ACRO

ASSOCIATION POUR LE CONTRÔLE DE LA RADIOACTIVITÉ DANS L'OUEST

ETUDE DES NIVEAUX DE RADIOACTIVITÉ DANS LES ENVIRONS DU CENTRE DE STOCKAGE CSFMA DE L'AUBE

RAP240606-CSA-v2

Édition du 02/08/2024

PHASE 3 (2023)

Étude réalisée pour :
Commission Locale d'Information de Soulaines

cli de Soulaines
Commission Locale d'Information

ACRO | 711 Bd de la Grande Delle – 14200 HEROUVILLE ST CLAIR | (+33) 2 31 94 35 34 | www.acro.eu.org | laboratoire@acro.eu.org | SIRET 950 369 868 00035 | APE 7120 B

Feuille Qualité :

DEMANDE	
Mission	Etude des niveaux de radioactivité dans les environs du centre de stockage FMA_VC de l'Aube (CSA)- Phase 3
Demandeur	**CLI de Soulaines** Domaine Saint-Victor 10200 Soulaines-Dhuys
Commande	Du 19/09/22

REALISATION	
Association pour le Contrôle de la Radioactivité dans l'Ouest 711 Bd Grande Delle 14200 HEROUVILLE SAINT CLAIR tél. : 02.31.94.35.34 / mél. : laboratoire@acro.eu.org	
Responsables Scientifiques	P. BARBEY, D. BOILLEY, M. JOSSET
Auteurs	M. JOSSET, A. LE VOT
Prélèvements	M. JOSSET, A. LE VOT, M. RIVIERE et membres de la CLI de Soulaines
Mesures *in situ*	M. JOSSET, A. LE VOT, M. RIVIERE
Traitement des échantillons	A. LE VOT, M. RIVIERE
Analyses de radioactivité :	M. JOSSET, A. LE VOT, M. RIVIERE

DOCUMENT		
Date d'édition	le 02/08/24	
Identification	**RAP240606-CSA-v2**	
Version n°	02 (annule et remplace la version 1 du rapport) Modifications: Cette version inclut les derniers résultats obtenus et prend en compte les remarques des membres de la commission environnement de la CLI afin d'améliorer la bonne compréhension des résultats et leurs interprétations.	
Pages (nombre)	110 pages	
Objet	Rapport d'étude	
Paramètres	Eléments radioactifs :	Tritium, Carbone-14, Chlore-36, Nickel-63, Cobalt-58, Cobalt-60, Strontium-90, Ruthénium-106, Argent-110m, Antimoine-124, Antimoine-125, iode-129, Iode-131, Césium-134, Césium-137, Pu-238, Pu-239+Pu240, Américium-241, indice alpha global, indice bêta global.
	Autres :	Granulométrie
	Lieu(x) :	Département de l'Aube (10), Communauté de commune de Vendeuvre-Soulaines et environnement proche.

REMARQUE(S) PARTICULIERE(S)	
de l'A.C.R.O. :	La reproduction du document n'est autorisée que sous la forme de fac-similé photographique intégral.

Sommaire

A. Présentation Générale de l'étude 7

1. Contexte 7

2. Démarche et méthode 7

B. Volet 1 : Campagne de mesure des niveaux de radioactivité dans les environs du CSA ; Suivi et élargissement du référentiel 8

