brest, Cherbourg et Toulon	112
Figure 147. Activités en ^{137}Cs de l'eau de mer prélevée en rade de Brest	112
Figure 148. Activités en ^3H dans l'eau de mer prélevée dans la rade de Toulon	113
Figure 149. Activités en ^3H dans l'eau de mer prélevée dans la rade de Brest	113
Figure 150. Activités en ^3H dans l'eau de mer prélevée dans la rade de Cherbourg	114
Figure 151. Déplacement du point de prélèvement du sédiment en décembre 2019	116
Figure 152. Activités en ^{230}Th et ^{232}Th dans les sédiments à proximité de l'usine Solvay de la Rochelle	116
Figure 153. Activités en ^{131}I dans les matières en suspension à Croissy sur Seine	117
Figure 154. Activité de l'uranium dans l'eau prélevée dans l'Isère en amont et en aval de la SICN Veurey	118
Figure 155. Synthèse des niveaux en ^{226}Ra et en ^{238}U observés dans les prélèvements d'eau douce pour les différents sites miniers prévus au PSR en 2019	121
Figure 156. Synthèse des niveaux en ^{226}Ra et en ^{238}U observés dans les prélèvements de sédiments pour les différents sites miniers prévus au PSR en 2019	122
Figure 157. Points de prélèvement au sein de l'ancienne division minière de la Crouzille	123
Figure 158. Activités en ^{226}Ra , ^{234}U , ^{235}U et ^{238}U dans les eaux prélevées dans l'Etang de Gouillet	124
Figure 159. Activités en ^{226}Ra , ^{234}U , ^{235}U et ^{238}U dans les eaux prélevées dans l'Etang de la Crouzille	124
Figure 160. Activités en ^{226}Ra , ^{234}U , ^{235}U et ^{238}U dans les eaux prélevées dans le Ritord	125
Figure 161. Activités en ^{226}Ra , ^{234}U , ^{235}U et ^{238}U dans les eaux prélevées dans le Vincou	125
Figure 162. Activités en ^{226}Ra , ^{234}U , ^{235}U et ^{238}U dans les eaux prélevées dans le Ruisseau des Sagnes	126
Figure 163. Activités en ^{226}Ra , ^{234}U , ^{235}U et ^{238}U dans les eaux prélevées en aval de la Division dans la Gartempe	126
Figure 164. Activités en ^{234}U , ^{235}U et ^{238}U dans les eaux prélevées en 2019 dans la Gartempe en amont et en aval de la Division minière	127
Figure 165. Activités en uranium dans les eaux prélevées à Gétigné en aval immédiat du site de l'Ecarpière	127
Figure 166. Activités en uranium dans les eaux prélevées à Gorges en aval lointain du site de l'Ecarpière	128
Figure 167. Activités en ^{226}Ra dans les eaux prélevées à Gétigné en aval immédiat du site de l'Ecarpière	128
Figure 168. Activités en ^{226}Ra dans les eaux prélevées à Gorges en aval lointain du site de l'Ecarpière	128
Figure 169. Activités en uranium dans les eaux prélevées en amont et aval du site du Bosc	129
Figure 170. Activités en radium et uranium dans les sédiments prélevés en amont et aval du site du Bosc	129
Figure 171. Activités en uranium dans les eaux prélevées en amont et aval du site de stockage du Bauzot	130
Figure 172. Activités en radium et uranium dans les sédiments prélevés en amont et aval du site de stockage du Bauzot	130
Figure 173. Activités en uranium dans les eaux prélevées en amont et aval du site du Bernardan	131
Figure 174. Activités en radium et uranium dans les sédiments prélevés en amont et aval du site du Bernardan	131
Figure 175. Activités en radium et uranium dans les végétaux aquatiques prélevés en aval du site du Bernardan au mois d'août 2019	132
Figure 176. Activités en uranium dans les eaux prélevées en amont et aval du site de Bertholène	132
Figure 177. Activités en radium et uranium dans les sédiments prélevés en amont et aval du site de Bertholène	133
Figure 178. Activités en radium et uranium dans les végétaux aquatiques prélevés en aval du site de Bertholène au mois d'août 2019	133
Figure 179. Activités en uranium dans les eaux prélevées en amont et aval du site des Bois Noirs	134

