

# ACRO

# 2017

## Observatoire Citoyen de la Radioactivité – Surveillance du bassin de la Loire



En collaboration avec Sortir du Nucléaire 49 et  
Sortir du Nucléaire Loire et Vienne



Campagne du 16/09/2017

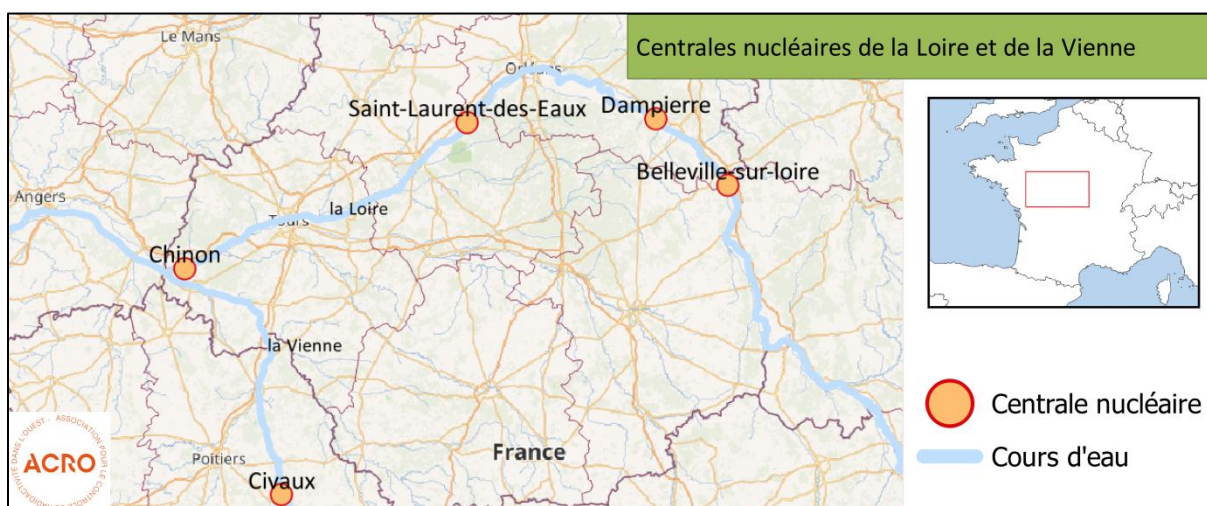
## Contexte

Les associations *Sortir du Nucléaire 49* et *Sortir du Nucléaire Loire et Vienne* ont souhaité constituer un réseau de préleveurs autonomes capables d'assurer une surveillance radiologique de l'environnement des installations nucléaires du bassin de la Loire (Loire et Vienne) en fonctionnement normal ou après incident. Les prélèvements réalisés par les bénévoles du réseau *Sortir du Nucléaire* seront analysés au laboratoire de l'ACRO. Cette nouvelle surveillance, intégrée à l'Observatoire Citoyen de la Radioactivité dans l'Environnement, élargira la surveillance réalisée par l'antenne Touraine de l'ACRO.



Dans ce contexte l'ACRO a proposé une journée de formation aux prélèvements dans l'environnement en vue d'analyses radiologiques. Des prélèvements d'herbe, de sol, d'eau, de sédiments et de végétaux aquatiques ont été réalisés dans l'environnement proche de la centrale nucléaire de Chinon.

Au total, 10 échantillons ont été prélevés et analysés au laboratoire.



## Analyse des prélèvements terrestres

Les tableaux de résultats complets sont fournis en annexe.

Les prélèvements d'herbe et de sols sous-jacents ont été réalisés au lieu-dit Bertignolles, sur la commune de Savigny-en-Véron, à 6km à l'ouest de la centrale de Chinon. Le site a été choisi par commodité (proche du lieu de prélèvement des échantillons aquatiques) et avait pour but premier la formation aux prélèvements.