1. Présentation du travail 8

2. Localisation des prélèvements 9

3. Résultats et commentaires 10

3.1 Suivi du milieu aquatique 10

a) Les eaux souterraines 10

Lieux de prélèvements 10

Analyses 11

Résultats 11

b) Les eaux de surface et les sédiments 14

Lieux de prélèvements 14

Analyses 15

Résultats 15

Les eaux de surface 15

Les sédiments 17

3.2 Suivi du milieu terrestre 18

a) Les sols, mats et couvert végétal 19

Lieux de prélèvements 20

Analyses réalisées 20

Résultats 21

Les sols et les mats 21

Le couvert végétal (Herbe) 21

3.3 La chaîne alimentaire 23

a) Les produits du jardin 23

Localisation 23

Analyses réalisées : 23

Résultats : 23

b) Le gibier et les poissons d'eau douce 24

Analyses réalisées : 24

Résultats : 24

c) Produits de la ruche 25

Analyses réalisées 25

Résultats : 25

d) Nouvelles investigations : lait, céréales, baies et champignons 25

Analyses réalisées 25

Résultats 26

3.4 Les vignobles 27

a) Les raisins et les sols des parcelles 27

Analyses réalisées 27

Résultats 27

3.5 Les arbres 28

Analyses réalisées 29

Résultats 30

C. Volet 2 : Mesure de l'irradiation externe 31

1. Cartographie des débits de dose autour du CSA 32

2. Cartographie des débits de dose autour du CIRES 33

3. Cartographie des débits de dose autour du site DAHER à Epothémont ... 34

D. Synthèse et conclusion ... 36

E. ANNEXES ... 39

Annexe 1 : Eléments techniques de compréhension ... 41

1. Présentation des installations liées au stockage des déchets radioactifs dans la région de Soulaines ... 41
1.1 Le centre de stockage des déchets de faibles et moyennes activités de l'Aube (CSA) ... 41
1.2 Le CIRES (TFA) ... 43
1.3 Site DAHER ... 43

2. Informations sur les radionucléides recherchés ... 45
2.1 Radionucléides naturels ... 45
2.2 Cas particulier du tritium ... 45
Valeurs de référence dans l'environnement ... 46
2.3 Le carbone-14 ... 46
Métrologie et expression des résultats ... 47
2.4 Radioéléments artificiels ... 48

ANNEXE 2 : Localisation, nature & calendrier des prélèvements ... 49

1. Localisation des prélèvements ... 49

2. Identification des prélèvements ... 50

ANNEXE 3 : Méthodes et résultats détaillés ... 52

1. Les eaux souterraines ... 52
1.1 Remarques concernant les prélèvements, traitements et analyses ... 52
1.2 Résultats détaillés ... 54

2. Les sédiments et eaux de surface ... 56
2.1 Remarques concernant les prélèvements, traitements et analyses ... 56
2.2 Granulométrie des sédiments ... 57
2.3 Résultats détaillés ... 58

3. Les sols, mats et couvert végétal ... 60
3.1 Remarques concernant les prélèvements, traitements et analyses ... 60
3.2 Résultats détaillés ... 62

4. La chaîne alimentaire ... 65
4.1 Remarques concernant les prélèvements, le traitement et analyses des produits du jardin ... 65
4.2 Remarques concernant les prélèvements, le traitement et analyses des baies et champignons ... 65
4.3 Remarques concernant les prélèvements, le traitement et analyses du lait et des céréales ... 65
4.4 Remarques concernant les prélèvements, le traitement et analyses du gibier et des poissons ... 66
4.5 Remarques concernant les prélèvements, le traitement et analyses des produits de la ruche ... 66

5. Les vignobles ... 74
5.1 Remarques concernant les prélèvements, le traitement et analyses ... 74
5.2 Résultats détaillés ... 75

6. Les arbres ... 77
6.1 Remarques concernant les prélèvements et le traitement ... 77
6.2 Résultats détaillés ... 79

ANNEXE 4 : Matériel, méthodes et expression pour les analyses ... 80

1. Méthodologie appliquée aux prélèvements et aux analyses ... 80
1.1 Normes suivies ... 80
1.2 Mesure des radioéléments émetteurs gamma ... 80
1. 3 Mesure du tritium dans l'eau ... 81
1.4 Analyses sous-traitées ... 81

ANNEXE 5 : Matériel, méthodes et expression pour les mesures d'irradiation externe (débit de dose) 82

1. Matériel et expression 82

2. Méthode et mesure 82

3. Résultats des mesures 83

3.1 Mesures autour du CSA 83

3.2 Mesures autour du CIRES 84

3.3 Mesure autour du site DAHER 85

ANNEXE 6 : Rapports d'essais des analyses spécifiques 86

Liste des tableaux

Tableau 1 : Synthèse des résultats des analyses réalisées dans les eaux souterraines prélevées dans les piézomètres du CSA en 2023 et comparaisons avec les résultats obtenus en 2007 et 2012. 12