Figure 180. Activités en radium et uranium dans les sédiments prélevés en amont et aval du site des Bois Noirs	134
Figure 181. Activités en uranium dans les eaux prélevées en amont et aval du site du Cellier	135
Figure 182. Activités en radium et uranium dans les sédiments prélevés en amont et aval du site du Cellier	135
Figure 183. Activités en radium et uranium dans les sédiments prélevés en amont (lentille d'eau) et aval (mousse aquatique) du site du Cellier	136
Figure 184. Activités en uranium dans les eaux prélevées en amont et aval du site de Gueugnon	136
Figure 185. Activités en radium et uranium dans les sédiments prélevés en amont et aval du site de Gueugnon	137
Figure 186. Activités en uranium dans les eaux prélevées en amont et en aval du site de Saint-Pierre et en aval de la confluence avec le Ruisseau du Combret	137
Figure 187. Activités en radium et uranium dans les sédiments prélevés en aval du site de Saint-Pierre-du-Cantal et en aval de la confluence avec le Ruisseau du Combret	138
Figure 188. Radionucléides artificiels détectés localement par le réseau OPERA-Air 80 (hors évènements radiologiques détectés à l'échelle du territoire).....	140
Figure 189. Niveaux d'activité en tritium total dans les eaux pluies tous sites confondus depuis 2010.....	140
Figure 190. Niveaux d'activité en tritium total dans les eaux pluies par site en 2019.....	141
Figure 191. Activités en HTO dans l'air sur la période 2018-2019 pour les sites équipés d'un piègeur passif et/ou d'un barboteur.....	141
Figure 192. Activité en ^3H dans les eaux de mer prélevées en 2019 en Atlantique et en Manche / Mer du Nord	143
Figure 193. Activité en ^3H dans les eaux de mer prélevées prélevée en 2019 en Méditerranée	144
Figure 194. Activité en ^{137}Cs dans les eaux de mer prélevées sur la façade ouest en 2018 et 2019 (coprécipitation).....	144
Figure 195. Activité en ^{137}Cs dans les eaux de mer prélevées sur la façade méditerranéenne en 2018 et 2019 (coprécipitation).....	145
Figure 196. Moyenne des activités significatives mesurées dans les sédiments prélevés sur la façade ouest en 2019	146
Figure 197. Moyenne des activités en ^{137}Cs dans les sédiments prélevés sur la façade ouest en 2019.....	147
Figure 198. Moyenne des activités significatives mesurées dans les algues prélevées en Mer du Nord, en Manche et sur la façade atlantique en 2019 (hors ^3H et ^{14}C).....	148
Figure 199. Activité en ^{129}I mesurée dans les algues prélevées en Mer du Nord et en Manche en 2019	148
Figure 200. Activités en ^3H et ^{14}C dans les algues prélevées en Mer du Nord, en Manche et sur la façade atlantique en 2019	149
Figure 201. Activités significatives mesurées dans les mollusques prélevés en Mer du Nord, en Manche et sur la façade atlantique en 2019	150
Figure 202. Activités significatives en ^3H et ^{14}C dans les mollusques prélevés en Mer du Nord et en Manche en 2019	151
Figure 203. Activités en ^{14}C dans les mollusques prélevés sur la façade méditerranéenne	151
Figure 204. Activités en ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ et ^{241}Am dans les mollusques prélevés sur la façade méditerranéenne	152
Figure 205. Activités en ^{137}Cs dans les mollusques prélevés sur la façade méditerranéenne	152
Figure 206. Activités en ^{210}Po dans les mollusques prélevés en Mer du Nord, en manche et sur la façade atlantique en 2019	153
Figure 207. Activité en ^3H mesurées en 2019 par les exploitants dans les eaux de nappe et de source (valeurs significatives uniquement).....	154
Figure 208. Evolution de l'activité en ^3H dans le piézomètre OSEZ005PZ à Belleville (données EDF RNM).....	155
Figure 209. Evolution de l'activité en ^3H dans le piézomètre OSEZ013PZ à Bugey (données EDF RNM)	156
Figure 210. Activités en ^3H dans les piézomètres présentant un pic d'activité à Tricastin en 2019 (données EDF RNM)....	156
Figure 211. Evolution de l'activité en ^3H dans les piézomètres du CSM (données ANDRA RNM)	157

