



RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

**IRSN**

INSTITUT DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

# CONSTAT RADIOLOGIQUE SUD-OUEST

## RAPPORT DE MISSION 2020



MEMBRE DE

**ETSON**

# L'EXPERT PUBLIC DES RISQUES NUCLÉAIRES 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.

L'INSTITUT  
COMPTE  
ENVIRON  
**1 700**  
COLLABORATEURS

parmi lesquels  
de nombreux  
ingénieurs,  
médecins,  
agronomes,  
vétérinaires,  
techniciens,  
experts  
et chercheurs.

Pour mener à bien  
ses missions,  
l'IRSN dispose

**D'UN BUDGET  
D'ENVIRON**

**280 M€**

## DES RÉSEAUX DE PRÉLÈVEMENT ET DE MESURE CONÇUS POUR UNE SURVEILLANCE RÉGULIÈRE

**L**a 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 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](http://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 hydrocollecteurs** 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 – appelées « constats radiologiques » – dont l'objectif est de dresser la synthèse des connaissances sur les niveaux de radioactivité à l'échelle d'une région, d'un territoire, d'un bassin versant... et, le cas échéant, de réaliser de nouvelles campagnes de prélèvements pour améliorer le niveau des connaissances.

Ces campagnes permettent la mesure d'échantillons rarement analysés, de denrées présentant une valeur économique particulière pour le territoire ou de répondre à des attentes ou des questions particulières des parties prenantes (collectivités locales, associations de citoyens, commissions d'information...). Ces constats sont l'occasion pour le citoyen de mieux comprendre et de s'approprier une information par nature complexe et d'agir sur la nature même de la surveillance effectuée.

## ... POUR DES MESURES RENDUES PUBLIQUES

Que ce soit dans le cas de la surveillance régulière, avec les réseaux de surveillance des différents milieux, ou dans le cadre de l'approche territoriale, grâce aux « constats radiologiques », 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](http://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](http://www.mesure-radioactivite.fr)).

Dans ce contexte, le constat régional sud-ouest dresse une cartographie des niveaux de radioactivité dans les milieux atmosphérique, terrestre et aquatique d'un territoire qui comprend une vingtaine de départements.

## RÉSUMÉ

**L**a surveillance régulière de la radioactivité dans l'environnement réalisée par l'IRSN fait appel à des indicateurs relativement invariants dans le temps, dans le but de détecter d'éventuelles évolutions, d'éventuels écarts aux niveaux de référence. Pour des raisons de moyens, elle ne peut prétendre être exhaustive quant à la nature des indicateurs ou des radionucléides recherchés. Pour la compléter, l'IRSN a réalisé ponctuellement des études à l'échelle de régions. Ces études, dénommées « constats radiologiques régionaux », visent à la fois à dresser le bilan des connaissances acquises, à caractériser des zones ne faisant pas l'objet d'un suivi régulier et à accroître la diversité des matrices environnementales analysées, en portant une attention particulière aux denrées alimentaires. Elles appellent des campagnes de prélèvement spécifiques et permettent, le cas échéant, de rechercher des radionucléides non analysés de manière systématique.

Dans ce contexte, le **constat régional du sud-ouest**, dont l'emprise couvre une vingtaine de départements du quart sud-ouest de la France, a été mené dans les trois milieux : atmosphérique, aquatique et terrestre. Au total, ce constat s'est traduit par la réalisation, de 2009 à 2012, de plus de 250 prélèvements et 450 analyses (près de 5 000 résultats de mesure). Le périmètre détaillé de cette étude a été défini en tenant compte des caractéristiques géographiques et climatiques, des principales productions agricoles ainsi que de la présence d'installations nucléaires (CNPE) ou d'autres sources de radionucléides ou zones d'influence (centres de médecine nucléaire, et zones de rémanence des retombées des essais nucléaires et de l'accident de Tchernobyl...).

Ce rapport présente les plans d'échantillonnage et de mesure mis en œuvre et rend compte des niveaux d'activité des radionucléides naturels ou artificiels présents sur ce territoire. Les résultats acquis spécifiquement pour cette étude ont été comparés à ceux obtenus dans le cadre de la surveillance régulière du territoire réalisée par l'IRSN, aux données issues du Réseau national de mesures de la radioactivité et à celles des études radioécologiques réalisées par EDF à proximité des CNPE, en particulier dans le milieu aquatique.

En ce qui concerne le **milieu atmosphérique**, une étude a été conduite dans l'environnement proche du CNPE de Golfech avec pour objectif de tester la possibilité de quantifier, dans l'environnement immédiat d'un CNPE, les très faibles niveaux d'activités des radionucléides d'origine artificielle rejetés lors du fonctionnement normal de ce type d'installation. L'étude s'est articulée en deux campagnes : l'une portant sur les radionucléides émetteurs gamma portés par les aérosols et l'autre sur le tritium atmosphérique sous forme de vapeur d'eau (HTO). Pour y parvenir, l'IRSN a mis en œuvre des moyens de prélèvements et de mesures spécifiques permettant de détecter des radionucléides à l'état de traces. La présence de plusieurs radionucléides émetteurs gamma imputables aux rejets autorisés du site nucléaire, tels que les cobalt-58, cobalt-60, l'iode-131 et l'argent-110 métastable, a ainsi été mise en évidence sporadiquement. Les niveaux observés en césium-137 n'ont pas permis de distinguer une éventuelle contribution des rejets du site de la rémanence (liée aux retombées globales des essais atmosphériques d'armes nucléaires et de l'accident de Tchernobyl) observée pour ce radionucléide sur l'ensemble du territoire national. L'étude menée sur le tritium atmosphérique a permis de montrer que les rejets gazeux du CNPE pouvaient marquer l'environnement très proche du site jusqu'à 15 fois la valeur du bruit de fond, et que ce marquage était très variable dans le temps en fonction des conditions météorologiques. Ces résultats ont conduit l'IRSN à déployer des moyens similaires sur de plus longues périodes autour des sites du Tricastin, de Cruas et de Gravelines.

En ce qui concerne le **milieu terrestre**, des denrées représentatives des territoires étudiés (asperge, carotte, fromage de chèvre, haricot commun, kiwi, melon, pomme de terre, pruneau) et également des indicateurs biologiques habituellement prélevés dans le cadre de la surveillance de routine (feuilles d'arbres, salade, champignons) ont été analysés. Les mesures réalisées dans le cadre de la surveillance de routine sur des échantillons de lait et de céréales ont été intégrées à titre de comparaison. Il convient d'en retenir que :

- le constat a été l'occasion de quantifier des radionucléides qui ne sont pas systématiquement recherchés dans les denrées : les radionucléides naturels descendants des chaînes de l'uranium et du thorium ont été mesurés et donnent des valeurs significatives<sup>(1)</sup> dans plusieurs échantillons, ce qui permet de compléter ainsi la base de données de référence de l'IRSN ;
- comme attendu, le tritium et le carbone-14 ont pu être mesurés dans la plupart des échantillons de denrées et d'indicateurs biologiques. Les résultats de carbone-14 montrent une influence modérée des rejets atmosphériques des CNPE dans leur environnement proche. En particulier, une mesure élevée réalisée sur un échantillon de céleri prélevé à proximité du site du Blayais témoigne d'un marquage ponctuel. Pour ce qui est du tritium, les résultats de mesure entrent dans la gamme des valeurs du bruit de fond hors influence des installations ;
- en ce qui concerne les radionucléides d'origine artificielle, le strontium 90 est mesuré dans 50 % des échantillons à des teneurs équivalentes à celles rencontrées sur le reste du territoire, témoins des retombées des essais nucléaires atmosphériques. Pour l'ensemble des matrices terrestres, les niveaux mesurés en césium-137 relèvent de la rémanence des retombées, provenant des essais nucléaires et de l'accident de Tchernobyl. Sur le quart sud-ouest, les dépôts totaux liés à ces événements sont estimés entre 3 000 et 7 000 Bq/m<sup>2</sup> (valeurs ramenées à l'année 2010).

Dans le **milieu aquatique continental**, l'ensemble des résultats obtenus sur les radionucléides d'origine naturelle (potassium-40, béryllium-7, chaînes naturelles du thorium-232, de l'uranium-235, de l'uranium-238) recherchés dans les sédiments, les végétaux aquatiques et l'eau sont conformes à ceux attendus.

En ce qui concerne les radionucléides artificiels, les activités mesurées dans le milieu aquatique continental permettent d'apporter les éclairages suivants :

- le tritium, présent dans les rejets liquides des CNPE (Golfech, Blayais, Civaux) et mesuré dans le cadre de la surveillance de routine, a été détecté dans tous les prélèvements de végétaux aquatiques. Les niveaux observés en aval des CNPE sont supérieurs aux niveaux mesurés en amont ou hors influence des installations nucléaires, témoignant ainsi du marquage des CNPE sur leur environnement ;
- le carbone-14 a été observé sur les prélèvements de végétaux aquatiques réalisés en aval des CNPE de Civaux et de Golfech à des teneurs témoignant du marquage de ces installations sur leur environnement ;
- le césium-137, qui provient essentiellement des retombées des essais atmosphériques d'armes nucléaires ainsi que des dépôts consécutifs à l'accident de Tchernobyl, est mesuré dans la quasi-totalité des échantillons de sédiments et de végétaux prélevés dans le milieu aquatique continental. Les résultats sont cohérents avec les analyses réalisées dans d'autres rivières françaises sur des prélèvements et des espèces similaires. Les mesures réalisées à proximité des CNPE de la Garonne et de la Vienne dans le cadre de la surveillance régulière du territoire par l'IRSN et par le suivi radioécologique de ses sites par EDF témoignent de la présence ponctuelle des cobalt-58 et cobalt-60, d'argent-110 métastable et de manganèse-54 dans les matières en suspension, les sédiments et végétaux aquatiques, ces marquages n'ont toutefois pas pu être confirmés par les prélèvements et mesures réalisés dans le cadre du constat ;
- les mesures réalisées dans le cadre de cette étude confirment la présence d'iode-131, issu des rejets des services de médecine nucléaire et des rejets diffus des patients en traitement, dans les sédiments et les végétaux aquatiques tout le long du cours de la Garonne entre Toulouse et l'estuaire de la Gironde ;
- les mesures en strontium-90 et en isotopes du plutonium (plutonium-238 et plutonium-(239+240)) réalisées sur ces bassins versants sont dans la gamme des niveaux moyens observés dans les cours d'eau français en raison de la rémanence due aux retombées anciennes. Aucun marquage industriel local n'a été observé.

(1) Valeur significative : une mesure est dite significative lorsque la présence de radionucléides a pu être quantifiée dans l'échantillon mesuré.

## PRÉAMBULE

**C**omme il s'y est engagé dans son Contrat d'Objectif et de Performance (COP), l'IRSN effectue régulièrement des constats radiologiques régionaux. Ceux-ci ont pour objectif d'établir sur un territoire étendu (plusieurs départements), un référentiel actualisé des niveaux de radioactivité dans certains compartiments de l'environnement caractéristiques du territoire concerné. Selon l'emprise du constat et le milieu étudié, l'accent est mis sur les productions agricoles végétales et animales typiques du territoire concerné, les produits de la pêche ou les (bio)indicateurs naturels.

Ce référentiel doit rendre compte, d'une part, du « bruit de fond » radiologique lié à la radioactivité naturelle et à la rémanence des retombées atmosphériques anciennes (essais d'armes nucléaires et accident de Tchernobyl), d'autre part, de l'influence des rejets actuels ou passés des installations nucléaires éventuellement présentes sur ce territoire. En cas de rejet incidentel ou accidentel, ce référentiel servirait de base de comparaison et contribuerait à l'orientation du déploiement d'une surveillance renforcée.

Pour établir cet état de référence, l'IRSN met en œuvre les méthodes de prélèvement, de traitement et de mesurage des échantillons les plus performantes. Pour ce qui concerne le présent constat radiologique, les résultats de mesure exploités proviennent de différentes sources : les prélèvements effectués spécifiquement lors de campagnes dédiées menées dans le cadre de ce constat régional, les échantillons prélevés et analysés par l'IRSN dans le cadre de sa mission de surveillance ou lors d'études particulières, les résultats de mesures réalisées par des exploitants nucléaires dans le cadre des analyses réglementaires auxquelles ils sont soumis ainsi que les résultats acquis par des universitaires dans le cadre de leurs recherches.

Sont également utilisés des résultats d'analyse réalisés par l'IRSN à la demande d'exploitants nucléaires, tels EDF, dans le cadre de contrats de prestations. Les résultats de mesures acquis par l'IRSN ou par les exploitants lorsqu'il s'agit des mesures réglementaires sont consultables sur le site du Réseau National de Mesure de la radioactivité dans l'environnement (RNM). Du fait de leur caractère non réglementaire, certains résultats peuvent ne pas figurer sur ce site.

L'ensemble des résultats de mesure acquis spécifiquement dans le cadre de cette étude sont reportés dans l'annexe de ce rapport (lorsqu'ils ne sont pas donnés *in extenso* dans les chapitres afférents) et sont également consultables, ou en cours de diffusion, sur le site du RNM.



*Prélèvement de feuilles de chêne à proximité de la centrale de Civaux.*

# SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU CONSTAT SUD-OUEST</b>	<b>8</b>
1.1	CADRAGE DE L'ÉTUDE	8
1.2	ÉTENDUE GÉOGRAPHIQUE DE L'ÉTUDE	8
1.3	RADIONUCLÉIDES D'ORIGINE NATURELLE OU ARTIFICIELLE POTENTIELLEMENT PRÉSENTS SUR CE TERRITOIRE	8
	Les radionucléides naturels	8
	Les retombées atmosphériques passées	11
	Les radionucléides rejetés par les centres nucléaires de production d'électricité	12
	Les radionucléides rejetés par les centres de médecine nucléaire	13
1.4	REPRÉSENTATION DES RÉSULTATS	14
<b>2</b>	<b>VOLET ATMOSPHERIQUE</b>	<b>16</b>
2.1	ZONE D'ÉTUDE ET RADIONUCLÉIDES RECHERCHÉS	16
	Choix du site	16
	Radionucléides recherchés dans le cadre de l'étude	17
2.2	RÉSULTATS DE MESURES	19
	Radionucléides émetteurs gamma dans les aérosols	19
	Tritium dans la vapeur d'eau atmosphérique	23
2.3	CONCLUSION DE L'ÉTUDE DU VOLET ATMOSPHERIQUE	23
<b>3</b>	<b>VOLET TERRESTRE</b>	<b>24</b>
3.1	PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE ET DE MESURES	24
3.2	RÉSULTATS DES MESURES	26
	Radionucléides d'origine naturelle (châînes de désintégration de l'uranium et du thorium)	26
	Résultats de mesure en tritium et carbone-14	30
	Radionucléides d'origine artificielle (strontium-90, césium-137)	38
3.3	CONCLUSION POUR LE VOLET TERRESTRE	41



<b>4</b>	<b>VOLET AQUATIQUE</b>	<b>42</b>
4.1	PLANS D'ÉCHANTILLONNAGE ET DE MESURE	42
4.2	RÉSULTATS DES MESURES	43
	Radionucléides d'origine naturelle ( <sup>40</sup> K, <sup>7</sup> Be, chaînes de l'U et du Th)	43
	Tritium et carbone-14	44
	Radionucléides artificiels émetteurs gamma	49
	Strontium-90 et isotopes du plutonium	56
4.3	CONCLUSION POUR LE VOLET AQUATIQUE	57
<b>5</b>	<b>CONCLUSION GÉNÉRALE</b>	<b>58</b>
<b>6</b>	<b>ANNEXES</b>	<b>60</b>
6.1.	PRÉSENTATION DE LA BOÎTE À MOUSTACHES	60
6.2.	PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE ET DE MESURES	61
6.3.	RÉSULTATS DÉTAILLÉS	74
<b>7</b>	<b>RÉFÉRENCES</b>	<b>90</b>

# PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU CONSTAT SUD-OUEST

## 1 1

### CADRAGE DE L'ÉTUDE

Ce constat a pour objectif d'établir dans le quart sud-ouest de la France un état du niveau d'activité des radionucléides dans différentes matrices des milieux atmosphérique, terrestre et aquatique, qui rende compte de la rémanence des retombées anciennes<sup>(1)</sup> et des marquages imputables aux rejets actuels ou historiques des installations nucléaires. Ce bilan doit ainsi permettre de disposer d'un état de référence régional, notamment utile en cas d'évènement conduisant à des rejets de radioactivité dans l'environnement. *In fine*, les résultats obtenus contribuent également à l'évaluation des expositions radiologiques.

## 1 2

### ÉTENDUE GÉOGRAPHIQUE DE L'ÉTUDE

Le périmètre du constat radiologique sud-ouest inclut :

- les 12 départements de la région Nouvelle-Aquitaine (Corrèze, Creuse, Haute-Vienne, Dordogne, Gironde, Landes, Lot-et-Garonne, Pyrénées-Atlantiques, Charente, Charente-Maritime, Deux-Sèvres et Vienne) ;
- les 8 départements suivants de la région Occitanie (Ariège, Aveyron, Haute-Garonne, Gers, Lot, Hautes-Pyrénées, Tarn et Tarn-et-Garonne).

Le périmètre a été défini en tenant compte des caractéristiques géographiques, des principales productions agricoles et de la présence d'installations nucléaires. Certaines zones pour lesquelles il était envisagé au démarrage du constat la réalisation d'études spécifiques ont été exclues. Il s'agit notamment des zones de relief (Pyrénées) et des zones sous influence des anciens sites miniers qui ont fait l'objet de constats radiologiques en 2016 (respectivement : « Constat radiologique : rémanence de la radioactivité d'origine artificielle » (2016) [1] et le « Constat radiologique minier du bassin de la Dordogne sur la base d'une démarche pluraliste menée avec les acteurs du territoire » (2016) [2]) dont les rapports sont disponibles sur le site internet de l'IRSN<sup>(2)</sup>.

(1) Retombées anciennes : liées aux tirs atmosphériques d'armes nucléaires et à l'accident de Tchernobyl.

(2) Site internet de l'IRSN : <http://www.irsn.fr>.

(3) Pour une présentation plus complète du bruit de fond radiologique naturel, se référer au rapport « Bilan de l'état radiologique de l'environnement français de 2015 à 2017, IRSN » [3].

(4) On parle aussi de tritium organiquement lié.

La Figure 1 présente la zone d'étude et les principales installations nucléaires (CNPE) ou sources de rejets de radionucléides artificiels (hôpitaux) ainsi que les zones non couvertes par le présent constat.

## 1 3

### RADIONUCLÉIDES D'ORIGINE NATURELLE OU ARTIFICIELLE POTENTIELLEMENT PRÉSENTS SUR CE TERRITOIRE

Dans ce chapitre, sont présentés les radionucléides potentiellement décelables dans les échantillons prélevés dans le cadre du constat. Il s'agit :

- des radionucléides naturels (d'origine cosmique et tellurique)<sup>(3)</sup> ;
- des radionucléides artificiels provenant des retombées atmosphériques passées (retombées des essais nucléaires et de l'accident de Tchernobyl principalement) ;
- des radionucléides artificiels provenant du fonctionnement des centrales nucléaires en exploitation de Civaux, de Golfech et du Blayais ;
- des radionucléides artificiels présents dans les cours d'eau, provenant des rejets hospitaliers.

#### Les radionucléides naturels

**Le tritium cosmogénique :** le tritium (<sup>3</sup>H) est l'isotope radioactif de l'hydrogène. Sa production naturelle se fait par interaction du rayonnement cosmique avec les atomes d'azote, d'oxygène et d'argon présents dans la haute atmosphère. Le tritium peut se trouver sous différentes formes ; on distingue notamment l'eau tritiée (HTO) et le tritium lié à la matière organique (TOL)<sup>(4)</sup>.



Figure 1. Périmètre d'étude du constat (les zones entourées en vert ont fait l'objet d'études spécifiques et sont donc exclues du présent constat). Les principales sources artificielles de radionucléides (CNPE, hôpitaux) sont représentées.

**Le carbone-14 cosmogénique** ( $^{14}\text{C}$ ) est naturellement produit par interaction du rayonnement cosmique avec les atomes d'azote de la haute atmosphère. Présent dans l'air principalement sous forme de gaz carbonique ( $\text{CO}_2$ ), il s'incorpore aux végétaux lors de la photosynthèse puis est transféré aux animaux par ingestion. La production de carbone-14 cosmogénique s'est traduite par une activité de ce radionucléide par unité de masse de carbone qui était voisine de 226 Bq/kg de carbone dans l'air et dans toutes les composantes de l'environnement terrestre avant le début des essais nucléaires (cf. Les retombées atmosphériques passées). À la période pendant laquelle ont été réalisés les prélèvements de ce constat (2009 à 2012), cette activité était en moyenne de l'ordre 238 Bq/kg de carbone dans les compartiments atmosphérique et terrestre.

Outre cette origine naturelle, ces deux radionucléides sont également présents dans les rejets gazeux et liquides de certaines installations nucléaires dont les Centrales nucléaires de production d'électricité (cf. Les radionucléides rejetés par les centres nucléaires de production d'électricité).

**Les radionucléides telluriques** sont présents sur terre depuis sa formation. Il s'agit principalement du potassium-40 ( $^{40}\text{K}$ ), et des produits des chaînes de désintégration de l'uranium-238 ( $^{238}\text{U}$ ), de l'uranium-235 ( $^{235}\text{U}$ ) et du thorium-232 ( $^{232}\text{Th}$ ). Présents dans l'écorce terrestre, ces quatre radionucléides persistent encore aujourd'hui en raison de leur très longue période radioactive (de l'ordre de plusieurs milliards d'années). L'uranium-238, le thorium-232 et l'uranium-235 produisent par désintégrations successives 36 radionucléides (Figure 2). Au total c'est donc une quarantaine de radionucléides telluriques qui sont présents dans toutes les composantes de l'environnement : les sols, l'air, les eaux, la flore, la faune et l'Homme.

Dans les roches non altérées, tous les radionucléides des chaînes de l'uranium et du thorium présentent des activités sensiblement égales à celles de leur tête de chaîne respective (uranium-238, uranium-235 ou thorium-232) : on dit qu'ils sont en équilibre. Par exemple l'activité en radium-226 d'une roche est égale à celle de l'uranium-238.

Dans les sols, l'équilibre des radionucléides telluriques est généralement observé jusqu'au radium : en se désintégrant, le radium produit un gaz radioactif, le radon ( $^{222}\text{Rn}$  principalement) qui est transporté du sol vers l'atmosphère, rompant l'équilibre pour la fin de la chaîne de désintégration. Le radon produit à son tour des radionucléides qui se fixent aux particules en suspension dans l'air : le polonium-210 ( $^{210}\text{Po}$ ) et le plomb-210 ( $^{210}\text{Pb}$ ) puis qui se déposent à la surface du sol. Ce dépôt se traduit notamment par des activités des sols en surface légèrement plus élevées en plomb-210 qu'en uranium-238 ou en radium-226.

En France à un endroit donné, les activités des roches et sols en uranium-238 et en thorium-232 sont du même ordre de grandeur ; en revanche, celles de l'uranium-235 sont 20 fois plus faibles.

Les radionucléides présents dans le sol peuvent être absorbés par les racines des végétaux. Ceux présents dans l'air, notamment le polonium-210 et le plomb-210 descendants du radon, se déposent sur leurs feuilles. De tous les radionucléides d'origine tellurique, ces deux radionucléides présentent les activités les plus élevées dans les denrées [3]. L'absorption des isotopes du radium par les racines des végétaux est en général beaucoup plus forte que celle des isotopes de l'uranium ou du thorium. Il en résulte une activité en radium des végétaux plus importante. Le transfert aux animaux d'élevage et aux produits animaux (lait, viande, œuf) se fait essentiellement par l'alimentation. Il en résulte que les teneurs en radium, en polonium-210 et en plomb-210 des denrées d'origine animale, sont également plus élevées que celles des isotopes de l'uranium ou du thorium.

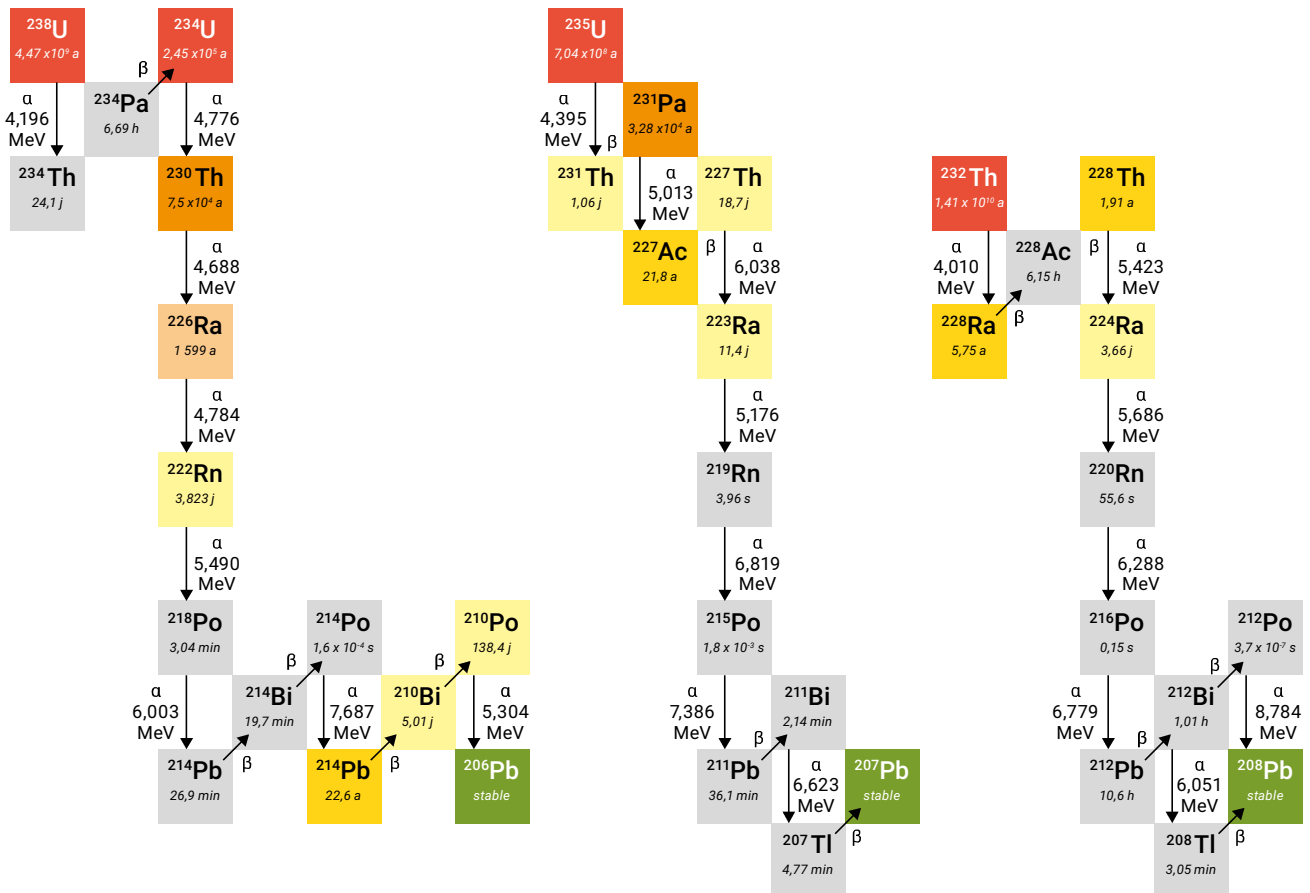


Figure 2. Schéma de désintégration radioactive des chaînes U et Th. L'échelle de couleur plus ou moins foncée traduit une période radioactive plus ou moins longue. Les cases vertes indiquent la forme stable de l'élément.

## Les retombées atmosphériques passées

### Les retombées liées aux essais nucléaires atmosphériques

De 1945 à 1980 plus de 500 essais atmosphériques d'armes nucléaires ont été réalisés par les États-Unis, l'Union Soviétique, la Grande-Bretagne, la Chine et la France. Ces essais ont libéré dans l'atmosphère de nombreux radionucléides artificiels : la plupart des radionucléides de période radioactive courte (inférieure à 3 ans) issus de ces retombées ayant disparu, il ne subsiste aujourd'hui que le tritium ( $^3\text{H}$ ), le carbone-14 ( $^{14}\text{C}$ ), le césium-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ), le strontium-90 ( $^{90}\text{Sr}$ ), les isotopes 238, 239, 240 et 241 du plutonium ( $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{240}\text{Pu}$  et  $^{241}\text{Pu}$ ), et l'américium-241 ( $^{241}\text{Am}$ ) provenant de la désintégration du plutonium-241. Pour l'ensemble de ces radionucléides, à l'exception du tritium et du carbone-14 (pour lesquels c'est l'air qui constitue le principal réservoir), le sol constitue aujourd'hui le réservoir qui alimente les autres composantes de l'environnement.

En ce qui concerne le carbone-14, l'évolution depuis les années 1950 de sa teneur résultant des retombées des essais nucléaires se mesure dans toutes les composantes de l'environnement au travers de l'activité<sup>(5)</sup> par unité de masse de carbone qui s'exprime en Bq/kg de carbone (Bq/kg de C). En milieu terrestre, la teneur en carbone-14 de la matière vivante végétale et animale (dans le cas des animaux nourris avec de l'alimentation en équilibre elle aussi avec l'air), se traduit par une activité égale. Cette activité est connue de manière précise et évolue chaque année : la Figure 3 présente son évolution dans l'hémisphère nord depuis 1950.

En milieu aquatique, l'activité du carbone-14 par unité de masse de carbone total varie avec sa dilution dans les molécules carbonées, en particulier les carbonates issus de sédiments suffisamment anciens pour ne plus contenir de carbone-14 (disparu par décroissance radioactive). Contrairement au milieu terrestre, le carbone-14 des écosystèmes aquatiques n'est pas en équilibre avec le  $\text{CO}_2$  atmosphérique. Ainsi, les teneurs en carbone-14 dans le milieu aquatique sont beaucoup plus variables et de manière générale plus faibles que celles mesurées dans le milieu terrestre.

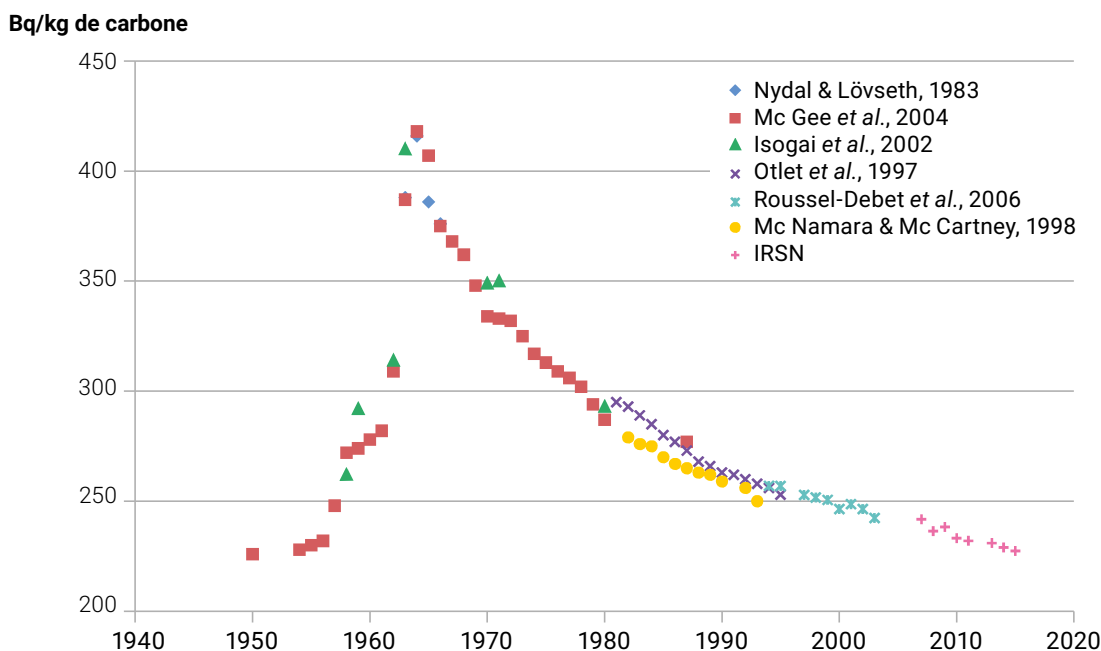


Figure 3. Évolution de l'activité du carbone-14 dans l'hémisphère nord depuis 1950 (Bq/kg de carbone).

Source : IRSN. Bilan de l'état radiologique de l'environnement français de 2015 à 2017 [3].

(5) On parle aussi pour le carbone-14 par extension, d'activité spécifique, à ne pas confondre avec l'activité massique (également appelée activité spécifique) d'une substance radioactive qui est son activité par unité de masse, et donc le nombre de désintégrations par unité de temps et par unité de masse : elle s'exprime en becquerels par kilogramme (Bq/kg), unité du système international (SI), voire en becquerels par gramme (Bq.g-1). Dans ce rapport, l'activité spécifique du carbone-14 fait référence à l'activité mesurée par unité de masse de carbone total de l'échantillon et s'exprime en Bq/kg de C.

## Les retombées de l'accident de Tchernobyl

L'est de la France a été la partie du pays la plus touchée par les retombées de l'accident de Tchernobyl qui a rejeté des quantités importantes d'iode-131 et de césium-134 et césium-137. En raison des périodes courtes des deux premiers radionucléides (respectivement 8 jours et 2 ans), ils ne sont aujourd'hui plus mesurés dans l'environnement, seul le césium-137 est encore présent [1].

## Les retombées de l'accident de Fukushima

Les retombées atmosphériques en France métropolitaine des radionucléides issus de l'accident de Fukushima, ont été très faibles et très fugaces : des traces d'iode-131, de césium-134 et césium-137 ont été détectées de fin mars 2011 jusqu'en mai 2011 dans l'air, les eaux de pluie et dans quelques denrées (légumes feuille, lait...). L'influence de ces dépôts n'est plus mesurable depuis mi-2011.

## Les radionucléides rejetés par les centres nucléaires de production d'électricité

Trois CNPE sont présents sur l'emprise du constat sud-ouest (Figure 1) :

- le CNPE de Civaux est situé au sud de Poitiers sur la rive gauche de la Vienne, dans le département de la Vienne. Il est constitué de deux réacteurs à eau pressurisée de 1 450 MW mis en service en 1997 et 1999 ;
- situé en aval de la confluence du Tarn et de la Garonne, le CNPE de Golfech est implanté entre Agen (20 km) et Toulouse (80 km) dans le département du Tarn-et-Garonne. Il possède deux réacteurs à eau pressurisée de 1 300 MW, mis en service en 1990 et 1993 ;
- le CNPE du Blayais est implanté à égale distance entre Bordeaux et Royan, sur la commune de Braud-et-Saint-Louis. Il se compose de quatre réacteurs à eau pressurisée de 900 MW mis en service en 1981, 1982 et 1983.

L'exploitation des centrales nucléaires entraîne une production d'effluents liquides et gazeux dont les rejets sont contrôlés par des analyses préalables et par des dispositifs de mesure en continu pendant le rejet ([4], [5], [6]).

Le Tableau 1 synthétise l'activité des effluents liquides et gazeux rejetés par les CNPE de Golfech, Civaux et du Blayais en 2013 (source EDF, [7], [8]).

Dans les rejets liquides des CNPE, on trouve essentiellement du tritium et du carbone-14 qui proviennent de réactions au niveau du combustible, des matériaux de structure du cœur et du modérateur.

Une part importante du carbone-14 (85 à 90 %) est rejetée par voie atmosphérique. La fraction gazeuse se trouve soit sous forme hydrogénée (méthane, éthane représentent 80 % des rejets de carbone-14 gazeux) soit sous forme oxydée (gaz carbonique) [9]. Les rejets liquides quant à eux se présentent très majoritairement sous forme inorganique de type carbonates (> 90 %).

La quasi-totalité du tritium produit dans un CNPE est rejetée sous forme d'eau tritiée (HTO) par voie liquide, le reste l'étant par voie atmosphérique. Avec les gaz rares, le tritium est l'un des radionucléides les plus rejetés dans l'atmosphère par un CNPE en fonctionnement normal. Dans les rejets gazeux, on trouve également des produits de fission (PF) tels que les iode-131 et iode-133, le xénon-133, les césium-134 et césium-137 ou des produits d'activation (PA) tels que les cobalt-58 et cobalt-60, le manganèse-54, l'antimoine-124, l'argent-110 métastable. Les PF sont générés dans le combustible lors de la fission des atomes d'uranium ou de plutonium. Ils peuvent se retrouver dans l'eau du circuit primaire, et donc dans les effluents liquides et gazeux, en cas de défaut dans la gaine du combustible. Les PA sont générés par réaction d'un flux de neutrons sur les éléments extérieurs au combustible tels que la structure en acier du réacteur (cuve, structures internes de cuve, grappes de commande...), les éléments constitutifs de l'eau du circuit primaire, tels que le bore et le lithium. Les PF et PA produits et rejetés en fonctionnement normal d'un CNPE sont majoritairement des radionucléides émetteurs gamma.

**Tableau 1** : Rejets liquides et gazeux des CNPE de Civaux, de Golfech et du Blayais pour l'année 2013 (source EDF)

CNPE	Modèle	Rejets liquides (x 10 <sup>9</sup> Bq ou GBq)				Rejets gazeux (x 10 <sup>9</sup> Bq ou GBq)				
		<sup>14</sup> C	Iodes	PF/PA	<sup>3</sup> H	Gaz rares	<sup>3</sup> H	<sup>14</sup> C	Iodes	PF/PA
CIVAUX	1 450 MWe	33,8	0,00434	0,154	53 400	910	1 700	198	0,0249	0,00158
GOLFECH	1 300 MWe	40,2	0,01	0,132	69 300	800	1 070	363	0,026	0,005
BLAYAIS	900 MWe	48,8	0,012	0,52	44 700	550	1 190	190	0,031	0,005

## Les radionucléides rejetés par les centres de médecine nucléaire

Dans les services de médecine nucléaire, deux radionucléides (iode-131 et technétium-99 métastable) sont principalement mis en œuvre à des fins diagnostiques ou thérapeutiques. Ces deux radionucléides à courtes demi-vies (six heures pour le technétium-99 métastable et huit jours pour l'iode-131), représentent à eux seuls près de 99 % de la radioactivité utilisée par les services de médecine nucléaire dans lesquels des déchets et des effluents sont produits. Les déchets sous forme solide sont placés dans des conditionnements adaptés, puis sont traités dans des installations extérieures autorisées à cet effet. Les effluents liquides sont quant à eux *in fine* rejetés dans l'environnement de l'établissement hospitalier en respectant des règles de gestion imposées par la réglementation.