Tableau 2 : Synthèse des résultats des analyses réalisées en 2023 sur les eaux souterraines prélevées dans deux captages d'eau de distribution situés à proximité du CSA et comparaison avec les résultats obtenus en 2007 et en 2012. 13

Tableau 3 et 4 : Synthèse des résultats des analyses réalisées dans les eaux de surface prélevées dans le bassin d'orage, les Noues d'Amances, l'étang des cailles et l'étang des Cornées et comparaisons avec les résultats obtenus en 2012 et 2007. 16

Tableau 5 et 6 : Synthèse des résultats des analyses réalisées en 2023 dans les sédiments prélevés à l'intérieur et à l'extérieur du CSA et comparaison avec les résultats obtenus en 2007 et 2012. 18

Tableau 7 : Synthèse des résultats des analyses réalisées en 2023 dans le milieu terrestre (mat et sol) et comparaisons avec les résultats obtenus en 2007 et 2012. 21

Tableau 8 : Synthèse des résultats des analyses réalisées en 2023 dans le milieu terrestre (couvert végétal) et comparaisons avec les résultats obtenus en 2007 et 2012. 22

Tableau 9 : Synthèse des résultats obtenus dans les produits du potager en 2023 et comparaison avec les données antérieures. 23

Tableau 10 : Synthèse des résultats obtenus pour le gibier et les poissons prélevés en 2023 et comparaisons avec ceux de 2012 24

Tableau 11 : synthèse des résultats obtenus par spectrométrie gamma dans les miels et la cire d'abeilles en 2023 et comparaison avec les résultats obtenus en 2012 et 2015. 25

Tableau 12 : Synthèse des résultats des analyses effectuées en 2023 sur les produits agricoles et produits sauvages. 26

Tableau 13 : Synthèse des résultats des analyses réalisées en 2023 sur les raisins (jus et marc) prélevés dans les vignes situées sur les communes de Saulcy, de Colombé-la-Fosse et de Trannes. 28

Tableau 14 : Synthèse des résultats des analyses réalisées en 2023 sur les sols de surface prélevés dans les rangées des vignes situées sur les communes de Saulcy, de Colombé-la-Fosse et de Trannes. 28

Tableau 15 : Synthèse des résultats obtenus dans le bois et l'écorce des arbres abattues autour du CSA en 2023 et 2007. 30

Tableau 16 : Autorisations de rejet annuel du centre CSFMA de l'Aube (arrêté du 21 aout 2006) : valeurs limites concernant les rejets atmosphérique et liquides et rejets effectifs pour 2022 et 2023 (source ANDRA) en MBq. 42

Tableau 17 : Autorisations de rejet annuel (en MBq) et rejets effectifs pour 2022 et 2023 du CIRES 43

Tableau 18 : Limites annuelles des rejets atmosphériques (activité totale en MBq et activité volumique) 44

Tableau 19 : Rapports caractéristiques des retombées des essais nucléaires atmosphériques 48

Tableau 20: Tableau récapitulatif des radioisotopes artificiels recherchés 48

Tableau 21 : Localisation, calendrier et nature des prélèvements effectués en 2023 dans la région de Soulaines 50

Tableau 22 : Caractéristiques des eaux souterraines (température, pH et conductivité). 53

Tableau 23 : Résultats des analyses des eaux souterraines prélevées les 20,21 et 22 juin 2023. 54

Tableau 24 : Résultats des analyses des eaux souterraines prélevées les 20,21 et 22 juin 2023 (suite). 55

Tableau 25 : Résultats des analyses des eaux souterraines prélevées les 20,21 et 22 juin 2023 (suite). 55

Tableau 26 : Synthèse (exprimée en % de la masse) des caractéristiques granulométriques des sédiments collectés en juin 2023. 57