Figure 212. Evolution de l'activité en ^3H dans les piézomètres du site de la Hague (données Orano RNM).....	158
Figure 213. Répartition géographique des activités moyennes en ^3H en 2019 dans les eaux de nappe sur le site de la Hague	159
Figure 214. Activités en ^{90}Sr dans les laits en 2019.....	161
Figure 215. Répartition des activités en tritium mesurées dans les prélèvements de laits.....	162
Figure 216. Activités en ^{90}Sr mesurées dans les céréales dans l'environnement d'ORANO la Hague et du CEA Marcoule.....	164
Figure 217. Activités en uranium isotopique dans les céréales prélevées à proximité du site d'Orano Tricastin.....	164
Figure 218. TOL dans les céréales prélevées à proximité de la Hague et Valduc.....	165
Figure 219. Activités en ^{137}Cs dans les poissons marins.....	166
Figure 220. Activités en ^{137}Cs dans les poissons de rivière	167
Figure 221. Activités en ^{14}C dans les poissons	168
Figure 222. TOL dans les poissons de rivière	168
Figure 223. TOL dans les poissons marins.....	169
Figure 224. Activités en ^{90}Sr dans les poissons	169
Figure 225. Activités en ^{90}Sr dans les poissons en aval de Marcoule.....	170
Figure 226. Activités en $^{239-240}\text{Pu}$ dans les poissons	171
Figure 227. Activités en ^{241}Am dans les poissons.....	172
Figure 228. Activités en ^{137}Cs dans les légumes et les fruits	173
Figure 229. Activités en ^{14}C dans les légumes et les fruits	174
Figure 230. Activités significatives en ^{238}U dans les légumes et les fruits	174
Figure 231. Activités en TOL dans les légumes et les fruits	175
Figure 232. Activités en ^{90}Sr dans les fromages	176
Figure 233. TOL et ^{14}C mesurés dans les feuilles d'arbres prélevées par l'IRSN en Bretagne entre 2009 et 2019	177
Figure 234. Radionucléides mesurés significativement dans les denrées prélevées en Bretagne en 2019 par l'IRSN.....	178
Figure 235. Radionucléides naturels et ^{137}Cs mesurés dans les salades prélevées en Bretagne par l'IRSN en 2019.....	179
Figure 236. Evolution de l'activité en ^{137}Cs dans le lait prélevé en Guyane entre 2009 et 2019	181
Figure 237. Activités en ^{75}Se relevées sur les filtres aérosols des stations du réseau OPERA-Air pour la période du 13/05/2019 au 20/05/2019 (sauf mention contraire).....	182
Figure 238. Activités dans les prélèvements réalisés le 22/05/2019 dans la région de Lille suite au rejet de ^{75}Se par le CEN de Mol.....	183
Figure 239. Activités en ^{58}Co mesurées sur les filtres aérosols prélevés en 2019 par la station IRSN de Chinon	184
Figure 240. Moyennes des indices bêta globaux mesurés sur les filtres aérosols EDF prélevés aux points AS1 des CNPE EDF en 2019.....	185
Figure 241. Indices bêta globaux mesurés sur les filtres aérosols EDF prélevés aux points AS1 des CNPE EDF du 15/09/2019 au 30/09/2019	186
Figure 242. Indices bêta globaux mesurés sur les filtres aérosols du CNPE de Cattenom entre le 15/08/2019 et le 15/09/2019	187
Figure 243. Moyennes des activités en ^{210}Pb mesurées sur les filtres aérosols IRSN prélevés aux points AS1 des CNPE EDF en 2019	188
Figure 244. Activités en ^{210}Pb mesurées sur les filtres aérosols IRSN prélevés aux points AS1 des CNPE EDF du 15/09/2019 au 30/09/2019	188