### Prélèvements terrestres du 16/09/2017

Nature	Description	Lieu dit	Station	GPS
Sol	Mât	Bertignolles	CH15	0.10773, 47.22261
Sol	Horizon 0-5 cm	Bertignolles	CH15	0.10773, 47.22261
Sol	Horizon 5-10 cm	Bertignolles	CH15	0.10773, 47.22261
Sol	Horizon 10-15 cm	Bertignolles	CH15	0.10773, 47.22261
Couvert végétal	Herbe	Bertignolles	CH15	0.10773, 47.22261

### L'herbe :

324g d'herbe ont été prélevés sur une surface de 2m<sup>2</sup>.

**Aucun radionucléide artificiel émetteur gamma n'est détecté dans cet échantillon.** Les niveaux mesurés en radioactivité naturelle (213 ± 24 Bq/kg sec en béryllium-7 et 450 ± 60 en potassium-40) sont de l'ordre de ceux habituellement rencontrés dans ce type de matrice et n'appellent pas de commentaire particulier.



## **Le sol :**

Quatre horizons de sol ont été analysés : le mât, première « couche » sous les parties aériennes du couvert végétal, est composé de terre, de matière organique et de racines. En dessous, la terre extraite a été divisée en trois horizons (0-5cm, 5-10cm et 10-15cm) afin d'étudier une éventuelle migration verticale de polluant radioactif dans le sol.

**Du césium-137** est mesuré dans chacun des quatre échantillons de sols analysés. Les niveaux sont compris entre  **$7,7 \pm 1,0$  Bq/kg sec** dans le mât et  **$6,1 \pm 0,7$  Bq/kg sec** dans l'horizon 5-10cm.

Les concentrations de césium-137 mesurées ici sont comparables à celles que l'on peut mesurer en Normandie par exemple en dehors des zones d'influence des installations nucléaires. Ce césium-137 provient principalement des retombées dues à l'accident de la centrale de Tchernobyl et de celles des essais atmosphériques de l'arme nucléaire.

**Aucun autre radioélément artificiel émetteur gamma n'est observé dans ces échantillons.**

**Le potassium-40**, radioélément d'origine naturelle, est présent dans les quatre échantillons prélevés à des teneurs oscillantes entre  $880 \pm 60$  et  $890 \pm 70$  Bq/kg sec.

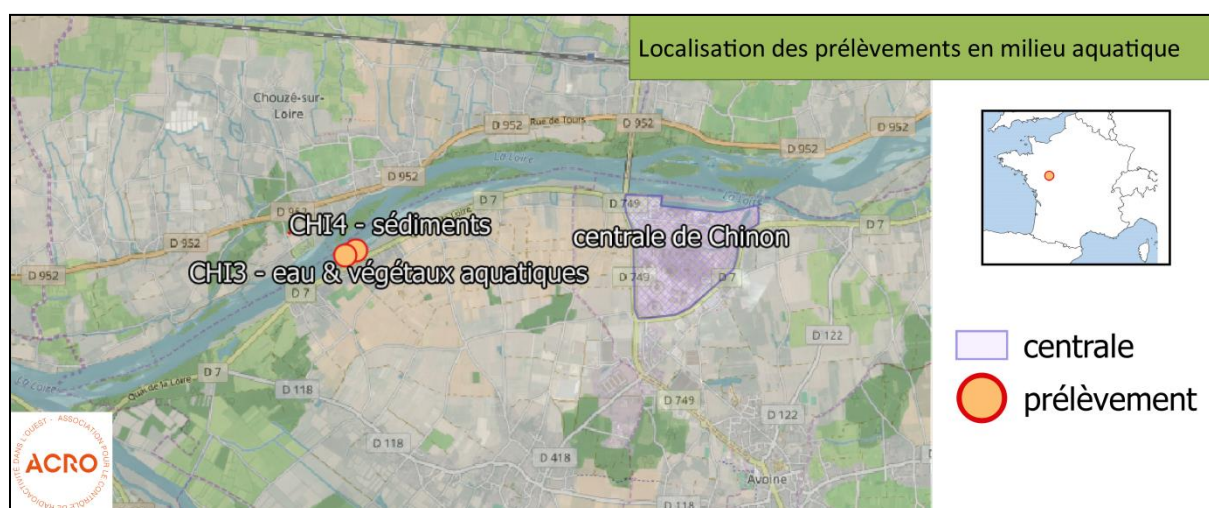
**Les activités en plomb-214 (chaîne de l'uranium-238), actinium-228 (chaîne du thorium-232) et uranium-235 (chaîne de l'uranium-235)** sont relativement homogènes et similaires d'un échantillon à l'autre.