Tableau 27 : Résultats des analyses des sédiments prélevés le 20 juin 2023. 58

Tableau 28 : Résultats des analyses des eaux de surfaces prélevées le 20 juin 2023. 59

Tableau 29 : Résultats des analyses des mats (partie mixte de sol et de racines) prélevés le 21 juin 2023. 62

Tableau 30 : Résultats des analyses des sols prélevés le 21 juin 2023 63

Tableau 31 : Résultats des analyses du couvert végétal prélevé le 21 juin 2023. 64

Tableau 32: Résultats des analyses des productions des jardins collectées en 2023 67

Tableau 33 : Résultats des analyses réalisées sur les baies et les champignons récoltées en aout 2023. 68

Tableau 34: Résultats des analyses du gibier collectés en juillet 2023 69

Tableau 35: Résultats des analyses des poissons pêchés dans l'étang du Happet en juillet 2023. 70

Tableau 36: Résultats de l'analyse des céréales récoltées en 2023 71

Tableau 37: Résultats de l'analyse du lait récolté en 2023 72

Tableau 38: Résultats des analyses des produits de la ruche récoltés en 2023 73

Tableau 39: Résultats des analyses des produits du vignoble récoltés en septembre 2023 75

Tableau 40 : Résultats des analyses des sols des différents vignobles récoltés en septembre 2023 76

Tableau 41 : résultats des analyses des arbres prélevés en septembre 2023 en 2 endroits au voisinage du CSA. 79

Tableau 42 : Résultats des mesures de débits de dose (H*10) réalisées le 16 septembre 2024 (jour d'inactivité) le long de la clôture du CSA. 83

Tableau 43 : Résultats des mesures de débits de dose (H*10) réalisées le 15 septembre 2024 (jour d'activité) le long de la clôture du CSA. 83

Tableau 44 : Résultats des mesures de débits de dose (H*10) réalisées le 14 septembre 2024 (jour d'inactivité) le long de la clôture du CIRES 84

Tableau 45 : Résultats des mesures de débits de dose (H*10) réalisées le 14 septembre 2024 (jour d'activité) le long de la clôture du CIRES 84

Tableau 46 : Résultats des mesures de débits de dose (H*10) réalisées le 14 septembre 2024 (jour d'activité) le long de la clôture du site DAHER à Epothémont. 85

Tableau 47 : Résultats des mesures de débits de dose (H*10) réalisées le 14 septembre 2024 (jour d'inactivité) le long de la clôture du site DAHER à Epothémont. 85

A. Présentation Générale de l'étude

1. Contexte

La Commission Locale d'Information (CLI) de Soulaines est chargée d'une mission générale de suivi, d'information et de concertation en matière de sûreté nucléaire, de radioprotection et d'impact des activités nucléaires sur les personnes et sur l'environnement pour ce qui concerne les installations du site. Pour l'exercice de ses missions, la CLI peut faire réaliser des expertises et faire procéder à toute mesure ou analyse dans l'environnement relative aux émissions ou rejets des installations du site. Elle assure également une large diffusion des résultats de ses travaux sous une forme accessible au plus grand nombre.

Dans ce cadre, la CLI a souhaité réaliser des analyses dans l'environnement autour du CSA avec pour objectif de poursuivre les études réalisées à sa demande en 2007 et 2012, par l'Association pour le Contrôle de la Radioactivité dans l'Ouest (ACRO), afin de suivre l'évolution du niveau de radioactivité en renouvelant les mêmes analyses, et d'élargir le référentiel à partir de nouvelles investigations. Le laboratoire de l'ACRO a, de nouveau, été retenu pour réaliser ce travail.

2. Démarche et méthode

Comme lors des précédents travaux, le périmètre de l'étude a porté à la fois sur le secteur proche du centre mais également sur d'autres lieux plus éloignés afin de prendre en considération les enjeux locaux (le vignoble par exemple).