Figure 245. Indices bêta globaux mesurés sur les filtres aérosols EDF prélevés aux points AS1 des CNPE EDF du 10/02/2019 au 10/03/2019	190
Figure 246. Indices bêta globaux mesurés sur les filtres aérosols du CNPE de Civaux entre le 10/02/2019 et le 10/03/2019	191
Figure 247 : Répartition globale par type de données.....	193
Figure 248. Répartition des VSHR pour le couple « Sédiments et boues / ^{110m} Ag » en 2019	194
Figure 249. Répartition de l'activité mesurée pour le couple Sédiments et boues / ^{110m} Ag à Saint-Laurent	194
Figure 250. Répartition des anomalies pour le couple « Sédiments et boues / ⁵⁸ Co » en 2019.....	195
Figure 251. Répartition des VSHR pour le couple « Sédiments et boues / ¹³¹ I » en 2019	195
Figure 252. Répartition des VSHR pour le couple eaux douces de surface / ³ H en 2019.....	196
Figure 253. Répartition des VSHR pour le couple eaux de mer / ³ H en 2019	196
Figure 254. Répartition des VSHR pour le couple eaux atmosphériques / ³ H en 2019.....	197
Figure 255. Répartition des VSHR pour le couple Herbes / ¹⁴ C en 2019	197
Figure 256. Répartition des mesures pour le couple herbe / ¹⁴ C en 2019.....	197
Figure 257. Transferts de données depuis et vers Syracuse	202
Figure 258. Cycle de mise en œuvre du PSR	203
Figure 259. Prise en compte du REX du rapport annuel de l'année N dans le PSR de l'année N+2	203
Figure 260. Schéma de la méthode de scrutation	210
Figure 261. Aperçu de l'interface de scrutation.....	211
Figure 262. Visualisation des VSHR sévères	211
Figure 263. Comparaison des deux méthodes utilisées pour traiter les mesures non significatives	212
Figure 264. Comparaison des niveaux obtenus avec les différentes méthodes	213
Figure 265. Comparaison des résultats obtenus pour le couple « Sédiments et MES / ¹³⁴ Cs »	214

Tableau

Tableau 1. Radionucléides recherchés par type d'installation surveillée	8
Tableau 2. Echantillons transmis par le réseau de préleveurs au titre du PSR 2019	10
Tableau 3. Stations du réseau OPERA-Air déployées au 31/12/2019	11
Tableau 4. Méthodes de traitement et d'analyse employées dans le cadre du PSR 2019	13
Tableau 5. Bilan des échantillons reçus à l'IRSN dans le cadre du PSR 2019	15
Tableau 6. Activités des isotopes de l'uranium dans les mollusques prélevés à Port-la-Nouvelle.....	18
Tableau 7. Radionucléides artificiels mesurés significativement sur les filtres aérosols prélevés à proximité immédiate des CNPE	24
Tableau 8. Proportions de valeurs significatives par radionucléide d'origine artificielle relevées dans les MES prélevées sur la Moselle en aval du CNPE de Cattenom.....	49
Tableau 9. Proportions de valeurs significatives par radionucléide d'origine artificielle relevées dans les MES prélevées sur la Meuse en aval du CNPE de Chooz	51
Tableau 10. Proportion de valeurs significatives dans les MES prélevées en aval des sites EDF sur le Rhône.....	56
Tableau 11. Proportions de valeurs significatives par radionucléide d'origine artificielle relevées dans les MES prélevées sur la Seine en aval du CNPE de Nogent.....	68
Tableau 12. Activités en ¹²⁹ I mesurées en février et mars 2019 à Omonville-la-Petite	75
Tableau 13. Activités mesurées sur l'échantillon de sol prélevé au niveau de zone du ruisseau des Landes	85