Tous ces radionucléides naturels sont présents dans les échantillons à des teneurs habituellement rencontrées dans l'environnement.

## Analyse des prélèvements aquatiques

Les tableaux de résultats complets sont fournis en annexe.

Les prélèvements d'eau, de végétaux aquatiques et de sédiments ont été réalisés depuis la berge de la Loire au lieu-dit Les Pelouses sur la commune de Savigny-en-Véron à 5 km en aval de la centrale de Chinon.



### Prélèvements aquatiques du 16/09/2017

Nature	Description	Lieu dit	Station	GPS
Sédiments	Sédiments fins	Les Pelouses	CHI4	0.12019, 47.22903
Eau	Eau de la Loire	Les Pelouses	CHI3	0.11861, 47.22849
Végétaux aquatiques	<i>Myriophyllum sp.</i>	Les Pelouses	CHI3	0.11861, 47.22849
Végétaux aquatiques	<i>Ceratophyllum sp.</i>	Les Pelouses	CHI3	0.11861, 47.22849
Végétaux aquatiques	<i>Iudwigia sp.</i>	Les Pelouses	CHI3	0.11861, 47.22849

### L'eau :

Les mesures réalisées par scintillation liquide dans l'eau prélevée dans la Loire révèlent **un niveau significatif de tritium** dans l'eau : **29,3 ± 3,1 Bq/litre**.

En milieu continental non influencé, les concentrations en tritium (« bruit de fond ») sont actuellement de 1 à 4 Bq/litre d'eau compte tenu de la rémanence des retombées des essais nucléaires atmosphériques et de sa présence naturelle. Le tritium mesuré ici provient donc des installations nucléaires de la Loire, probablement en majeure partie, de la centrale nucléaire de Chinon.

## Les sédiments :

Les sédiments fins ont été prélevés dans un bras mort de la Loire.

Du césium-137 est mesuré dans cet échantillon de sédiment.

La concentration mesurée ici ( $1,3 \pm 0,6$  Bq/kg sec) est comparable à ce que l'on peut mesurer couramment dans ce type de matrice. Ce césium-137 provient principalement des retombées dues à l'accident de la centrale de Tchernobyl et de celles des essais atmosphériques.



Du potassium-40 et du béryllium-7, radioéléments naturels isolés, ont été mesurés dans les sédiments de la Loire à des niveaux respectifs de  $910 \pm 80$  Bq/kg sec et  $25 \pm 8$  Bq/kg sec. Ces niveaux sont couramment observés dans ce type d'échantillon.

Les activités des autres radioéléments naturels mesurés (éléments des chaînes de l'uranium-238, du thorium-232 et de l'uranium-235) sont à des teneurs habituellement rencontrées dans l'environnement.

## Les végétaux aquatiques :

Trois végétaux aquatiques ont été prélevés depuis la berge du fleuve : des myriophylles (*Myriophyllum sp.*), de la cornifle (*Ceratophyllum sp.*) et de la jussie (*Ludwigia sp.*).