Le plan de suivi élaboré selon le cahier des charges proposé, s'est ainsi décomposé en deux volets complémentaires :

1. Prélèvements et analyses d'échantillons collectés sur le site du CSA et dans ses environs :
    - Domaines terrestres et aquatiques,
    - La chaine alimentaire : analyses de produits agricoles, de la ruche, légumes du jardin, baies, gibier et poissons d'eau douce,
    - Les vignobles : mesures sur les sols et sur le raisin,
    - Les arbres : mesures sur des chaînes autour du CSA,
2. Mesures des niveaux d'irradiation (débit de dose) autour des périmètres du CSA, du CIRES et de DAHER à Epothémont, durant un jour d'activité et un jour d'inactivité des sites.

L'élaboration et le suivi du travail ont été réalisés par la CLI avec la mise en place d'un comité de pilotage permettant l'implication de ses membres dans chacune des étapes. Cette implication forte, permet, à travers cette étude, de construire une information qui tienne compte des spécificités de la région et des questionnements particuliers.

Un tel travail a également impliqué que l'engagement soit partagé par l'industriel. Ainsi, dans le cadre d'une convention tripartite, l'ANDRA a donné l'autorisation de pénétrer à l'intérieur de l'installation nucléaire afin de pouvoir prélever « au pied » des ouvrages de stockage de déchets. Comme lors des précédentes études, l'ANDRA a souhaité pouvoir « doubler » l'ensemble des mesures.

Les prélèvements ont été réalisés lors de deux campagnes qui ont eu lieu du **19 au 23 juin et du 13 au 16 septembre 2023** en présence des équipes de l'ACRO, de l'ANDRA et de plusieurs membres de la CLI.

B. Volet 1 : Campagne de mesure des niveaux de radioactivité dans les environs du CSA ; Suivi et élargissement du référentiel

1. Présentation du travail

En 2007, l'ACRO a réalisé pour le compte de la CLI de Soulaines, un « état des lieux » de la radioactivité autour du centre de stockage de l'Aube, renouvelé cinq ans plus tard en 2012.

De façon à appréhender une éventuelle évolution des niveaux de radioactivité, l'approche choisie dans le cadre de cette nouvelle étude est relativement similaire (choix des sites, matrices et type d'analyse). Ainsi, les prélèvements ont concerné différentes matrices environnementales issues des domaines aquatiques et terrestres afin de prendre en compte les conséquences potentielles des rejets atmosphériques et liquides du centre, comme le montre l'analyse de situation ci-dessous.

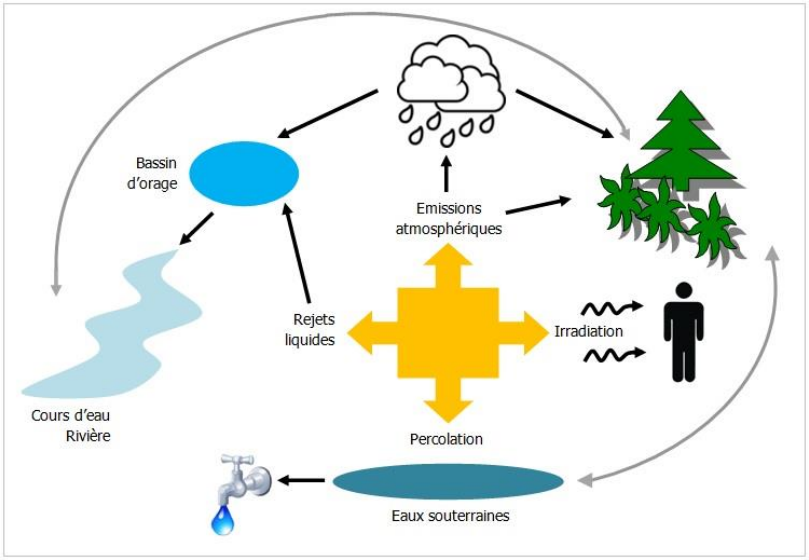


Figure 1 : Schéma des interactions entre le CSA et son milieu environnant.

Afin de répondre au souhait de la CLI d'élargir le référentiel, de nouvelles investigations ont été menées comme par exemple, sur le lait, les céréales, les champignons, les baies, etc. De même, les analyses réalisées en 2007, sur des arbres situés à la périphérie du CSA, ont également été renouvelées.