Les effluents peuvent avoir deux origines :

- les rejets « maîtrisés » en provenance des laboratoires de préparation et de manipulation ainsi que ceux des unités et des chambres réservées à l'hospitalisation des patients traités avec des radionucléides : ces effluents doivent satisfaire aux règles particulières de gestion par décroissance radioactive et d'élimination dans le respect des limites portées à 100 Bq/L pour les effluents ;
- les rejets « non maîtrisés » provenant des services autres que ceux de médecine nucléaire, comme les sanitaires pouvant être utilisés par des patients traités ou lorsque le patient rentre chez lui. Les selles, non stockées à l'hôpital en raison de leur potentiel d'induction de maladies nosocomiales, rejoignent également le réseau d'assainissement plus rapidement.

Les stations d'épuration ne disposent pas de procédés spécifiques pour le traitement des produits radioactifs. Cependant, les procédés de traitement classiques utilisés dans ces installations conduisent à fixer préférentiellement l'iode-131 dans les boues d'épuration. Malgré cela, une proportion d'iode-131 est susceptible de se retrouver dans la rivière, en aval de la station d'épuration. Par la dilution induite par le cours d'eau en aval, il est très difficile de détecter ce radionucléide dans l'eau. Par contre, il est parfois mesuré dans les matières en suspension et, le plus souvent, dans les végétaux aquatiques, à des concentrations comprises entre quelques Bq et quelques centaines de Bq par kilogramme de produit frais.

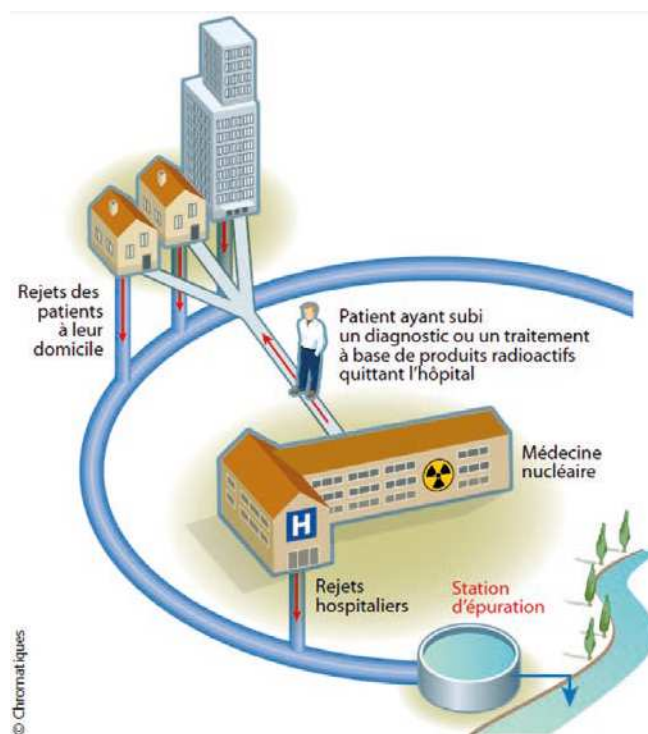


Figure 4. Parcours des rejets d'effluents radioactifs dans les eaux usées urbaines.

## 1 4 REPRÉSENTATION DES RÉSULTATS

Dans le cadre de cette étude, de l'ordre de 250 prélèvements ont été réalisés, sur lesquels 450 analyses ont engendré près de 5 000 résultats de mesure, dont 30 % environ sont significatifs. Les résultats significatifs sont présentés par radionucléides d'intérêt (radionucléides d'origine naturelle : radionucléides naturels des chaînes des Uranium et Thorium, radionucléides artificiels : tritium et carbone-14, césium-137, strontium-90, Transuraniens) et par matrice : les aérosols et les gaz pour le volet atmosphérique, les denrées d'origine végétale ou animale et les indicateurs biologiques (feuilles d'arbres et arbustes, champignons) pour le volet terrestre, les sédiments et les végétaux aquatiques pour le volet aquatique. Dans certains cas, une mise en contexte et une comparaison avec les données de la surveillance générale sont réalisées.

La Figure 5 présente la typologie des mesures réalisées dans le cadre de la présente étude.

La représentation dite de la boîte à moustaches sera parfois utilisée (voir détails en Annexe 1) pour présenter et comparer les résultats (sur différentes matrices, pour différents radionucléides ou lieux de prélèvements). Cela permet de représenter simultanément plusieurs indicateurs (moyenne; médiane, percentiles, min et max). La moyenne présentée dans le cadre de cette étude est la moyenne arithmétique des valeurs significatives obtenues, les mesures inférieures au seuil de décision<sup>(6)</sup> ne sont pas prises en compte.

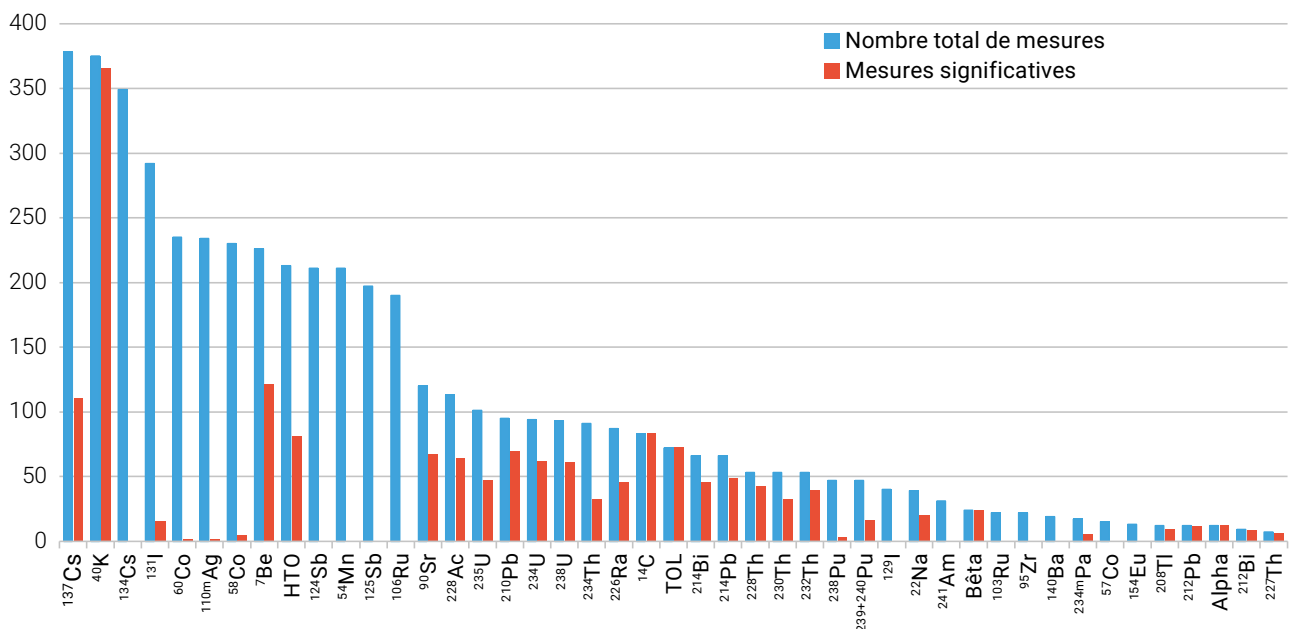


Figure 5. Nombre total de mesures et nombre de mesures significatives pour chaque radionucléide recherché. HTO : tritium libre, TOL : tritium organiquement lié.

(6) Seuil de décision : une mesure est dite inférieure au seuil de décision lorsque la quantité du radionucléide recherché est trop faible pour être quantifiée avec certitude grâce aux appareils de mesure utilisés.





*Prélèvement de sédiments dans l'Adour.*

# 2 VOLET ATMOSPHÉRIQUE

L'étude du volet atmosphérique réalisée dans le cadre du constat radiologique sud-ouest, est la première du genre rendue possible par les progrès météorologiques. L'objectif était de tester la possibilité de quantifier, dans l'environnement immédiat d'un CNPE, les niveaux d'activités des radionucléides d'origine artificielle rejetés lors du fonctionnement de ce type d'installation. L'étude réalisée à proximité du CNPE de Golfech s'est déclinée en deux campagnes de mesure à très bas niveau, réalisées entre 2011 et 2012 en collaboration avec EDF :

- des radionucléides émetteurs gamma portés par les aérosols ;
- du tritium atmosphérique sous forme de vapeur d'eau (HTO).

Pour y parvenir, l'IRSN a mis en œuvre ses meilleurs moyens de prélèvements et de mesures pour être en capacité d'atteindre les niveaux d'activité les plus bas.

## 2.1 ZONE D'ÉTUDE ET RADIONUCLÉIDES RECHERCHÉS

### Choix du site

Pour l'étude du compartiment atmosphérique, l'IRSN s'est intéressé au CNPE de Golfech. La sélection de ce CNPE parmi les trois sites nucléaires présents dans le périmètre du constat sud-ouest a été justifiée par le caractère marqué des vents dominants du site et sa situation géographique centrale au sein d'un bassin de production fruitier (Figure 6). Ainsi, les fruits de ce bassin de production ont également fait l'objet de prélèvements et d'analyses dans le cadre du volet terrestre de ce constat afin de mesurer l'influence éventuelle du CNPE sur son environnement, les résultats sont présentés dans le chapitre 3.

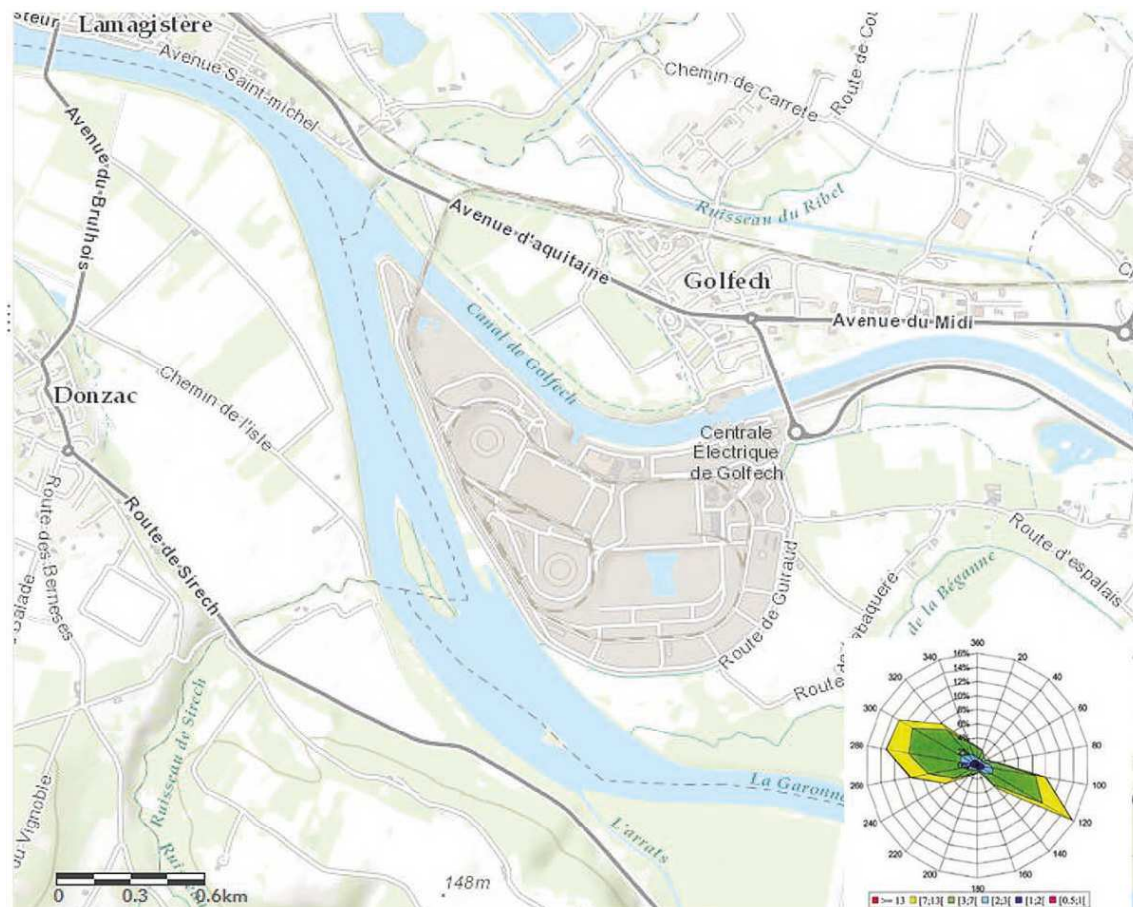


Figure 6. CNPE de Golfech, site d'implantation de la centrale et rose des vents.

## Radionucléides recherchés dans le cadre de l'étude

L'étude s'est intéressée aux radionucléides majoritairement rejetés par voie atmosphérique par les CNPE : les PF et PA sous forme particulaire (aérosols) et le tritium sous forme gazeuse. Les PF et PA émetteurs gamma ont été recherchés dans les aérosols prélevés par filtration de l'air (a) et le tritium atmosphérique a été mesuré dans la vapeur d'eau après condensation (b).

### (a) Campagne de mesure des radionucléides émetteurs gamma dans les aérosols

Pour la campagne de prélèvement d'aérosols sur filtres, une station Opéra-Air mobile à grand débit de prélèvement (de l'ordre de 300 m<sup>3</sup>/h<sup>(7)</sup>) a été installée au point de surveillance de l'environnement « AS1 » proche du CNPE de Golfech (Figure 7), à une distance respective de 800 et 950 m environ des deux émissaires atmosphériques du CNPE.

Les filtres, changés tous les 10 jours pour un volume d'air filtré de l'ordre de 50 000 m<sup>3</sup> par filtre, ont été envoyés au laboratoire de l'IRSN à Orsay pour être analysés par spectrométrie gamma à bas niveau.

L'analyse a porté sur la quantification de radionucléides d'origine artificielle tels l'argent-110 métastable, l'américium-241, le césium-137, le césium-134, les cobalt-57, cobalt-58 et cobalt-60, l'iode-131, l'europium-154, le manganèse-54, le rhodium-106, les antimoine-124 et antimoine-125. S'agissant de mesures par spectrométrie gamma, quelques radionucléides d'origine naturelle (l'actinium-228, le béryllium-7, le potassium-40, le sodium-22<sup>(8)</sup>, le plomb-210 et le thorium-234) ont également été quantifiés pour améliorer la connaissance des niveaux des bruits de fond radiologiques naturels. Les performances cumulées du dispositif de prélèvement et de celui lié à la métrologie de laboratoire ont permis de mesurer des niveaux de radioactivité très bas, de l'ordre de 0,01 µBq/m<sup>3</sup>. La station a fonctionné en continu à partir de fin octobre 2011 jusqu'à début 2012. Au total, 24 filtres auront été analysés, couvrant une période de 5 mois.



Figure 7. Photo de la station GD mobile installée au point AS1 du site nucléaire de Golfech.

(7) Le débit réel est de 250 m<sup>3</sup>/h compte tenu des pertes de charge, le volume total filtré en 10 jours est donc de l'ordre de 50 000 m<sup>3</sup>.

(8) Le <sup>22</sup>Na peut également avoir une origine artificielle.

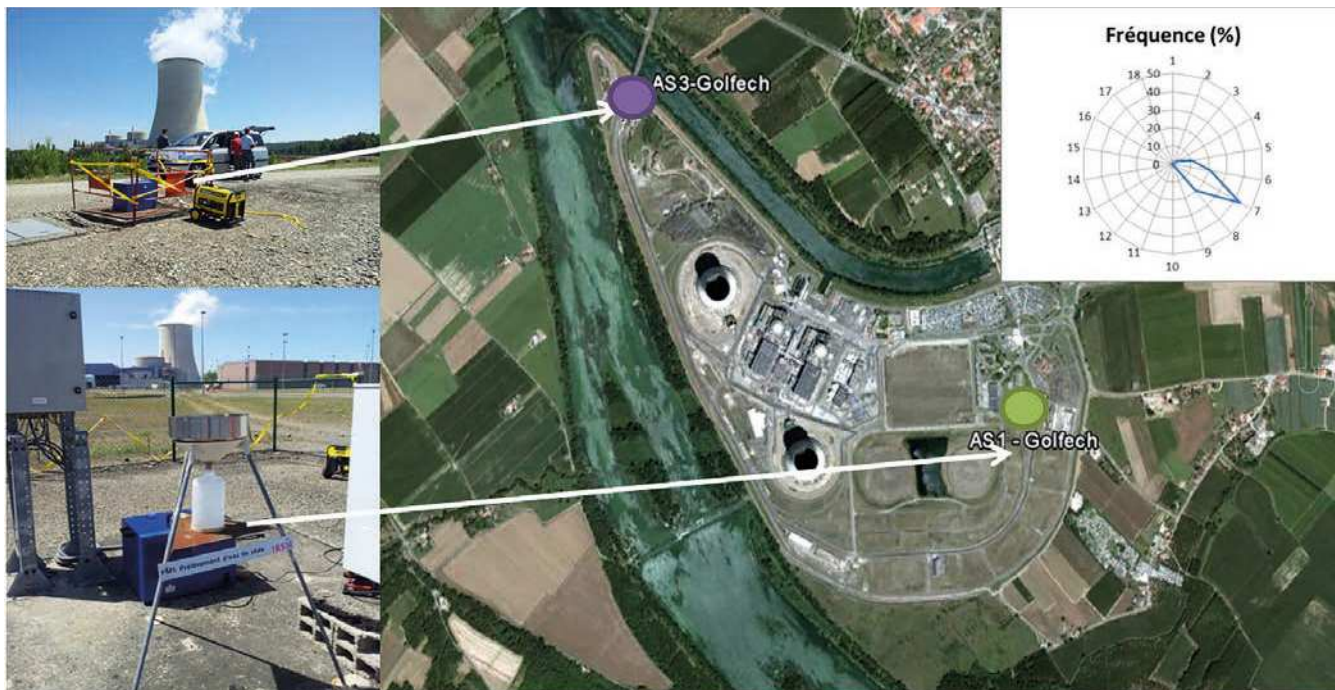


Figure 8. Implantations des condenseurs aux stations AS1 et AS3 du site nucléaire de Golfech, juillet 2012.

### (b) Campagne de mesure du tritium atmosphérique

L'étude concernant le tritium atmosphérique a consisté à réaliser des prélèvements simultanés à haute fréquence en deux points différents (Figure 8), l'objectif étant d'évaluer l'ampleur des variations de marquage environnemental à l'échelle de quelques heures. Deux dispositifs de prélèvements de vapeur d'eau atmosphérique par condensation ont ainsi été installés durant 24 h aux points de surveillance atmosphérique de l'exploitant « AS1 » (800 et 950 m à l'est des émissaires) et « AS3 » (800 et 1 000 m au nord-ouest des émissaires) pour réaliser des prélèvements durant 1 heure, répétés toutes les 2 heures, les 24 et 25 juillet 2012.

À plus grande distance, deux prélèvements ont été ajoutés pour disposer de références locales : dans la zone de production fruitière de Pommevic située à environ 5 km sous les vents dominants SE (localité sur laquelle ont également été réalisés des prélèvements de fruits<sup>(9)</sup>, en 2009-2010), et à Agen, situé à 20 km environ du CNPE. Le condenseur à tritium permet d'effectuer un prélèvement court de la vapeur d'eau atmosphérique durant environ 40 minutes par cryogénéisation. La vapeur d'eau atmosphérique ainsi condensée est ensuite récupérée après un processus de chauffage court, dans un flacon, préservée en enveloppe réfrigérée durant son transport vers le laboratoire de mesure. L'analyse du tritium par scintillation liquide permet d'atteindre un seuil de décision de l'ordre de 0,7 à 1 Bq/L d'eau, correspondant à une concentration volumique dans l'air de l'ordre de 0,01 Bq/m<sup>3</sup>, niveau difficilement atteignable par les mesures de surveillance régulière à l'aide de barboteurs.

(9) Les résultats des mesures réalisées sur les fruits prélevés à Pommevic sont donnés dans le chapitre 3.2. relatif au volet terrestre.

## 2 2 RÉSULTATS DE MESURES

### Radionucléides émetteurs gamma dans les aérosols

Pour ce qui concerne les radionucléides d'origine naturelle (béryllium-7, potassium-40, plomb-210 et actinium-228), les niveaux d'activités mesurés (Figure 9 et Tableau 2) dans le cadre de cette étude sont conformes aux niveaux attendus.

Cinq radionucléides d'origine artificielle ont été détectés par spectrométrie gamma sur les filtres prélevés durant cette campagne, avec une fréquence de détection variable: alors que le césium-137 est détecté dans 83 % des cas, le cobalt-58 est mesuré deux fois et l'argent-110m, le cobalt-60 et l'iode-131, quant à eux, ne sont mesurés qu'une seule fois (Tableau 2).

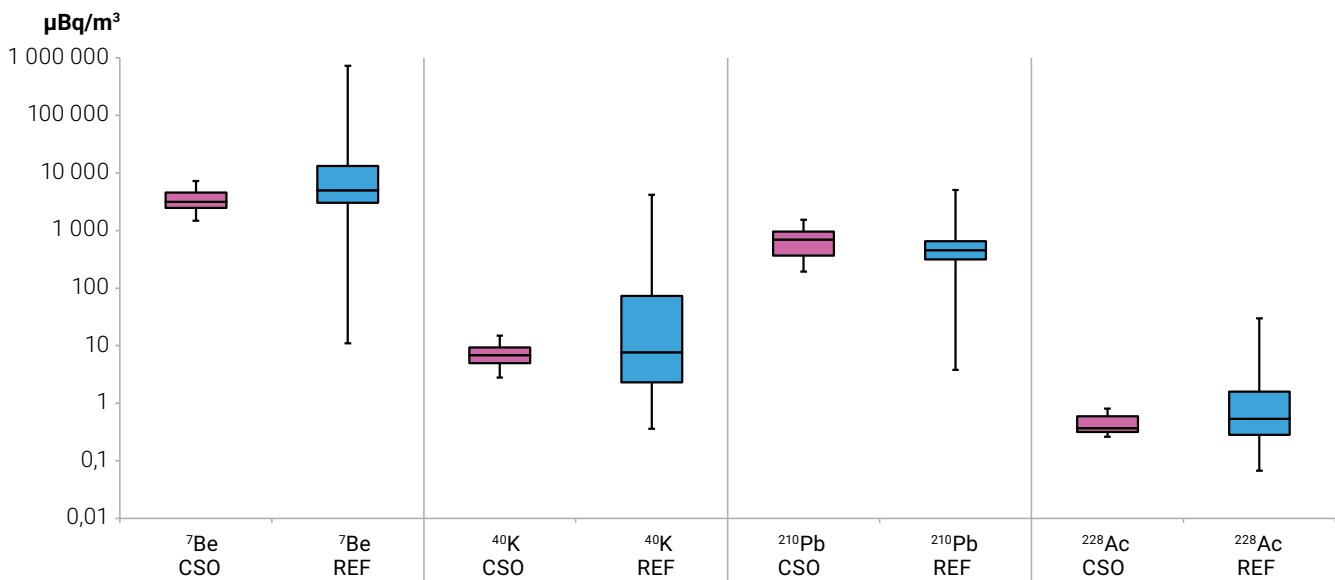


Figure 9. Niveaux d'activités ( $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ) des radionucléides d'origine naturelle mesurés sur les filtres aérosols lors du constat sud-ouest (CSO) comparés aux niveaux de référence (REF)<sup>(10)</sup>.

(10) Les niveaux de référence [REF] présentés dans le constat sont calculés sur la base des données disponibles à l'IRSN (données propres à l'IRSN obtenues dans le cadre de la surveillance de routine ou d'études particulières, données présentes dans le RNM...).

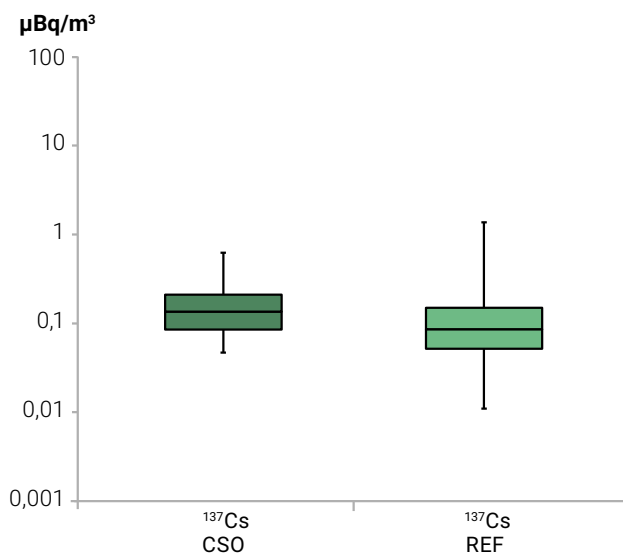
**Tableau 2.** Résultats des activités ( $\pm$  incertitude) mesurées en  $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$  sur les filtres prélevés dans le cadre de l'étude du volet atmosphérique du constat sud-ouest. Le signe < indique une mesure inférieure au seuil de décision.

Date mesure	Artificiels				
	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	$^{131}\text{I}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{58}\text{Co}$	$^{60}\text{Co}$
	Activité $\pm$ Incertitude	Activité $\pm$ Incertitude	Activité $\pm$ Incertitude	Activité $\pm$ Incertitude	Activité $\pm$ Incertitude
17/08/2011	0,76 $\pm$ 0,13	< 1,2	0,09 $\pm$ 0,06	0,17 $\pm$ 0,07	0,61 $\pm$ 0,12
31/10/2011	< 0,15	< 0,5	< 0,4	< 0,12	< 0,16
07/11/2011	< 0,24	< 0,5	< 0,6	< 0,17	< 0,22
14/11/2011	< 0,18	< 0,5	0,14 $\pm$ 0,06	< 0,14	< 0,19
21/11/2011	< 0,4	< 2,1	0,14 $\pm$ 0,06	< 0,10	< 0,28
28/11/2011	< 0,19	< 1,1	< 0,5	< 0,16	< 0,19
05/12/2011	< 0,22	< 0,7	< 0,6	< 0,19	< 0,22
12/12/2011	< 0,11	0,81 $\pm$ 0,21	0,07 $\pm$ 0,04	< 0,07	< 0,14
19/12/2011	< 0,09	< 0,5	0,072 $\pm$ 0,032	< 0,06	< 0,08
26/12/2011	< 0,22	< 0,5	0,047 $\pm$ 0,024	< 0,05	< 0,18
02/01/2012	< 0,19	< 0,4	0,11 $\pm$ 0,06	< 0,16	< 0,19
09/01/2012	< 0,23	< 0,4	0,07 $\pm$ 0,03	< 0,06	< 0,19
16/01/2012	< 0,23	< 0,32	0,1 $\pm$ 0,03	< 0,05	< 0,18
23/01/2012	< 0,24	< 0,4	0,16 $\pm$ 0,05	< 0,06	< 0,20
30/01/2012	< 0,12	< 0,23	0,08 $\pm$ 0,05	< 0,11	< 0,13
06/02/2012	< 0,28	< 0,5	0,61 $\pm$ 0,09	< 0,06	< 0,19
13/02/2012	< 0,16	< 0,33	0,62 $\pm$ 0,09	< 0,13	< 0,16
20/02/2012	< 0,16	< 0,33	0,22 $\pm$ 0,07	< 0,14	< 0,19
27/02/2012	< 0,16	< 0,6	0,13 $\pm$ 0,07	< 0,13	< 0,14
05/03/2012	< 0,33	< 0,5	0,18 $\pm$ 0,05	< 0,05	< 0,19
12/03/2012	< 0,11	< 0,7	0,09 $\pm$ 0,04	< 0,08	< 0,08
19/03/2012	< 0,4	< 0,6	0,18 $\pm$ 0,06	< 0,08	< 0,29
26/03/2012	< 0,14	< 0,7	0,2 $\pm$ 0,06	< 0,12	< 0,15
02/04/2012	< 0,21	< 0,9	0,42 $\pm$ 0,07	1,18 $\pm$ 0,16	< 0,10

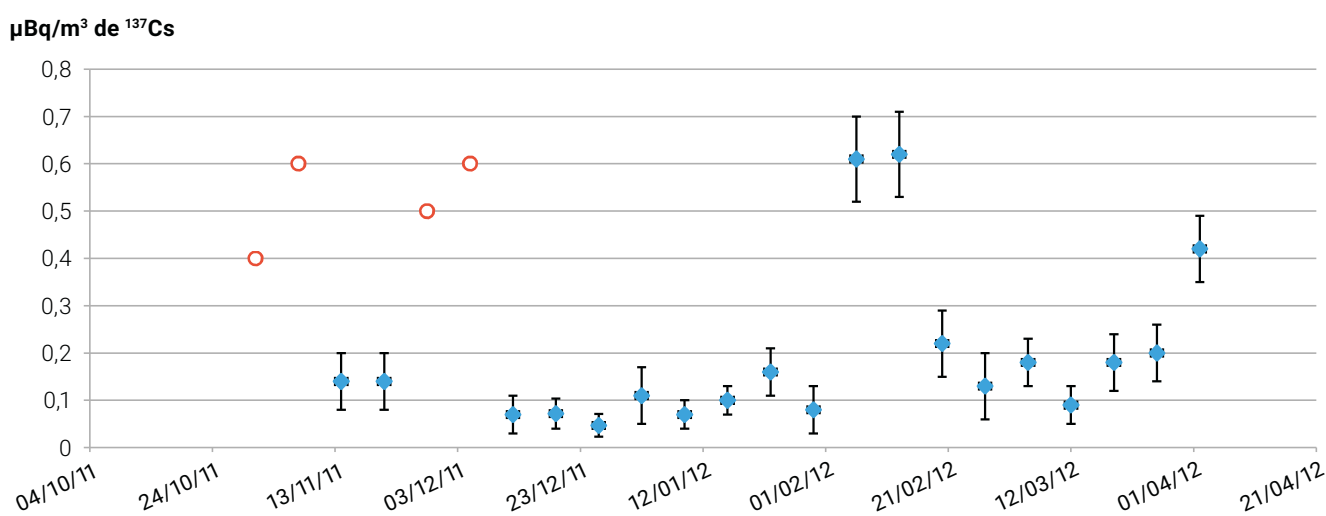
	Naturels			
	<sup>210</sup> Pb	<sup>228</sup> Ac	<sup>40</sup> K	<sup>7</sup> Be
	Activité ± Incertitude	Activité ± Incertitude	Activité ± Incertitude	Activité ± Incertitude
	400 ± 40	< 0,6	4,7 ± 1,2	3 170 ± 290
	540 ± 50	< 1,6	7,4 ± 1,9	2 670 ± 240
	690 ± 70	< 0,9	4,6 ± 1,9	3 210 ± 290
	940 ± 90	< 0,7	5,1 ± 1,4	2 510 ± 230
	940 ± 90	< 1,1	6,9 ± 1,9	4 900 ± 500
	1 360 ± 130	< 0,7	5,9 ± 1,4	3 120 ± 290
	980 ± 100	< 0,9	6,7 ± 1,8	2 390 ± 220
	700 ± 70	< 0,30	4,9 ± 1	2 310 ± 220
	193 ± 18	< 0,27	4,6 ± 0,9	2 990 ± 280
	237 ± 23	< 0,8	2,8 ± 1,1	1 480 ± 140
	600 ± 60	< 2,0	5 ± 1,7	1 630 ± 150
	201 ± 19	< 0,7	5 ± 1,3	3 140 ± 290
	880 ± 90	< 1,1	3,6 ± 1,1	1 860 ± 170
	870 ± 90	< 0,8	6,9 ± 1,5	4 000 ± 400
	275 ± 26	< 0,5	4,9 ± 1,1	2 470 ± 230
	1 000 ± 100	< 0,8	7,8 ± 1,5	5 400 ± 500
	1 550 ± 150	< 0,7	9,2 ± 1,8	5 200 ± 500
	335 ± 31	< 0,7	5,3 ± 1,3	3 430 ± 310
	610 ± 60	< 0,6	9,9 ± 1,7	4 600 ± 500
	1 050 ± 100	< 0,8	12 ± 1,9	4 500 ± 500
	316 ± 30	0,26 ± 0,13	7,3 ± 1,2	4 100 ± 400
	920 ± 90	< 1,1	14,6 ± 2,6	4 500 ± 500
	780 ± 80	0,37 ± 0,18	9,5 ± 1,5	6 300 ± 600
	1 280 ± 120	0,8 ± 0,21	14,9 ± 2	7 300 ± 700

Le césium-137 présente des niveaux d'activités qui fluctuent entre 0,047 et 0,62  $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$  (Figure 10, Tableau 2). Le niveau maximum observé peut être mis en relation avec ceux observés pour le potassium-40, le béryllium-7 et le plomb-210, et s'expliquer notamment par l'empoussièrément des filtres (une plus grande masse d'aérosols collectés) qui peut être lié à des conditions météorologiques provoquant la remise en suspension des aérosols déposés. La gamme d'activité mesurée est du même niveau que celle observée par le réseau OPERA-Air, hors de la zone d'influence des sites nucléaires (Figure 11). Des niveaux légèrement plus élevés (jusqu'à 1,62  $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ) ont été observés dans la vallée du Rhône, zone plus impactée par les retombées de l'accident de Tchernobyl, lors d'études plus récentes à Tricastin (2012-2013, [10]) et Cruas-Meysse (2015-2016). L'ensemble de ces éléments montre que, de manière générale, les CNPE sont des contributeurs très minoritaires au marquage en césium-137 du compartiment atmosphérique.

En revanche, les quatre autres radionucléides d'origine artificielle mesurés beaucoup moins fréquemment (cobalt-58, cobalt-60, argent-110m et iode-131) sont caractéristiques des rejets atmosphériques d'un CNPE en fonctionnement, dont une infime partie n'est pas piégée par les dispositifs de filtration à la cheminée et se retrouve ainsi sous forme de traces dans l'environnement. Les niveaux observés sont 0,17 et 1,18  $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$  pour le cobalt-58 et des valeurs de 0,61 ; 0,76 et 0,81  $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$  pour respectivement le cobalt-60, l'argent-110m et l'iode-131 (Tableau 2).



**Figure 11.** Niveaux d'activités ( $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ) des radionucléides d'origine artificielle mesurés sur les filtres aérosols lors du constat sud-ouest (CSO) comparés aux niveaux de référence connus (REF) pour le césium-137. Pour les autres radionucléides mesurés ( $^{58}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{110\text{m}}\text{Ag}$  et  $^{131}\text{I}$ ), il n'existe pas de niveau de référence mesuré hors influence des INB, en raison de l'absence de détection de ces radionucléides hors influence des installations.



**Figure 10.** Activités ( $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ) en  $^{137}\text{Cs}$  mesurées dans les aérosols à proximité du CNPE de Golfech (les mesures représentées par un cercle rouge sont inférieures au seuil de décision).



## Tritium dans la vapeur d'eau atmosphérique

Les niveaux d'activité en  $^3\text{H}$  dans la vapeur d'eau atmosphérique mesurés lors de la campagne ont oscillé entre le bruit de fond<sup>(11)</sup>, de l'ordre de  $0,01 \text{ Bq/m}^3$ , et une valeur maximum de  $0,15 \pm 0,3 \text{ Bq/m}^3$  (Figure 12).

Si le marquage peut ainsi atteindre 15 fois la valeur du bruit de fond localement, on notera aussi la très grande variabilité des niveaux en fonction du temps, probablement liée à l'effet de battement des vents très rapide durant cette période. Les niveaux mesurés à distance du CNPE (Pommevic et Agen) sont restés inférieurs au seuil de décision, de l'ordre du bruit de fond.

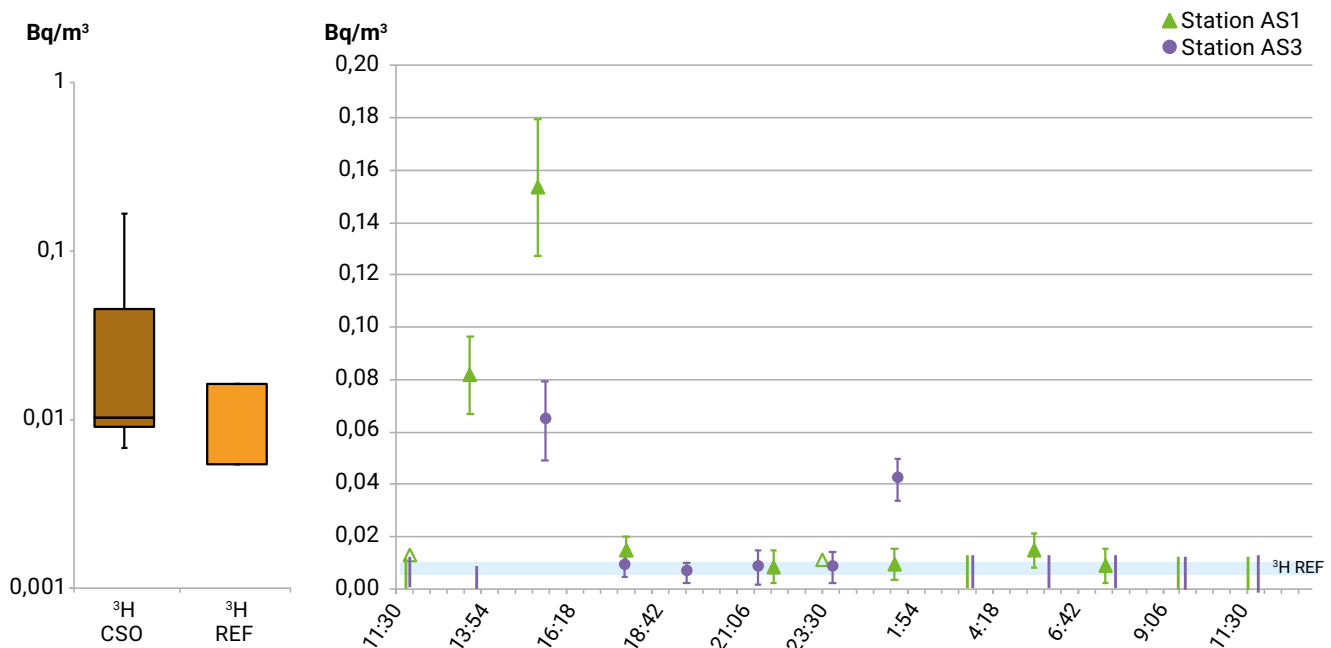


Figure 12. Activités en  $^3\text{H}$  dans la vapeur d'eau atmosphérique à proximité du CNPE de Golfech ( $\text{Bq/m}^3$  en fonction du temps en heure) à gauche, gamme de valeurs comparées au niveau de référence à droite (hors influence des installations).

## 2 3 CONCLUSION DE L'ÉTUDE DU VOLET ATMOSPHÉRIQUE

En mettant en œuvre pour la première fois des dispositifs de prélèvement très performants à proximité immédiate du CNPE de Golfech, l'IRSN a été en capacité de détecter des radionucléides à l'état de traces et de les comparer aux niveaux mesurés dans des zones considérées comme non-influencées par les rejets d'une installation. La présence de plusieurs radionucléides émetteurs gamma imputables aux rejets autorisés du site nucléaire, tels que les  $^{58}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{131}\text{I}$  et  $^{110\text{m}}\text{Ag}$ , a ainsi été mis en évidence sporadiquement.