L'analyse de ces échantillons révèle la présence d'iode-131 à un niveau significatif dans les myriophylles :  $8,5 \pm 2,1$  Bq/kg sec. L'iode-131 est un radioélément artificiel rejeté par les centrales nucléaires. Il est aussi utilisé en radiothérapie et en imagerie médicale. Son origine ne peut donc pas être déterminée avec certitude.

Aucun autre radioélément artificiel émetteur gamma n'est détecté dans les végétaux aquatiques.

Les niveaux de radioactivité naturelle mesurés dans ces échantillons (potassium-40 et béryllium-7) sont comparables à ceux mesurés couramment dans d'autres échantillons biologiques et n'appellent pas de commentaire particulier.

Myriophylle



Cornifle



Jussie



## Annexe 1: Résultats détaillés

### Sols

<b>Prélèvements</b>					
Dénomination		Mât	Sol 0-5cm	Sol 5-10cm	Sol 10-15cm
Référence		170916-OCR-07	170916-OCR-08	170916-OCR-09	170916-OCR-10
Date		16/09/2017	16/09/2017	16/09/2017	16/09/2017
Lieu (commune)		Bertignolles	Bertignolles	Bertignolles	Bertignolles
Station de prélèvement		CHI5	CHI5	CHI5	CHI5
Distance au CNPE		6 km	6 km	6 km	6 km
<b>Analyse</b>					
n° de manipulation		8670	V2-2018	8669	V2-2016
Géométrie (en ml)		61	500	500	500
temps de comptage (s)		172 101	85 014	85 268	28 421
Fraction analysée		< 2mm	< 2mm	< 2mm	< 2mm
Date d'analyse		07/11/2017	06/11/2017	06/11/2017	03/11/2017
masse de l'échantillon (g)		56,5	551,6	638,6	638,4
Poids sec / Poids frais		74,54%	83,02%	87,87%	90,50%
Etat du conditionnement		sec	sec	sec	sec
<b>Expression des résultats</b>					
Unité		Bq/kg sec	Bq/kg sec	Bq/kg sec	Bq/kg sec
<b>RADIONUCLEIDES ARTIFICIELS</b>					
cobalt-57	271,8 jours	< 0,5	< 0,4	< 0,5	< 0,6
cobalt-58	70,8 jours	< 1,8	< 0,8	< 0,9	< 1,1
cobalt-60	5,3 ans	< 1,1	< 0,7	< 0,6	< 1,0
ruthénium/rhodium-106	373 jours	< 11	< 4,7	< 5,1	< 7,3
argent-110m	250 jours	< 1,2	< 0,6	< 0,6	< 0,9
iode-129	15,7 10 <sup>6</sup> ans	< 1,4	< 1,0	< 1,6	< 3,9
iode-131	8,0 jours	nr	nr	nr	nr
césium-134	2,1 ans	< 1,0	< 0,5	< 0,5	< 0,8
<b>césium-137</b>	<b>30,0 ans</b>	<b>7,7 ± 1,0</b>	<b>6,3 ± 0,6</b>	<b>6,1 ± 0,7</b>	<b>6,8 ± 0,8</b>
europium-154	8,6 ans	< 0,9	< 0,7	< 0,8	< 1,1
américium-241	437,7 ans	< 1,2	< 0,9	< 1,2	< 1,7
<b>RADIONUCLEIDES "NATURELS"</b>					
<b>chaîne de l'uranium-238</b>					
plomb-214		42,0 ± 4,0	46,6 ± 3,6	37 ± 8	45,7 ± 3,6
plomb-210		74 ± 11	45 ± 6	42 ± 7	35 ± 10
<b>chaîne du thorium-232</b>					
actinium-228		53 ± 6	51,4 ± 4,4	55 ± 5	60,4 ± 4,9
<b>chaîne de l'uranium-235</b>					
uranium-235		2,9 ± 2,2	1,85 ± 0,20	1,63 ± 0,21	3,12 ± 0,40
<b>radionucléide isolé</b>					
Beryllium-7	isolé	< 15	< 7,0	< 7,7	< 8,9
Potassium-40	isolé	880 ± 80	890 ± 60	880 ± 80	890 ± 70