Les prélèvements ont été réalisés au cours de 2 campagnes en présence de représentants de l'ANDRA et du comité de pilotage de la CLI :

- Campagne 1 (19 et 23 juin 2023) : domaine aquatique, domaine terrestre et produits du jardin,
- Campagne 2 (13 au 16 septembre 2023) : vignobles, arbres, produits du jardin, produits de la ruche, gibier et poissons, champignons et baies et cartographie des sites (mesures des débits de dose),

Les résultats détaillés et la méthodologie appliquée aux différents prélèvements et mesures in situ, sont présentés en annexes.

2. Localisation des prélèvements

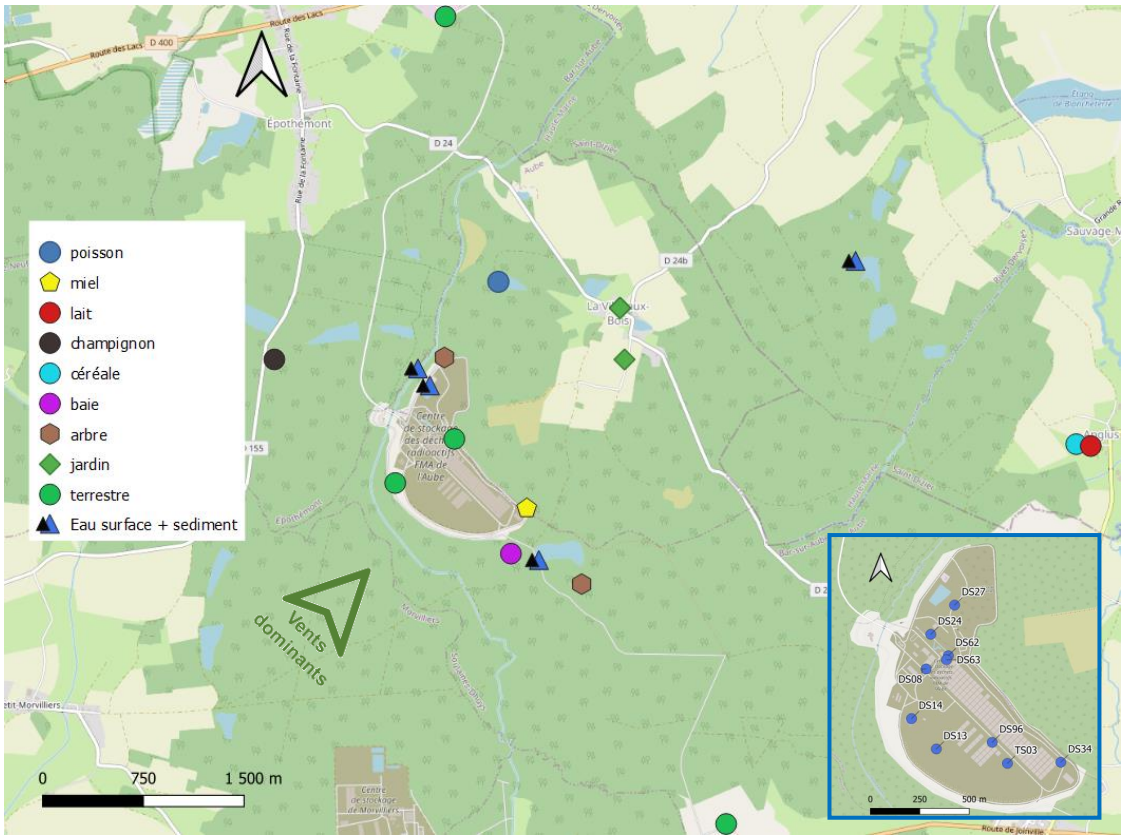


Figure 3 : localisation des sites de prélèvement 2023 autour du CSA. Les vignobles situés respectivement à Colombey-la-Fosse, Saulcy et Trannes, n'apparaissent pas sur cette carte.