Les niveaux observés en  $^{137}\text{Cs}$  n'ont pas permis de distinguer une éventuelle contribution des rejets du site de la rémanence observée pour ce radionucléide (essais nucléaires et Tchernobyl) sur l'ensemble du territoire national. L'étude menée sur le tritium atmosphérique a permis de montrer que les rejets gazeux du CNPE pouvaient marquer l'environnement très proche du site jusqu'à 15 fois la valeur du bruit de fond mais que ce marquage était surtout très variable en fonction des conditions météorologiques. Ce test qui était une première, a montré la capacité à quantifier les radionucléides dans l'air à proximité des CNPE en fonctionnement normal et a donc été reconduit dans des études postérieures de même nature réalisées sur les CNPE de Tricastin (2012-2013), Cruas-Meysses (2015-2016) et Gravelines (2017-2018).

(11) Une étude récente réalisée par l'IRSN (Actualisation des connaissances acquises sur le tritium dans l'environnement, 2017) indique des valeurs de bruit de fond en tritium du compartiment atmosphérique très faibles, comprises entre  $0,0015$  et  $0,0046 \text{ Bq/m}^3$  pour HTO, pouvant atteindre  $0,013 \text{ Bq/m}^3$  pour HT, et inférieures à  $0,003 \text{ Bq/m}^3$  pour  $\text{CH}_3\text{T}$ .

# 3 VOLET TERRESTRE

## 3 1 PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE ET DE MESURES

La stratégie de prélèvement retenue se focalise sur trois types de productions d'intérêt pour le territoire du constat :

### • les productions agricoles significatives par leur ampleur.

Le choix des indicateurs a été réalisé à partir des statistiques agricoles les plus récentes au début de l'étude<sup>(12)</sup>, puis adaptés au vu des données locales et de la réalité du terrain. Ont été retenues les productions suivantes (Figure 13) :

- les viandes d'élevage (canard, bœuf et poulet),
- les laits de chèvre et de vache,
- le blé,
- les fruits et légumes (asperge, carotte, chou, épinard, salade, pomme de terre, radis, céleri, châtaigne, noisette, raisin, melon, fraise, kiwi, prune, pomme et jus de pomme, nectarine, raisin),
- le miel;

### • des denrées emblématiques du territoire (AOC, AOP et IGP<sup>(13)</sup> notamment, Figure 14);

- ail,
- haricot tarbais,
- pruneau d'Agen,
- jus de raisin avant macération (Saint-Estèphe),
- vin (Pauillac, Saint-Estèphe),
- beurre,
- fromage (Roquefort, tomme des Pyrénées, Rocamadour, Ossau Iraty, Chabichou);

### • des matrices (indicateurs biologiques) prélevées couramment dans les activités de surveillance de l'environnement permettant de contextualiser les activités relevées par rapport aux niveaux usuellement observés sur le territoire national et des échantillons de gibier et de champignons pour lesquels les données sont plus rares (Figure 15) :

- herbe,
- feuilles d'arbres et d'arbustes (chêne, lierre, peuplier, robinier),
- gibier (chevreuil, sanglier),
- champignons.

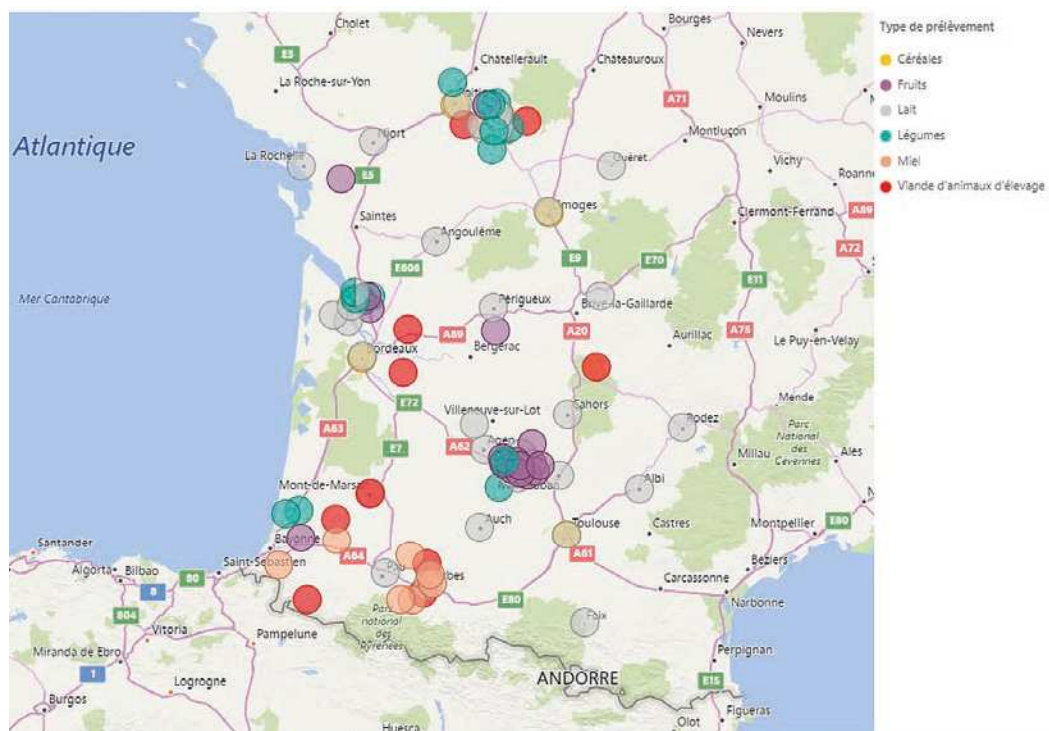


Figure 13. Plan de prélèvement des productions agricoles.

(12) <http://agreste.agriculture.gouv.fr/>

(13) AOC: Appellation d'Origine Contrôlée, AOP: Appellation d'Origine Protégée, IGP: Indication Géographique Protégée

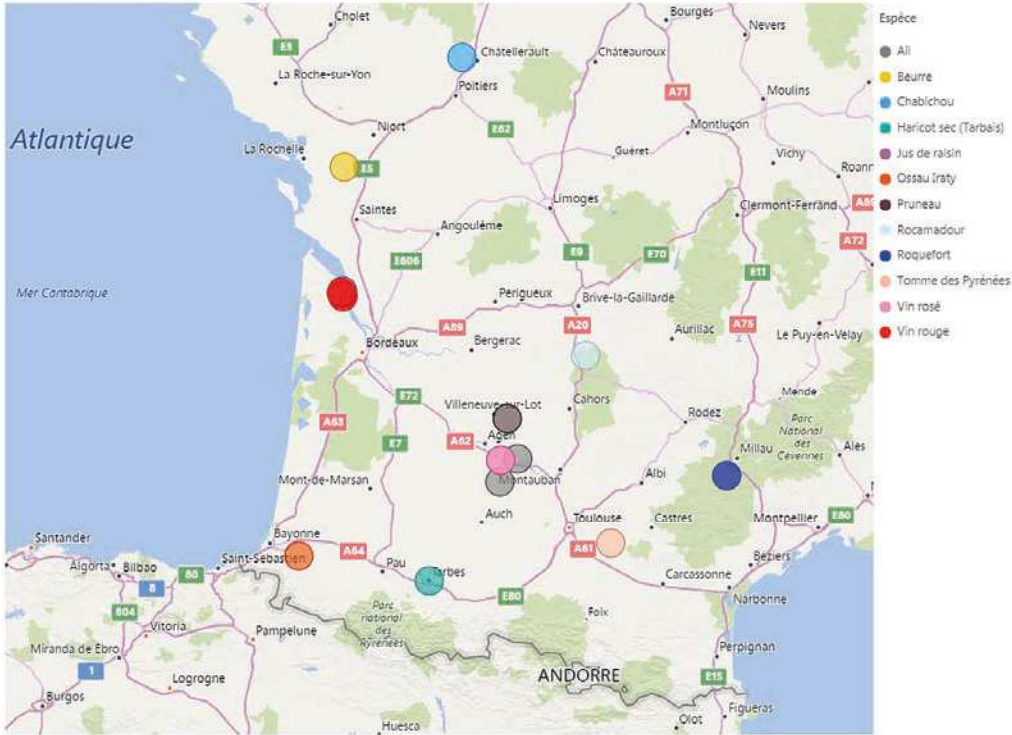


Figure 14. Plan de prélèvements des denrées emblématiques du territoire.

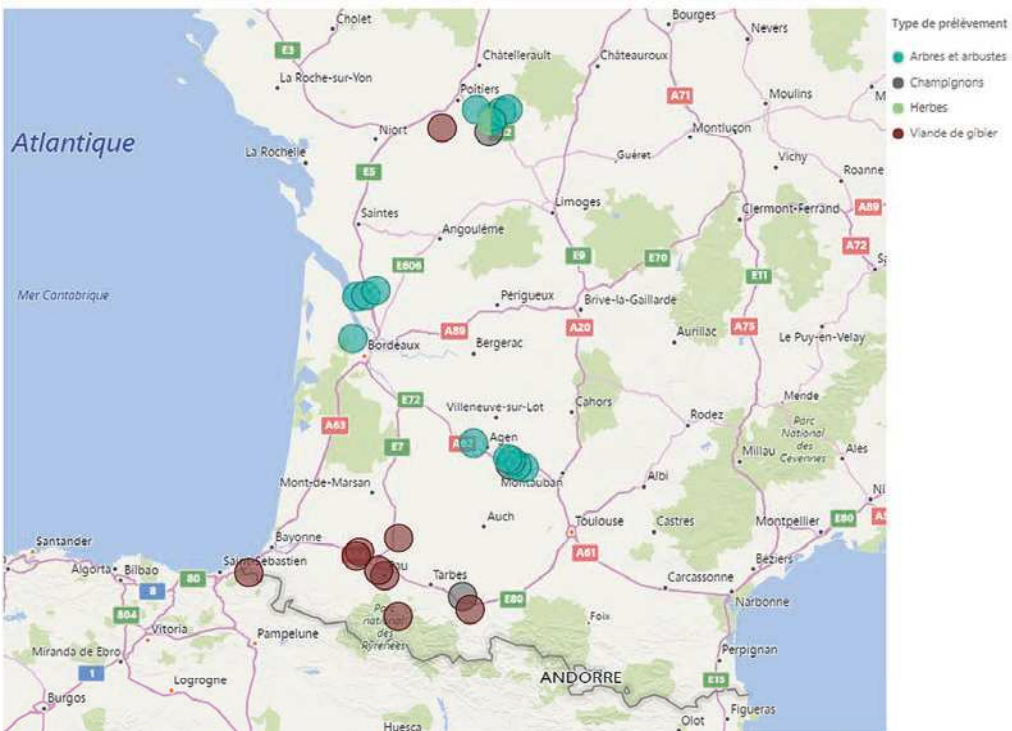


Figure 15. Plan de prélèvements des indicateurs biologiques et gibiers.

Le Tableau 3 synthétise le plan de mesures pour chaque type de matrices prélevées.

Un plan détaillé d'échantillonnage et de mesures est donné en Annexe 2.

**Tableau 3.** Plan de mesures pour les échantillons terrestres. Les cases en violet signalent une analyse systématique de tous les échantillons prélevés, les cases en orange, une analyse de certains échantillons et la case gris clair, l'absence de mesure.

Mesures réalisées Nature prélèvement	Tritium libre/ Tritium lié	Carbone-14	Radionucléides mesurés en spectrométrie gamma	Strontium-90	Uranium/Thorium*
Feuilles d'arbre					
Produits laitiers					
Céréales					
Fruits, légumes					
Viandes, gibiers					

\* La terminologie « uranium/thorium » regroupe les différents isotopes de l'uranium ainsi que l'ensemble des descendants des trois chaînes  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  et  $^{232}\text{Th}$ . Le thorium n'a pas été mesuré dans les viandes ni dans les gibiers.

## 3 2 RÉSULTATS DES MESURES

### Radionucléides d'origine naturelle (chaînes de désintégration de l'uranium et du thorium)

Le Tableau 4 synthétise les résultats significatifs obtenus dans les denrées pour **les radionucléides têtes de chaîne**.

Dans les denrées, les valeurs les plus élevées sont mesurées dans les champignons. Dans les légumes et les fruits, et dans les matrices animales (viandes et gibiers), les valeurs sont plus faibles en raison des transferts via la chaîne alimentaire. Dans les produits laitiers, les radionucléides des chaînes de l'uranium-235, de l'uranium-238 et du thorium-232 ne sont plus décelables par les techniques de mesure utilisées.

Notons que la technique de mesure utilisée permet d'obtenir au mieux des incertitudes de 20 % et qu'elles peuvent atteindre 80 % dans certains cas. En ce qui concerne l'uranium-235, au regard des faibles teneurs attendues, la technique de mesure par spectrométrie alpha est peu adaptée. Aussi des mesures

complémentaires ont été réalisées récemment sur quelques échantillons, à l'aide d'une technique plus performante (ICP-MS)<sup>(14)</sup> permettant d'obtenir des mesures plus fines; ces valeurs sont présentées dans le Tableau 5 pour les feuilles de chêne et un échantillon de salade. Elles ont permis de quantifier l'uranium-238, l'uranium-235 et l'uranium-234 dans quelques échantillons et de calculer ainsi le rapport massique isotopique  $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$  permettant de vérifier l'origine naturelle de l'uranium mesuré (rapport massique proche de 0,7). Malgré la mise en œuvre d'une technique plus précise, les faibles niveaux d'activité dans les fruits et la viande n'ont pas pu être mesurés.

La Figure 16 présente les gammes d'activités massiques de référence en uranium-238 dans les denrées (échantillons prélevés à une distance suffisante des installations nucléaires pour estimer qu'ils sont hors influence des rejets atmosphériques de ces installations [3]). Sur ce graphe sont également représentées les valeurs de mesures significatives obtenues dans les denrées prélevées dans le cadre du constat.

Ces valeurs mesurées dans le cadre du constat (Tableaux 6 et 7) sont dans la gamme des valeurs basses de référence; seule une mesure sur de la salade prélevée à Vendevre-du-Poitou est légèrement au-dessus des valeurs de référence<sup>(15)</sup>. Ces valeurs viennent ainsi compléter la base de données de référence de l'IRSN.

(14) ICP-MS: Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry ou spectrométrie de masse couplée à un plasma inductif.

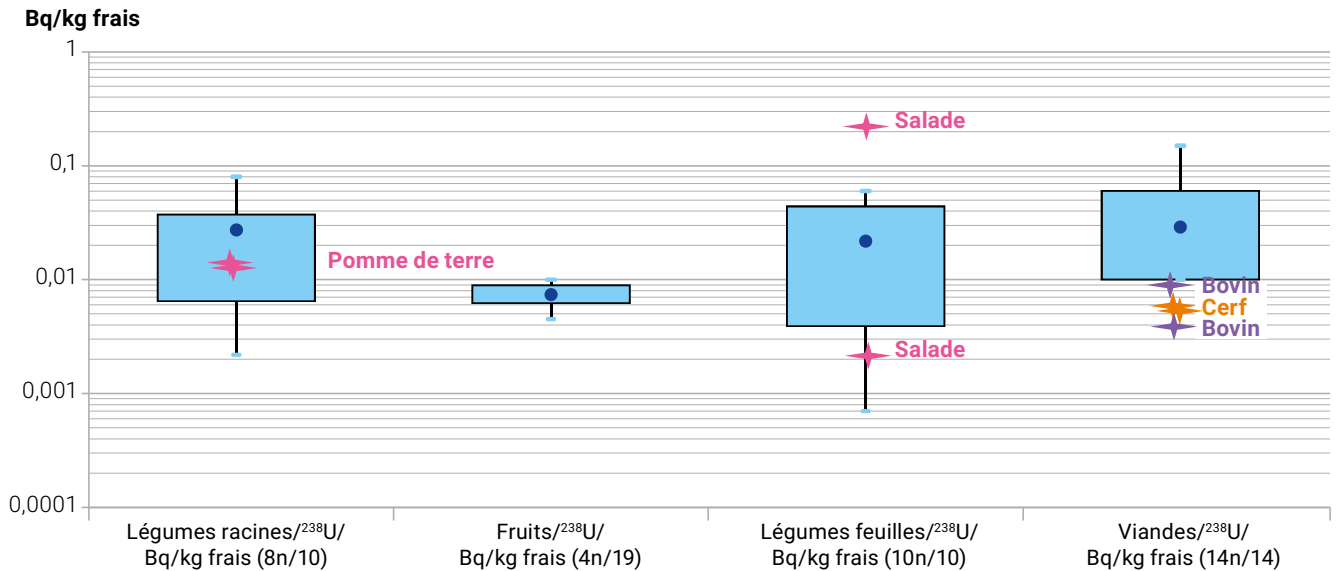
(15) Notons toutefois que le nombre de mesures permettant d'établir les niveaux de référence pour l'uranium-238 est assez faible.

**Tableau 4.** Synthèse des résultats significatifs obtenus dans les denrées pour le  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{234}\text{U}$  et  $^{238}\text{U}$  (technique spectrométrie alpha).

Nature de l'échantillon		Lieu du prélèvement - commune (département)	Activités mesurées (Bq/kg frais) $\pm$ Incertitude de mesure		
			$^{232}\text{Th}$	$^{234}\text{U}$	$^{238}\text{U}$
Champignons		LANNEMEZAN (65)	0,0874 $\pm$ 0,0087	0,0440 $\pm$ 0,029	0,0592 $\pm$ 0,031
Fruits	Kiwi	PORT-DE-LANNE (40)	0,0075 $\pm$ 0,0023		
	Melon	BRILLAC (16)		0,0031 $\pm$ 0,0014	
		MONTAGUDET (82)	0,0027 $\pm$ 0,0009		
	Pruneau	PENNE D'AGENAIS (47)	0,0100 $\pm$ 0,003		
Gibiers	Cerf, biche	LESCAR (64)		0,0074 $\pm$ 0,0032	0,0056 $\pm$ 0,003
		MONT (64)		0,0078 $\pm$ 0,0027	0,0058 $\pm$ 0,0026
Légumes	Asperge	MAGESCQ (40)	0,0022 $\pm$ 0,0007		
	Pomme de terre	CHAUVIGNY (86)	0,0228 $\pm$ 0,003	0,0164 $\pm$ 0,0034	0,0148 $\pm$ 0,0032
		VENDEUVRE-DU-POITOU (86)		0,0108 $\pm$ 0,0027	0,0143 $\pm$ 0,003
	Salade	CHAUVIGNY (86)	0,0218 $\pm$ 0,004		0,0231 $\pm$ 0,01252
Viandes	Bovins	BORDEAUX (33)		0,0096 $\pm$ 0,0029	0,0089 $\pm$ 0,003
		TARBES (65)			0,0037 $\pm$ 0,0024

**Tableau 5.** Résultats de mesure obtenus (par ICP-MS) et rapport isotopique calculé sur 1 échantillon de salade (Bq/kg frais) et 3 échantillons de feuilles de chêne (Bq/kg sec).

Nature de l'échantillon	Lieu du prélèvement	Activités mesurées			Rapport massique isotopique $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ (g/g %)
		$^{234}\text{U}$	$^{235}\text{U}$	$^{238}\text{U}$	
Feuilles de Chêne (Bq/kg sec)	TERCE	0,1197 ( $\pm$ 18 %)	0,0051 ( $\pm$ 13 %)	0,1103 ( $\pm$ 13 %)	0,71
	VALDIVIENNE	0,0628 ( $\pm$ 19 %)	0,0027 ( $\pm$ 16 %)	0,0593 ( $\pm$ 15 %)	0,71
	ANTIGNY	0,1049 ( $\pm$ 18 %)	0,0045 ( $\pm$ 15 %)	0,0973 ( $\pm$ 15 %)	0,71
Salade (Bq/kg frais)	VENDEUVRE-DU-POITOU	0,2196 ( $\pm$ 15 %)	0,0098 ( $\pm$ 13 %)	0,2120 ( $\pm$ 13 %)	0,72



**Figure 16.** Gamme des niveaux de référence pour l'<sup>238</sup>U mesuré dans les denrées et valeurs significatives mesurées dans le cadre du constat (symbolisées par une étoile). Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre de mesures ayant donné un résultat significatif et le nombre total de mesures réalisées. Par exemple 4n/19 signale 4 mesures significatives sur 19 réalisées.

### Radionucléides de la fin de chaîne de l'uranium-238 (<sup>214</sup>Bi, <sup>214</sup>Pb et <sup>210</sup>Pb)

Les activités massiques de plomb-214 et bismuth-214 présentent des valeurs proches (Tableau 6) : en effet au regard de leur courte période par rapport à la durée de vie des végétaux (respectivement 26,9 min et 19,7 min), ces radionucléides sont en équilibre dans les denrées. En revanche, les teneurs en plomb-210 sont sensiblement plus élevées. Cela s'explique par le fait que certains descendants des chaînes U-Th sont transférés par voie foliaire. En effet, chacune des trois chaînes de désintégration donne naissance à un gaz radioactif, le radon (le radon-222 dans le cas de la chaîne de l'uranium-238), qui s'exhale du sol dans l'air et s'y désintègre en donnant naissance à des radionucléides qui se fixent sur des particules et se déposent sur les plantes [9], c'est en particulier le cas du plomb-210 que l'on retrouve ici à des niveaux plus élevés dans les légumes et les feuilles de chêne.

### Radionucléides de la fin de chaîne du <sup>232</sup>Th (<sup>212</sup>Pb et <sup>208</sup>Tl)

Les mesures significatives des radionucléides de la fin de chaîne du thorium-232 sont rares et ne concernent que les feuilles de chêne, elles sont présentées dans le Tableau 7. Les résultats de mesure de plomb-212 (<sup>212</sup>Pb) sur des végétaux (herbes, arbres) présents dans le RNM indiquent des activités qui oscillent entre 0,1 et 2,18 Bq/kg sec ; les résultats obtenus dans le cadre du constat sud-ouest s'inscrivent dans la fourchette basse de cette gamme de valeurs.

**Tableau 6.** Synthèse des résultats de mesure en  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{210}\text{Bi}$  et  $^{214}\text{Pb}$  pour les feuilles de chêne (Bq/kg sec) et les denrées agricoles et champignons (en Bq/kg frais); < : mesure non significative.

Nature de l'échantillon	Lieu de prélèvement	$^{210}\text{Pb}$	$^{214}\text{Bi}$	$^{214}\text{Pb}$	Unité
		Activité ± Incertitude	Activité ± Incertitude	Activité ± Incertitude	
Asperge	MAGESCQ (40)	<	0,014 ± 0,005	0,013 ± 0,004	Bq/kg frais
Carotte	SOUSTONS (40)	<	0,033 ± 0,016	0,040 ± 0,012	
Champignon	LANNEMEZAN (65)	<	0,336 ± 0,131	0,258 ± 0,122	Bq/kg frais
Kiwi	MOISSAC (64)	<	0,151 ± 0,063	0,145 ± 0,081	Bq/kg frais
Salade	CHAUVIGNY (86)	0,232 ± 0,096	0,031 ± 0,014	0,035 ± 0,013	Bq/kg frais
	VENDEUVRE-DU-POITOU (86)	0,421 ± 0,145	<	0,035 ± 0,016	
Chêne	ANTIGNY (86)	22,444 ± 3,429	3,330 ± 0,475	3,469 ± 0,485	Bq/kg sec
	BRAUD-ET-SAINT-LOUIS (33)	22,600 ± 2,100	0,770 ± 0,160	0,710 ± 0,130	
	LEIGNES-SUR-FONTAINE (86)	17,280 ± 2,623	1,828 ± 0,275	1,965 ± 0,285	
	TERCE (86)	16,885 ± 2,465	2,852 ± 0,385	3,128 ± 0,416	
	VALDIVIENNE (86)	16,613 ± 2,469	2,134 ± 0,302	2,261 ± 0,313	

**Tableau 7.** Résultats de mesures significatives en  $^{212}\text{Pb}$  et  $^{208}\text{Tl}$  pour les feuilles de chêne (Bq/kg sec; < : mesure non significative).

Nature de l'échantillon	Lieu de prélèvement	$^{212}\text{Pb}$	$^{208}\text{Tl}$
		Activité ± Incertitude	Activité ± Incertitude
Chêne (Bq/kg sec)	BRAUD-ET-SAINT-LOUIS (33)	0,23 ± 0,09	<
	MONTENDRE (33)	0,46 ± 0,11	0,22 ± 0,08
	SAINT-AUBIN-DE-BLAYE (33)	0,53 ± 0,14	<

## Résultats de mesure en tritium et carbone-14

### Tritium

Rappelons que le tritium se rencontre dans les matrices biologiques sous deux formes :

- tritium libre sous forme d'eau tritiée (HTO)<sup>(16)</sup> ;
- tritium organiquement lié (TOL)<sup>(17)</sup>, incorporé dans les tissus organiques.

Dans l'environnement, en l'absence de fluctuation de la concentration de tritium, ces deux espèces sont en équilibre, avec des activités volumiques proches<sup>(18)</sup>. La mesure du tritium organiquement lié (TOL) rend compte de l'activité moyenne du tritium dans l'air durant le temps pendant lequel la matière organique s'est formée. Quant à la mesure du tritium libre (HTO) elle permet d'obtenir l'activité atmosphérique moyenne au cours des heures qui ont précédé le prélèvement [21].

En milieu terrestre, hors influence d'une installation nucléaire, les concentrations en TOL varient de 1 à 3 Bq/l (eau de combustion) pour tous les échantillons biologiques, indépendamment de leur nature. Les activités en HTO sont du même ordre de grandeur (environ 1,5 Bq/l) et la concentration totale en tritium des végétaux et des denrées d'origine agricole se situe actuellement entre 1 et 3 Bq/kg frais [8]. Les feuilles d'arbres caducs, renouvelées annuellement, sont un bon indicateur d'un éventuel marquage, repérable par une activité plus élevée que le bruit de fond.

Dans le cadre de ce constat, les activités mesurées restent faibles, au niveau du bruit de fond en France hors influence des rejets des installations. Bien que les performances métrologiques utilisées pour la mesure du tritium libre permettent d'atteindre des seuils de décision de l'ordre de 2 à 3 Bq/l, peu de mesures significatives en tritium libre ont été obtenues.

Le Tableau 8 synthétise les valeurs en TOL significatives mesurées dans les échantillons d'origine terrestre prélevés dans le cadre du constat, ainsi que les valeurs de HTO (tritium présent dans la fraction d'eau de ces échantillons) et de TOT (tritium total de l'échantillon correspondant à la somme des deux valeurs TOL et HTO). Notons que les valeurs de HTO ont été obtenues par calcul<sup>(19)</sup>, les valeurs mesurées étant en général inférieures au seuil de décision (compte tenu de la technique de comptage utilisée). En effet, plus la teneur en eau de l'échantillon est élevée (cas des salades ou des fruits par exemple) plus la teneur en TOL exprimée sur la matière fraîche sera faible : cela est lié à l'effet de dilution apporté par une teneur en eau élevée de l'échantillon. Aussi la dernière colonne présente les teneurs en tritium total de chaque échantillon, calculées sur la base de la teneur en TOL mesurée sur la matière organique après lyophilisation et ramenée à la masse totale fraîche de l'échantillon en supposant que le tritium présent dans l'échantillon est à l'équilibre entre les phases organique et liquide de celui-ci.

Les Figures 18 à 20 présentent l'ensemble des résultats pour le tritium total et le carbone-14, pour les mesures réalisées sur des échantillons prélevés à proximité des CNPE, respectivement de Civaux, Golfech et du Blayais.

(16) Afin de quantifier le tritium libre présent dans un échantillon biologique, l'échantillon est déshydraté (généralement par lyophilisation) ; le tritium libre présent dans l'eau de déshydratation extraite est ensuite mesuré par scintillation liquide : on obtient des activités exprimées en Bq/l d'eau de déshydratation.

(17) Afin de quantifier le tritium lié présent dans la matière organique, il convient de réaliser la combustion de l'échantillon, le tritium présent dans l'eau de combustion est ensuite mesuré par scintillation liquide (et dans des cas rares par mesure de l'hélium<sup>3</sup> qui est un descendant du tritium) ; on obtient des activités exprimées en Bq/l d'eau de combustion.

(18) Les teneurs en tritium de l'eau de déshydratation et de l'eau de combustion ainsi obtenues sont proches lorsqu'il y a peu de fluctuations de la concentration en tritium du milieu ambiant.

(19) Les valeurs de HTO mesurées sont majoritairement inférieures au SD. Les valeurs présentées dans le Tableau 6 proviennent du calcul, après hypothèse de l'équilibre entre la teneur en HTO et en TOL de l'échantillon.



**Tableau 8.** Résultats de mesures significatives en TOL (Bq/kg frais) obtenus sur les échantillons d'origine terrestre dans le cadre du constat sud-ouest. Les valeurs de HTO et TOT sont des valeurs calculées.

Nature de l'échantillon		Lieu du prélèvement : commune	TOL (mesuré) Bq/kg frais ± Incertitude de mesure	HTO (calculé) Bq/kg frais	TOT (calculé) Bq/kg frais
Légumes	Asperge	MAGESCQ (40)	0,0237 ± 0,00173	0,644	0,668
		MARCILLAC (33)	0,0274 ± 0,00148	0,571	0,598
	Carotte	SOUSTONS (40)	0,0459 ± 0,00242	0,557	0,603
	Haricot commun	TARBES (65)	0,3116 ± 0,01888	0,031	0,342
	Salade	CHAUVIGNY (86)	0,032 ± 0,002	1,013	1,045
		SAINT-AUBIN-DE-BLAYE (33)	0,0314 ± 0,00143	1,048	1,079
		VALENCE D'AGEN (82)	0,059 ± 0,00302	1,852	1,911
		VENDEUVRE-DU-POITOU (86)	0,0355 ± 0,002	1,124	1,160
	Pomme de terre	VENDEUVRE-DU-POITOU (86)	0,1258 ± 0,00674	0,715	0,836
CHAUVIGNY (86)		0,1208 ± 0,00659	0,724	0,849	
Champignons	Chanterelle ou girolle	LANNEMEZAN (65)	0,0367 ± 0,00262	0,639	0,676
Fruits	Melon	AUVILLAR (82)	0,074 ± 0,00387	0,827	0,901
		BRILLAC (16)	0,071 ± 0,004	0,764	0,836
		MONTAGUDET (82)	0,046 ± 0,00259	0,807	0,853
	Kiwi	MOISSAC (64)	0,086 ± 0,00431	0,856	0,943
		PORT-DE-LANNE (40)	0,068 ± 0,00334	0,569	0,638
	Fraisier	ROUFFIGNAC (17)	0,064 ± 0,00335	0,844	0,908
	Pruneau	PENNE D'AGENAIS (47)	0,414 ± 0,02345	0,193	0,607
Produits laitiers	Fromage de chèvre	ROCAMADOUR (46)	0,234 ± 0,01327	0,493	0,727
		LA BASTIDE CLAIRENCE (64)	0,526 ± 0,03238	0,206	0,733
	Roquefort	ROQUEFORT-SUR-SOULZON (12)	0,333 ± 0,01818	0,361	0,694
	Lait de vache	SAINT-CIERS-SUR-GIRONDE (33)	0,058 ± 0,00372	0,686	0,744
		SAINT-ANDRONY (33)	0,081 ± 0,00392	0,898	0,979
Viandes	Bovins	MONTMORILON (86)	0,145 ± 0,00807	1,558	1,703
		BORDEAUX (33)	0,126 ± 0,00793	1,374	1,500
		TARBES (65)	0,095 ± 0,00692	0,526	0,620
		ANGLLET (64)	0,108 ± 0,00769	0,521	0,628
	Coq, poule, poulet	MONT-DE-MARSAN (40)	0,097 ± 0,00523	0,455	0,552
	Canard	MONTFORT-EN-CHALOSSE (40)	0,193 ± 0,01187	0,762	0,955
Gibiers	Cerf, biche	LESCAR (64)	0,113 ± 0,00786	0,529	0,642
		MONT (64)	0,108 ± 0,00756	0,536	0,644
Arbres	Chêne	BRAUD-ET-SAINT-LOUIS (33)	0,246 ± 0,01273	0,556	0,803
		DONZAC (82)	0,247 ± 0,01452	0,439	0,685
		TERCE (86)	0,298 ± 0,01779	0,620	0,918
		VALDIVIENNE (86)	0,370 ± 0,02258	0,749	1,120
		LEIGNES-SUR-FONTAINE (86)	0,266 ± 0,01688	0,607	0,873
		ANTIGNY (86)	0,268 ± 0,01576	0,687	0,955

## Carbone-14

### ■ Éléments de contexte

En milieu terrestre, l'hypothèse relativement bien vérifiée par les observations est que l'activité spécifique, exprimée en Bq de  $^{14}\text{C}$  par kilogramme de carbone total (Bq/kg de C), est constante dans les composantes de l'environnement et en équilibre avec celles du  $\text{CO}_2$  atmosphérique [10]. La teneur moyenne était de 238 Bq/kg de C au moment de la réalisation des prélèvements dans le cadre de cette étude (2009) et elle s'est abaissée à 232 Bq/kg de C (en moyenne en 2012).

À partir de cette activité spécifique et de la proportion de carbone total dans les différentes matrices environnementales (air, végétaux, animaux et donc denrées alimentaires), il est possible d'estimer l'activité massique ou volumique en  $^{14}\text{C}$ , qui est d'autant plus élevée que le produit est riche en carbone (sucres, huiles, céréales, etc.); et à l'inverse, les denrées pauvres en carbone (fruits, légumes feuilles) auront des activités massiques plus faibles (Figure 17).

### ■ Mesures réalisées dans le cadre du constat

Les résultats de mesures de carbone-14 réalisées dans le cadre du constat sur les matrices du milieu terrestre sont reportés sur les Figures 18 à 20.

Les valeurs obtenues varient de 230 à 246,7 Bq/kg de C, les valeurs les plus élevées sont très légèrement supérieures au bruit de fond « théorique » attendu hors influence des installations (238 Bq/kg de C en moyenne à la date des prélèvements qui ont majoritairement eu lieu en 2009 et 2010). Une valeur élevée mesurée sur du céleri ( $339 \pm 1,7$  Bq/kg de C) prélevé à Braud-et-Saint-Louis, à proximité du CNPE du Blayais, témoigne du marquage ponctuel de l'environnement par les rejets d'effluents gazeux du site.

L'ensemble de ces résultats montre que les CNPE marquent de façon plus ou moins discrète leur environnement, et notamment les cultures agricoles de proximité, par leurs rejets gazeux de carbone-14. Une étude menée par l'IRSN sur un jeu de données important avait permis de montrer que les rejets gazeux de  $^{14}\text{C}$  étaient à l'origine d'un léger marquage de l'environnement proche des CNPE (un excès de quelques Bq/kg de carbone par rapport au bruit de fond local [25]).

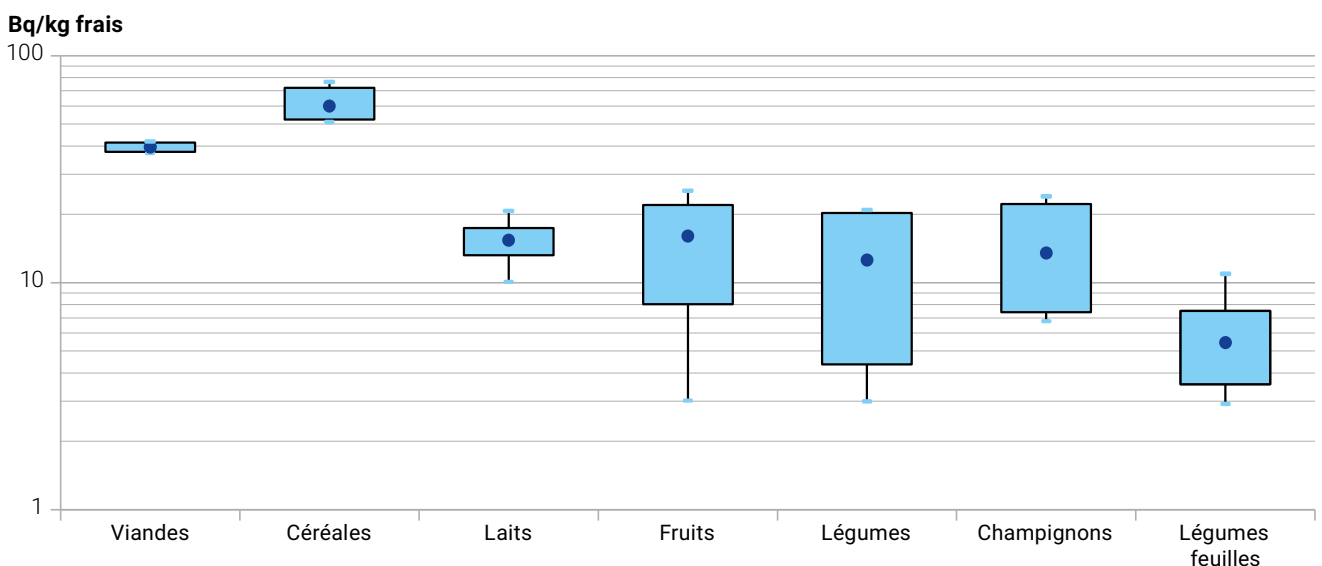


Figure 17. Valeur de référence des activités en carbone-14 (Bq/kg frais) dans les denrées (source IRSN : ensemble des mesures réalisées sur les échantillons cités pour les années 2009 à 2017). Échelle logarithmique.

**Tableau 9.** Résultats de mesures significatives en  $^{14}\text{C}$  pour les échantillons terrestres (constat sud-ouest) exprimés en Bq/kg de C.