nr : non-recherché

## Herbe

<b>Prélèvements</b>		
Dénomination		Herbe
Référence		170916-OCR-06
Date		16/09/2017
Lieu (commune) ou site		Bertignolles
Station de prélèvement		CHI5
Distance au CNPE		6 km
<b>Analyse</b>		
n° de manipulation		8634
Géométrie (en ml)		500
temps de comptage (s)		75 659
Fraction analysée		partie aérienne
Date d'analyse		18/09/2017
masse de l'échantillon (g)		150
Poids sec / Poids frais		41,47%
Etat du conditionnement		frais
<b>Expression des résultats</b>		
Unité		Bq/kg sec
<b>RADIONUCLÉIDES ARTIFICIELS</b>		
cobalt-57	271,8 jours	< 1,3
cobalt-58	70,8 jours	< 2,6
cobalt-60	5,3 ans	< 2,9
ruthénium/rhodium-106	373 jours	< 24
argent-110m	250 jours	< 2,3
iode-129	15,7 10 <sup>6</sup> ans	< 2,9
iode-131	8,0 jours	< 2,7
césium-134	2,1 ans	< 2,5
césium-137	30,0 ans	< 2,9
europium-154	8,6 ans	< 2,7
américium-241	437,7 ans	< 2,7
<b>RADIONUCLÉIDES "NATURELS"</b>		
<b><u>radionucléide isolé</u></b>		
Béryllium-7	isolé	213 ± 24
Potassium-40	isolé	450 ± 60



## Sédiments

<b>Prélèvements</b>		
Dénomination		sédiments
Référence		170916-OCR-01
Date		16/09/2017
Lieu (commune) ou site		Les Pelouses
Station de prélèvement		CHI4
Distance au CNPE		5 km
<b>Analyse</b>		
n° de manipulation		8663
Géométrie (en ml)		61
temps de comptage (s)		113 442
Fraction analysée		< 2mm
masse de l'échantillon (g)		65,8
Date d'analyse		26/10/2017
Poids sec / Poids frais		46,10%
Etat du conditionnement		sec
<b>Expression des résultats</b>		
Unité		Bq/kg sec
<b>RADIONUCLEIDES ARTIFICIELS</b>		
cobalt-57	271,8 jours	< 0,5
cobalt-58	70,8 jours	< 1,6
cobalt-60	5,3 ans	< 1,1
ruthénium/rhodium-106	373 jours	< 10
argent-110m	250 jours	< 1,2
iode-129	15,7 10 <sup>6</sup> ans	< 1,4
iode-131	8,0 jours	nr
césium-134	2,1 ans	< 1,1
<b>césium-137</b>	<b>30,0 ans</b>	<b>1,3 ± 0,6</b>
europium-154	8,6 ans	< 1,0
américium-241	437,7 ans	< 1,2
<b>RADIONUCLEIDES "NATURELS"</b>		
	<b><u>radionucléide isolé</u></b>	
Béryllium-7	isolé	25 ± 8
Potassium-40	isolé	910 ± 80