Figure 2 : Prélèvements réalisés en juin et septembre 2023 en présence de membres de la CLI et de l'ANDRA.

3. Résultats et commentaires

Les résultats obtenus sont synthétisés dans les tableaux ci-dessous avec une comparaison avec les données de 2007 et de 2012. Les résultats complets sont donnés en annexe 3.

Note générale concernant la présentation des résultats :
Par soucis de synthèse, seules les activités supérieures au seuil de décision[1] (SD) sont exprimées. Dans le cas contraire, **il est indiqué que le résultat est inférieur au seuil de décision « < SD »**. Les résultats complets sont présentés en annexe 3.

3.1 Suivi du milieu aquatique

a) Les eaux souterraines

Le suivi de la qualité radiologique des eaux souterraines constitue un élément important de la surveillance d'un centre de stockage.

Sous le CSA, la première nappe, composée de sables de l'Aptien, repose sur une couche argileuse de plusieurs dizaines de mètres. C'est celle qui est la plus vulnérable aux pollutions par l'infiltration des eaux de pluie ou par percolation au travers des ouvrages.

La nappe s'écoule vers le ruisseau des Noues d'Amance et la plus grande partie des écoulements est dirigée vers le nord-ouest.

Lieux de prélèvements

A l'intérieur du centre, les piézomètres retenus en 2007 puis en 2012 ont à nouveau été investigué[2] (neuf avaient été retenus en 2007, élargi à dix en 2012).

Les prélèvements ont été effectués selon la méthode utilisée habituellement par l'exploitant (pompage et/ou par immersion d'un préleveur en profondeur) après renouvèlement des eaux du piézomètre.

Hors du site, deux eaux de captage (Sauvage-Magny et Rances) ont également été prélevées.

Figure 4 : Prélèvements dans les piézomètres du CSA et dans une station de captage des eaux (à droite)

[1] Cette notion définit la plus petite concentration mesurable pour un radionucléide donnée. Le seuil de décision (SD) est la limite au-dessus de laquelle on estime avec une bonne probabilité que l'élément radioactif est bien présent dans l'échantillon. On peut l'assimiler à la sensibilité de mesure de l'appareil utilisé.
[2] Seul le piézomètre TS01, rebouché, a été remplacé par le DS34 en 2012 ; de même pour TS04, remplacé en 2023 par DS96.

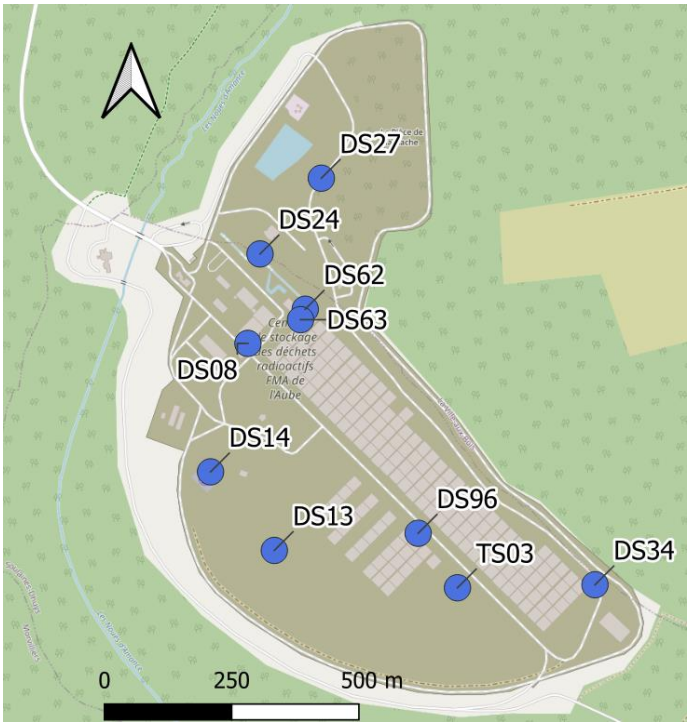


Figure 5 : localisation des piézomètres investigués

Analyses

- Tritium libre (HTO) après distillation.
- Comme précédemment, des mesures complémentaires ont été réalisées dans les eaux de captage (réseau de distribution des eaux) ainsi que dans deux eaux des aquifères sous-jacents du centre :
    - Indice bêta global et mesure du potassium,
    - Indice alpha global
    - Emetteurs gamma sur eau filtrée (mesure après concentration)
- Enfin, le Chlore 36 est recherché dans une eau des aquifères sous-jacents du centre (en fonction des résultats tritium).