Nature de l'échantillon		Lieu de prélèvement : commune (départ.)	Activité (en Bq/kg de C) $\pm$ Incertitude
Légumes	Ail	POMMEVIC (82)	230,7 $\pm$ 1,3
	Asperge	MARCILLAC (33)	243,0 $\pm$ 1,3
	Carotte	BRAUD-ET-SAINT-LOUIS (33)	230,0 $\pm$ 1,3
	Épinard	GOUDOURVILLE (82)	233,4 $\pm$ 1,7
	Haricot sec (Tarbais)	TARBES (65)	233,5 $\pm$ 1,0
	Pomme de terre	CHAUVIGNY (86)	234,7 $\pm$ 1,7
		VENDEUVRE-DU-POITOU (86)	232,7 $\pm$ 1,4
	Céleri	BRAUD-ET-SAINT-LOUIS (33)	339,0 $\pm$ 1,7
	Salades	CHAUVIGNY (86)	230,3 $\pm$ 1,4
		LUSSAC-LES-CHÂTEAUX (86)	232,2 $\pm$ 1,7
		VENDEUVRE-DU-POITOU (86)	231,7 $\pm$ 1,4
VALENCE D'AGEN (82)		236,0 $\pm$ 1,3	
	SAINT-AUBIN-DE-BLAYE (33)	234,3 $\pm$ 1,3	
Champignons	Chanterelle	LANNEMEZAN (65)	237,8 $\pm$ 1,4
Fruits	Fraise	ROUFFIGNAC (33)	235,0 $\pm$ 1,3
	Kiwi	MOISSAC (64)	235,5 $\pm$ 1,7
		PORT-DE-LANNE (40)	236,5 $\pm$ 1,7
	Melon	AUVILLAR (82)	239,0 $\pm$ 1,7
		BRILLAC (16)	230,8 $\pm$ 1,4
	Noisettes	GOUDOURVILLE (82)	236,3 $\pm$ 1,3
	Pomme	CASTELMAYRAN (82)	235,2 $\pm$ 1,3
		CASTELSARRASIN (82)	238,3 $\pm$ 1,3
		DONZAC (33)	226,2 $\pm$ 1,3
	Prune	LE PIN (82)	230,8 $\pm$ 1,3
MALAUSE (82)		233,7 $\pm$ 1,3	
Pruneau	PENNE D'AGENAIS (47)	234,7 $\pm$ 1,3	
	Raisin	MALAUSE (82)	233,5 $\pm$ 1,3
Céréales	Blé	BRAUD-ET-SAINT-LOUIS (33)	236,5 $\pm$ 1,0
		LHOMMAIZE (86)	229,0 $\pm$ 1,0
		VALENCE D'AGEN (82)	231,8 $\pm$ 1,0
Lait	Lait de vache	CASTELSAGRAT (82)	235,2 $\pm$ 1,4
		CHAUVIGNY (86)	239,9 $\pm$ 14,5
		LAMARQUE (33)	235,7 $\pm$ 19,0
		LEIGNES-SUR-FONTAINE (86)	239,3 $\pm$ 14,5
Viandes	Bovins	BRAUD-ET-SAINT-LOUIS (33)	240,7 $\pm$ 1,3
		CESSAC (33)	246,7 $\pm$ 1,4
		GIZAY (86)	237,0 $\pm$ 1,3
		LA TRIMOUILLE (86)	233,8 $\pm$ 1,3
		LUSSAC-LES-CHÂTEAUX (86)	241,0 $\pm$ 16,0
		VIC-EN-BIGORRE (65)	239,3 $\pm$ 1,4

Nature de l'échantillon		Lieu de prélèvement: commune (département)	Activité (en Bq/kg de C) ± Incertitude
Gibier	Canard	MONTFORT-EN-CHALOSSE (40)	239,0 ± 1,7
	Poulet	MONT-DE-MARSAN (40)	239,8 ± 1,0
	Chevreuil	LESCAR (64)	236,3 ± 1,3
		MONT (64)	234,0 ± 1,4
		PAU (64)	238,7 ± 1,4
Gibier non identifié	CELLE-LEVESCAUT (86)	236,5 ± 1,7	
Végétaux	Chêne	ANTIGNY (86)	232,7 ± 1,4
		CHAUVIGNY (86)	235,2 ± 1,4
		DONZAC (82)	237,2 ± 1,3
		ESPALAIS (82)	232,3 ± 1,3
		GOLFECH (82)	238,7 ± 1,3
		LE PIAN-MÉDOC (33)	236,0 ± 1,7
		SÉRIGNAC-SUR-GARONNE (47)	240,5 ± 1,3
		ST-NICOLAS-DE-LA-GRAVE (82)	231,8 ± 1,3
		TERCE (86)	233,2 ± 1,4
		VALDIVIENNE (86)	238,8 ± 1,4
	Lierre	CIVAUX (86)	237,5 ± 1,3
	Peuplier	CIVAUX (86)	235,5 ± 1,3
	Robinier	CIVAUX (86)	237,7 ± 1,3
	Herbe	CIVAUX (86)	239,8 ± 1,3
236,2 ± 1,3			

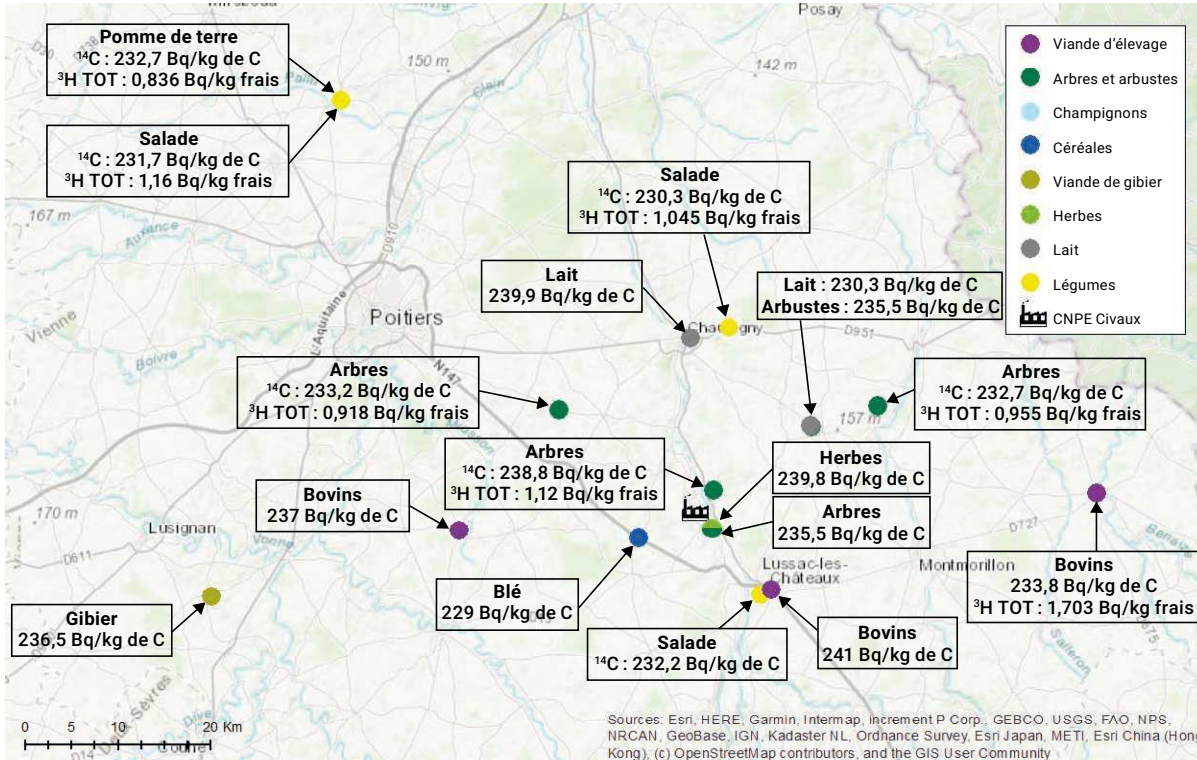
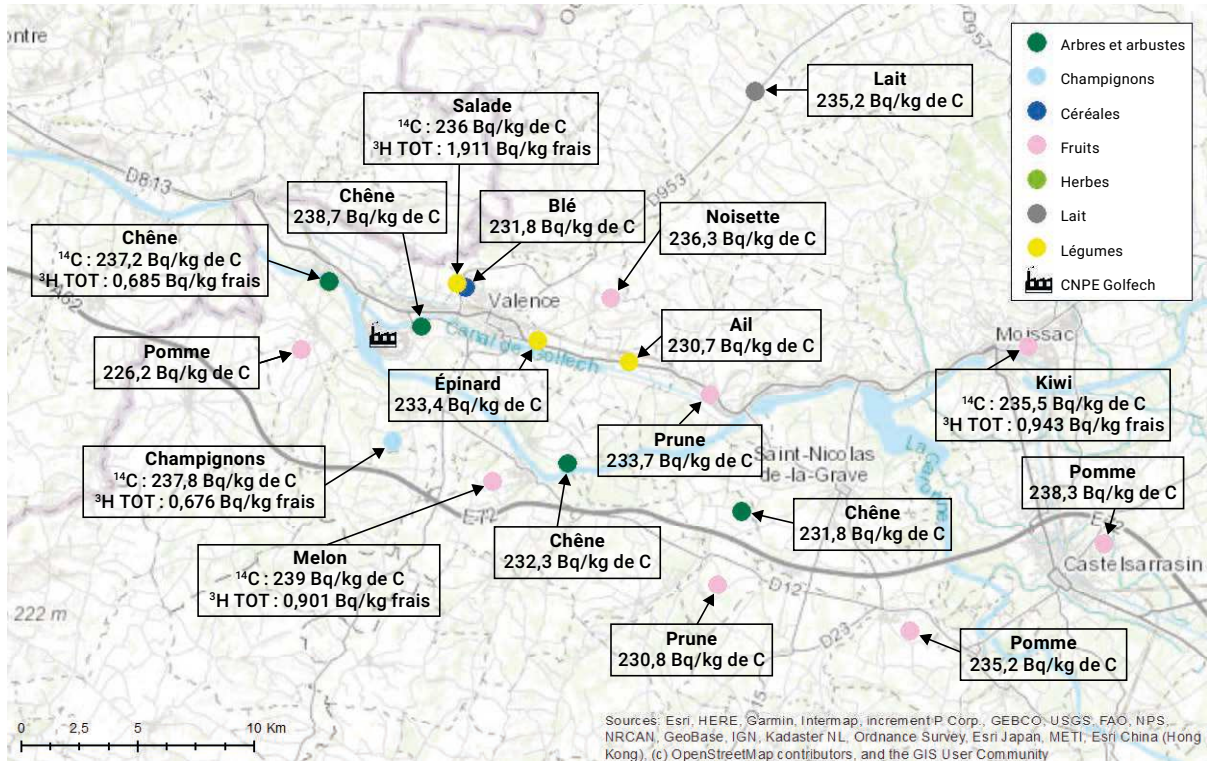


Figure 18. Activités en tritium total TOT (en Bq/kg frais) et carbone-14 (Bq/kg de C) dans les échantillons terrestres prélevés dans l'environnement proche du CNPE de Civaux dans le cadre du constat.



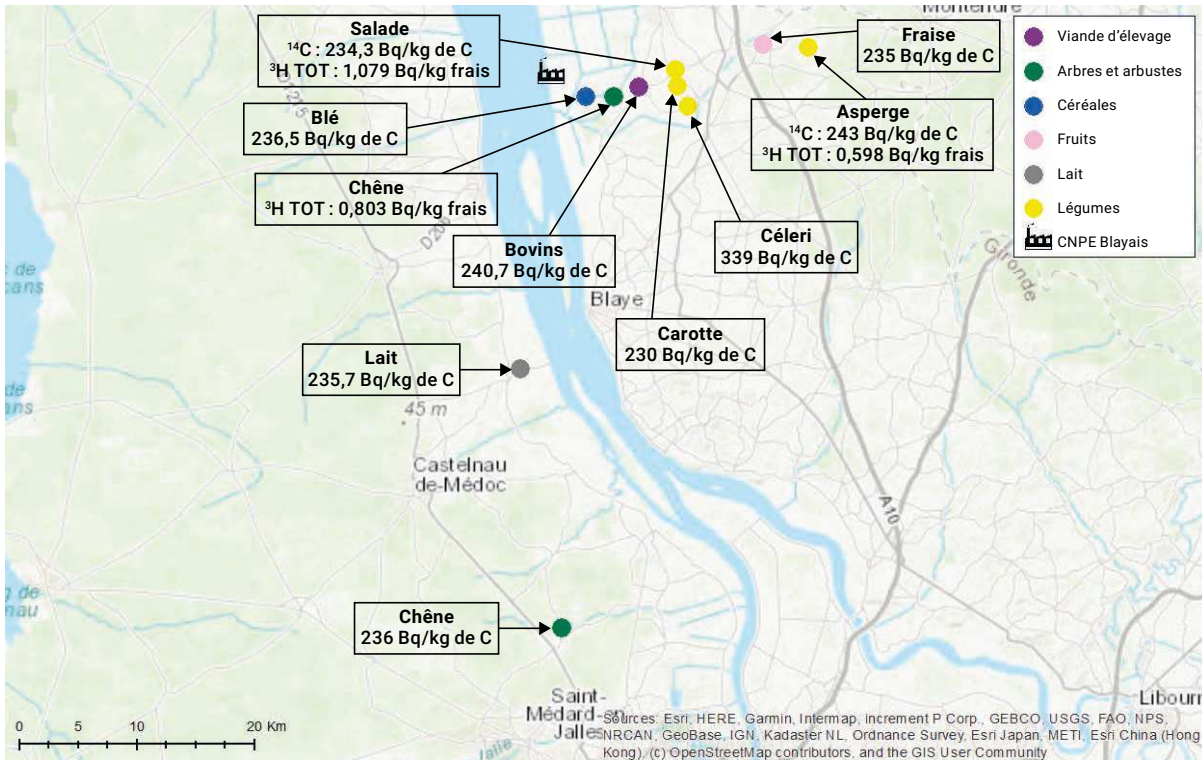


Figure 20. Activités en tritium total TOT (en Bq/kg frais) et carbone-14 (Bq/kg de C) dans les échantillons terrestres prélevés dans l'environnement proche du CNPE du Blayais, dans le cadre du constat.

## Radionucléides d'origine artificielle (strontium-90, césium-137)

### Strontium-90

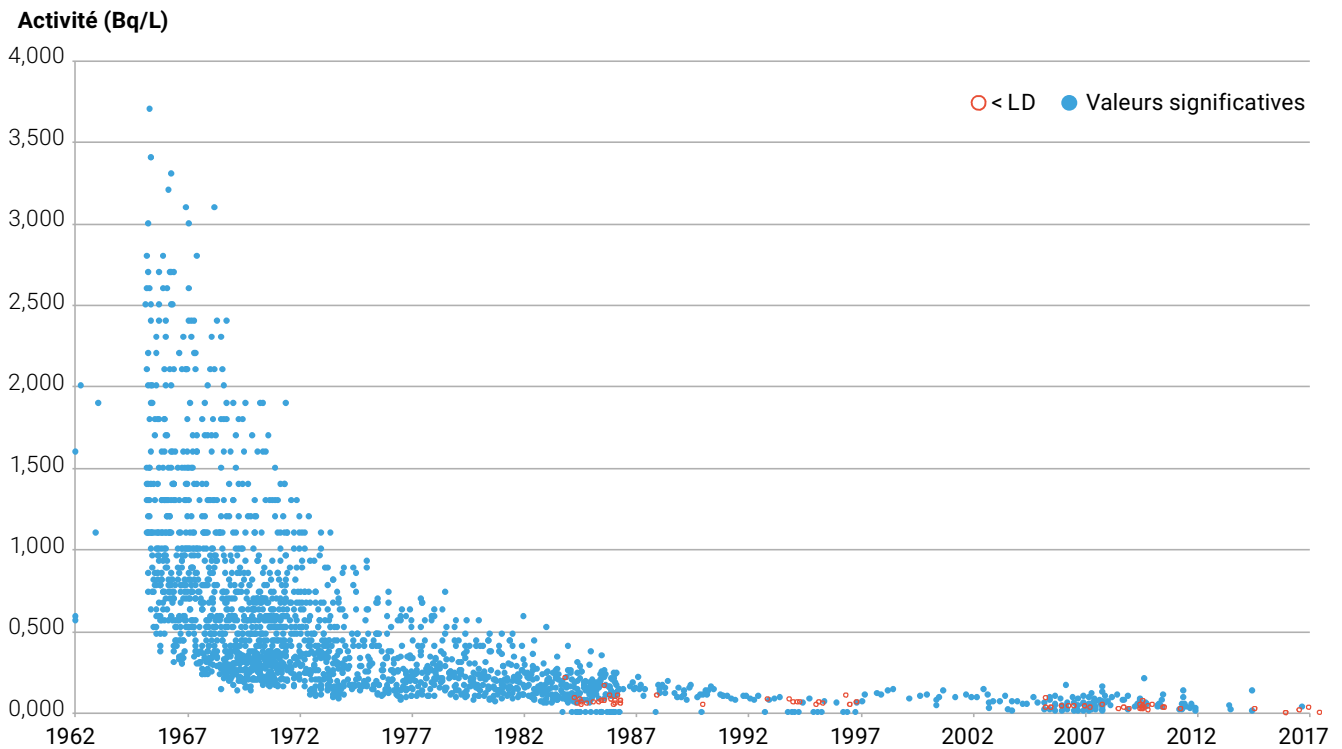
#### Éléments de contexte

Le strontium-90 mesuré dans le compartiment terrestre provient essentiellement des retombées des essais nucléaires atmosphériques. Il est encore mesuré aujourd'hui au-dessus des seuils de décision dans la plupart des matrices de l'environnement. À titre indicatif, la Figure 21 ci-après donne la chronique, depuis 1962, des activités en strontium-90 mesurées dans des laits prélevés dans le quart sud-ouest de la France (mesures réalisées par l'IRSN dans le cadre de la surveillance de routine) : l'activité en strontium-90 dans le lait a diminué d'un facteur 10 en 50 ans. Cette tendance s'observe dans d'autres compartiments biologiques, tels que les céréales, autre indicateur prélevé régulièrement dans le cadre de la surveillance radiologique réalisée par l'IRSN, comme l'atteste la Figure 22.

#### Mesures réalisées dans le cadre du constat sud-ouest

Le Tableau 10 donne les valeurs significatives des activités de strontium-90 mesurées dans les denrées alimentaires et le Tableau 11 dans les feuilles d'arbre mesurées dans le cadre de cette étude. Les activités observées dans les denrées sont dans les mêmes gammes d'activité que le reste du territoire français [3] Les valeurs détaillées pour le blé et les céréales sont données en Annexe 3.

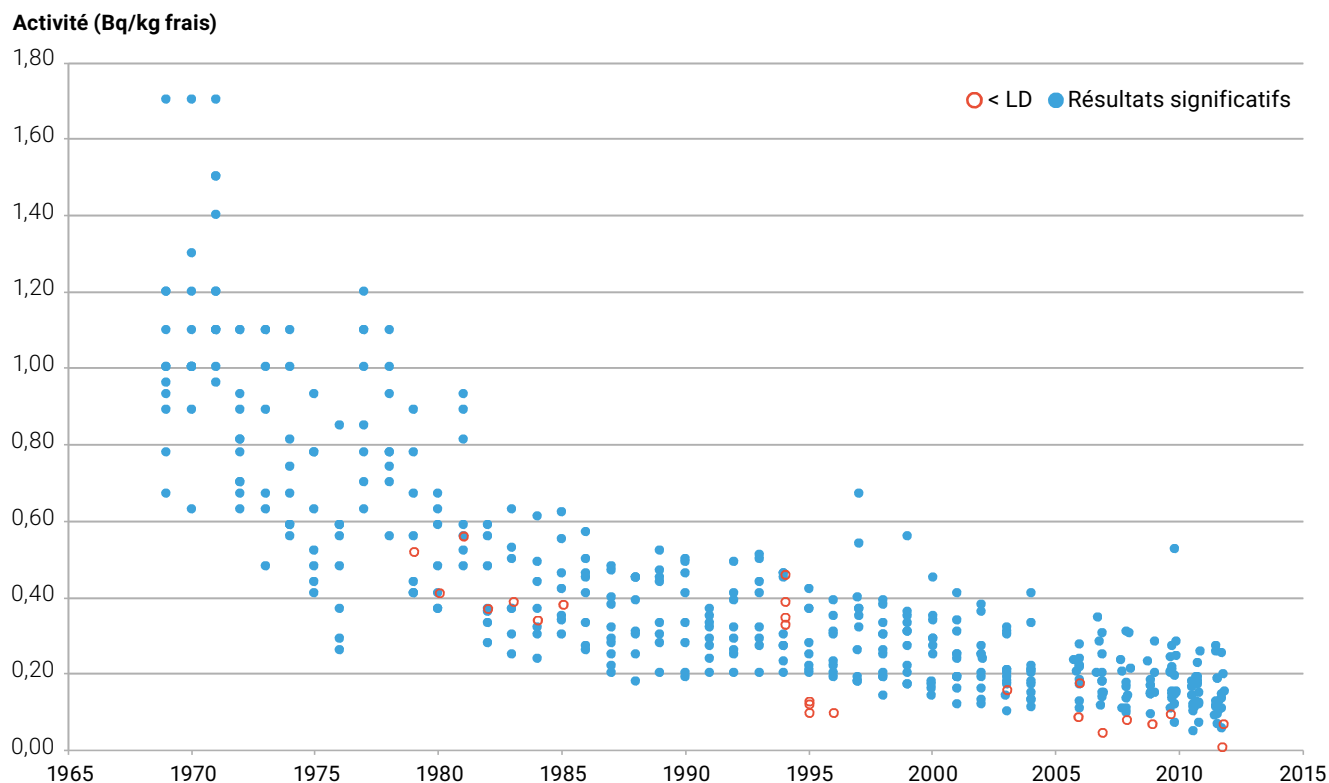
En ce qui concerne les résultats obtenus dans les feuilles de chêne, les éléments de comparaison sont rares, ce radionucléide n'étant habituellement pas recherché dans les feuilles d'arbres. Le RNM abrite quelques mesures de strontium-90 dans les végétaux (espèce non identifiée) qui varient de  $1,04 \pm 0,16$  à  $2,84 \pm 0,37$  Bq/kg sec; ainsi que dans de l'herbe de prairie, matrice végétale bien représentée dans les rations alimentaires des bovins, et pour laquelle les valeurs peuvent atteindre 8 Bq/kg sec (valeur mesurée en 2009 à Hercqueville)<sup>(20)</sup>. Les valeurs mesurées dans le cadre du constat sud-ouest sur les feuilles de chêne sont du même ordre de grandeur.



**Figure 21.** Évolution des activités (Bq/l) en  $^{90}\text{Sr}$  mesurées dans des échantillons de lait prélevés dans le quart sud-ouest de la France (source IRSN).

(20) Des valeurs plus récentes, mesurées sur de l'herbe de prairie prélevée en 2019 dans l'environnement proche du CEA de Saclay fluctuent de 0,5 à 1 Bq/kg sec environ. Les niveaux en strontium-90 mesurés dans l'environnement ont tendance à baisser, comme cela est observé dans les denrées (lait, céréales).





**Figure 22.** Évolution des activités en  $^{90}\text{Sr}$  mesurées dans des échantillons de blé prélevés dans le quart sud-ouest de la France (source IRSN).

**Tableau 10.** Activités significatives en strontium-90 mesurées dans les denrées prélevées dans le cadre du constat, valeurs exprimées en Bq/kg frais.

Nature de l'échantillon		Lieu du prélèvement : commune (département)	Valeur de mesure (en Bq/kg frais) $\pm$ Incertitude
Légumes	Asperge	MAGESCQ (40)	0,011 $\pm$ 0,0024
	Carotte	SOUSTONS (40)	0,067 $\pm$ 0,0084
	Haricot commun	TARBES (65)	0,681 $\pm$ 0,071
	Salade	CHAUVIGNY (86)	0,100 $\pm$ 0,011
VENDEUVRE-DU-POITOU (86)		0,115 $\pm$ 0,0122	
Champignon	Chanterelle ou girolle	LANNEMEZAN (65)	0,071 $\pm$ 0,012
Fruits	Kiwi	PORT-DE-LANNE (40)	0,128 $\pm$ 0,0051
		MOISSAC (64)	0,035 $\pm$ 0,0131
	Pruneau	PENNE D'AGENAIS (47)	0,144 $\pm$ 0,0215

**Tableau 11.** Activités significatives en strontium-90 mesurées dans les feuilles de chêne prélevées dans le cadre du constat, valeurs exprimées en Bq/kg sec.

Nature de l'échantillon		Lieu du prélèvement : commune (département)	Valeur de mesure (en Bq/kg sec) $\pm$ Incertitude
Arbres	Chêne	BRAUD-ET-SAINT-LOUIS (33)	0,226 $\pm$ 0,334
		TERCE (86)	2,859 $\pm$ 0,2512
		VALDIVIENNE (86)	1,545 $\pm$ 0,143
		LEIGNES-SUR-FONTAINE (86)	1,952 $\pm$ 0,185
		ANTIGNY (86)	3,556 $\pm$ 0,334

## Césium-137

### ■ Éléments de contexte

Le quart sud-ouest de la France a été relativement épargné par les retombées de l'accident de Tchernobyl, comparativement à d'autres régions telles que l'Est et certains massifs montagneux. Ainsi, sur le territoire du constat, les dépôts estimés à la suite de l'accident de Tchernobyl et des retombées des essais atmosphériques varient de 3 000 à 7 000 Bq/m<sup>2</sup> [18]. Aussi, les niveaux d'activité attendus en césium-137 dans les denrées sont faibles, de la gamme de ceux mesurés dans les zones essentiellement impactées par les retombées des tirs atmosphériques nucléaires.

### ■ Mesures réalisées dans le cadre du constat sud-ouest

En milieu terrestre, sur l'ensemble des radionucléides détectables en spectrométrie gamma, seul le césium-137 a été mesuré au-dessus des seuils de décision (sur les 285 mesures réalisées, 38 (13 %) sont significatives et la gamme des seuils de décision est relativement étendue : < 0,02 à < 1 Bq/l pour le lait et de l'ordre de < 3 Bq/kg sec pour les indicateurs biologiques, tels que l'herbe et les feuilles d'arbres); les mesures significatives concernent les légumes, les viandes provenant d'animaux d'élevage et de gibiers, les champignons et les feuilles d'arbre (Tableaux 12 et 13).

**Tableau 12.** Activités significatives mesurées (+/- incertitude) en césium-137 dans les denrées prélevées dans le cadre du constat sud-ouest (Bq/kg frais)

Nature de l'échantillon		Lieu du prélèvement : commune (départ.)	Activité en <sup>137</sup> Cs (en Bq/kg frais) ± Incertitude
Légumes	Asperge	MAGESCQ (40)	0,011 ± 0,003
		MARCILLAC (33)	0,018 ± 0,009
	Carotte	SOUSTONS (40)	0,042 ± 0,008
		BRAUD-ET-SAINT-LOUIS (33)	0,038 ± 0,01
	Salade	SAINT-AUBIN-DE-BLAYE (33)	0,025 ± 0,007
	Radis	VALENCE D'AGEN (82)	0,021 ± 0,010
BRAUD-ET-SAINT-LOUIS (33)		0,113 ± 0,044	
Champignons	Chanterelle	LANNEMEZAN (65)	0,685 ± 0,110
	Champignons non identifiés	GOUEX (86)	3,4 ± 0,47
		GOUEX (86)	2,19 ± 0,34
		SAINT-LOUP (17)	1,88 ± 0,34
Fruits	Melon	AUVILLAR (82)	0,0082 ± 0,006
	Fraise	VERGT (24)	0,089 ± 0,009
	Pomme	DONZAC (82)	0,0033 ± 0,0019
	Prune	MALAUSE (82)	0,0032 ± 0,0014
Viandes d'élevage	Coq, poule, poulet	MONT-DE-MARSAN (40)	0,149 ± 0,039
	Canard	MONTFORT-EN-CHALOSSE (40)	0,022 ± 0,007
	Bovins	BRAUD-ET-SAINT-LOUIS (33)	0,114 ± 0,046
		LA TRIMOUILLE (86)	0,167 ± 0,042
		VIC-EN-BIGORRE (65)	0,086 ± 0,036
Gibiers	Chevreuil	BEDOUS (64)	0,523 ± 0,129
		PAU (64)	0,13 ± 0,042
		URRUGNE (64)	0,13 ± 0,07
		BAGNÈRES-DE-BIGORRE (65)	0,33 ± 0,12
	Sanglier	HAUTAGET (65)	0,866 ± 0,138
		ARTHEZ-DE-BÉARN (64)	0,34 ± 0,13

Dans les viandes d'élevage et les gibiers, les niveaux sont comparables et restent faibles. Ils se situent dans les valeurs les plus basses mesurées en France.

Comme attendu, les champignons ont donné les activités les plus élevées, qui varient de  $0,68 \pm 0,11$  à  $3,4 \pm 0,47$  Bq/kg frais et qui restent dans la gamme des valeurs mesurées dans les territoires peu affectés par les retombées de l'accident de Tchernobyl. En effet, les activités en césium-137 peuvent atteindre quelques centaines de Bq/kg frais dans des champignons collectés dans des massifs plus touchés tels que les Vosges, les Alpes et le Jura (respectivement  $198 \pm 18$  Bq/kg frais,  $614 \pm 61$  Bq/kg frais et  $431 \pm 54$  Bq/kg frais [1]).

En ce qui concerne les végétaux terrestres et notamment les feuilles d'arbres, il y a peu d'éléments de comparaison : des mesures de  $^{137}\text{Cs}$  dans les cyprès ou pins prélevés dans l'environnement proche de Narbonne, donnent quelques rares valeurs significatives qui varient de  $0,19 \pm 0,07$  à  $0,625 \pm 0,32$  Bq/kg sec (source RNM). Dans le rapport « constat radiologique de la rémanence de la radioactivité d'origine artificielle », l'IRSN rapporte des niveaux en  $^{137}\text{Cs}$  dans les végétaux de prairie prélevés à Aullus-les-Bains (Ariège) et Laruns (Pyrénées-Atlantique) de respectivement  $0,6 \pm 0,1$  et  $1,5 \pm 0,2$  Bq/kg sec.

**Tableau 13.** Activités significatives mesurées (+/- incertitude) en césium-137 dans les feuilles de chêne prélevées dans le cadre du constat sud-ouest (Bq/kg sec).

Nature de l'échantillon		Lieu du prélèvement : commune (départ.)	Activité en $^{137}\text{Cs}$ (Bq/kg sec) $\pm$ Incertitude
Arbres	Chêne	ANTIGNY (86)	$0,626 \pm 0,109$
		BRAUD-ET-SAINT-LOUIS (33)	$0,12 \pm 0,05$
		LEIGNES-SUR-FONTAINE (86)	$0,382 \pm 0,073$
		TERCE (86)	$0,314 \pm 0,053$
		VALDIVIENNE (86)	$0,906 \pm 0,126$
		SÉRIGNAC (47)	$0,16 \pm 0,07$

## 3 3 CONCLUSION POUR LE VOLET TERRESTRE

Des denrées représentatives des territoires étudiés (asperge, carotte, fromage de chèvre, haricot commun, kiwi, melon, pomme de terre, pruneau) et également des indicateurs biologiques habituellement prélevés dans le cadre de la surveillance de routine (feuilles d'arbres, salade, champignons) ont été analysés. Les mesures réalisées ont été l'occasion de quantifier des radionucléides qui ne sont pas systématiquement recherchés dans les denrées dans le cadre de la surveillance de routine. En outre, certaines mesures réalisées dans le cadre de la surveillance régulière sur le lait et les céréales sont présentées à titre de comparaison.

Les principales conclusions tirées pour ce milieu sont :

- les radionucléides naturels descendants des chaînes de l'uranium et du thorium donnent des valeurs significatives dans plusieurs échantillons, ce qui permet de compléter la base de données de référence de l'IRSN ;

- comme attendu, le tritium et le carbone-14 ont pu être mesurés dans la plupart des échantillons de denrées et d'indicateurs biologiques. Les résultats de carbone-14 montrent une influence modérée des rejets atmosphériques des CNPE dans leur environnement proche. En particulier, une mesure élevée en carbone-14 réalisée sur un échantillon de céleri prélevé à proximité du site du Blayais témoigne d'un marquage ponctuel. Pour ce qui est du tritium, les résultats de mesure entrent dans la gamme des valeurs du bruit de fond hors influence des installations ;
- en ce qui concerne les radionucléides d'origine artificielle, le strontium-90 est mesuré dans 50 % des échantillons à des teneurs équivalentes à celles rencontrées sur le reste du territoire, témoins des retombées des essais nucléaires atmosphériques. Les niveaux mesurés en  $^{137}\text{Cs}$  relèvent de la rémanence des retombées provenant des essais nucléaires et de l'accident de Tchernobyl.

# 4 VOLET AQUATIQUE

## 4 1 PLANS D'ÉCHANTILLONNAGE ET DE MESURE

En ce qui concerne le volet aquatique, le plan d'échantillonnage a été élaboré pour les trois bassins versants suivants (Figure 23), le bassin versant de la Dordogne faisant l'objet d'une étude spécifique dans le cadre d'un constat [2]:

- la Vienne (pour une analyse de l'influence du CNPE de Civaux);
- la Garonne (pour une analyse de l'influence du CNPE de Golfech);
- l'Adour/gave de Pau (pour un point de situation hors influence des installations nucléaires dans la région du constat).

Les matrices échantillonnées dans le cadre de cette étude sont l'eau, les sédiments (pour le suivi des éléments réactifs aux supports solides) et les végétaux aquatiques (phanérogames, mousses, algues) intégrant particulièrement les éléments présents en phase dissoute. La Figure 23 présente les stations de prélèvements des différents échantillons. L'échantillonnage a été réalisé entre 2009 et 2011, un tableau récapitulatif des stations de prélèvements indiquant le nom et le code de la station est donné en Annexe 2.

Le plan d'échantillonnages et de mesures type pour le milieu aquatique est présenté dans le Tableau 14 (toutefois, il existe des variations suivant le bassin versant considéré); le plan détaillé des mesures est présenté en Annexe 2.

Notons qu'il n'y a pas eu de prélèvements d'eau dans la Garonne, ceux-ci étant réalisés dans le cadre de la surveillance régulière: grâce à la station Hydrotéléray de Boé et aux hydrocollecteurs de Golfech pour ce qui concerne les prélèvements et mesures réalisés par l'IRSN, auxquels s'ajoutent ceux de la surveillance réglementaire réalisée par EDF. Ces résultats, publiés dans le RNM, seront également parfois mentionnés à titre de comparaison.

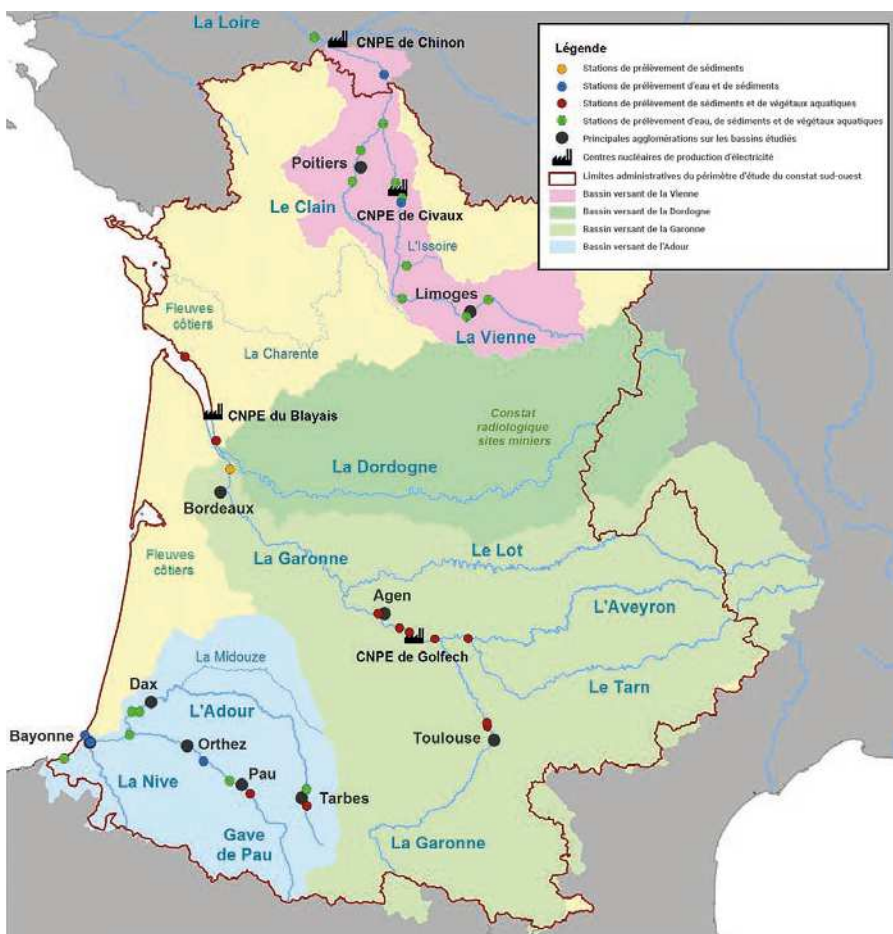


Figure 23. Échantillonnages aquatiques réalisés pour le constat radiologique sud-ouest.

**Tableau 14.** Plan de mesures pour les échantillons aquatiques, les cases de couleurs symbolisent la réalisation des mesures pour la matrice correspondante (case gris clair : pas de mesure réalisée).

Nature de l'échantillon*	Nature des mesures réalisées							
	Spectrométrie gamma	Tritium** TOT/HTO/TOL	<sup>14</sup> C	<sup>90</sup> Sr	Spectrométrie alpha (Pu, Am)	Isotopes de l'uranium	Isotopes du thorium	Indices*** alpha et bêta global
Eau de rivière		TOT						
Sédiments								
Végétaux aquatiques		HTO/TOL						

\* Pour les espèces prélevées, voir Annexe 2.

\*\* TOT : tritium total, HTO : tritium libre, TOL : tritium organiquement lié.

\*\*\* Les indices alpha et bêta global donnent une indication sur la présence de radionucléides respectivement émetteurs alpha ou bêta sans qu'il soit possible de les identifier (si besoin des analyses complémentaires sont réalisées).

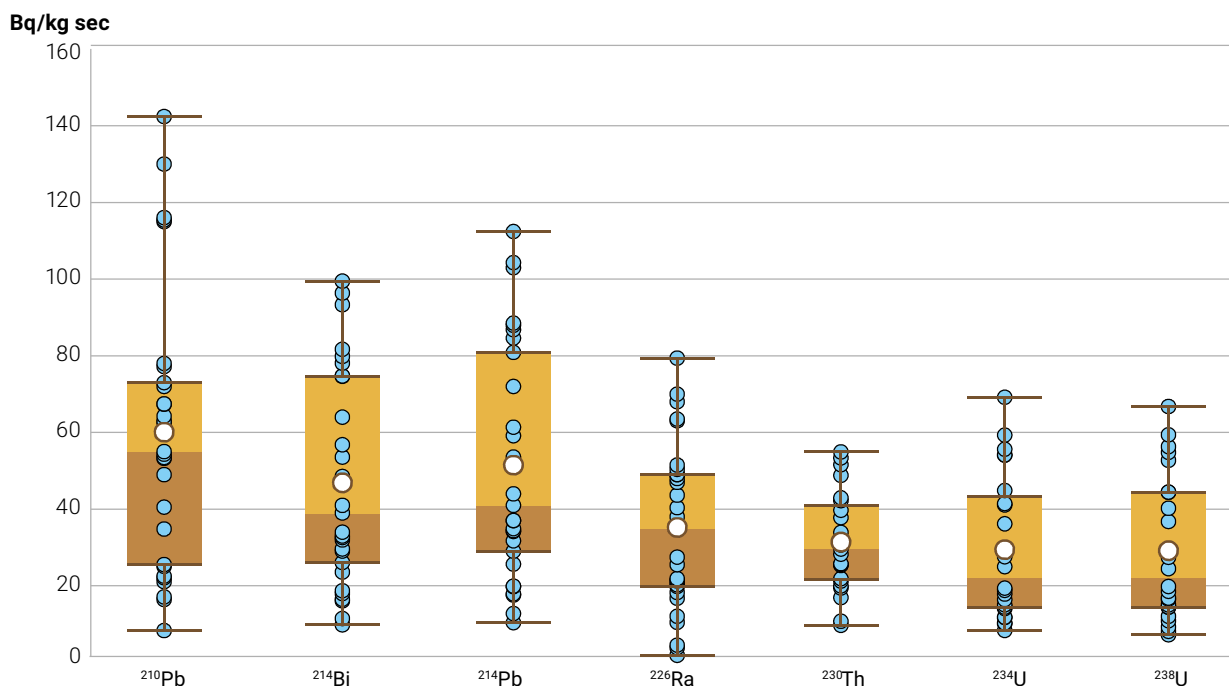
## 4 2 RÉSULTATS DES MESURES

### Radionucléides d'origine naturelle (<sup>40</sup>K, <sup>7</sup>Be, chaînes de l'U et du Th)

Dans les **sédiments**, la radioactivité naturelle provient essentiellement du potassium-40. Les activités mesurées

varient de 250 à 1 000 Bq/kg sec et sont du même ordre de grandeur que celles mesurées sur les autres bassins versants français. Dans une moindre mesure, les radionucléides des chaînes de désintégration naturelles du thorium-232 de l'uranium-235 et de l'uranium-238 (thorium-234, thorium-230, radium-226 et ses descendants) sont également détectés à des valeurs de quelques dizaines de Bq/kg sec, similaires à celles des sols des plaines alluviales.