nr : non-recherché

## Végétaux aquatiques

Prélèvements				
Dénomination		<i>Myriophyllum sp.</i>	<i>Ceratophyllum sp.</i>	<i>ludwigia sp.</i>
Référence		170916-OCR-02	170916-OCR-03	170916-OCR-04
Date		16/09/2017	16/09/2017	16/09/2017
Lieu (commune)		Les Pelouses	Les Pelouses	Les Pelouses
Station de prélèvement		CHI3	CHI3	CHI3
Distance au CNPE		5 km	5 km	5 km
Analyse				
n° de manipulation		V2-1983	V2-1984	8635
Géométrie (en ml)		500	61	61
temps de comptage (s)		76 640	81 284	81 440
Fraction analysée		entière	entière	entière
Date d'analyse		18/09/2017	19/09/2017	19/09/2017
masse de l'échantillon (g)		249,4	42,2	33,2
Poids sec / Poids frais		12,53%	6,46%	17,30%
Etat du conditionnement		frais	frais	frais
Expression des résultats				
Unité		Bq/kg sec	Bq/kg sec	Bq/kg sec
RADIONUCLÉIDES ARTIFICIELS				
cobalt-57	271,8 jours	< 1,7	< 7,0	< 5,2
cobalt-58	70,8 jours	< 3,8	< 23	< 13
cobalt-60	5,3 ans	< 4,9	< 25	< 14
ruthénium/rhodium-106	373 jours	< 35	< 200	< 120
argent-110m	250 jours	< 3,8	< 22	< 13
iode-129	15,7 10 <sup>6</sup> ans	< 5,6	< 24	< 11
<b>iode-131</b>	<b>8,0 jours</b>	<b>8,5 ± 2,1</b>	< 20	< 15
césium-134	2,1 ans	< 3,8	< 21	< 13
césium-137	30,0 ans	< 4,0	< 24	< 15
europium-154	8,6 ans	< 3,6	< 16	< 11
américium-241	437,7 ans	< 4,4	< 19	< 13
RADIONUCLÉIDES "NATURELS"				
<b>radionucléide isolé</b>				
Béryllium-7	isolé	114 ± 20	< 160	81 ± 48
Potassium-40	isolé	540 ± 70	1060 ± 200	370 ± 160

## Eau

Dénomination	Eau de la Loire
<b>Prélèvement</b>	
Date	16/09/2017
Lieu de prélèvement	<b>CHI3, Les Pelouses</b>
<b>Analyse</b>	
n° d'enregistrement	170916-OCR-05
n° de manipulation	QC17
Traitement	Filtration seuil de rétention 0,45µm
Date d'analyse	16/10/2017
<b>Expression des résultats</b>	
Date de référence	16/09/2017
Unité	Bq/l
<b>Radionucléides émetteurs bêta</b>	
H-3      tritium      12,32 a	29,3 ± 3,1

## Annexe 2 : Analyse par spectrométrie gamma

---

### Matériel

**Voie 1 : Spectrométrie gamma Ortec de type N** comprenant : un blindage en plomb d'épaisseur 10 cm, un système d'acquisition numérique (DSPEC), un détecteur au germanium hyperpur coaxial de type N (Ortec) et d'efficacité 32% monté dans un cryostat vertical.

**Voie 2 : Spectrométrie gamma Itech de type P** (fenêtre mince) comprenant : un blindage en plomb d'épaisseur 10 cm, un système d'acquisition numérique (Orion), un détecteur au germanium hyperpur coaxial de type P (Itech) et d'efficacité 42% monté dans un cryostat vertical.

La plage d'énergie prise en référence s'étend de 27 à 2000 keV pour les deux voies.

### Mesure des émetteurs gamma

Les mesures sont réalisées avec des géométries identiques à celles des sources de référence (SG500 ou SG50) et concernent les radionucléides émetteurs gamma présentant une ou plusieurs raies d'émission sur la plage d'énergie prise en référence. Parmi l'ensemble des radionucléides évoqués précédemment, seuls les plus caractéristiques sont présentés dans les tableaux de résultats (voir tableau 1) en l'absence de demande spécifique par le client. Dans tous les cas, le tableau fait état, au minimum, de tous les radionucléides artificiels détectés. Seules les activités supérieures au seuil de décision de la méthode d'analyse sont exprimées. Dans le cas contraire et pour les seuls radionucléides mentionnés, la limite de détection précédée du signe " < " est rapportée. Lorsqu'un radionucléide mentionné n'a pas été recherché, la mention « non recherché » (nr) est rapportée. L'activité de chaque radioélément présent dans l'échantillon est exprimée en becquerel par kilogramme sec (Bq / kg sec) ou becquerel par litre (Bq/l), suivi de son incertitude absolue calculée pour un intervalle de confiance de 95%. Toute activité exprimée, y compris la limite de détection, est rapportée à la date de référence indiquée dans les tableaux de résultats. La siccité des échantillons solides est également indiquée (Psec/Pfrais) ; la valeur donnée est à considérer avec prudence car elle dépend des méthodes employées pour le traitement et la conservation de l'échantillon