Tableau 14. Activités mesurées sur les végétaux aquatiques prélevés dans l'abreuvoir au niveau de la source du ruisseau des Landes	86
Tableau 15. Résultats des mesures en uranium sur les sédiments marins prélevés au niveau de la presqu'île du Cotentin	86
Tableau 16. Résultats des mesures en uranium sur les sédiments dulçaquicoles prélevés autour du site de la Hague	86
Tableau 17. Activités en ⁹⁰ Sr mesurées dans les eaux prélevées dans les Noues d'Amance en aval du CSA	115
Tableau 18. Activités des prélèvements réalisés dans la Flamenne en aval de la SOMANU	115
Tableau 19. Activités en ¹³¹ I dans les sédiments	117
Tableau 20. Activités de l'uranium des sédiments prélevés en aval du site SICN de Veurey en 2019	119
Tableau 21. Analyses réalisées sur les prélèvements atmosphériques	139
Tableau 22. Activités mesurées sur les algues prélevées à Toulon en 2019	150
Tableau 23. Gammes d'activité en ³ H dans des piézomètres susceptibles de mettre en lumière un événement ayant entraîné une pollution de la nappe (hors site de la Hague)	155
Tableau 24. Prélèvements prévus en 2019 au titre des conventions DGAL/IRSN et DGCCRF/IRSN	160
Tableau 25. Répartition des denrées collectées par préleveur	160
Tableau 26. Activités significatives en ²³⁸ U dans les laits	162
Tableau 27. Activités en ¹³⁷ Cs mesurées dans les échantillons de sangliers	163
Tableau 28. Activités significatives en TOL dans les céréales	165
Tableau 29. Activités significatives dans les prélèvements de poissons	165
Tableau 30. Activités significatives en ¹²⁹ I dans les prélèvements de poissons réalisés au large de Carteret	168
Tableau 31. Activités significatives dans les prélèvements de végétaux terrestres	173
Tableau 32. Activités en tritium libre mesurées dans les boissons alcoolisées	175
Tableau 33. Activités en ¹³⁷ Cs mesurées dans les champignons	175
Tableau 34. Prélèvements reçus depuis les DROM-COM au titre du PSR 2019	180
Tableau 35. Activités mesurées dans les prélèvements réalisés dans les DROM-COM en 2019	180
Tableau 36 : Synthèse des résultats de la scrutation de données pour les couples matrice-radionucléide choisis	192
Tableau 37 : Synthèse des VSHR sévères mises en évidence par scrutation du PSR 2019	198
Tableau 38. ESE déclarés par des CNPE	198
Tableau 39. ESE déclarés par d'autres installations	199
Tableau 40. Données relatives au PSR 2019 transférées dans SYRACUSE et le RNM	202
Tableau 41. Comparaison des valeurs de référence pour le couple « Sédiments et MES / ¹³⁴ Cs »	213
Tableau 42. Valeurs de référence utilisées pour la scrutation des données	215

IRSN
Pôle santé et environnement
Direction de l'environnement

E-mail
contact@irsn.fr

N° du rapport
Rapport IRSN 2022-00175
Tous droits réservés IRSN
Septembre 2021

Photo de couverture :
Point de prélèvement sur le ruisseau des Moulinets au sud du site de la Hague, M. Petitfrère © IRSN



31, avenue de la division Leclerc
92260 Fontenay-aux-Roses
RCS Nanterre B 440 546 018

COURRIER

B.P 17
92260 Fontenay-aux-Roses Cedex

TÉLÉPHONE

+33 (0)1 58 35 88 88

SITE INTERNET

www.irsn.fr

Email

contact@irsn.fr

 [@IRSNFrance](https://twitter.com/IRSNFrance)