Pour le béryllium-7 les valeurs observées varient du seuil de décision (< 4 Bq/kg sec) à la valeur maximale de 172 Bq/kg sec (mesurée en amont du CNPE de Civaux), elles sont dans la gamme de variation habituelle du <sup>7</sup>Be dans les sédiments.



**Figure 24.** Gamme d'activités des radionucléides naturels (chaîne de l'uranium-238) dans les sédiments prélevés dans le cadre du constat (Bq/kg sec).

La présence de béryllium-7 dans les sédiments témoigne de leur dépôt récent.

La Figure 24 présente l'ensemble des résultats de mesures obtenus (radionucléides naturels des chaînes de l'uranium et du thorium), dans le cadre du constat, pour les prélèvements de sédiments (tous bassins versants confondus). À titre de comparaison, les niveaux de référence sur l'ensemble des sédiments fluviaux sur le territoire français sont de l'ordre de 10 à 80 Bq/kg sec pour l'uranium-238 [16]; les valeurs obtenues dans le cadre du constat s'inscrivent dans cette gamme (Figure 24).

La radioactivité naturelle décelée par spectrométrie gamma dans **les phanérogame immérgées** est également principalement due au  $^{40}\text{K}$  (de 47 à 174 Bq/kg frais) ainsi qu'aux descendants des familles de l'uranium.

Les prélèvements d'eau réalisés dans la Vienne et le Clain ont fait l'objet de mesure des indices alpha global et bêta global. Les valeurs obtenues (entre 0,010 et 0,043 Bq/l en alpha global et entre 0,054 et 0,132 Bq/l en bêta global) sont comparables à celles observées généralement dans les eaux de surface hors influence minière. Le béryllium-7 est détecté dans tous les échantillons de végétaux aquatiques à des activités massiques comprises entre  $1,36 \pm 1,8$  et  $24,2 \pm 18$  Bq/kg frais. Ces valeurs sont habituelles dans les phanérogame aquatiques (potamots, myriophylles...) prélevés dans les rivières françaises.

## Tritium et carbone-14

### Tritium

#### ■ Éléments de contexte

La surveillance de routine réalisée par l'IRSN et les données transmises par les exploitants nucléaires au RNM permettent de mettre en évidence un marquage par du tritium des eaux des fleuves français sur lesquels se trouvent les CNPE, en lien avec leur fonctionnement normal. Les eaux des fleuves du périmètre de ce constat ne font pas exception, comme en témoignent la Figure 25 (résultats pour la Garonne) et la Figure 26 (résultats pour la Vienne). Les niveaux observés en tritium en aval des CNPE fluctuent de 10 à 90 Bq/l.

#### ■ Mesures réalisées dans le cadre du constat sud-ouest

Les résultats des mesures réalisées sur les **prélèvements d'eau ponctuels** sont reportés en Annexe 3 (elles présentent toutes des niveaux inférieurs au seuil de décision).

En ce qui concerne les mesures réalisées dans le cadre du constat sur **les végétaux aquatiques** les valeurs de TOL mesurées hors influence des rejets liquides des installations (bassin de l'Adour et du gave de Pau) fluctuent de 0,04 à 0,15 Bq/kg frais (Figure 29).

Sur le bassin de la Vienne (Figure 27), les végétaux présentent des niveaux d'activités en TOL qui varient en fonction de la proximité du lieu de prélèvement avec le CNPE de Civaux. En amont de Civaux sur la Vienne et sur le Clain, les résultats obtenus (entre 0,03 et 0,07 Bq/kg frais) sont cohérents avec le bruit de fond observé hors influence d'une installation rejetant du tritium (cf. les niveaux mesurés dans les bassins de l'Adour et du gave de Pau). En aval de Civaux, les résultats confirment l'influence des rejets liquides du CNPE (0,45 et 0,77 Bq/kg frais).

Sur le bassin de la Garonne (Figure 28), les niveaux d'activités en TOL varient en fonction de la proximité du lieu de prélèvement avec les CNPE de Golfech et du Blayais. En amont de Golfech, les résultats (entre 0,06 et 0,18 Bq/kg frais) sont cohérents avec le bruit de fond observé hors influence d'une installation rejetant du tritium. À proximité des CNPE, les valeurs maximales observées (0,25 et 0,43 Bq/kg frais) sont très légèrement supérieures au bruit de fond hors influence et traduisent l'influence des rejets liquides des CNPE à proximité.

En amont immédiat du CNPE du Blayais, les activités en tritium TOL sont un peu supérieures à l'attendu, et peuvent s'expliquer par l'influence du CNPE de Golfech situé en amont.

### Carbone-14

#### ■ Éléments de contexte

Hors influence anthropique, les niveaux en carbone-14 dans les sédiments des rivières françaises varient de moins de 50 à 250 Bq/kg de C sur la période considérée. Une étude des archives sédimentaires prélevées dans le nord-est de la France montre ainsi une décroissance des teneurs de carbone-14 en fonction de la profondeur dans le sédiment (de 219 Bq/kg de C en surface à 94 Bq/kg de C à une profondeur de 35 cm), liée à une perte du carbone organique via l'émission de  $\text{CO}_2$  et de méthane [13].

Les teneurs en carbone-14 dans les poissons varient, hors influence anthropique, entre 199 et 238 Bq/kg de C [13] et sont nettement supérieures aux activités mesurées dans les carbonates des sédiments ou les végétaux (mousses aquatiques et phanérogame). Les auteurs indiquent que la variation des niveaux mesurés dans les poissons est probablement due à la diversité des régimes alimentaires, privilégiant spécifiquement certaines formes de carbone organique.

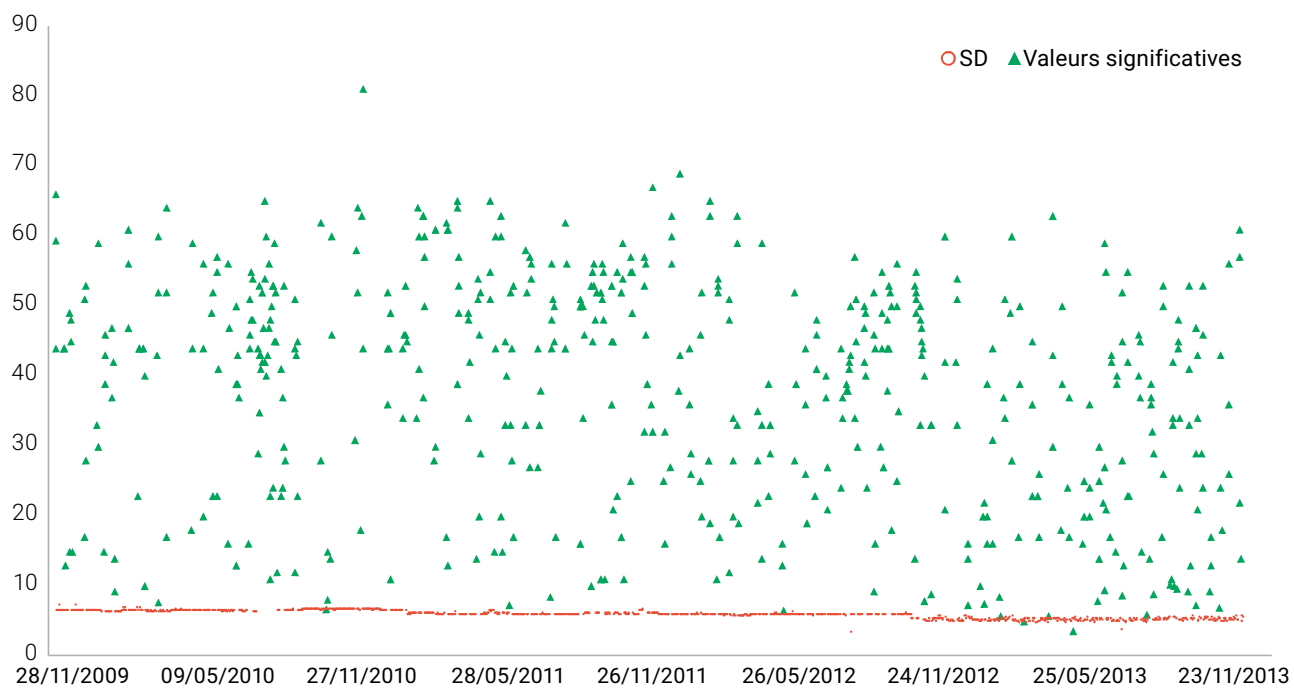


Figure 25. Résultats de mesures de tritium dans la Garonne en aval de Golfech (source RNM).

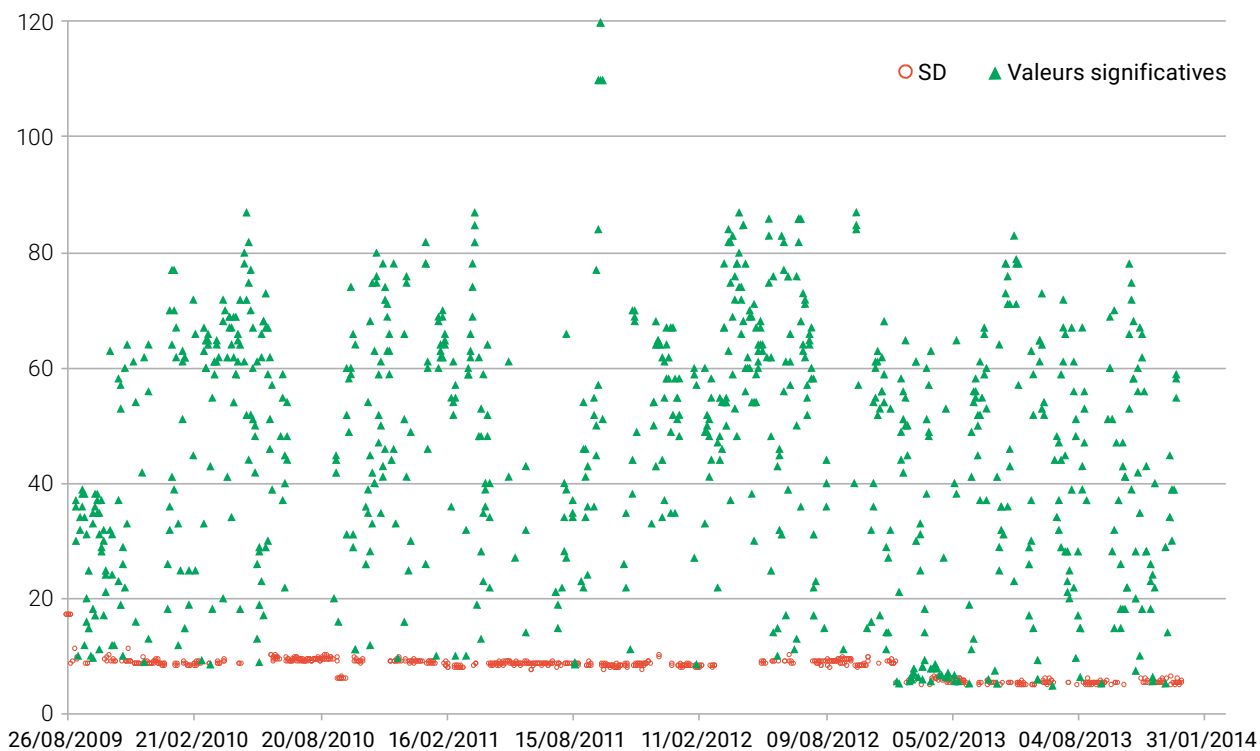
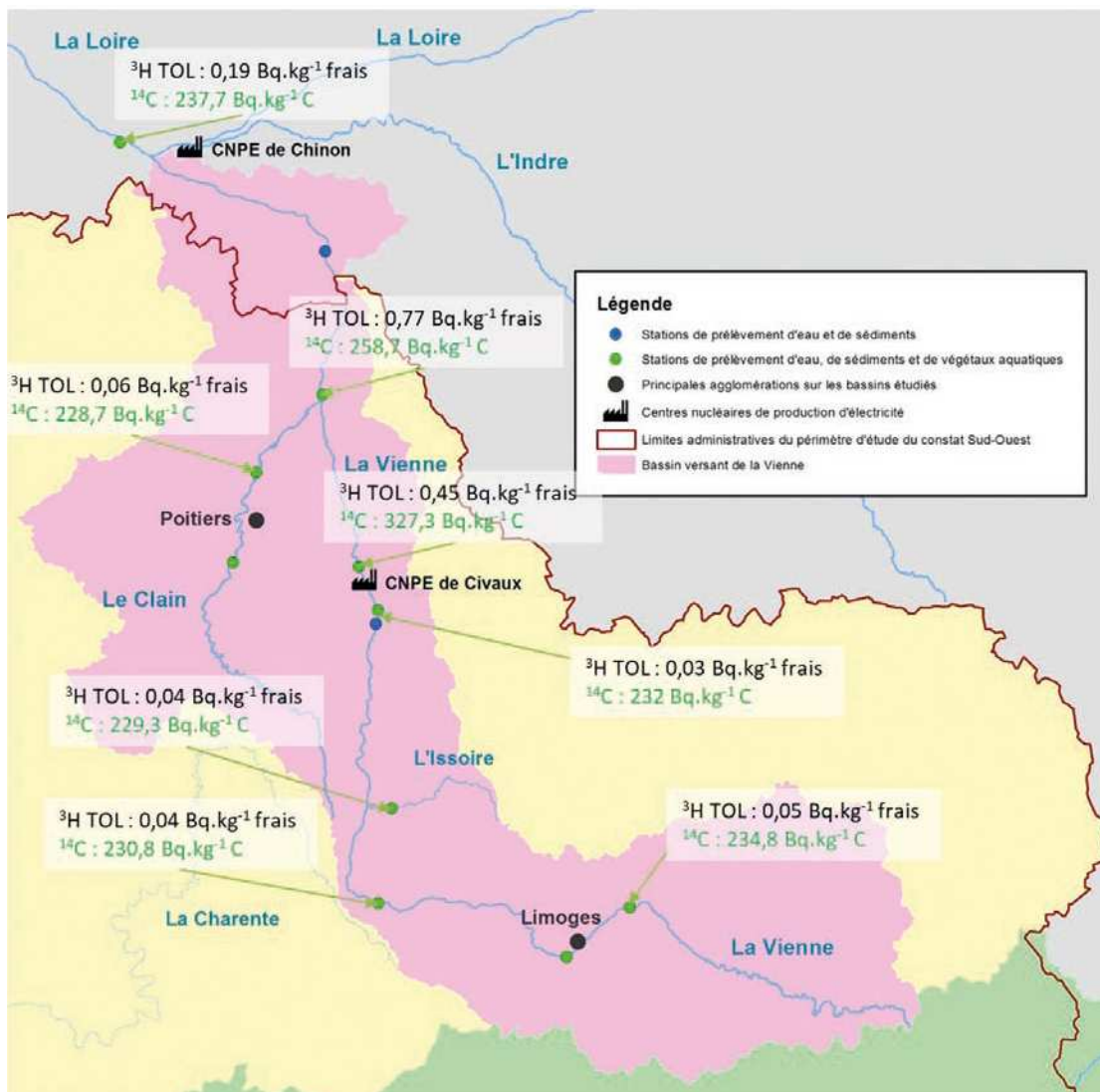


Figure 26. Résultats de mesures de tritium dans la Vienne en aval de Civaux (source RNM).

## Mesures réalisées dans le cadre du constat sud-ouest<sup>(21)</sup>

Les résultats obtenus dans le cadre de cette étude montrent des activités massiques de carbone-14 par unité de masse de carbone plus élevées dans les végétaux aquatiques prélevés en aval du CNPE de Civaux (327,3 Bq/kg de C) ou de Golfech (entre 250 et 265 Bq/kg de C) par rapport à ceux prélevés en amont dans la Vienne et le Clain (de l'ordre de 230 Bq/kg de C)<sup>(22)</sup>.

En amont immédiat du CNPE du Blayais, les activités en carbone-14 sont un peu supérieures à l'attendu, et peuvent s'expliquer par l'influence du CNPE de Golfech situé en amont.



**Figure 27.** Activités du  $^3\text{H}$  organique lié (en Bq/kg frais) et du  $^{14}\text{C}$  (en Bq/kg de C) mesurées dans les végétaux aquatiques prélevés dans le bassin de la Vienne (source CSO).

(21) Les incertitudes des mesures de TOL et carbone-14 ne sont pas données sur les figures, afin de conserver leur lisibilité, elles sont données in extenso dans les tableaux de résultats fournis en Annexe 3.

(22) Notons toutefois que les résultats de mesures de  $^{14}\text{C}$  dans les phanérogames aquatiques prélevées dans le gave de Pau sont inférieures à 200 Bq/kg de carbone (182 à 184 Bq/kg de carbone), ce qui peut s'expliquer par une géochimie particulière de l'eau (présence de carbonates anciens dépourvus en carbone-14).



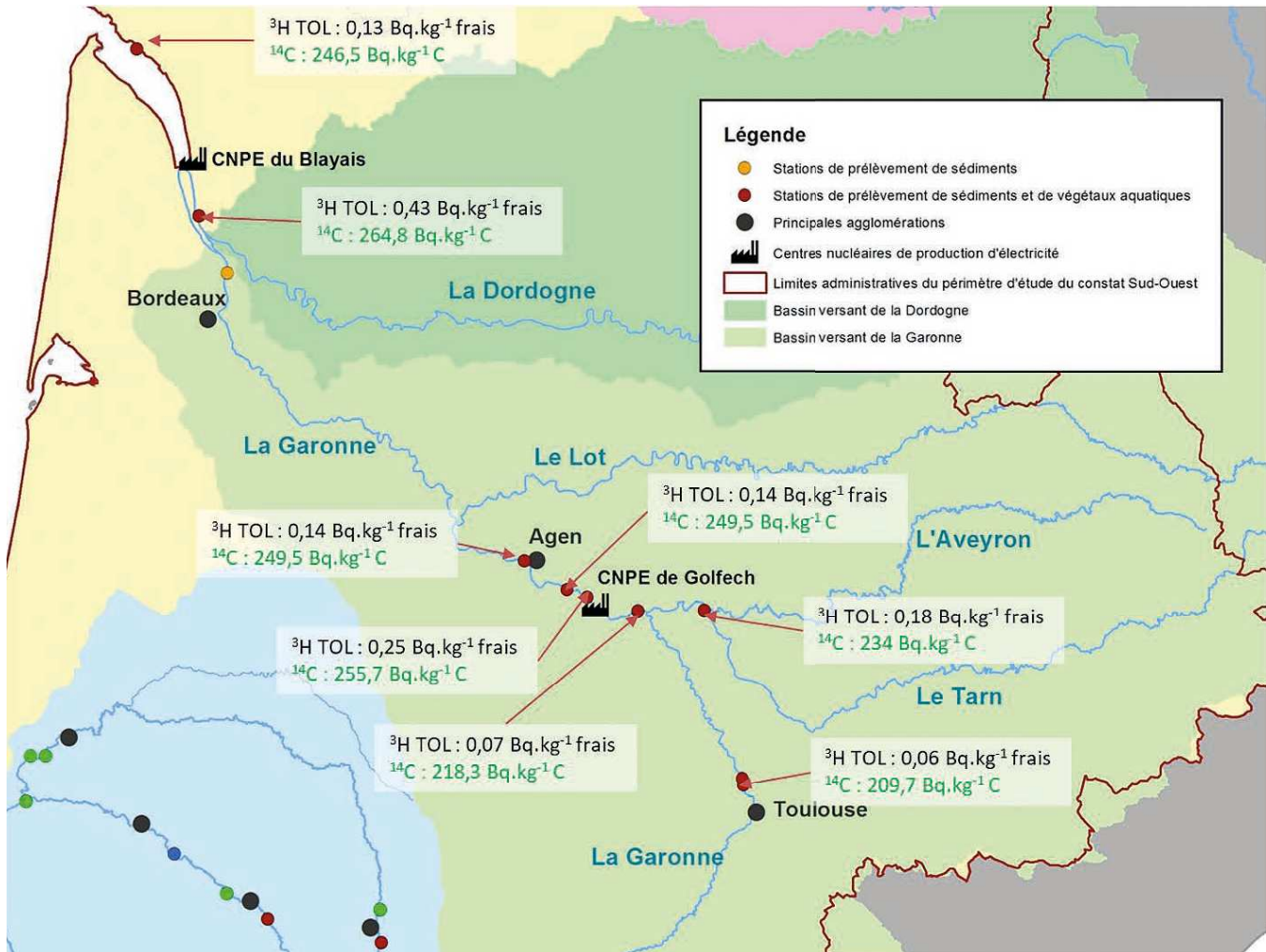


Figure 28. Activités du  $^3\text{H}$  organique lié (en Bq/kg frais) et du  $^{14}\text{C}$  (en Bq/kg de C) mesurées dans les végétaux aquatiques prélevés dans le bassin de la Garonne en 2008-2010 (source CSO).

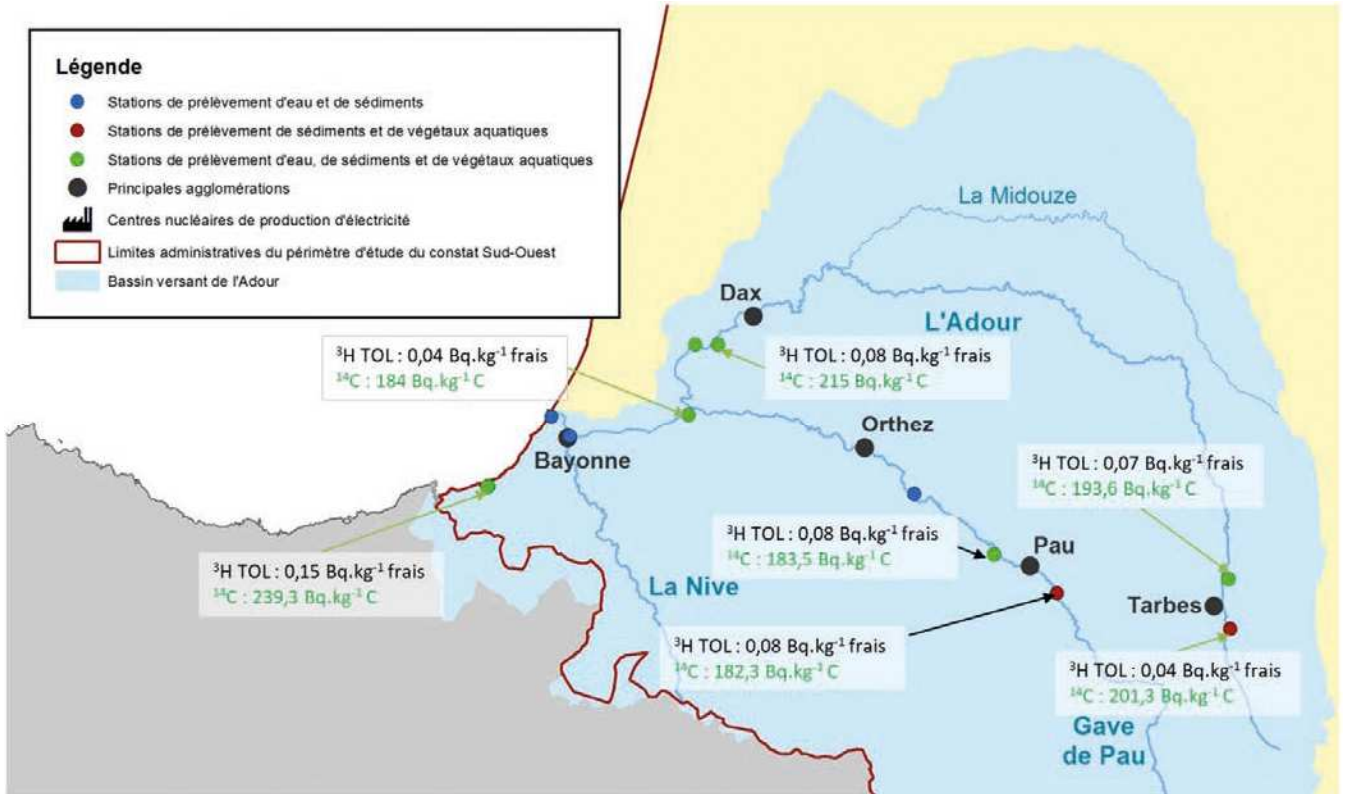


Figure 29. Activités du  $^3\text{H}$  organique lié (en Bq/kg frais) et du  $^{14}\text{C}$  (en Bq/kg de C) mesurées dans les végétaux aquatiques prélevés dans le bassin de l'Adour en 2008-2010 (source CSO).

## Radionucléides artificiels émetteurs gamma

### Bassin versant de la Vienne (influence du CNPE Civaux)

#### Éléments de contexte

Le césium-137 est actuellement le principal radionucléide artificiel mesurable par spectrométrie gamma dans les échantillons environnementaux. Il provient essentiellement des retombées des essais atmosphériques d'armes nucléaires effectués entre 1945 et 1980 ainsi que des dépôts consécutifs à l'accident de Tchernobyl en 1986.

Les mesures réalisées dans le cadre de la **surveillance régulière du territoire** par l'IRSN et du suivi radioécologique des sites EDF traduisent la présence plus ou moins régulière des cobalt-58 et cobalt-60, d'argent-110m et de manganèse-54 dans les échantillons de **sédiments et de végétaux aquatiques** prélevés dans la Vienne en aval du CNPE de Civaux (Tableau 15), à des activités pouvant atteindre 6,1 Bq/kg sec et témoins des rejets liquides du CNPE. Pour ce qui concerne le césium-137, les niveaux d'activités entre l'amont et l'aval du CNPE varient peu et sont parfois supérieurs en amont (cas des mousses aquatiques).

#### Mesures réalisées dans le cadre du constat sud-ouest

Sur les 12 mesures de césium-137 réalisées sur les sédiments, 11 sont significatives, elles sont reportées sur la Figure 30 et présentées dans l'Annexe 3. L'activité massique varie

entre 0,7 et 11,11 Bq/kg sec de sédiments dans la Vienne et ses affluents (la valeur la plus élevée est relative à des sédiments prélevés à Mazerolles, dans la Vienne en amont de Civaux). Les gammes de valeurs mesurées en <sup>137</sup>Cs de 2008 à 2012 sur les échantillons prélevés dans le cadre des suivis radioécologiques d'EDF<sup>(23)</sup> sont cohérentes avec les valeurs obtenues dans le cadre de cette étude. La variabilité observée dans les sédiments est principalement liée à la granulométrie (les sédiments les plus fins ayant une plus forte propension à fixer les radionucléides).

En ce qui concerne la présence de césium-137 dans les végétaux aquatiques, les résultats de la surveillance régulière effectuée par EDF à proximité du CNPE de Civaux, compris entre 0,045 et 0,59 Bq/kg frais (source RNM), sont comparables aux résultats obtenus sur ce constat (Figure 30). En effet, le <sup>137</sup>Cs a été également détecté dans les végétaux aquatiques prélevés dans la Vienne et le Clain, à des activités massiques comprises entre 0,04 et 0,1 Bq/kg frais proches des limites de détection des appareils de mesure utilisés pour cette étude. Plus globalement, ils sont également cohérents avec les analyses réalisées dans d'autres rivières françaises sur des espèces comparables.

Enfin, la recherche de l'iode-131, radionucléide utilisé en médecine nucléaire, réalisée par la mise en œuvre de dispositions particulières (mesures rapides sur les échantillons d'eau, de sédiments et de végétaux aquatiques) n'a pas permis de détecter des traces de ce radionucléide dans la Vienne et dans le Clain. Néanmoins, ce radionucléide a parfois été détecté dans le cadre de la surveillance régulière, entre 2000 et 2013 dans des végétaux aquatiques (Tableau 15) en amont et en aval de Civaux (entre 12 et 200 Bq/kg frais).

**Tableau 15.** Activités maximales des radionucléides émetteurs gamma artificiels mesurées en amont et en aval du CNPE de Civaux (sources : IRSN et EDF) dans les sédiments, les phanérogame et les mousses aquatiques entre 2000 et 2013 (en Bq/kg sec, « < SD » signifie que les mesures réalisées sont toutes restées inférieures aux seuils de décision).

Radionucléides	Amont du CNPE de Civaux			Aval du CNPE de Civaux		
	Sédiments	Phanérogame aquatiques	Mousses aquatiques	Sédiments	Phanérogame aquatiques	Mousses aquatiques
<sup>137</sup> Cs	10	1,6	5,3	17	1,6	4
<sup>58</sup> Co	1,7	< SD	< SD	< SD	6,1	11
<sup>60</sup> Co	< SD	< SD	< SD	2,4	0,4	1,3
<sup>110m</sup> Ag	< SD	< SD	< SD	2,6	0,24	1,5
<sup>54</sup> Mn	< SD	< SD	< SD	< SD	< SD	2,6
<sup>131</sup> I	< SD	200	22	< SD	< SD	12

(23) Les suivis radioécologiques sont des études annuelles réalisées par EDF, qui viennent compléter la surveillance réglementaire par une connaissance spatio-temporelle de la radioactivité de l'environnement proche des CNPE. Dans le cadre de ces études, des échantillons de bio-indicateurs (végétaux aquatiques, mollusques), de poissons, de sols et de sédiments sont prélevés et des mesures spécifiques (spectrométrie gamma, HTO, TOL, <sup>14</sup>C...) sont réalisées. Tous les 10 ans, EDF réalise également un « suivi décennal » qui complète le panorama des résultats obtenus.

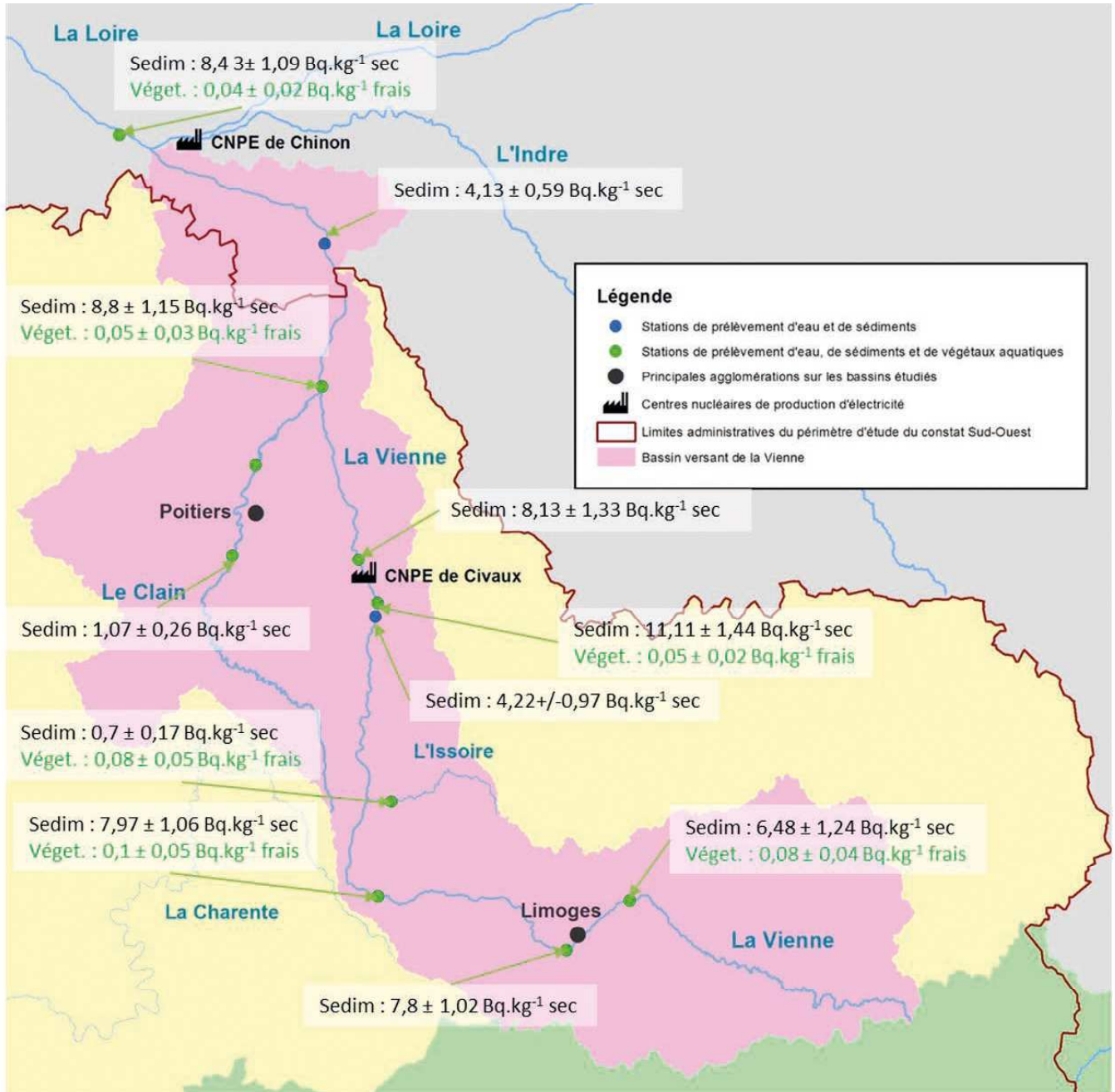


Figure 30. Activités du césium-137 dans les sédiments (Bq/kg sec) et les végétaux aquatiques (Bq/kg frais) prélevés dans la Vienne et ses affluents (source CSO).

## Bassin versant de la Garonne (influence du CNPE de Golfech)

### ■ Éléments de contexte

Les valeurs mesurées en césium-137 de 2000 à 2013 sur les échantillons de sédiments prélevés dans le cadre des suivis radioécologiques et de la surveillance du territoire par l'IRSN (Figure 31) sont cohérentes avec les valeurs obtenues dans le cadre de cette étude (Figure 32) avec des valeurs légèrement plus élevées dans l'estuaire de la Gironde (de l'ordre de 6 Bq/kg sec).

Ces valeurs sont également comparables à celles obtenues dans les matières en suspension depuis le début des années 2000 (entre 5 et 10 Bq/kg sec) par un hydrocollecteur installé en aval du CNPE de Golfech (source RNM).

La fréquence de détection des autres radionucléides émetteurs gamma artificiels a diminué entre 1990 et 2000. Ainsi, l'argent-110m, le cobalt-58 et le cobalt-60 mesurés sporadiquement pendant cette période, ne sont plus détectés dans les matières en suspension depuis 2005 [23]. Ces radionucléides n'ont pas pu être mesurés sur les prélèvements de sédiments réalisés dans le cadre du constat. En revanche, l'iode-131, est fréquemment mesuré dans les sédiments prélevés dans la Garonne.

La radioactivité gamma d'origine artificielle décelée dans **les sédiments** est essentiellement liée à la présence systématique du césium-137. Son activité massique varie entre 0,37 et 5,1 Bq/kg sec le long de la Garonne, les valeurs les plus élevées étant observées dans la partie aval de la Garonne (entre Bordeaux et l'estuaire de la Gironde) comme en témoigne la Figure 32.

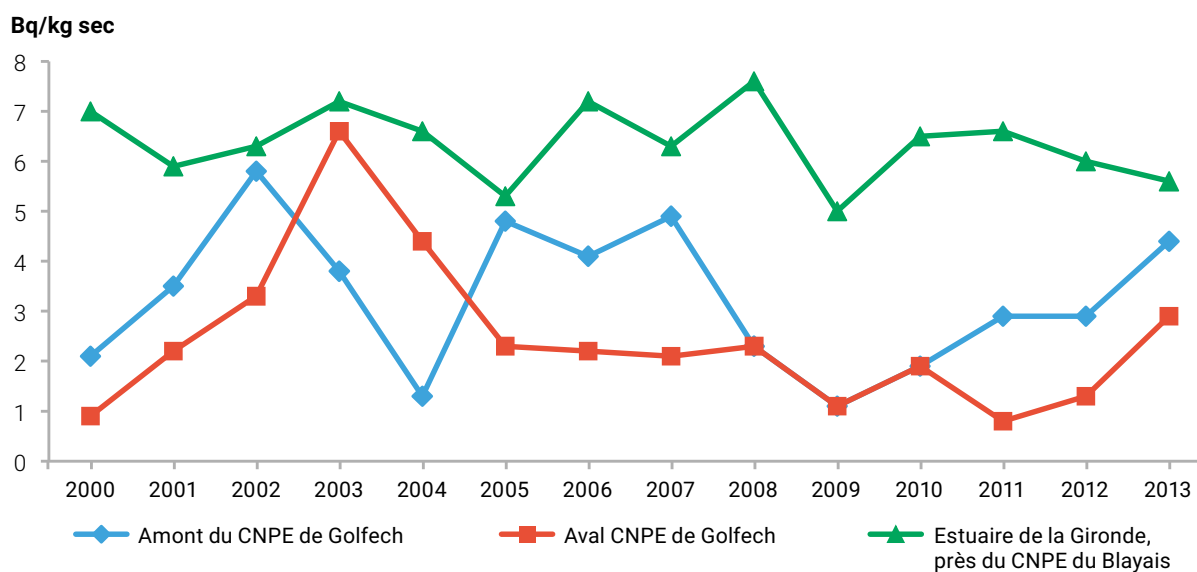


Figure 31. Activités maximales en <sup>137</sup>Cs mesurées dans les sédiments de la Garonne et de l'estuaire de la Gironde entre 2000 et 2013 (en Bq/kg sec) – Données IRSN et EDF.