## Annexe 3 : Analyse par scintillation liquide

---

Le dosage du tritium s'effectue avec une chaîne de spectrométrie bêta à scintillation liquide, modèle TRI-CARB 2250CA de Packard. Le dispositif est réfrigéré en permanence à l'aide d'un groupe froid. La salle des analyses est climatisée.

Les géométries de comptage employées sont des fioles en polyéthylène (référence 6001095) distribuées par la société Perkin Elmer.

L'étalonnage est effectué à l'aide d'une solution HTO certifiée et tient compte de l'affaiblissement lumineux (Quenching). Dans tous les cas, cet ensemble est déterminé pour une matrice analogue à celle des échantillons à mesurer. La fenêtre de comptage utilisée pour le mesurage de l'activité volumique du tritium s'étend de 0 à 6,5 keV. Le mouvement propre (ou bruit de fond) est déterminé à l'aide de l'eau de source minérale naturelle « des Abatilles ». La grandeur déterminée est l'activité en becquerel (Bq) par litre (L) ou activité volumique. Elle est suivie de son incertitude absolue calculée pour un intervalle de confiance de 95%. Seules les activités volumiques supérieures à la limite de détection de la chaîne d'analyse sont exprimées.

Toute activité exprimée, y compris la limite de détection, est rapportée à la date de fin de prélèvement.

## Annexe 4 : Agréments / Intercomparaisons

Le laboratoire de l'ACRO participe depuis 1997 à des intercomparaisons d'envergure nationale, organisées par l'Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN). Avec la mise en place du réseau national de mesure, la durée d'un cycle d'exercice inter laboratoires pour un couple [Matrice-Radionucléide] est de quatre ans. Actuellement, le laboratoire de l'ACRO offre la possibilité de mesurer le radon dans l'air, le tritium (HTO) dans les eaux et les radionucléides émetteurs gamma, quelle que soit la matrice. D'autres mesures sont en cours de développement.

Les méthodes d'analyses sont conformes aux normes existantes ainsi qu'aux exigences organisationnelles et techniques fixées par la norme ISO/CEI 17025.

A ce jour, le laboratoire dispose d'**agréments** pour la mesure de la radioactivité dans l'environnement et la mesure du radon.

Décision DEP-DEU-2014-028255	Mesure des radioéléments émetteurs gamma de forte et moyenne énergie et de faible énergie dans les matrices de type biologique (validité décembre 2018)
Décision CODEP-DEU-2015-048788	Mesure des radioéléments émetteurs gamma de forte, moyenne énergie (>100 keV) et de faible énergie (<100KeV) dans les eaux (validité 31 décembre 2020)
Décision CODEP-DEU-2016-022195	Mesure des radioéléments émetteurs gamma de forte, moyenne énergie (>100 keV) et de faible énergie (<100KeV) dans les sols. (validité 30 juin 2021)
Décision CODEP-DEU-2015-024340	Mesure du tritium dans l'eau (validité 30 juin 2019) Isotopes de U ; Isotopes de Th ; 226Ra, 228Ra et descendants ; 228Ra et descendants et uranium pondéral dans les sols. (validité au 30 juin 2020)
Décision CODEP-DIS-N°2016-027007	Mesure de l'activité volumique du radon dans les lieux ouverts au public – niveau 1 ; option A (validité 15 septembre 2021)