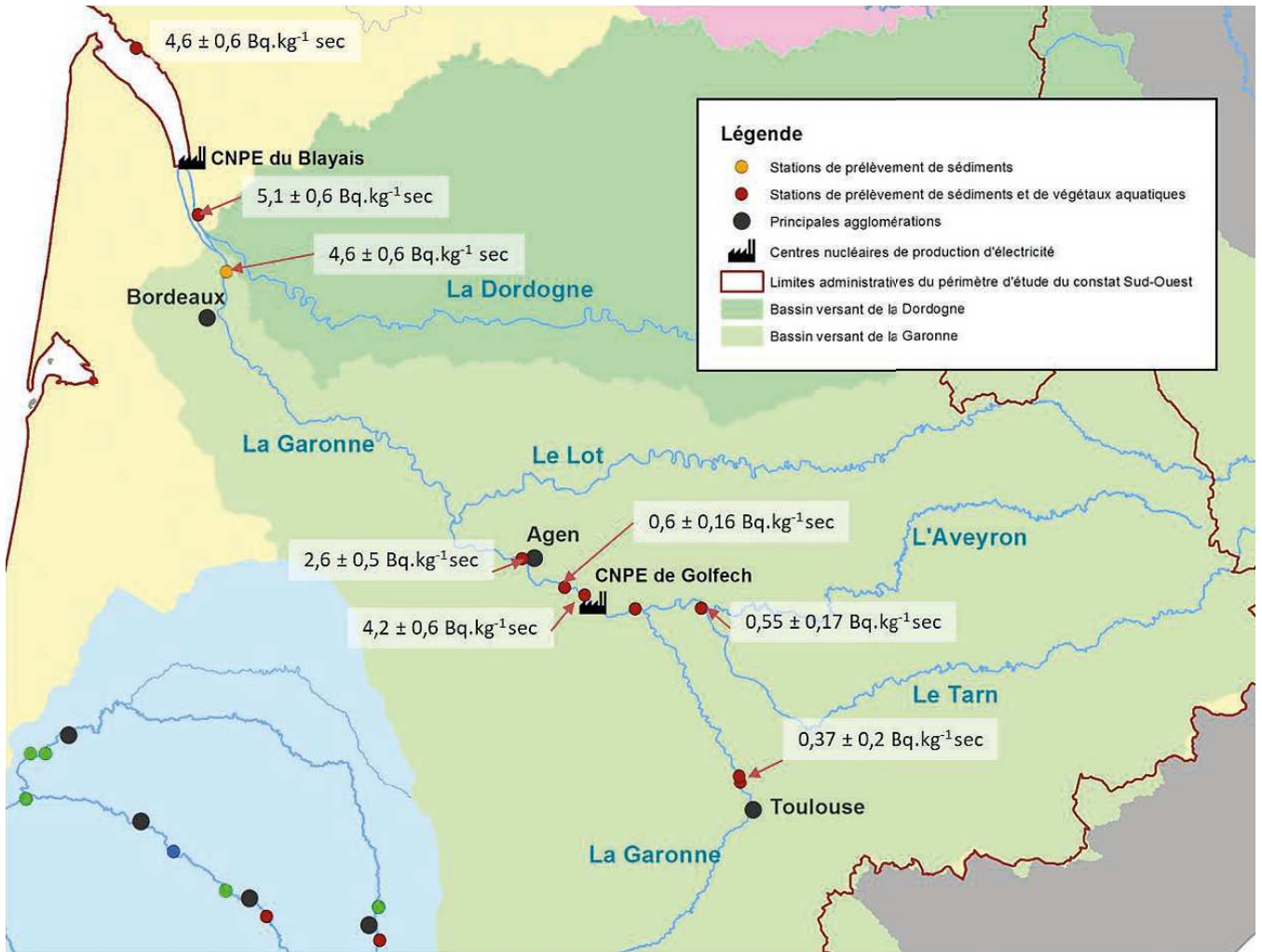


Figure 32. Activités en césium-137 mesurées dans les sédiments prélevés dans le bassin de la Garonne.

Dans **les végétaux aquatiques**, les activités mesurées en césium-137 présentent des valeurs faibles ( $0,07$  à  $0,19$  Bq/kg frais) et des incertitudes associées élevées (plus de 100 %) ce qui appelle à la prudence quant à l'interprétation des résultats.

Parmi les autres radionucléides gamma artificiels recherchés, seul l'iode-131 a été mis en évidence sur ce bassin versant, dans **les sédiments et les végétaux aquatiques** prélevés entre l'aval de Toulouse et l'estuaire de la Gironde (Figure 33).

Notons que la mesure d'iode-131 réalisée sur **des végétaux aquatiques** prélevés en aval immédiat de la ville de Toulouse ( $308$  Bq/kg frais) est supérieure de deux ordres de grandeur aux mesures réalisées sur des végétaux aquatiques prélevés en aval immédiat de la centrale de Golfech ( $3,1$  Bq/kg frais) : cela confirme que l'iode-131 présent dans le milieu aquatique est issu des rejets des services de médecine nucléaire et des rejets diffus issus du traitement des patients (cf. Les radionucléides rejetés par les centres de médecine nucléaire).



**Figure 33.** Activité en iode-131 dans les sédiments (en Bq/kg sec) et les végétaux aquatiques (en Bq/kg frais) prélevés dans le bassin de la Garonne dans le cadre de cette étude.

### Bassin versant de l'Adour (hors influence des installations nucléaires)

L'activité massique en  $^{137}\text{Cs}$  des **sédiments** prélevés dans l'Adour varie entre 0,43 et 9,37 Bq/kg sec.

Dans **les végétaux aquatiques** collectés dans l'Adour et le gave de Pau, le césium-137 est détecté à des niveaux compris entre 0,04 et 0,21 Bq/kg frais (Figure 34).

L'iode-131 a également été recherché dans les sédiments et les végétaux aquatiques prélevés dans ce bassin versant. Ce radionucléide n'a été mesuré qu'une seule fois au-dessus des limites de détection, dans un prélèvement réalisé dans le gave de Pau en aval de la STEP de Pau ( $8,5 \pm 1,28$  Bq/kg frais). À l'image des résultats obtenus sur le bassin versant de la Garonne, le résultat mesuré en aval de l'agglomération de Pau confirme que l'iode-131 présent dans le milieu aquatique est issu des rejets des services de médecine nucléaire et des rejets diffus issus du traitement des patients.

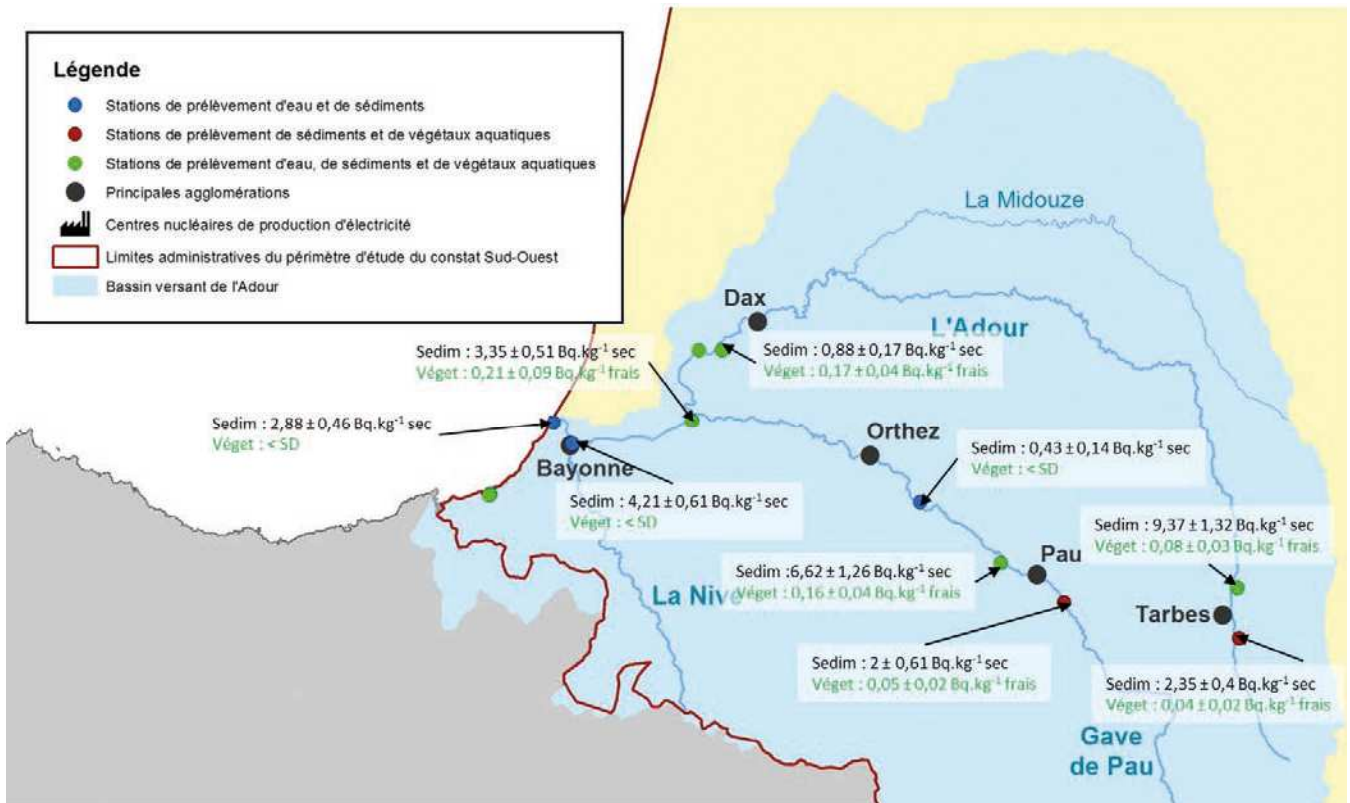


Figure 34. Activité en césium-137 dans les sédiments (en Bq/kg sec) et les végétaux aquatiques (en Bq/kg frais) prélevés dans le bassin de l'Adour dans le cadre de cette étude.



### ■ Comparaison des activités de césium-137 dans les sédiments provenant des trois bassins versants

La Figure 35 présente les gammes d'activités en césium-137 mesurées dans les sédiments prélevés dans l'Adour, la Garonne et la Vienne. Les activités mesurées dans la Vienne paraissent très légèrement plus élevées, cependant les ordres de grandeurs sont comparables et, en particulier, les valeurs minimales et maximales.

Les concentrations mesurées en aval immédiat des CNPE ne sont pas significativement différentes de celles mesurées dans des zones non exposées aux rejets des CNPE. L'influence des rejets en césium d'origine industrielle dans les cours d'eau n'est donc pas détectable, l'activité mesurée se situe actuellement dans le bruit de fond généré par les apports terrigènes liés au drainage des sols des bassins versants marqués par les retombées atmosphériques et soumis à l'érosion. La variabilité observée dans les sédiments est principalement liée à la granulométrie (les sédiments les plus fins ayant une plus forte propension à fixer les radionucléides).

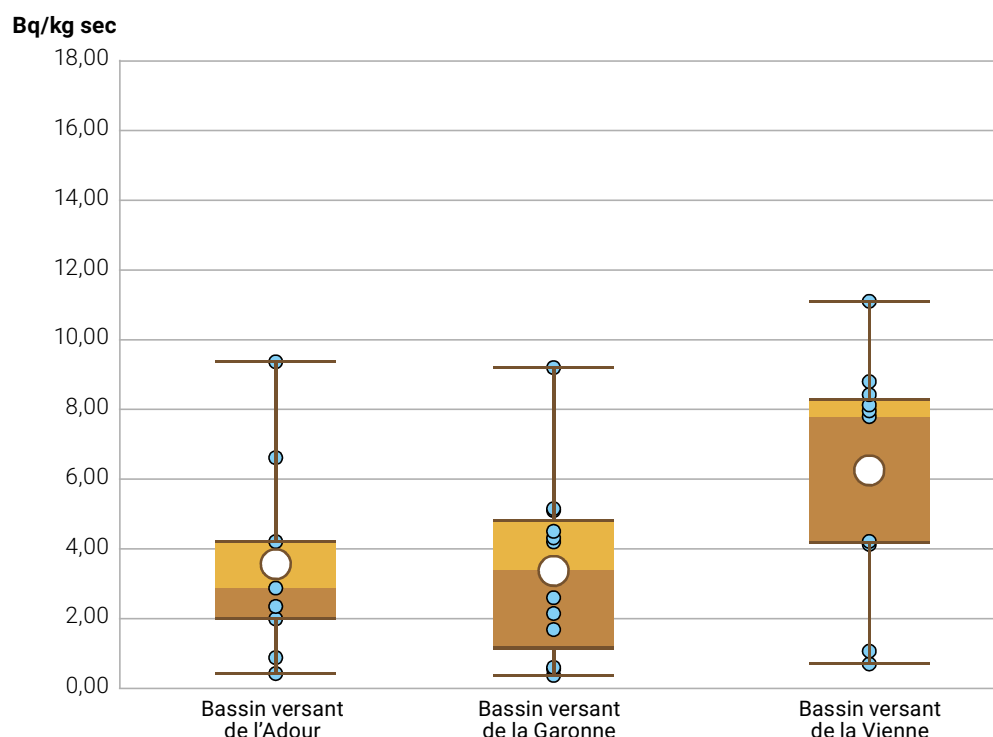


Figure 35. Gamme d'activités en césium-137 dans les sédiments prélevés dans les trois bassins versants (Bq/kg sec).

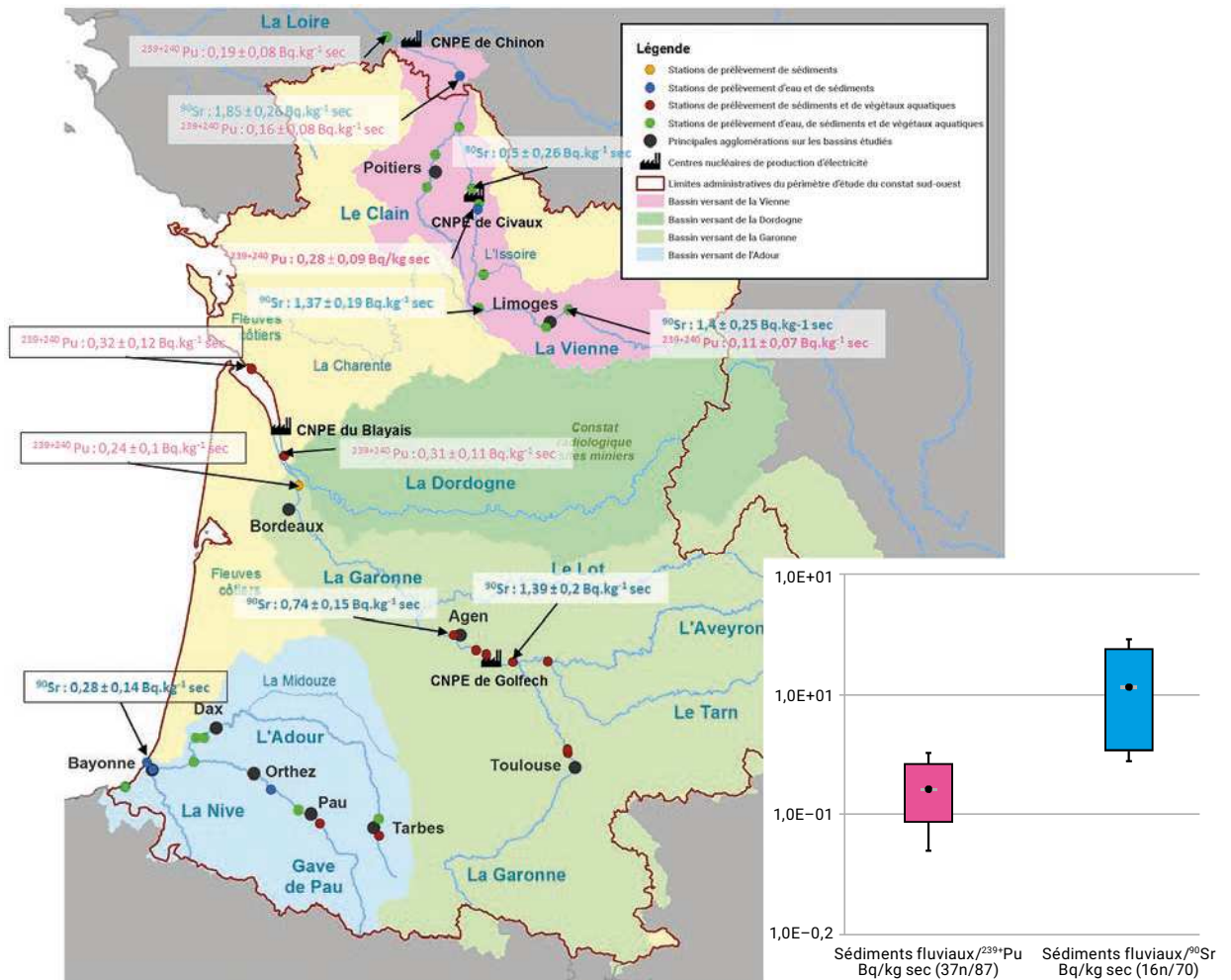
## Strontium-90 et isotopes du plutonium

Le strontium-90 est introduit dans les rivières et les fleuves français via les eaux de drainage des sols marqués par les retombées atmosphériques globales. Il est présent également en très faible proportion dans les effluents des CNPE.

Les transuraniens sont des radionucléides artificiels présents dans l'environnement à l'état de traces. Il s'agit notamment des isotopes du plutonium ( $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$  et  $^{241}\text{Pu}$ ). Les transuraniens mesurés dans l'environnement proviennent presque exclusivement des essais nucléaires effectués dans l'atmosphère, entre 1950 et 1980<sup>(24)</sup>. Les dépôts des

particules radioactives disséminées sur l'ensemble du globe par les circulations atmosphériques (on parle de « retombées globales ») ont ainsi touché notre environnement terrestre et aquatique.

Ces radionucléides ont été recherchés dans les sédiments prélevés dans le cadre du constat : le plutonium-238 et l'américium-241 n'ont pas été détectés, seul le strontium-90, les plutonium-(239+240) ont donné des résultats significatifs. Ces résultats, présentés sur la carte de la Figure 36, sont également mis en perspective avec des valeurs de référence obtenues sur des échantillons de sédiments prélevés sur l'ensemble du territoire français (graphe de droite) : les valeurs obtenues dans le cadre du constat entrent dans la gamme des valeurs mesurées sur l'ensemble du territoire français.



**Figure 36.** Activités (Bq/kg sec) en strontium-90 et plutonium-(239+240) mesurées dans les sédiments prélevés dans le cadre du constat sud-ouest (carte principale) mises en perspective avec les activités mesurées sur l'ensemble des sédiments fluviaux (graphe dans l'encart).

(24) À noter qu'une partie du plutonium-238 mesuré dans l'environnement provient de la désintégration dans l'atmosphère en 1964, d'un satellite américain dont l'énergie était fournie par ce radionucléide.

## 4 3 CONCLUSION POUR LE VOLET AQUATIQUE

L'ensemble des résultats obtenus sur les radionucléides d'origine naturelle (potassium-40, béryllium-7, chaînes naturelles du thorium-232, de l'uranium-235, de l'uranium-238) recherchés dans les sédiments, les végétaux aquatiques et l'eau ne met en évidence aucune singularité ni aucun marquage anthropique.

En ce qui concerne les radionucléides artificiels, les activités mesurées dans le milieu aquatique continental permettent d'apporter les éclairages suivants :

- le tritium, présent dans les rejets liquides des CNPE (Golfech, Blayais, Civaux) et mesuré dans l'eau dans le cadre de la surveillance de routine, a été détecté sur tous les prélèvements de végétaux aquatiques. Les niveaux observés en aval des CNPE sont supérieurs aux niveaux mesurés en amont ou hors influence des installations nucléaires, témoignant ainsi du marquage des CNPE sur leur environnement;
- le carbone-14 a été observé sur les prélèvements de végétaux aquatiques réalisés en aval des CNPE de Civaux et de Golfech à des teneurs témoignant également du marquage de ces installations sur leur environnement;
- le césium-137, qui provient essentiellement des retombées des essais atmosphériques d'armes nucléaires ainsi que des dépôts consécutifs à l'accident de Tchernobyl, est mesuré dans la quasi-totalité des échantillons de sédiments et de phanérogames aquatiques prélevés dans le milieu aquatique continental. Les résultats sont cohérents avec les analyses réalisées dans d'autres rivières françaises sur des prélèvements et des espèces similaires;
- les mesures réalisées à proximité des CNPE de la Garonne et de la Vienne dans le cadre de la surveillance régulière du territoire par l'IRSN et par le suivi radioécologique de ses sites par EDF témoignent de la présence ponctuelle des cobalt-58 et cobalt-60, d'argent-110m et de manganèse-54 dans les matières en suspension, les sédiments et végétaux aquatiques, ces marquages n'ont toutefois pas pu être confirmés par les prélèvements et mesures réalisés dans le cadre du constat;
- les mesures réalisées dans le cadre de cette étude confirment la présence d'iode-131, issu des rejets des services de médecine nucléaire et des rejets diffus des patients en traitement, dans les sédiments et les végétaux aquatiques tout le long du cours de la Garonne entre Toulouse et l'estuaire de la Gironde;
- les mesures en strontium-90 et en isotopes du plutonium (plutonium-238, plutonium-(239+240)) réalisées sur ces bassins versants témoignent des niveaux moyens observés dans les cours d'eau français en raison de la rémanence due aux retombées anciennes. Aucun marquage industriel local n'a été observé.

Le constat régional du sud-ouest, dont l'emprise couvre une vingtaine de départements du quart sud-ouest de la France a été mené dans les trois milieux : atmosphérique, aquatique et terrestre. Au total, ce constat s'est traduit par la réalisation, de 2009 à 2012, de plus de 250 prélèvements et 450 analyses (près de 5 000 résultats de mesure).

L'étude menée dans le milieu atmosphérique, dans l'environnement immédiat du CNPE de Golfech, s'est traduite par deux campagnes de prélèvements et de mesures :

- une, axée sur les radionucléides émetteurs gamma ;
- et l'autre, sur le tritium.

La présence de plusieurs radionucléides émetteurs gamma imputables aux rejets autorisés du site nucléaire, tels que les cobalt-58 et cobalt-60, l'iode-131, l'argent-110m, a ainsi été mise en évidence sporadiquement. Les niveaux observés en césium-137 n'ont pas permis de distinguer une éventuelle contribution des rejets du site de la rémanence (liée aux retombées globales des essais atmosphériques d'armes nucléaires et de l'accident de Tchernobyl) observée pour ce radionucléide sur l'ensemble du territoire national. L'étude menée sur le tritium atmosphérique a permis de montrer que les rejets gazeux du CNPE pouvaient marquer l'environnement très proche du site jusqu'à 15 fois la valeur du bruit de fond mais que ce marquage était très variable dans le temps, en fonction des conditions météorologiques. Ces résultats ont conduit l'IRSN à déployer des moyens similaires sur de plus longues périodes autour des sites du Tricastin, de Cruas et de Gravelines.

Dans le milieu terrestre, des denrées représentatives des territoires étudiés (asperge, carotte, fromage de chèvre, haricot commun, kiwi, melon, pomme de terre, pruneau) et également des indicateurs biologiques habituellement prélevés dans le cadre de la surveillance de routine (feuilles d'arbres, salade, champignons) ont été analysés. Le constat a été l'occasion de quantifier des radionucléides qui ne sont pas systématiquement recherchés dans les denrées : les radionucléides naturels descendants des chaînes de l'uranium et du thorium ont été mesurés et donnent quelques valeurs significatives. Le tritium et le carbone-14 ont pu être mesurés dans la plupart des échantillons de denrées et d'indicateurs biologiques. L'influence locale des rejets atmosphériques du CNPE de Blayais est ainsi visible sur un échantillon de céleri prélevé à proximité de l'installation tandis que les mesures en tritium réalisées sur les matrices terrestres sont toutes du même niveau d'activité quel que soit le lieu de prélèvement.

Le strontium-90 est mesuré dans 50 % des échantillons à des teneurs équivalentes à celles rencontrées sur le reste du territoire, témoin des retombées des essais nucléaires atmosphériques. Pour l'ensemble des matrices terrestres, les niveaux mesurés en césium-137 relèvent de la rémanence des retombées, provenant des essais nucléaires et de l'accident de Tchernobyl.

Dans le milieu aquatique continental, l'ensemble des résultats obtenus sur les radionucléides d'origine naturelle (potassium-40, béryllium-7, chaînes naturelles du thorium-232, de l'uranium-235 et de l'uranium-238) recherchés dans les sédiments, les végétaux aquatiques et l'eau sont conformes à ceux attendus. Les niveaux observés en tritium et carbone-14, en aval des CNPE sont supérieurs aux niveaux mesurés en amont ou hors influence des installations nucléaires, témoignant ainsi du marquage des CNPE sur leur environnement. Le césium-137 est mesuré dans tous les échantillons prélevés dans le milieu aquatique continental. Les résultats sont cohérents avec les analyses réalisées dans d'autres rivières françaises sur des prélèvements et des espèces similaires témoignant ainsi de son origine (essentiellement des retombées des essais atmosphériques d'armes nucléaires ainsi que des dépôts consécutifs à l'accident de Tchernobyl). Les marquages observés par la présence ponctuelle des cobalt-58 et cobalt-60, d'argent-110m et de manganèse-54 dans les matières en suspension, les sédiments et végétaux aquatiques mesurés lors de la surveillance régulière des CNPE de la Garonne et de la Vienne n'ont pas été confirmés par les prélèvements et mesures réalisés dans le cadre du constat. L'iode-131 a été mesuré dans les sédiments et les végétaux aquatiques tout le long du cours de la Garonne entre Toulouse et l'estuaire de la Gironde, témoin des rejets des services de médecine nucléaire et des rejets diffus des patients en traitement. Enfin, aucun marquage n'a été observé sur les mesures en strontium-90 et en isotopes du plutonium (plutonium-238, plutonium-(239+240)).



*Préparation au laboratoire des prélèvements de fruits (kiwi) avant la mesure de la radioactivité.*

## A 1

PRÉSENTATION  
DE LA BOÎTE À MOUSTACHES

Pour décrire une série de résultats de mesure, et notamment sa dispersion, il est possible de fournir les bornes minimum et maximum, déterminant ainsi la gamme complète des valeurs. Toutefois, il arrive que les minimum et maximum correspondent à des valeurs extrêmes qui donnent une vision trop large de la gamme de valeurs les plus fréquemment rencontrées. Pour déterminer cette gamme, il est possible de calculer des percentiles (on parle aussi de quantile). Ainsi, 80 % des données sont comprises entre le percentile 10 % et le percentile 90 %.

La « boîte à moustaches » permet de représenter simultanément plusieurs indicateurs et d'obtenir une vision synthétique et complète de la répartition des résultats de mesures. Habituellement, la « boîte à moustaches » fournit des percentiles et notamment une médiane (percentile 50) pour indiquer le centre de la distribution (50 % des valeurs sont inférieures à la médiane).

Les notions utilisées pour l'analyse des données dans le cadre de cette étude sont rappelées ci-après :

- moyenne: somme des valeurs mesurées divisée par le nombre total de mesures;
- médiane: valeur qui partage en deux groupes de même effectif l'ensemble des mesures (50 % des mesures étant inférieures à cette valeur et 50 % des mesures étant supérieures à cette valeur);
- percentiles: ils partagent une population de données en 100 portions égales: par exemple le percentile 90 %, est la valeur pour laquelle 90 % des mesures sont inférieures à cette valeur.

L'utilisation de deux percentiles tels que 10 %-90 % permet d'encadrer de façon robuste l'ensemble des mesures.

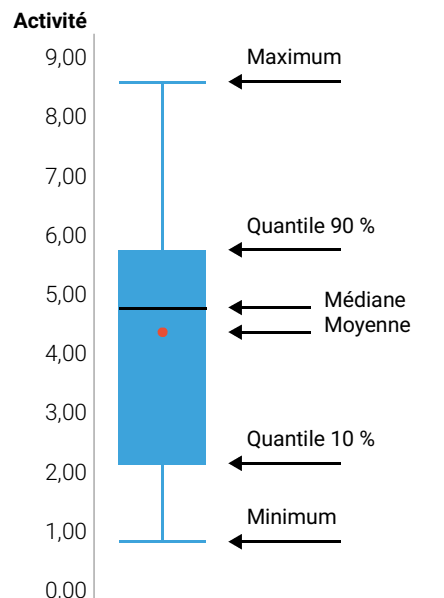


Figure A1. Représentation de la boîte à moustaches

## A 2

## PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE ET DE MESURES

## Plan d'échantillonnage et de mesures du volet terrestre \_

Type de prélèvement	Date de prélèvement	Commune	Latitude	Longitude	Espèce	Fraction	Analyses planifiées
Viande d'animaux d'élevage	29/09/2010	CESSAC	44.742213	-0.17655	Bœuf	Non renseigné	<sup>3</sup> H libre lié C Gam Sr U
	30/06/2011	COUTRAS	45.040962	-0.12936			Gam
	06/01/2011	MONTFORT-EN-CHALOSSE	43.710833	-0.838333	Canard	Non renseigné	<sup>3</sup> H libre lié C Gam Sr U
	20/10/2011	MONT-DE-MARSAN	43.8917710	-0.5009270	Poulet	Muscle	<sup>3</sup> H libre lié C Gam Sr U
	06/01/2011	GRAMAT	44.779722	1.723611	Canard	Non renseigné	<sup>3</sup> H libre lié C Gam Sr U
	13/10/2011	BEHORLEGUY	43.128833	-1.117866	Bœuf	Muscle	Gam
	17/06/2010	VIC-EN-BIGORRE	43.3855	0.057333	Bœuf	Non renseigné	<sup>3</sup> H libre lié C Gam Sr U
	08/12/2011	LOUEY	43.175107	0.019305			Gam
	29/03/2010	LA TRIMOUILLE	46.465562	1.03974			<sup>3</sup> H libre lié C Gam Sr U
Lait	17/10/2009	RD Ariège	42.96507	1.60885	Lait de chèvre	Entier	Gam Sr
	27/05/2010		42.96507	1.60885	Lait de vache		Gam Sr
	21/09/2011		42.96507	1.60885			Gam Sr
	25/06/2012		42.96507	1.60885			Gam
	27/04/2009	RD Aveyron	44.35798	2.56714	Lait de vache		Gam Sr
	09/04/2010		44.35798	2.56714			Gam Sr
	29/03/2011		44.35798	2.56714			Gam Sr
	30/03/2012		44.35798	2.56714			Gam
	07/09/2009	RD Charente	45.64617	0.14537	Lait de vache		Gam Sr
	09/06/2010		45.64617	0.14537			Gam Sr
	22/11/2011		45.64617	0.14537			Gam Sr
	28/06/2012		45.64617	0.14537			Gam
	08/12/2009	RD Charente-Maritime	46.16125	-1.17606	Lait de chèvre		Gam Sr
	22/10/2010		46.16125	-1.17606			Gam Sr
	26/06/2011		46.16125	-1.17606			Gam Sr
	31/05/2012		46.16125	-1.17606			Gam

RD : Regroupement départemental

RG : Regroupement régional

Type de prélèvement	Date de prélèvement	Commune	Latitude	Longitude	Espèce	Fraction	Analyses planifiées
Lait	19/06/2009	RD Corrèze	45.2721	1.76169	Lait de vache	Entier	Gam Sr
	25/06/2010		45.2721	1.76169			Gam Sr
	13/12/2011		45.2721	1.76169			Gam Sr
	27/08/2012		45.2721	1.76169			Gam
	02/10/2009	RD Creuse	46.16211	1.86991	Lait de vache		Gam Sr
	26/11/2010		46.16211	1.86991			Gam Sr
	26/09/2011		46.16211	1.86991			Gam Sr
	20/08/2012		46.16211	1.86991			Gam
	30/03/2009	RD Dordogne	45.19155	0.71011	Lait de vache		Gam Sr
	22/03/2010		45.19155	0.71011			Gam Sr
	16/03/2011		45.19155	0.71011			Gam Sr
	19/03/2012		45.19155	0.71011			Gam
	02/07/2009	RD Haute-Garonne	43.59511	1.43012	Lait de vache		Gam Sr
	04/05/2010		43.59511	1.43012			Gam Sr
	13/05/2011		43.59511	1.43012			Gam Sr
	26/06/2012		43.59511	1.43012			Gam
	11/05/2009	RD Gers	43.65229	0.57445	Lait de vache		Gam Sr
	29/04/2010		43.65229	0.57445			Gam Sr
	12/05/2011		43.65229	0.57445			Gam Sr
	21/06/2012		43.65229	0.57445			Gam
	29/06/2009	RD Gironde	44.85675	-0.5746	Lait de vache		Gam Sr
	29/03/2010		44.85675	-0.5746			Gam Sr
	20/06/2011		44.85675	-0.5746			Gam Sr
	12/04/2012		44.85675	-0.5746			Gam
	27/03/2012	RD Landes	43.89887	-0.49218	Lait de vache		Gam
	11/05/2009	RD Lot	44.4495	1.43908	Lait de vache		Gam Sr
	08/06/2010		44.4495	1.43908			Gam Sr
	21/06/2011		44.4495	1.43908			Gam Sr
	10/09/2012		44.4495	1.43908			Gam
	17/09/2009	RD Lot-et-Garonne	44.20262	0.6248	Lait de vache		Gam Sr
	04/10/2010		44.20262	0.6248			<sup>3</sup> H libre lié Gam Sr
	18/03/2011		44.380376	0.524531			<sup>3</sup> H libre Gam
19/10/2011	44.20262		0.6248	<sup>3</sup> H libre lié Gam Sr			
20/06/2012	44.20262		0.6248	Gam			

RD : Regroupement départemental

RG : Regroupement régional



Type de prélèvement	Date de prélèvement	Commune	Latitude	Longitude	Espèce	Fraction	Analyses planifiées
Lait	30/11/2009	RD Pyrénées-Atlantiques	43.31972	-0.35103	Lait de vache	Entier	Gam Sr
	16/11/2010		43.31972	-0.35103			Gam Sr
	16/11/2010		43.31972	-0.35103			Gam Sr
	16/11/2010		43.31972	-0.35103			Gam Sr
	16/11/2010		43.31972	-0.35103			Gam Sr
	22/08/2011		43.31972	-0.35103			Gam
	22/09/2011		43.31972	-0.35103			Gam
	22/09/2011		43.31972	-0.35103			Gam Sr
	14/12/2011		43.31972	-0.35103			Gam Sr
	26/06/2012		43.31972	-0.35103			Gam
	21/06/2012	RD Hautes-Pyrénées	43.2337	0.06519	Lait de vache		Gam
	23/06/2009	RD Deux-Sèvres	46.3275	-0.4678	Lait de chèvre		Gam Sr
	04/06/2010		46.3275	-0.4678	Lait de vache		Gam Sr
	06/05/2011		46.3275	-0.4678			Gam Sr
	04/07/2012		46.3275	-0.4678			Gam
	23/06/2009	RD Tarn	43.92436	2.14582	Lait de vache		Gam Sr
	10/05/2010		43.92436	2.14582	Lait de chèvre		Gam Sr
	16/05/2011		43.92436	2.14582	Lait de vache		Gam Sr
	10/05/2012		43.92436	2.14582	Lait de vache		Gam
	14/05/2009	RD Tarn-et-Garonne	44.02075	1.36226	Lait de vache		Gam Sr
	18/05/2010		44.02075	1.36226			Gam Sr
	09/06/2011		44.02075	1.36226			Gam Sr
	22/05/2012		44.02075	1.36226			Gam
	19/06/2009	RD Vienne	46.583	0.35889	Lait de vache		Gam Sr
	20/09/2010		46.583	0.35889			<sup>3</sup> H libre lié Gam Sr
	13/12/2011		46.583	0.35889			Gam Sr
	05/12/2012		46.583	0.35889			Gam
05/11/2012	RD Haute-Vienne	45.85339	1.24855	Lait de vache	Gam		
Autres produits laitiers	15/06/2010	ROQUEFORT-SUR-SOULZON	43.980309	2.980062	Roquefort	Entier	<sup>3</sup> H libre lié Gam Sr U Th Ra
	08/07/2010	SURGÈRES	46.1075	-0.751388	Beurre		
	14/06/2010	SAINT-FÉLIX-LAURAGAIS	43.5012634	1.8498288	Tomme Pyr.		
	15/06/2010	ROCAMADOUR	44.8174383	1.603793	Rocamadour		
	14/06/2010	LA BASTIDE CLAIRENCE	43.4112472	-1.1952252	Ossau Iraty		
	08/07/2010	SOSSAIS	46.843611	0.397777	Chabichou		

RD: Regroupement départemental

RG: Regroupement régional

Type de prélèvement	Date de prélèvement	Commune	Latitude	Longitude	Espèce	Fraction	Analyses planifiées
Autres produits alimentaires	30/09/2010	MONTAUT	43.128976	-0.201202	Miel	Entier	Gam
	05/10/2010	LEMBEYE	43.44862	-0.108288			
	17/10/2011	CAMBO-LES-BAINS	43.376746	-1.39825			
	17/10/2011	SAINT-GIRONS	43.555702	-0.827647			
	03/06/2010	AURENSAN	43.306381	0.090588			
	03/06/2010	AUREILHAN	43.243605	0.111606			
	14/12/2011	POUEYFERRE	43.125658	-0.087019			
Céréales	30/09/2009	RG Aquitaine	44.842488	-0.58217	Blé	Grains	Gam Sr U
	25/08/2010		44.842488	-0.58217			Gam Sr U
	27/07/2011		44.842488	-0.58217			Gam Sr U
	20/01/2009	MONTESQUIOU	43.598587	1.431124			Gam Sr
	30/10/2009	RG Limousin	45.842141	1.259363			Gam Sr U
	30/09/2010		45.842141	1.259363			Gam Sr U
	05/10/2011		45.842141	1.259363			Gam Sr U
	30/09/2009	RG Midi-Pyrénées	43.598587	1.431124			Gam Sr U
	01/10/2010		43.598587	1.431124			Gam Sr U
	14/11/2011		43.598587	1.431124			Gam Sr U
	30/08/2009	RG Poitou-Charentes	46.576021	0.333704			Gam Sr U
	21/07/2010		46.576021	0.333704			Gam Sr U
	08/07/2011		46.576021	0.333704			Gam Sr U
			46.576021	0.333704			Gam Sr U
Légumes	02/06/2009	MAGESCQ	43.7736603	-1.1995867	Asperge	Chair	<sup>3</sup> H libre lié Gam Pu Sr U Th Ra
	03/06/2009	SOUSTONS	43.7497222	-1.3282758	Carotte		<sup>3</sup> H libre lié Gam Pu Sr U Th Ra
	18/10/2011	TARBES	43.2349180	0.0781600	Haricot sec		<sup>3</sup> H lib lié C Gam Pu Sr U Th Ra
	26/04/2010	MOUSSAC	46.273104	0.696835	Salade	Feuilles	<sup>3</sup> H libre lié C Gam
	07/07/2010	VENDEUVRE-DU-POITOU	46.726666	0.309444	Salade		<sup>3</sup> H lib lié C Gam Pu Sr U Th Ra
	07/07/2010	VENDEUVRE-DU-POITOU	46.726666	0.309444	P de terre		Chair <sup>3</sup> H lib lié C Gam Pu Sr U Th Ra

RD: Regroupement départemental

RG: Regroupement régional

Type de prélèvement	Date de prélèvement	Commune	Latitude	Longitude	Espèce	Fraction	Analyses planifiées
Fruits	08/07/2010	ST-GER-DE-MARENCENNES	46.074586	-0.786276	Melon	Chair	<sup>3</sup> H lib lié C Gam Pu Sr U Th Ra
	05/06/2009	VERGT	45.031388	0.731944	Fraise		<sup>3</sup> H libre lié Gam Pu Sr U Th Ra
	06/01/2011	PORT-DE-LANNE	43.573611	-1.179444	Kiwi		<sup>3</sup> H lib lié C Gam Pu Sr U Th Ra
	02/10/2009	PENNE D'AGENAIS	44.3794258	0.83894774	Pruneau		<sup>3</sup> H lib lié C Gam Pu Sr U Th Ra
	01/07/2009	MONTAGUDET	44.244	1.091	Melon		<sup>3</sup> H libre lié Gam Pu Sr U Th Ra
	30/09/2009	LES BARTHES	44.0914175	1.17137691	Prune		<sup>3</sup> H lib lié C Gam Pu Sr U Th Ra
	30/09/2009	CASTELSARRASIN	44.0487461	1.12404381	Pomme		<sup>3</sup> H lib lié C Gam Pu Sr U Th Ra
Arbres et arbustes	03/06/2009	LE PIAN-MÉDOC	44.955277	-0.684722	Chêne	Feuilles	<sup>3</sup> H libre lié C Gam
	02/07/2009	SÉRIGNAC-SUR-GARONNE	44.228055	0.491111			
Viande de gibier	07/03/2010	LESCAR	43.333179	-0.433449	Chevreuil	Non renseigné	<sup>3</sup> H libre lié C Gam Sr U
	09/11/2010	PAU	43.295065	-0.374056	Chevreuil		<sup>3</sup> H libre lié C Gam Sr U
	28/11/2010	MONT	43.434689	-0.650365	Chevreuil		<sup>3</sup> H libre lié C Gam Sr U
	06/02/2011	ARTHEZ-DE-BÉARN	43.464965	-0.619149	Sanglier		<sup>3</sup> H libre lié C Gam Sr U
	28/11/2011	URRUGNE	43.316873	-1.698259	Chevreuil		Gam
	18/12/2011	CASTETPUGON	43.562792	-0.238108	Chevreuil		Gam
	11/12/2010	HAUTAGET	43.055812	0.457407	Sanglier		<sup>3</sup> H libre lié C Gam Sr U
	20/10/2011	BAGNÈRES-DE-BIGORRE	43.007346	-0.243766	Chevreuil		Gam
	20/10/2011	FERRIÈRES	43.007346	-0.243766	Chevreuil		Gam
	23/09/2011	CELLE-LEVESCAULT	46.396555	0.184866	Gibier	Foie	<sup>3</sup> H libre lié C Gam Sr
Champignons	15/10/2011	CAMPISTROUS	43.147488	0.385173	Chanterelle	Entier	<sup>3</sup> H lib lié C Gam Pu Sr U Th Ra

RD: Regroupement départemental

RG: Regroupement régional

## Plan d'échantillonnage et de mesures du volet aquatique \_

### Nom des stations de prélèvement du volet aquatique

Code Station	Précisions sur le point de prélèvement
BA01	Adour - Amont Tarbes
BA02	Adour - Lacs de Bours - Aval Tarbes
BA03	Gave de Pau - Amont Pau
BA04	Gave de Pau - Aval STEP de Pau
BA05	Gave de Pau - Aval usine de Lacq et amont Orthez
BA06	Adour - Aval Dax
BA07	Adour - Aval confluence Adour et gaves
BA08	La Nive - Amont de la confluence avec l'Adour
BA09	Estuaire de l'Adour - Port industriel d'Anglet - Aval Bayonne
BA10	Plage de St-Jean-de-Luz
BG01	Garonne - Aval de Toulouse
BG02	Tarn - Aval de la confluence avec l'Aveyron
BG03	Garonne - Aval de la confluence avec le Tarn et amont du CNPE de Golfech
BG04	Garonne - Aval du CNPE de Golfech
BG05	Garonne - Aval d'Agen
BG06	Garonne - Aval de Bordeaux et amont de la confluence avec la Dordogne
BG07	La Gironde - Amont du CNPE du Blayais
BG08	La Gironde - Aval du CNPE du Blayais
BV01	Vienne - Amont de Limoges
BV02	Vienne - Aval de Limoges
BV03	Vienne - Aval Confluence avec la Graine
BV04	Issoire - Avant la confluence avec Vienne
BV05	Vienne - Aval de Goux
BV06	Vienne - Amont du CNPE de Civaux
BV07	Vienne - Aval du CNPE de Civaux
BV08	Clain - Amont de Poitiers
BV09	Clain - Aval de Poitiers
BV10	Vienne - Aval de la confluence avec le Clain
BV11	Vienne - Aval de la confluence avec la Creuse
BV12	Loire - Aval de la confluence avec la Vienne



*Prélèvement de végétaux aquatiques dans la Vienne.*

## Plan d'échantillonnage et de mesures pour le bassin versant de la Vienne

Code Station	Nature	Espèce	Commune	Code INSEE	Précisions sur le point de prélèvement
BV01	Végétaux aquatiques	<i>Nuphar lutea</i>	SAINT-PRIEST-TAURION	F87178	Vienne - Amont de Limoges
	Sédiments	Sédiments de rivière			
	Eau de rivière	Eau de cours d'eau			
BV02	Végétaux aquatiques	<i>Callitriche sp.</i>	BOSMIE-L'AIGUILLE	F87021	Vienne - Aval de Limoges
	Sédiments	Sédiments de rivière			
	Eau de rivière	Eau de cours d'eau			
BV03	Végétaux aquatiques	<i>Potamogeton nodosus</i>	CHABANAIS	F16070	Vienne - Aval de la confluence avec la Graine
	Sédiments	Sédiments de rivière			
	Eau de rivière	Eau de cours d'eau			
BV04	Végétaux aquatiques	<i>Myriophyllum spicatum</i>	BRILLAC	F16065	Issoire - Avant la confluence avec Vienne
	Sédiments	Sédiments de rivière			
	Eau de rivière	Eau de cours d'eau			
BV05	Sédiments	Sédiments de rivière	GOUEX	F86107	Vienne - Aval de Gouex
	Eau de rivière	Eau de cours d'eau			
BV06	Végétaux aquatiques	<i>Nuphar lutea</i>	MAZEROLLES	F86153	Vienne - Amont du CNPE de Civaux
	Sédiments	Sédiments de rivière			
	Eau de rivière	Eau de cours d'eau			
BV07	Végétaux aquatiques	<i>Ludwigia grandiflora</i>	VALDIVIENNE	F86233	Vienne - Aval du CNPE de Civaux
	Sédiments	Sédiments de rivière			
	Eau de rivière	Eau de cours d'eau			
BV08	Végétaux aquatiques	<i>Nuphar lutea</i>	ITEUIL	F86113	Clain - Amont de Poitiers
	Sédiments	Sédiments de rivière			
	Eau de rivière	Eau de cours d'eau			
BV09	Végétaux aquatiques	<i>Nuphar lutea</i>	CHASSENEUIL-DU-POITOU	F86062	Clain - Aval de Poitiers
	Sédiments	Sédiments de rivière			
	Eau de rivière	Eau de cours d'eau			
BV10	Végétaux aquatiques	<i>Nuphar lutea</i>	CHÂTELLERAULT	F86066	Vienne - Aval de la confluence avec le Clain
	Sédiments	Sédiments de rivière			
	Eau de rivière	Eau de cours d'eau			
BV11	Sédiments	Sédiments de rivière	MARCILLY-SUR-VIENNE	F37147	Vienne - Aval de la confluence avec la Creuse
	Eau de rivière	Eau de cours d'eau			
BV12	Végétaux aquatiques	<i>Ludwigia peploïdes</i>	SOUZAY-CHAMPIGNY	F49341	Loire - Aval de la confluence avec la Vienne
	Sédiments	Sédiments de rivière			
	Eau de rivière	Eau de cours d'eau			



## Plan d'échantillonnage et de mesures pour le bassin versant de la Garonne

Code Station	Nature	Espèce	Commune	Code INSEE	Précisions sur le point de prélèvement
BG01	Végétaux aquatiques	<i>Potamogeton pectinatus</i> <i>Myriophyllum spicatum</i>	BLAGNAC	F31069	Garonne - Aval de Toulouse
	Sédiments	Sédiments			
BG02	Végétaux aquatiques	<i>Ludwigia grandiflora</i>	BARRY-D'ISLEMADE	F82011	Tarn - Aval de la confluence avec l'Aveyron
	Sédiments	Sédiments			
BG03	Végétaux aquatiques	<i>Elodea canadensis</i>	BOUDOU	F82019	Garonne - Aval de la confluence avec le Tarn et amont du CNPE de Golfech
	Sédiments	Sédiments			
BG04	Végétaux aquatiques	<i>Ludwigia grandiflora</i>	LAMAGISTERE	F82089	Garonne - Aval du CNPE de Golfech
	Sédiments	Sédiments	SAINT-JEAN-DE-THURAC	F47248	
BG05	Végétaux aquatiques	<i>Myriophyllum spicatum</i> <i>Ceratophyllum submersum</i>	LE PASSAGE	F47201	Garonne - Aval d'Agen
	Sédiments	Sédiments			
BG06	Sédiments	Sédiments	SAINT-LOUIS-DE-MONTFERRAND	F33434	Garonne - Aval de Bordeaux et amont de la confluence avec la Dordogne
BG07	Végétaux aquatiques	<i>Juncus sp.</i>	PLASSAC	F33325	La Gironde - Amont du CNPE du Blayais
	Sédiments	Sédiments			
BG08	Végétaux aquatiques	<i>Fucus vesiculosus</i>	TALMONT-SUR-GIRONDE	F17437	La Gironde - Aval du CNPE du Blayais
	Sédiments	Sédiments			





## Plan d'échantillonnage et de mesures pour le bassin versant de l'Adour

Code Station	Nature	Espèce	Commune	Code INSEE	Précisions sur le point de prélèvement
BA01	Végétaux aquatiques	<i>Myriophyllum spicatum</i>	SALLES-ADOUR	F65401	Adour - Amont Tarbes
	Sédiments	Sédiments			
BA02	Végétaux aquatiques	<i>Elodea canadensis</i>	BOURS	F65108	Adour - Lacs de Bours - Aval Tarbes
	Sédiments	Sédiments			
	Eau de rivière	Eau de cours d'eau			
BA03	Végétaux aquatiques	<i>Potamogeton pectinatus</i>	ASSAT	F64067	Gave de Pau - Amont Pau
	Sédiments	Sédiments			
BA04	Végétaux aquatiques	<i>Elodea canadensis</i>	ARTIGUELOUVE	F64060	Gave de Pau - Aval STEP de Pau
	Sédiments	Sédiments			
	Eau de rivière	Eau de cours d'eau			
BA05	Sédiments	Sédiments	MONT	F64396	Gave de Pau - Aval usine de Lacq et amont Orthez
	Eau de rivière	Eau de cours d'eau			
BA06	Végétaux aquatiques	<i>Ludwigia grandiflora</i>	SAUBUSSE	F40293	Adour - Aval Dax
	Sédiments	Sédiments	TERCIS-LES-BAINS	F40314	
	Eau de rivière	Eau de cours d'eau			
BA07	Végétaux aquatiques	<i>Myriophyllum spicatum</i>	GUICHE	F64250	Adour - Aval confluence Adour et gaves
	Sédiments	Sédiments			
	Eau de rivière	Eau de cours d'eau			
BA08	Sédiments	Sédiments	BAYONNE	F64102	La Nive - Amont de la confluence avec l'Adour
	Eau de rivière	Eau de cours d'eau			
BA09	Sédiments	Sédiments	ANGLET	F64024	Estuaire de l'Adour - Port industriel d'Anglet - Aval Bayonne
	Eau de rivière	Eau de cours d'eau			
BA10	Végétaux aquatiques	<i>Chondrus crispus</i>	SAINT-JEAN-DE-LUZ	F64483	Plage de St-Jean-de-Luz
	Sédiments	Sédiments			
	Eau de mer	Eau de mer			



## A 3 RÉSULTATS DÉTAILLÉS

### Résultats pour le milieu terrestre

#### Résultats des mesures significatives en plomb-210 et béryllium-7

Radio-nucléide	Type d'échantillon	Date de prélèvement	Commune	Échantillon	Site voisin*	Activité mesurée	
						Résultat	Unité
<sup>210</sup> Pb	Légumes	07/07/2010	CHAUVIGNY	Salade	CIV	0,23 ± 0,1	Bq/kg frais
		07/07/2010	VENDEUVRE-DU-POITOU	Salade	ZNI (86)	0,42 ± 0,15	
	Fruits	30/09/2009	DONZAC	Pomme	GOL	0,084 ± 0,022	Bq/kg frais
		30/09/2009	CASTELMAYRAN	Pomme	GOL	0,059 ± 0,024	
	Arbres et arbustes	04/06/2009	BRAUD-ET-SAINT-LOUIS	Chêne	BLA	22,6 ± 2,1	Bq/kg sec
		04/06/2009	SAINT-AUBIN-DE-BLAYE	Chêne	BLA	21,1 ± 2,1	
		04/06/2009	MONTENDRE	Chêne	BLA	17 ± 1,7	
		06/07/2010	ANTIGNY	Chêne	CIV	22,4 ± 3,4	
		07/07/2010	TERCE	Chêne	CIV	16,9 ± 2,5	
		07/07/2010	VALDIVIENNE	Chêne	CIV	16,6 ± 2,5	
	07/07/2010	CHAUVIGNY	Chêne	CIV	17,3 ± 2,6		
Champignons	02/11/2011	GOUEX	Non identifié	CIV	3,3 ± 0,8	Bq/kg frais	
<sup>7</sup> Be	Légumes	14/05/2009	BRAUD-ET-SAINT-LOUIS	Radis	BLA	1,3 ± 0,22	Bq/kg frais
		04/06/2009	BRAUD-ET-SAINT-LOUIS	Carotte	BLA	0,39 ± 0,1	
		04/06/2009	SAINT-AUBIN-DE-BLAYE	Salades Batavia	BLA	1,49 ± 0,17	
		07/07/2010	CHAUVIGNY	Salade	CIV	1,32 ± 0,19	
		07/11/2011	MONTMORILLON	Épinard	CIV	31 ± 6	
		21/11/2011	PAIZAY-LE-SEC	Chou	CIV	18,7 ± 3,3	
		19/11/2012	LUSSAC-LES-CHÂTEAUX	Salade	CIV	8,6 ± 1,2	
		07/07/2010	VENDEUVRE-DU-POITOU	Salade	ZNI (86)	3,38 ± 0,46	
		02/07/2009	POMMEVIC	Ail	GOL	0,3 ± 2,7	
		30/09/2009	VALENCE	Salade	GOL	2,02 ± 0,33	
		19/10/2009	GOUDOURVILLE	Épinard	GOL	9,8 ± 1,6	
		21/09/2010	LAMAGISTÈRE	Salade	GOL	4,9 ± 1,6	
		09/08/2011	GOUDOURVILLE	Épinard	GOL	5,5 ± 1	
		12/11/2012	GOUDOURVILLE	Épinard	GOL	18,4 ± 2,4	

\* ZNI (33) : zone non influencée (numéro du département où a été effectué le prélèvement), signifie que le prélèvement de l'échantillon mesuré a eu lieu hors influence des installations nucléaires.

BLA : CNPE du Blayais

CIV : CNPE du Civaux

GOL : CNPE de Golfech

Radio-nucléide	Type d'échantillon	Date de prélèvement	Commune	Échantillon	Site voisin*	Activité mesurée	
						Résultat	Unité
<sup>7</sup> Be	Fruits	04/06/2009	MARCILLAC	Fraise	BLA	0,57 ± 0,16	Bq/kg frais
		26/10/2010	CHAUVIGNY	Pomme	CIV	0,77 ± 0,39	
		30/09/2009	DONZAC	Pomme	GOL	3,84 ± 0,16	
		30/09/2009	CASTELMAYRAN	Pomme	GOL	0,3 ± 0,18	
		01/10/2009	MALAUSE	Raisin	GOL	0,31 ± 0,14	
	Arbres et arbustes	04/06/2009	BRAUD-ET-SAINT-LOUIS	Chêne	BLA	191 ± 16	Bq/kg sec
		04/06/2009	SAINT-AUBIN-DE-BLAYE	Chêne	BLA	155 ± 13	
		04/06/2009	MONTENDRE	Chêne	BLA	126 ± 11	
		12/01/2009	CIVAUX	Lierre	CIV	48 ± 6	
		09/02/2009	CIVAUX	Lierre	CIV	66 ± 12	
		09/03/2009	CIVAUX	Lierre	CIV	88 ± 11	
		06/04/2009	CIVAUX	Lierre	CIV	63 ± 9	
		08/06/2009	CIVAUX	Robinier	CIV	96 ± 23	
		06/07/2009	CIVAUX	Robinier	CIV	56 ± 14	
		27/07/2009	CIVAUX	Peuplier	CIV	82 ± 16	
		06/07/2010	ANTIGNY	Chêne	CIV	158 ± 20	
		07/07/2010	TERCE	Chêne	CIV	122 ± 15	
		07/07/2010	VALDIVIENNE	Chêne	CIV	115 ± 14	
		07/07/2010	CHAUVIGNY	Chêne	CIV	140 ± 17	
		03/06/2009	LE PIAN-MÉDOC	Chêne	ZNI (33)	137 ± 17	
		02/07/2009	SÉRIGNAC-SUR-GARONNE	Chêne	ZNI (47)	185 ± 15	
		01/10/2009	GOLFECH	Chêne	GOL	166 ± 16	
		01/10/2009	ST-NICOLAS-DE-LA-GRAVE	Chêne	GOL	97 ± 10	
	02/10/2009	ESPALAIS	Chêne	GOL	107 ± 12		
	06/10/2009	DONZAC	Chêne	GOL	70 ± 9		
	Herbes	12/01/2009	CIVAUX	Herbe	CIV	252 ± 15	Bq/kg sec
		09/02/2009			CIV	328 ± 24	
		09/03/2009			CIV	185 ± 16	
		06/04/2009			CIV	46 ± 7	
		08/06/2009			CIV	200 ± 24	
06/07/2009		CIV			230 ± 60		
27/07/2009		CIV			250 ± 30		
Champignons	02/11/2011	GOUEX	Champignon non identifié	CIV	8,6 ± 4,5	Bq/kg frais	
	15/10/2011	CAMPISTROUS	Chanterelle	ZNI (65)	1,65 ± 0,35		

\* ZNI (33) : zone non influencée (numéro du département où a été effectué le prélèvement), signifie que le prélèvement de l'échantillon mesuré a eu lieu hors influence des installations nucléaires.

BLA : CNPE du Blayais

CIV : CNPE du Civaux

GOL : CNPE de Golfech

## Résultats de mesure du strontium-90

Type d'échantillon	Date de prélèvement	Commune	Échantillon	Site voisin*	Activité mesurée	
					Résultat	Unité
Viande d'animaux d'élevage	31/03/2010	BRAUD-ET-SAINT-LOUIS	Bœuf	BLA	< 0,2	Bq/kg frais
	29/03/2010	GIZAY		CIV	< 0,034	
	04/05/2011	LUSSAC-LES-CHÂTEAUX		CIV	0,025 ± 0,017	
	29/09/2010	CESSAC	ZNI (33)	< 0,01		
	06/01/2011	MONTFORT-EN-CHALOSSE	Canard	ZNI (40)	< 0,006	
	20/10/2011	MONT-DE-MARSAN	Poulet	ZNI (40)	< 0,009	
	06/01/2011	GRAMAT	Canard	ZNI (46)	< 0,007	
	17/06/2010	VIC-EN-BIGORRE	Bœuf	ZNI (65)	< 0,01	
	29/03/2010	LA TRIMOUILLE		ZNI (86)	< 0,06	
Lait	27/05/2010	RD	Lait de vache	ZNI (09)	0,075 ± 0,011	Bq/L
	27/04/2009			ZNI (12)	0,041 ± 0,009	
	09/04/2010			ZNI (12)	< 0,043	
	29/03/2011			ZNI (12)	0,018 ± 0,006	
	09/06/2010			ZNI (16)	< 0,035	
	08/12/2009			Lait de chèvre	ZNI (17)	
	26/06/2011		ZNI (17)		0,031 ± 0,009	
	19/06/2009		Lait de vache	ZNI (19)	0,081 ± 0,011	
	25/06/2010			ZNI (19)	0,109 ± 0,012	
	02/10/2009			ZNI (23)	0,052 ± 0,011	
	30/03/2009			ZNI (24)	0,036 ± 0,009	
	22/03/2010			ZNI (24)	0,033 ± 0,01	
	16/03/2011			ZNI (24)	< 0,03	
	02/07/2009			ZNI (31)	< 0,029	
	04/05/2010			ZNI (31)	0,042 ± 0,009	
	13/05/2011			ZNI (31)	0,089 ± 0,018	
	11/05/2009			ZNI (32)	< 0,033	
	29/04/2010			ZNI (32)	0,047 ± 0,009	
	12/05/2011			ZNI (32)	0,051 ± 0,009	
	29/06/2009			ZNI (33)	< 0,031	
	29/03/2010			ZNI (33)	0,043 ± 0,009	
	11/05/2009			ZNI (46)	0,053 ± 0,011	
	08/06/2010			ZNI (46)	< 0,039	
	17/09/2009			ZNI (47)	< 0,02	
	22/09/2011			ZNI (64)	0,046 ± 0,01	
	14/12/2011		ZNI (64)	0,025 ± 0,009		
	23/06/2009		Lait de chèvre	ZNI (79)	0,04 ± 0,01	

\* ZNI (33) : zone non influencée (numéro du département où a été effectué le prélèvement), signifie que le prélèvement de l'échantillon mesuré a eu lieu hors influence des installations nucléaires.

BLA : CNPE du Blayais

CIV : CNPE du Civaux

GOL : CNPE de Golfech

Type d'échantillon	Date de prélèvement	Commune	Échantillon	Site voisin*	Activité mesurée	
					Résultat	Unité
Lait	04/06/2010	RD	Lait de vache	ZNI (79)	0,031 ± 0,01	Bq/L
	06/05/2011			ZNI (79)	0,0168 ± 0,0042	
	23/06/2009			ZNI (81)	0,073 ± 0,011	
	10/05/2010		Lait de chèvre	ZNI (81)	0,046 ± 0,011	
	16/05/2011			ZNI (81)	0,132 ± 0,015	
	14/05/2009		Lait de vache	ZNI (82)	< 0,06	
	18/05/2010			ZNI (82)	< 0,038	
	09/06/2011			ZNI (82)	0,049 ± 0,013	
	19/06/2009			ZNI (86)	< 0,03	
	13/12/2011			ZNI (86)	0,009 ± 0,013	
Autres produits laitiers	15/06/2010	ROQUEFORT-SUR-SOULZON	Roquefort	ZNI (12)	< 0,29	Bq/kg frais
	14/06/2010	SAINT-FÉLIX-LAURAGAIS	Tomme des Pyrénées	ZNI (31)	< 0,38	
	15/06/2010	ROCAMADOUR	Rocamadour	ZNI (46)	< 0,03	
	14/06/2010	LA BASTIDE CLAIRENCE	Ossau Iraty	ZNI (64)	< 0,47	
	08/07/2010	SOSSAIS	Chabichou	ZNI (86)	< 0,032	
Céréales	30/09/2009	RG Aquitaine	Blé	ZNI	0,151 ± 0,02	Bq/kg frais
	25/08/2010			ZNI	0,112 ± 0,015	
	27/07/2011			ZNI	0,094 ± 0,014	
	20/01/2009	MONTESQUIOU		ZNI (32)	0,201 ± 0,027	
	30/10/2009	RG Limousin		ZNI	0,53 ± 0,06	
	30/09/2010			ZNI	0,227 ± 0,045	
	05/10/2011			ZNI	0,252 ± 0,027	
	30/09/2009	RG Midi-Pyrénées		ZNI	0,215 ± 0,025	
	01/10/2010			ZNI	0,179 ± 0,021	
	14/11/2011			ZNI	0,152 ± 0,018	
	30/08/2009	RG Poitou-Charentes		ZNI	0,243 ± 0,027	
	21/07/2010			ZNI	0,163 ± 0,019	
08/07/2011	ZNI		0,258 ± 0,029			
Légumes	26/04/2011	ÉTAULIERS	Asperge	BLA	< 0,02	Bq/kg frais
	03/05/2011			BLA	0,0134 ± 0,0028	
	07/07/2010	CHAUVIGNY	Salade non identifiée	CIV	0,1 ± 0,011	
	07/07/2010		Pomme de terre	CIV	< 0,021	
	02/06/2009	MAGESCQ	Asperge	ZNI (40)	0,0112 ± 0,0024	
	03/06/2009	SOUSTONS	Carotte	ZNI (40)	0,067 ± 0,008	
	18/10/2011	TARBES	Haricot sec (Tarbais)	ZNI (65)	0,68 ± 0,07	
	07/07/2010	VENDEUVRE-DU-POITOU	Pomme de terre	ZNI (86)	< 0,014	
	07/07/2010		Salade non identifiée	ZNI (86)	0,115 ± 0,012	
02/07/2009	GRAMONT	Ail	GOL	< 0,042		

\* ZNI (33) : zone non influencée (numéro du département où a été effectué le prélèvement), signifie que le prélèvement de l'échantillon mesuré a eu lieu hors influence des installations nucléaires.

BLA : CNPE du Blayais

CIV : CNPE du Civaux

GOL : CNPE de Golfech

Type d'échantillon	Date de prélèvement	Commune	Échantillon	Site voisin*	Activité mesurée	
					Résultat	Unité
Fruits	08/07/2010	ST-GERMAIN-DE-MARENCENNES	Melon	ZNI (17)	< 0,025	Bq/kg frais
	05/06/2009	VERGT	Fraise	ZNI (24)	0,143 ± 0,014	
	06/01/2011	PORT-DE-LANNE	Kiwi	ZNI (40)	0,128 ± 0,013	
	02/10/2009	PENNE D'AGENAIS	Pruneau	ZNI (47)	0,144 ± 0,022	
	01/07/2009	MONTAGUDET	Melon	ZNI (82)	< 0,02	
	30/09/2009	CASTELSARRASIN	Pomme	ZNI (82)	< 0,014	
	30/09/2009	LES BARTHES	Prune	ZNI (82)	< 0,022	
	06/01/2011	MOISSAC	Kiwi	GOL	0,035 ± 0,005	
Arbres et arbustes	04/06/2009	BRAUD-ET-SAINT-LOUIS	Chêne	BLA	0,226 ± 0,036	Bq/kg sec
	04/06/2009	SAINT-AUBIN-DE-BLAYE		BLA	3,51 ± 0,35	
	04/06/2009	MONTENDRE		BLA	4,75 ± 0,46	
	06/07/2010	ANTIGNY		CIV	3,56 ± 0,33	
	07/07/2010	TERCE		CIV	2,86 ± 0,25	
	07/07/2010	VALDIVIENNE		CIV	1,54 ± 0,14	
	07/07/2010	CHAUVIGNY		CIV	1,95 ± 0,18	
Viande de gibier	07/03/2010	LESCAR	Chevreuil	ZNI (64)	< 0,06	Bq/kg frais
	09/11/2010	PAU		ZNI (64)	< 0,008	
	28/11/2010	MONT		ZNI (64)	< 0,007	
	23/09/2011	CELLE-LEVESCAULT	Gibier non identifié	ZNI (86)	< 0,014	
Champignons	02/11/2011	GOUEX	Champignon non identifié	CIV	0,063 ± 0,013	Bq/kg frais
	02/11/2011				0,204 ± 0,024	
	15/10/2011	CAMPISTROUS	Chanterelle	ZNI (65)	0,071 ± 0,012	
	08/08/2011	SAINT-LOUP	Champignon non identifié	GOL	0,024 ± 0,034	

\* ZNI (33) : zone non influencée (numéro du département où a été effectué le prélèvement), signifie que le prélèvement de l'échantillon mesuré a eu lieu hors influence des installations nucléaires.

BLA : CNPE du Blayais

CIV : CNPE du Civaux

GOL : CNPE de Golfech



## Résultats pour le milieu aquatique

Activités volumiques en  $^3\text{H}$  dans les eaux de la Vienne, de l'Issoire, du Clain et de la Loire prélevées en juin 2010 (en Bq/L)

Code Station	Précisions sur le point de prélèvement	Résultat (en Bq/L)
BV01	Vienne - Amont de Limoges	< 5,2
BV02	Vienne - Aval de Limoges	< 5,1
BV03	Vienne - Aval confluence avec la Graine	< 5,1
BV04	Issoire - Amont confluence avec Vienne	< 5,1
BV05	Vienne - Aval de Gouex	< 5,2
BV06	Vienne - Amont du CNPE de Civaux	< 5,1
BV07	Vienne - Aval du CNPE de Civaux	< 5,1
BV08	Clain - Amont de Poitiers	< 4,8
BV09	Clain - Aval de Poitiers	< 4,8
BV10	Vienne - Aval de la confluence avec le Clain	< 5,1
BV11	Vienne - Aval de la confluence avec la Creuse	< 5,1
BV12	Loire - Aval de la confluence avec la Vienne	< 5,1

## Activités mesurées en $^{137}\text{Cs}$ dans les sédiments et les végétaux aquatiques

Code Station	Précisions sur le point de prélèvement	Sédiments (en Bq/kg sec)	Végétaux aquatiques (en Bq/kg frais)
BA01	Adour - Amont Tarbes	2,35 ± 0,4	0,04 ± 0,02
BA02	Adour - Lacs de Bours - Aval Tarbes	9,37 ± 1,32	0,08 ± 0,03
BA03	Gave de Pau - Amont Pau	2 ± 0,61	0,05 ± 0,02
BA04	Gave de Pau - Aval STEP de Pau	6,62 ± 1,26	0,16 ± 0,04
BA05	Gave de Pau - Aval usine de Lacq et amont Orthez	0,43 ± 0,14	nd
BA06	Adour - Aval Dax	0,88 ± 0,17	0,17 ± 0,04
BA07	Adour - Aval confluence Adour et gaves	3,35 ± 0,51	0,21 ± 0,09
BA08	La Nive - Amont confluence Adour	4,21 ± 0,61	nd
BA09	Estuaire Adour - Port industriel d'Anglet	2,88 ± 0,46	nd
BA10	Plage de St-Jean-de-Luz	nd	nd
BG01	Garonne - Aval de Toulouse	0,37 ± 0,2	0,19 ± 0,4
BG02	Tarn - Aval confluence avec l'Aveyron	0,55 ± 0,17	0,08 ± 0,1
BG03	Garonne - Aval de la confluence avec le Tarn et amont du CNPE de Golfech	4,2 ± 0,6	0,12 ± 0,2
BG04	Garonne - Aval du CNPE de Golfech	0,6 ± 0,16	0,13 ± 0,23
BG05	Garonne - Aval d'Agen	2,6 ± 0,5	0,15 ± 0,21
BG06	Garonne - Aval de Bordeaux et amont de la confluence avec la Dordogne	4,6 ± 0,6	nd
BG07	La Gironde - Amont du CNPE du Blayais	5,1 ± 0,6	0,07 ± 0,08
BG08	La Gironde - Aval du CNPE du Blayais	4,6 ± 0,6	0,16 ± 0,16
BV01	Vienne - Amont de Limoges	6,48 ± 1,24	0,08 ± 0,04
BV02	Vienne - Aval de Limoges	7,8 ± 1,02	nd
BV03	Vienne - Aval confluence avec la Graine	7,97 ± 1,06	0,1 ± 0,05
BV04	Issoire - Amont confluence avec Vienne	0,7 ± 0,17	0,08 ± 0,05
BV05	Vienne - Aval de Gouex	4,22 ± 0,97	nd
BV06	Vienne - Amont du CNPE de Civaux	11,11 ± 1,44	0,05 ± 0,02
BV07	Vienne - Aval du CNPE de Civaux	8,13 ± 1,33	nd
BV08	Clain - Amont de Poitiers	1,07 ± 0,26	nd
BV09	Clain - Aval de Poitiers	nd	nd
BV10	Vienne - Aval de la confluence avec le Clain	8,8 ± 1,15	0,05 ± 0,03
BV11	Vienne - Aval de la confluence avec la Creuse	4,13 ± 0,59	nd
BV12	Loire - Aval de la confluence avec la Vienne	8,43 ± 1,09	0,04 ± 0,02

Nd: non déterminé.

## Activités mesurées en $^3\text{H}$ (TOL) et $^{14}\text{C}$ dans les végétaux aquatiques

Code Station	Précisions sur le point de prélèvement	$^3\text{H}$ lié (TOL) (en Bq/kg frais)	$^{14}\text{C}$ (en Bq/kg de carbone)
BA01	Adour - Amont Tarbes	0,04 ± 0,01	201,3 ± 1
BA02	Adour - Lacs de Bours - Aval Tarbes	0,07 ± 0,03	193,6 ± 12
BA03	Gave de Pau - Amont Pau	0,08 ± 0,04	182,3 ± 12
BA04	Gave de Pau - Aval STEP de Pau	0,08 ± 0,03	183,5 ± 12
BA06	Adour - Aval Dax	0,08 ± 0,04	215 ± 14
BA07	Adour - Aval confluence Adour et gaves	0,04 ± 0,02	184 ± 12
BA10	Plage de St-Jean-de-Luz	0,15 ± 0,08	239,3 ± 1,4
BG01	Garonne - Aval de Toulouse	0,06 ± 0,02	209,7 ± 1
BG02	Tarn - Aval de la confluence avec l'Aveyron	0,18 ± 0,09	234 ± 1,3
BG03	Garonne - Aval de la confluence avec le Tarn et amont du CNPE de Golfech	0,07 ± 0,02	218,3 ± 1,3
BG04	Garonne - Aval du CNPE de Golfech	0,25 ± 0,11	255,7 ± 1,3
BG05	Garonne - Aval d'Agen	0,14 ± 0,05	249,5 ± 1,3
BG07	La Gironde - Amont du CNPE du Blayais	0,43 ± 0,08	264,8 ± 1,3
BG08	La Gironde - Aval du CNPE du Blayais	0,13 ± 0,04	246,5 ± 1,7
BV01	Vienne - Amont de Limoges	0,05 ± 0,01	234,8 ± 1,4
BV03	Vienne - Aval confluence avec la Graine	0,04 ± 0,01	230,8 ± 1,4
BV04	Issoire - Amont confluence avec Vienne	0,04 ± 0,01	229,3 ± 1,4
BV06	Vienne - Amont du CNPE de Civaux	0,03 ± 0,01	232 ± 1,7
BV07	Vienne - Aval du CNPE de Civaux	0,45 ± 0,03	327,3 ± 1,7
BV08	Clain - Amont de Poitiers	0,07 ± 0,01	179,8 ± 1
BV09	Clain - Aval de Poitiers	0,06 ± 0,01	228,7 ± 1,4
BV10	Vienne - Aval de la confluence avec le Clain	0,77 ± 0,04	258,7 ± 1,4
BV12	Loire - Aval de la confluence avec la Vienne	0,19 ± 0,01	237,7 ± 1,4

## Activités mesurées en $^{90}\text{Sr}$ , $^{238}\text{Pu}$ et $^{239+240}\text{Pu}$ dans les sédiments

Code Station	Précisions sur le point de prélèvement	$^{90}\text{Sr}$ (Bq/kg sec)	$^{238}\text{Pu}$ (Bq/kg sec)	$^{239+240}\text{Pu}$ (Bq/kg sec)
BA01	Adour - Amont Tarbes	< 0,35	< 0,12	< 0,14
BA02	Adour - Lacs de Bours - Aval Tarbes	nm	nm	nm
BA03	Gave de Pau - Amont Pau	nm	nm	nm
BA04	Gave de Pau - Aval STEP de Pau	nm	nm	nm
BA05	Gave de Pau - Aval usine de Lacq et amont Orthez	nm	nm	nm
BA06	Adour - Aval Dax	nm	nm	nm
BA07	Adour - Aval confluence Adour et gaves	nm	nm	nm
BA08	La Nive - Amont de la confluence avec l'Adour	nm	nm	nm
BA09	Estuaire Adour - Port industriel d'Anglet - Aval Bayonne	0,28 ± 0,14	< 0,3	< 0,3
BA10	Plage de St-Jean-de-Luz	< 0,68	< 0,13	< 0,13
BG01	Garonne - Aval de Toulouse	< 0,54	< 0,12	< 0,12
BG02	Tarn - Aval de la confluence avec l'Aveyron	< 0,73	< 0,12	< 0,13
BG03	Garonne - Aval de la confluence avec le Tarn et amont du CNPE de Golfech	1,39 ± 0,2	< 0,11	< 0,17
BG04	Garonne - Aval du CNPE de Golfech	< 0,64	< 0,12	< 0,12
BG05	Garonne - Aval d'Agen	0,74 ± 0,15	< 0,11	< 0,16
BG06	Garonne - Aval de Bordeaux et amont de la confluence avec la Dordogne	< 0,57	< 0,11	0,24 ± 0,1
BG07	La Gironde - Amont du CNPE du Blayais	< 0,65	< 0,16	0,31 ± 0,11
BG08	La Gironde - Aval du CNPE du Blayais	< 0,54	< 0,11	0,32 ± 0,12
BV01	Vienne - Amont de Limoges	1,4 ± 0,25	< 0,11	0,11 ± 0,07
BV02	Vienne - Aval de Limoges	< 1,13	< 0,12	0,09 ± 0,07
BV03	Vienne - Aval confluence avec la Graine	1,37 ± 0,19	< 0,17	< 0,16
BV04	Issoire - Amont confluence avec Vienne	< 0,52	< 0,24	< 0,12
BV05	Vienne - Aval de Goux	< 0,8	< 0,1	0,13 ± 0,07
BV06	Vienne - Amont du CNPE de Civaux	< 1,22	< 0,08	0,28 ± 0,09
BV07	Vienne - Aval du CNPE de Civaux	0,5 ± 0,26	< 0,11	0,21 ± 0,09
BV08	Clain - Amont de Poitiers	< 0,01	< 0,15	< 0,11
BV09	Clain - Aval de Poitiers	< 0,69	< 0,13	< 0,13
BV10	Vienne - Aval de la confluence avec le Clain	1,85 ± 0,26	< 0,11	0,16 ± 0,08
BV11	Vienne - Aval de la confluence avec la Creuse	< 0,96	< 0,23	0,08 ± 0,07
BV12	Loire - Aval de la confluence avec la Vienne	< 3,54	< 0,09	0,19 ± 0,08

Nm : non mesuré

## Activités mesurées en <sup>131</sup>I dans les sédiments et végétaux aquatiques

Code Station	Précisions sur le point de prélèvement	Eau (en Bq/l)	Sédiments (en Bq/kg sec)	Végétaux aquatiques (en Bq/kg frais)
BA01	Adour - Amont Tarbes	nm	< 9,85	nm
BA02	Adour - Lacs de Bours - Aval Tarbes	< 0,36	< 2,15	< 0,9
BA03	Gave de Pau - Amont Pau	nm	< 7,99	nm
BA04	Gave de Pau - Aval STEP de Pau	< 0,35	< 1,02	8,5 ± 1,28
BA05	Gave de Pau - Aval usine de Lacq et amont Orthez	< 0,36	< 34,64	nm
BA06	Adour - Aval Dax	< 0,34	< 10	nm
BA07	Adour - Aval confluence Adour et gaves	< 0,32	nm	nm
BA08	La Nive - Amont de la confluence avec l'Adour	< 0,32	< 18,45	nm
BA09	Estuaire de l'Adour - Port industriel d'Anglet - Aval Bayonne	< 0,36	< 1,01	nm
BA10	Plage de St-Jean-de-Luz	< 0,33	< 41,59	nm
BG01	Garonne - Aval de Toulouse	nm	< 0,8	308 ± 38,41
BG02	Tarn - Aval de la confluence avec l'Aveyron	nm	8,4 ± 1,27	< 0,98
BG03	Garonne - Aval de la confluence avec le Tarn et amont du CNPE de Golfech	nm	15,84 ± 2,46	2,74 ± 1,04
BG04	Garonne - Aval du CNPE de Golfech	nm	< 0,61	3,06 ± 1
BG05	Garonne - Aval d'Agen	nm	1,12 ± 0,62	2,47 ± 0,7
BG06	Garonne - Aval de Bordeaux et amont de la confluence avec la Dordogne	nm	14,58 ± 2,21	nm
BG07	La Gironde - Amont du CNPE du Blayais	nm	14,36 ± 2,1	< 1,8
BG08	La Gironde - Aval du CNPE du Blayais	nm	0,64 ± 0,31	< 0,43
BV01	Vienne - Amont de Limoges	< 0,37	< 1,08	< 0,57
BV02	Vienne - Aval de Limoges	< 0,4	< 1,17	< 0,93
BV06	Vienne - Amont du CNPE de Civaux	< 0,43	< 1,77	< 0,57
BV07	Vienne - Aval du CNPE de Civaux	< 0,46	< 1,09	< 0,5
BV08	Clain - Amont de Poitiers	< 0,46	nm	< 0,5
BV09	Clain - Aval de Poitiers	< 0,43	< 0,48	< 0,61
BV12	Loire - Aval de la confluence avec la Vienne	< 0,45	< 2,02	< 0,7

Nm : non mesuré

## Activités mesurées en radionucléides naturels dans les végétaux aquatiques

Code Station	Point de prélèvement	Famille du $^{232}\text{Th}$ (en Bq/kg frais)	Famille de l' $^{235}\text{U}$ (en Bq/kg frais)
		$^{228}\text{Ac}$	$^{235}\text{U}$
BA01	Adour - Amont Tarbes	nm	0,06 ± 0,01
BA02	Adour - Lacs de Bours - Aval Tarbes	5,02 ± 0,74	nm
BA03	Gave de Pau - Amont Pau	nm	nm
BA04	Gave de Pau - Aval STEP de Pau	1,53 ± 0,31	nm
BA06	Adour - Aval Dax	nm	nm
BA07	Adour - Aval confluence Adour et gaves	nm	nm
BA10	Plage de St-Jean-de-Luz	nm	0,04 ± 0,01
BG01	Garonne - Aval de Toulouse	2,58 ± 2,5	nm
BG02	Tarn - Aval de la confluence avec l'Aveyron	1,66 ± 1,8	nm
BG03	Garonne - Aval de la confluence avec le Tarn et amont du CNPE de Golfech	2,39 ± 2,6	nm
BG04	Garonne - Aval du CNPE de Golfech	1,56 ± 2,2	nm
BG05	Garonne - Aval d'Agen	3,35 ± 3,2	nm
BG07	La Gironde - Amont du CNPE du Blayais	0,61 ± 0,5	nm
BG08	La Gironde - Aval du CNPE du Blayais	2,03 ± 1,7	nm
BV01	Vienne - Amont de Limoges	nm	0,02 ± 0,01
BV03	Vienne - Aval confluence avec la Graine	nm	0,05 ± 0,01
BV04	Issoire - Amont confluence avec Vienne	nm	0,11 ± 0,02
BV06	Vienne - Amont du CNPE de Civaux	nm	0,02 ± 0,01
BV07	Vienne - Aval du CNPE de Civaux	nm	nm
BV08	Clain - Amont de Poitiers	nm	nm
BV09	Clain - Aval de Poitiers	nm	nm
BV10	Vienne - Aval de la confluence avec le Clain	nm	nm
BV12	Loire - Aval de la confluence avec la Vienne	nm	0,08 ± 0,02

Nm : non mesuré

	Famille de l'uranium-238 (en Bq/kg frais)				Autres radionucléides naturels (en Bq/kg frais)	
	<sup>238</sup> U	<sup>234</sup> Th	<sup>234m</sup> Pa	<sup>234</sup> U	<sup>7</sup> Be	<sup>40</sup> K
	0,85 ± 0,08	nm	nm	0,88 ± 0,08	1,68 ± 0,37	85,37 ± 10,42
	nm	nm	nm	nm	5,96 ± 1,29	70,83 ± 8,72
	nm	nm	nm	nm	2,74 ± 0,51	97,47 ± 11,9
	nm	nm	nm	nm	5,04 ± 1,56	113,07 ± 13,8
	nm	nm	nm	nm	3,74 ± 0,72	125,99 ± 15,37
	nm	nm	nm	nm	3,9 ± 0,65	66,93 ± 8,24
	0,51 ± 0,06	nm	nm	0,59 ± 0,06	7,05 ± 1,73	77,15 ± 9,6
	nm	1,88 ± 4	< 6,51	nm	24,2 ± 18	70,52 ± 60
	nm	nm	2,5 ± 11	nm	8,31 ± 7	78,87 ± 70
	nm	nm	< 10,68	nm	6,29 ± 6	56,94 ± 50
	nm	nm	< 14,51	nm	7,44 ± 8	83,43 ± 80
	nm	nm	< 9,7	nm	9,09 ± 8	76,32 ± 60
	nm	nm	< 4,34	nm	2,34 ± 1,6	47,41 ± 18
	nm	nm	< 16,4	nm	1,36 ± 1,8	174,35 ± 110
	0,16 ± 0,02	nm	nm	0,17 ± 0,02	2,95 ± 0,44	86,38 ± 10,63
	0,71 ± 0,08	nm	nm	0,72 ± 0,08	1,55 ± 0,33	85,35 ± 10,73
	1,27 ± 0,13	nm	nm	1,23 ± 0,13	3,37 ± 0,51	83,85 ± 10,48
	0,37 ± 0,06	nm	nm	0,39 ± 0,06	1,47 ± 0,69	81,99 ± 10,23
	nm	nm	nm	nm	2,63 ± 0,47	77,75 ± 9,75
	nm	nm	nm	nm	1,18 ± 0,37	65,45 ± 8,07
	nm	nm	nm	nm	7,91 ± 1,04	90,14 ± 11,15
	nm	nm	nm	nm	4,01 ± 1,67	125,62 ± 15,71
	0,86 ± 0,1	nm	nm	0,88 ± 0,1	2,56 ± 0,41	54,92 ± 6,94

## Activités mesurées en radionucléides naturels dans les sédiments

Code Station	Point de prélèvement	Famille du thorium-232 (en Bq/kg sec)				Famille de l'uranium-235 (en Bq/kg sec)	
		<sup>228</sup> Ac	<sup>212</sup> Pb	<sup>212</sup> Bi	<sup>208</sup> Tl	<sup>235</sup> U	<sup>227</sup> Th
BA01	Adour - Amont Tarbes	52,4 ± 6,9	nm	nm	nm	1,8 ± 0,3	nm
BA02	Adour - Lacs de Bours	57 ± 8	nm	nm	nm	nm	nm
BA03	Gave de Pau - Amont Pau	46 ± 5,7	nm	nm	nm	nm	nm
BA04	Gave de Pau - Aval STEP de Pau	44,5 ± 6,3	nm	nm	nm	nm	nm
BA05	Gave de Pau	50,5 ± 6,3	nm	nm	nm	1 ± 0,2	nm
BA06	Adour - Aval Dax	9 ± 1,5	nm	nm	nm	nm	nm
BA07	Adour	39 ± 5,3	nm	nm	nm	nm	nm
BA08	La Nive	34,4 ± 4,9	nm	nm	nm	nm	nm
BA09	Estuaire de l'Adour	22,2 ± 3,6	nm	nm	nm	0,7 ± 0,2	nm
BA10	Plage de St-Jean-de-Luz	107 ± 13	nm	nm	nm	0,9 ± 0,2	nm
BG01	Garonne - Aval de Toulouse	50 ± 6	51 ± 5	47 ± 7	17 ± 2	< 1,8	1,8 ± 0,8
BG02	Tarn	19 ± 2,5	18,9 ± 1,9	18 ± 4	6,2 ± 0,8	2,1 ± 0,8	1,3 ± 0,6
BG03	Garonne	44 ± 6	49 ± 5	46 ± 8	16,2 ± 1,9	1,8 ± 0,8	2,2 ± 0,9
BG04	Garonne	19,1 ± 2,5	20,4 ± 2	22 ± 4	6,4 ± 0,8	2 ± 0,4	nm
BG05	Garonne - Aval d'Agen	42 ± 6	42 ± 5	40 ± 7	13,3 ± 1,7	1,1 ± 0,2	nm
BG06	Garonne	37 ± 5	47 ± 5	44 ± 7	15,5 ± 1,8	1,5 ± 0,3	3,9 ± 1,1
BG07	La Gironde - Amont CNPE Blayais	41 ± 5	49 ± 5	37 ± 6	15,3 ± 1,8	1,3 ± 0,2	3,5 ± 1,1
BG08	La Gironde - Aval CNPE Blayais	37 ± 5	43 ± 5	43 ± 7	14,4 ± 1,7	1,7 ± 0,7	2,4 ± 0,8
BV01	Vienne - Amont de Limoges	58,4 ± 8,1	nm	nm	nm	3,9 ± 0,5	nm
BV02	Vienne - Aval de Limoges	67,8 ± 9,2	nm	nm	nm	2,8 ± 0,5	nm
BV03	Vienne - Aval confluence Graine	60,4 ± 8,9	nm	nm	nm	4,6 ± 0,6	nm
BV04	Issoire - Amont confluence Vienne	16 ± 3,1	nm	nm	nm	1,4 ± 0,3	nm
BV05	Vienne - Aval de Gouex	45 ± 6,2	nm	nm	nm	3,3 ± 0,5	nm
BV06	Vienne - Amont CNPE de Civaux	66,9 ± 11	nm	nm	nm	6,1 ± 0,7	nm
BV07	Vienne - Aval du CNPE de Civaux	57 ± 7,9	nm	nm	nm	5,5 ± 0,7	nm
BV08	Clain - Amont de Poitiers	20,6 ± 4,2	nm	nm	nm	0,6 ± 0,2	nm
BV09	Clain - Aval de Poitiers	9,9 ± 1,5	nm	nm	nm	0,6 ± 0,2	nm
BV10	Vienne - Aval confluence Clain	63 ± 8,6	nm	nm	nm	5,3 ± 0,6	nm
BV11	Vienne - Aval confluence Creuse	41,5 ± 6,3	nm	nm	nm	2,9 ± 0,4	nm
BV12	Loire - Aval confluence Vienne	63,5 ± 8,9	nm	nm	nm	5,1 ± 0,6	nm

Nm : non mesuré



Code Station	Point de prélèvement	Autres radionucléides naturels (en Bq/kg sec)	
		<sup>7</sup> Be	<sup>40</sup> K
BA01	Adour - Amont Tarbes	25,4 ± 10,4	715 ± 88
BA02	Adour - Lacs de Bours - Aval Tarbes	43,4 ± 13,9	681 ± 82
BA03	Gave de Pau - Amont Pau	8,9 ± 2,1	545 ± 67
BA04	Gave de Pau - Aval STEP de Pau	47,8 ± 11	450 ± 59
BA05	Gave de Pau - Aval usine de Lacq et amont Orthez	4,8 ± 2	648 ± 79
BA06	Adour - Aval Dax	6,3 ± 1,7	256 ± 32
BA07	Adour - Aval confluence Adour et gaves	14,6 ± 3,9	444 ± 56
BA08	La Nive - Amont de la confluence avec l'Adour	8 ± 3	495 ± 61
BA09	Estuaire de l'Adour - Port industriel d'Anglet - Aval Bayonne	90 ± 12	435 ± 54
BA10	Plage de St-Jean-de-Luz	< 8,6	98 ± 13
BG01	Garonne - Aval de Toulouse	nm	790 ± 80
BG02	Tarn - Aval de la confluence avec l'Aveyron	nm	820 ± 90
BG03	Garonne - Aval de la confluence avec le Tarn et amont du CNPE de Golfech	nm	580 ± 60
BG04	Garonne - Aval du CNPE de Golfech	nm	730 ± 80
BG05	Garonne - Aval d'Agen	nm	530 ± 60
BG06	Garonne - Aval de Bordeaux et amont de la confluence avec la Dordogne	nm	700 ± 70
BG07	La Gironde - Amont du CNPE du Blayais	nm	710 ± 80
BG08	La Gironde - Aval du CNPE du Blayais	nm	670 ± 70
BV01	Vienne - Amont de Limoges	29 ± 9,3	1030 ± 127
BV02	Vienne - Aval de Limoges	27,2 ± 4,2	927 ± 115
BV03	Vienne - Aval confluence avec la Graine	99,2 ± 12,9	687 ± 87
BV04	Issoire - Amont confluence avec Vienne	< 4	687 ± 85
BV05	Vienne - Aval de Gouex	7 ± 2,2	692 ± 86
BV06	Vienne - Amont du CNPE de Civaux	172,2 ± 21,7	642 ± 82
BV07	Vienne - Aval du CNPE de Civaux	17,5 ± 3,2	646 ± 81
BV08	Clain - Amont de Poitiers	10,5 ± 3,2	317 ± 43
BV09	Clain - Aval de Poitiers	5,9 ± 1,9	235 ± 32
BV10	Vienne - Aval de la confluence avec le Clain	80,5 ± 10,6	681 ± 86
BV11	Vienne - Aval de la confluence avec la Creuse	35,5 ± 5,2	706 ± 88
BV12	Loire - Aval de la confluence avec la Vienne	160 ± 90	745 ± 93

Nm : non mesuré

Code Station	Point de prélèvement	Famille de l'uranium-238 (en Bq/kg sec)	
		<sup>238</sup> U	<sup>234</sup> Th
BA01	Adour - Amont Tarbes	24,5 ± 2,2	34,3 ± 15,7
BA02	Adour - Lacs de Bours - Aval Tarbes	nm	52,7 ± 23,8
BA03	Gave de Pau - Amont Pau	nm	22,2 ± 11,2
BA04	Gave de Pau - Aval STEP de Pau	nm	37 ± 18
BA05	Gave de Pau - Aval usine de Lacq et amont Orthez	10,9 ± 1	20,8 ± 10,8
BA06	Adour - Aval Dax	nm	8,8 ± 6,3
BA07	Adour - Aval confluence Adour et gaves	nm	31,9 ± 15,1
BA08	La Nive - Amont de la confluence avec l'Adour	nm	25,4 ± 11,1
BA09	Estuaire de l'Adour - Port industriel d'Anglet - Aval Bayonne	9,3 ± 0,9	39,2 ± 17,3
BA10	Plage de St-Jean-de-Luz	12,1 ± 1,1	80,1 ± 36,4
BG01	Garonne - Aval de Toulouse	27,5 ± 2,8	46 ± 6
BG02	Tarn - Aval de la confluence avec l'Aveyron	44,5 ± 4,9	17 ± 2,5
BG03	Garonne - Aval de la confluence avec le Tarn et amont du CNPE de Golfech	18,6 ± 1,7	38 ± 5
BG04	Garonne - Aval du CNPE de Golfech	19,9 ± 1,8	16,6 ± 2,4
BG05	Garonne - Aval d'Agen	16,8 ± 1,5	31 ± 4
BG06	Garonne -	16,5 ± 1,5	34 ± 5
BG07	La Gironde - Amont CNPE Blayais	14,5 ± 1,3	35 ± 5
BG08	La Gironde - Aval CNPE Blayais	15 ± 1,4	36 ± 5
BV01	Vienne - Amont de Limoges	40,3 ± 4	45,1 ± 20,1
BV02	Vienne - Aval de Limoges	44,4 ± 4,5	37,3 ± 22
BV03	Vienne - Aval confluence Graine	52,8 ± 4,8	72,5 ± 30,3
BV04	Issoire - Amont confluence avec Vienne	14,4 ± 1,5	14,2 ± 9,6
BV05	Vienne - Aval de Gouex	36,8 ± 3,7	34,4 ± 22,8
BV07	Vienne - Aval du CNPE de Civaux	56,3 ± 5,3	57,5 ± 28,1
BV08	Clain - Amont de Poitiers	8,2 ± 0,8	11,9 ± 5,8
BV09	Clain - Aval de Poitiers	7,2 ± 0,8	8,3 ± 4,1
BV10	Vienne - Aval confluence Clain	54,8 ± 5	56,3 ± 23,6
BV11	Vienne - Aval confluence Creuse	29 ± 2,6	34,4 ± 14,6
BV12	Loire - Aval de la confluence avec la Vienne	59,4 ± 5,4	61,6 ± 31

Nm : non mesuré

Famille de l'uranium-238 (en Bq/kg sec)							
<sup>234m</sup> Pa	<sup>234</sup> U	<sup>230</sup> Th	<sup>226</sup> Ra	<sup>214</sup> Pb	<sup>214</sup> Bi	<sup>210</sup> Pb	
nm	25 ± 2,3	25,8 ± 2,6	21,4 ± 5	53,6 ± 6,9	48,5 ± 6,4	40,5 ± 6,6	
nm	nm	nm	nm	61,4 ± 8,1	56,8 ± 7,5	115 ± 20	
nm	nm	nm	nm	34,9 ± 4,7	32 ± 4,2	34,8 ± 7	
nm	nm	nm	nm	37,1 ± 5	32,6 ± 4,5	77,2 ± 14,7	
nm	11,8 ± 1,1	nm	nm	31,8 ± 4,1	29,1 ± 3,8	22,5 ± 6,8	
nm	nm	nm	nm	10,4 ± 1,5	9,8 ± 1,4	8,4 ± 2	
nm	nm	nm	nm	34,2 ± 4,6	29,6 ± 3,9	54,3 ± 10,7	
nm	nm	nm	nm	29 ± 4	26,1 ± 3,5	53,3 ± 12,2	
nm	10,3 ± 0,9	25,3 ± 2,8	4,5 ± 3,1	19,8 ± 2,8	18,7 ± 2,7	67,4 ± 9,7	
nm	11,9 ± 1,1	20 ± 2,6	3,9 ± 1,4	112,4 ± 14,3	99,5 ± 12,7	55 ± 11,4	
52 ± 23	27,6 ± 2,8	29,6 ± 3,3	27,5 ± 6,2	nm	nm	nm	
< 50	41,1 ± 4,5	10,8 ± 1,6	10,5 ± 5,9	nm	nm	nm	
54 ± 24	19,4 ± 1,8	25,6 ± 2,6	21,3 ± 6	nm	nm	nm	
nm	18,8 ± 1,7	19,5 ± 2,1	25,5 ± 5,7	nm	nm	nm	
nm	17,9 ± 1,6	21,9 ± 2,4	21,9 ± 11,8	nm	nm	nm	
nm	16,5 ± 1,5	30,7 ± 3,1	18,3 ± 4,2	nm	nm	nm	
35 ± 5	14,1 ± 1,3	37,8 ± 3,8	1,9 ± 0,7	nm	nm	nm	
31 ± 20	15,1 ± 1,4	32 ± 3,2	16,8 ± 4,5	nm	nm	nm	
nm	41,5 ± 4,2	42,2 ± 4,2	68 ± 15	86,8 ± 11,3	79,8 ± 10,4	53,5 ± 16,1	
nm	44,9 ± 4,5	48,8 ± 4,9	49 ± 28,5	88 ± 11,4	81,7 ± 10,8	62,9 ± 20,7	
nm	54,1 ± 4,9	53,4 ± 7	63,5 ± 13,9	88,6 ± 11,4	78,1 ± 10,1	115,4 ± 16,2	
nm	14,4 ± 1,5	21,3 ± 2,3	20,3 ± 5,1	25,7 ± 3,6	23,6 ± 3,4	17,1 ± 10,5	
nm	36,2 ± 3,6	34 ± 3,8	40,4 ± 15,4	59,2 ± 7,7	53,6 ± 7,2	25,1 ± 5,7	
nm	55,6 ± 5,2	43 ± 4,3	51,5 ± 15,6	81 ± 10,5	74,7 ± 9,8	62,7 ± 19,4	
nm	10,2 ± 1	17 ± 2,1	19,9 ± 4,5	20 ± 2,7	18 ± 2,4	25,6 ± 4,9	
nm	8,4 ± 0,9	9,7 ± 1,9	12,1 ± 3	12,8 ± 1,7	11,5 ± 1,6	16,5 ± 3,5	
nm	54,2 ± 4,9	39,7 ± 4	63,1 ± 21,4	84,6 ± 10,9	74,7 ± 9,6	116 ± 16,1	
nm	29,5 ± 2,7	28,3 ± 2,8	43,7 ± 17	51,4 ± 6,6	47,8 ± 6,2	67,4 ± 9,8	
nm	59,3 ± 5,4	55 ± 5	50,4 ± 11,1	104,3 ± 13,6	96,4 ± 12,6	64,3 ± 20,7	

# 7 RÉFÉRENCES

## Bibliographie

- [1] IRSN (2016). Constat radiologique: rémanence de la radioactivité d'origine artificielle.
- [2] IRSN (2016). Constat radiologique minier du bassin de la Dordogne sur la base d'une démarche pluraliste menée avec les acteurs du territoire.
- [3] IRSN (2018). Bilan de l'état radiologique de l'environnement français de 2015 à 2017.
- [4] EDF (2013 et 2014). Rapport sur la sûreté nucléaire et la radioprotection des installations nucléaires de Blayais.
- [5] EDF (2013 et 2014). Rapport sur la sûreté nucléaire et la radioprotection des installations nucléaires de Civaux.
- [6] EDF (2013 et 2014). Rapport sur la sûreté nucléaire et la radioprotection des installations nucléaires de Golfech.
- [7] EDF (2013). Nucléaire et environnement. Bilan 2012 des CNPE en exploitation. Rejets radioactifs et chimiques, déchets radioactifs.
- [8] EDF (2013). Centrales nucléaires et environnement. Prélèvements d'eau et rejets. EDP Sciences. 2013
- [9] Le Guen B., Siclet F. (2009). Impact du carbone-14 autour des centrales nucléaires EDF. Radioprotection, volume 44, n° 4, pages 495 à 504.
- [10] IRSN (2014). Constat radiologique Vallée du Rhône. Étude complémentaire du milieu atmosphérique: présentation des résultats.
- [11] IRSN (2013). Constat radiologique Vallée du Rhône. Rapport final relatif au milieu aquatique.
- [12] IRSN (2017). Actualisation des connaissances acquises sur le tritium dans l'environnement.
- [13] IRSN (2014). Doses liées à l'incorporation de radionucléides naturels par l'alimentation en France métropolitaine. Rapport IRSN/PRP-ENV/SESURE/2014-18.
- [14] Roussel-Debet S (2007). Evaluation of  $^{14}\text{C}$  doses since the end of the 1950s in metropolitan France. Radioprotection, 42(3): 297-313
- [15] Roussel-Debet S. (2012). Comportement du carbone-14 en milieu continental et niveaux d'activité hors de l'influence d'une installation nucléaire. Rapport PRP-ENV/SESURE/2012-25.
- [16] IRSN (2007). Radionucléides naturels en France. Approche géochimique de la variabilité des radionucléides naturels d'origine tellurique ( $^{40}\text{K}$  et chaînes U-Th) dans les sols et sédiments fluviaux.
- [17] Eyrolle-Boyer, F., Claval, D., Calmon, P., et Cossonnet, C., Tritium and  $^{14}\text{C}$  background levels in aquatic systems - Potential sources of variability. Journal of Environmental Radioactivity, 2015. 139: 24-32 p.
- [18] Renaud P., Champion D., Brenot J. (2007). Les retombées radioactives de l'accident de Tchernobyl sur le territoire français, éditions Lavoisier.
- [19] Rousseau G., Deniau I. (2014). Suivi radioécologique de l'environnement proche des Centres Nucléaires de Production d'Électricité - Année 2013 - Bassin de la Garonne. Rapport SUB/RE/RC/R-G, 178 p.
- [20] Roussel-Debet S. (2014). Synthèse du suivi radioécologique 2013 des 19 centres nucléaires de production d'électricité en exploitation. Rapport IRSN/PRP-ENV/SESURE/2014-34.
- [21] Boyer, C., Vichot, L., Fromm, M., Losset, Y., Tatin-Froux, F., Guétat, P., et Badot, P.M., *Tritium in plants: A review of current knowledge*. Environmental and Experimental Botany, 2009. 67: 34-51 p.
- [22] Gontier G., Siclet F. (2011). Le tritium organique dans les écosystèmes d'eau douce: évolution à long terme dans l'environnement des centres nucléaires de production d'électricité français. Radioprotection, volume 46, n° 4, pages 457 à 491.
- [23] IRSN (2009). Chroniques des niveaux d'activité au sein des systèmes aquatiques fluviaux français, radionucléides émetteurs gamma,  $^{90}\text{Sr}$  et isotopes du plutonium. Rapport IRSN/DEI/SESURE/2009-29.
- [24] Rousseau G., Mokili M. (2014). Suivi radioécologique de l'environnement proche des Centres Nucléaires de Production d'Électricité - Année 2013 - Bassin de la Loire. Rapport SUB/RE/RC/S-L, 342 p.
- [25] Roussel-Debet, S., Gontier, G., Siclet, F., et Fournier, M., *Distribution of Carbon 14 in the terrestrial environment close to French nuclear power plants*. Journal of Environmental Radioactivity, 2006. 87(3): 246-259 p.

## Sites internet

- IRSN : [www.irsn.fr](http://www.irsn.fr)
- IRSN – Constats radiologiques régionaux : <http://www.irsn.fr/FR/connaissances/Environnement/surveillance-environnement/resultats/etats-radiologiques-regionaux/Pages/sommaire.aspx#.V2Zka0Zcq9g>
- Réseau national de mesures de la radioactivité de l'environnement : [www.mesure-radioactivite.fr](http://www.mesure-radioactivite.fr)
- EDF : <https://www.edf.fr/groupe-edf/producteur-industriel/nucleaire/enjeux/environnement>

## Table des illustrations et des tableaux

### ■ Illustrations

**Figure 1.** Périmètre d'étude du constat (les zones entourées en vert ont fait l'objet d'études spécifiques et sont donc exclues du présent constat). Les principales sources artificielles de radionucléides (CNPE, hôpitaux) sont représentées. ....9

**Figure 2.** Schéma de désintégration radioactive des chaînes U et Th. L'échelle de couleur plus ou moins foncée traduit une période radioactive plus ou moins longue. Les cases vertes indiquent la forme stable de l'élément..... 10

**Figure 3.** Évolution de l'activité du carbone-14 dans l'hémisphère nord depuis 1950 (Bq/kg de carbone). Source : IRSN. Bilan de l'état radiologique de l'environnement français de 2015 à 2017 [3]. ..... 11

**Figure 4.** Parcours des rejets d'effluents radioactifs dans les eaux usées urbaines. .... 13

**Figure 5.** Nombre total de mesures et nombre de mesures significatives pour chaque radionucléide recherché. HTO : tritium libre, TOL : tritium organiquement lié..... 14

**Figure 6.** CNPE de Golfech, site d'implantation de la centrale et rose des vents. .... 16

**Figure 7.** Photo de la station GD mobile installée au point AS1 du site nucléaire de Golfech. .... 17

**Figure 8.** Implantations des condenseurs aux stations AS1 et AS3 du site nucléaire de Golfech – juillet 2012. .... 18

**Figure 9.** Niveaux d'activités ( $\mu\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ ) des radionucléides d'origine naturelle mesurés sur les filtres aérosols lors du constat sud-ouest (CSO) comparés aux niveaux de référence (REF)..... 19

**Figure 10.** Activités ( $\mu\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ ) en  $^{137}\text{Cs}$  mesurées dans les aérosols à proximité du CNPE de Golfech (les mesures représentées par un cercle rouge sont inférieures au seuil de décision). .... 22

**Figure 11.** Niveaux d'activités ( $\mu\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ ) des radionucléides d'origine artificielle mesurés sur les filtres aérosols lors du constat sud-ouest (CSO) comparés aux niveaux de référence connus (REF) pour le césium-137. Pour les autres radionucléides mesurés ( $^{58}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{110m}\text{Ag}$  et  $^{131}\text{I}$ ), il n'existe pas de niveau de référence mesuré hors influence des INB, en raison de l'absence de détection de ces radionucléides hors influence des installations. .... 22

**Figure 12.** Activités en  $^3\text{H}$  dans la vapeur d'eau atmosphérique à proximité du CNPE de Golfech ( $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$  en fonction du temps en heure) à gauche, gamme de valeurs comparées au niveau de référence à droite (hors influence des installations). ... 23

**Figure 13.** Plan de prélèvement des productions agricoles..... 24

**Figure 14.** Plan de prélèvements des denrées emblématiques du territoire. .... 25

**Figure 15.** Plan de prélèvements des indicateurs biologiques et gibiers..... 25

**Figure 16.** Gamme des niveaux de référence pour l' $^{238}\text{U}$  mesuré dans les denrées et valeurs significatives mesurées dans le cadre du constat (symbolisées par une étoile). .... 28

**Figure 17.** Valeur de référence des activités en carbone-14 (Bq/kg frais) dans les denrées (source IRSN : ensemble des mesures réalisées sur les échantillons cités pour les années 2009 à 2017). Échelle logarithmique..... 32

**Figure 18.** Activités en tritium total TOT (en Bq/kg frais) et carbone-14 (Bq/kg de C) dans les échantillons terrestres prélevés dans l'environnement proche du CNPE de Civaux dans le cadre du constat. .... 35

**Figure 19.** Activités en tritium total TOT (en Bq/kg frais) et carbone-14 (Bq/kg de C) dans les échantillons terrestres prélevés dans l'environnement proche du CNPE de Golfech, dans le cadre du constat. .... 36

**Figure 20.** Activités en tritium total TOT (en Bq/kg frais) et carbone-14 (Bq/kg de C) dans les échantillons terrestres prélevés dans l'environnement proche du CNPE du Blayais, dans le cadre du constat. .... 37

**Figure 21.** Évolution des activités (Bq/l) en  $^{90}\text{Sr}$  mesurées dans des échantillons de lait prélevés dans le quart sud-ouest de la France (source IRSN). .... 38

**Figure 22.** Évolution des activités en  $^{90}\text{Sr}$  mesurées dans des échantillons de blé prélevés dans le quart sud-ouest de la France (source IRSN). .... 39

**Figure 23.** Échantillonnages aquatiques réalisés pour le constat radiologique sud-ouest. .... 42

**Figure 24.** Gamme d'activités des radionucléides naturels (chaîne de l'uranium-238) dans les sédiments prélevés dans le cadre du constat (Bq/kg sec). .... 43

**Figure 25.** Résultats de mesures de tritium dans la Garonne en aval de Golfech (source RNM)..... 45

**Figure 26.** Résultats de mesures de tritium dans la Vienne en aval de Civaux (source RNM). .... 45

**Figure 27.** Activités du  $^3\text{H}$  organique lié (en Bq/kg frais) et du  $^{14}\text{C}$  (en Bq/kg de C) mesurées dans les végétaux aquatiques prélevés dans le bassin de la Vienne (source CSO). .... 46

**Figure 28.** Activités du  $^3\text{H}$  organique lié (en Bq/kg frais) et du  $^{14}\text{C}$  (en Bq/kg de C) mesurées dans les végétaux aquatiques prélevés dans le bassin de la Garonne en 2008-2010 (source CSO)..... 47

<b>Figure 29.</b> Activités du $^3\text{H}$ organique lié (en Bq/kg frais) et du $^{14}\text{C}$ (en Bq/kg de C) mesurées dans les végétaux aquatiques prélevés dans le bassin de l'Adour en 2008-2010 (source CSO).....	48
<b>Figure 30.</b> Activités du césium-137 dans les sédiments (Bq/kg sec) et les végétaux aquatiques (Bq/kg frais) prélevés dans la Vienne et ses affluents (source CSO).....	50
<b>Figure 31.</b> Activités maximales en $^{137}\text{Cs}$ mesurées dans les sédiments de la Garonne et de l'estuaire de la Gironde entre 2000 et 2013 (en Bq/kg sec) – Données IRSN et EDF.....	51
<b>Figure 32.</b> Activités en césium-137 mesurées dans les sédiments prélevés dans le bassin de la Garonne.....	52
<b>Figure 33.</b> Activité en iode-131 dans les sédiments (en Bq/kg sec) et les végétaux aquatiques (en Bq/kg frais) prélevés dans le bassin de la Garonne dans le cadre de cette étude.....	53
<b>Figure 34.</b> Activité en césium-137 dans les sédiments (en Bq/kg sec) et les végétaux aquatiques (en Bq/kg frais) prélevés dans le bassin de l'Adour dans le cadre de cette étude.....	54
<b>Figure 35.</b> Gamme d'activités en césium-137 dans les sédiments prélevés dans les trois bassins versants (Bq/kg sec).....	55
<b>Figure 36.</b> Activités (Bq/kg sec) en strontium-90 et plutonium-(239+240) mesurées dans les sédiments prélevés dans le cadre du constat sud-ouest (carte principale) mises en perspective avec les activités mesurées sur l'ensemble des sédiments fluviaux (graphe dans l'encart).....	56
<b>Figure A1.</b> Représentation de la boîte à moustaches.....	60
<b>Tableaux</b>	
<b>Tableau 1 :</b> Rejets liquides et gazeux des CNPE de Civaux, de Golfech et du Blayais pour l'année 2013 (source EDF) ..	12
<b>Tableau 2.</b> Résultats des activités ( $\pm$ incertitude) mesurées en $\mu\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ sur les filtres prélevés dans le cadre de l'étude du volet atmosphérique du constat sud-ouest. Le signe < indique une mesure inférieure au seuil de décision.....	20
<b>Tableau 3.</b> Plan de mesures pour les échantillons terrestres. Les cases en violet signalent une analyse systématique de tous les échantillons prélevés, les cases en orange, une analyse de certains échantillons et la case gris clair, l'absence de mesure).....	26
<b>Tableau 4.</b> Synthèse des résultats significatifs obtenus dans les denrées pour le $^{232}\text{Th}$ , $^{234}\text{U}$ et $^{238}\text{U}$ (technique spectrométrie alpha).....	27
<b>Tableau 5.</b> Résultats de mesure obtenus (par ICP-MS) et rapport isotopique calculé sur 1 échantillon de salade (Bq/kg frais) et 3 échantillons de feuilles de chêne (Bq/kg sec).....	27
<b>Tableau 6.</b> Synthèse des résultats de mesure en $^{210}\text{Pb}$ , $^{210}\text{Bi}$ et $^{214}\text{Pb}$ pour les feuilles de chêne (Bq/kg sec) et les denrées agricoles et champignons (en Bq/kg frais); < : mesure non significative.....	29
<b>Tableau 7.</b> Résultats de mesures significatives en $^{212}\text{Pb}$ et $^{208}\text{Tl}$ pour les feuilles de chêne (Bq/kg sec; < : mesure non significative).....	29
<b>Tableau 8.</b> Résultats de mesures significatives en TOL (Bq/kg frais) obtenus sur les échantillons d'origine terrestre dans le cadre du constat sud-ouest. Les valeurs de HTO et TOT sont des valeurs calculées.....	31
<b>Tableau 9.</b> Résultats de mesures significatives en $^{14}\text{C}$ pour les échantillons terrestres (constat SO) exprimés en Bq/kg de C.....	33
<b>Tableau 10.</b> Activités significatives en strontium-90 mesurées dans les denrées prélevées dans le cadre du constat, valeurs exprimées en Bq/kg frais.....	39
<b>Tableau 11.</b> Activités significatives en strontium-90 mesurées dans les feuilles de chêne prélevées dans le cadre du constat, valeurs exprimées en Bq/kg sec.....	39
<b>Tableau 12.</b> Activités significatives mesurées (+/- incertitude) en césium-137 dans les denrées prélevées dans le cadre du constat sud-ouest (Bq/kg frais).....	40
<b>Tableau 13.</b> Activités significatives mesurées (+/- incertitude) en césium-137 dans les feuilles de chêne prélevées dans le cadre du constat sud-ouest (Bq/kg sec).....	41
<b>Tableau 14.</b> Plan de mesures pour les échantillons aquatiques, les cases de couleurs symbolisent la réalisation des mesures pour la matrice correspondante (case gris clair: pas de mesure réalisée).....	43
<b>Tableau 15.</b> Activités maximales des radionucléides émetteurs gamma artificiels mesurées en amont et en aval du CNPE de Civaux (sources: IRSN et EDF) dans les sédiments, les phanérogames et les mousses aquatiques entre 2000 et 2013 (en Bq/kg sec, « < SD » signifie que les mesures réalisées sont toutes restées inférieures aux seuils de décision).....	49

Tous droits réservés IRSN  
Octobre 2020

**IRSN**  
**Pôle Santé et Environnement**  
Direction de l'Environnement

E-mail :  
[contact@irsn.fr](mailto:contact@irsn.fr)

**N° du rapport**  
IRSN/2020-00896

Tous droits réservés IRSN  
Octobre 2020

Conception graphique :  
Agence Kazoar  
[www.kazoar.fr](http://www.kazoar.fr)

Photo de couverture :  
CNPE de Civaux (Vienne). © IRSN

Autres photos :  
© IRSN



31, avenue de la Division Leclerc  
92260 Fontenay-aux-Roses  
RCS Nanterre B 440 546 018

**COURRIER**

B.P. 17  
92262 Fontenay-aux-Roses Cedex

**TÉLÉPHONE**


+33 (0)1 58 35 88 88

**SITE INTERNET**

[www.irsn.fr](http://www.irsn.fr)

**E-MAIL :**

[contact@irsn.fr](mailto:contact@irsn.fr)

 @IRSN France, @radioprotection