Résultats

Une synthèse des résultats obtenus est présentée dans les tableaux ci-dessous avec une mise en perspective avec ceux obtenus en 2007 et en 2012. Les résultats complets sont donnés en annexe 3.

A l'intérieur du périmètre de l'installation nucléaire, trois des dix piézomètres investigués révèlent la présence de tritium avec des concentrations de 3,1 Bq/L (piézomètre DS62), de 5,2 Bq/L (piézomètre DS63) et de 2,3 Bq/L (piézomètre TS03).
Concernant la zone nord (DS62 et DS63), le marquage déjà noté en 2012 est mis en évidence par l'ANDRA depuis 2009 avec une concentration maximale de 27 Bq/L relevée en 2010. L'hypothèse émise par l'exploitant est une migration du tritium contenu dans deux ouvrages voisins contenant des plaques radio-luminescentes stockées en 1994. A signaler que les eaux du piézomètre DS62, ne témoignent pas de la présence d'autres radionucléides artificiels, dont le Chlore-36, radionucléide particulièrement mobile.
En 2023, un autre marquage, plus faible, est noté dans la zone proche des nouveaux ouvrages au sud du site (TS03).

Concernant les eaux de captages, on souligne l'absence de tritium (HTO) à des niveaux supérieurs au seuil de décision.

Les autres paramètres radiologiques pris en compte pour étudier la potabilité des eaux sont respectés pour l'ensemble des eaux. Ainsi les indices bêta global résiduel et alpha global sont respectivement inférieurs à 1 et 0,1 Bq/L. Dans le détail, le bêta global, est constitué quasi-totalement par l'isotope radioactif du potassium, élément naturellement présent dans l'environnement[3]. C'est le cas par exemple des eaux prélevées dans le piézomètre DS96 (voir annexe 3).

Enfin, aucun radionucléide gamma artificiel n'est décelable.

Tableau 1 : Synthèse des résultats des analyses réalisées dans les eaux souterraines prélevées dans les piézomètres du CSA en 2023 et comparaisons avec les résultats obtenus en 2007 et 2012.

Année			2023	2012	2007
Radionucléide	Période		**Eau souterraine *sous le CSA*** Min-max Fréquence	**Eau souterraine *sous le CSA*** Min-max Fréquence	**Eau souterraine *sous le CSA*** Min-max Fréquence
Radionucléides artificiels émetteurs gamma					
Cobalt-60	5,3 ans	Bq/L	< SD (0/3)	< SD (0/3)	< SD (0/3)
Ru/Rh-106	373 jours	Bq/L	< SD (0/3)	< SD (0/3)	< SD (0/3)
Argent-108m	438 ans	Bq/L	< SD (0/3)	< SD (0/3)	< SD (0/3)
Argent-110m	250 jours	Bq/L	< SD (0/3)	< SD (0/3)	< SD (0/3)
Césium-134	2,1 ans	Bq/L	< SD (0/3)	< SD (0/3)	< SD (0/3)
Césium-137	30,0 ans	Bq/L	< SD (0/3)	< SD (0/3)	< SD (0/3)
Américium-241	437,7 ans	Bq/L	< SD (0/3)	< SD (0/3)	< SD (0/3)
Radionucléides naturels émetteurs gamma					
Radium-226 (max)	Ch. 238U	Bq/L	< SD (0/3)	< SD (0/3)	< SD (0/3)
Plomb-210	Ch. 238U	Bq/L	< SD (0/3)	< SD (0/3)	< SD (0/3)
Potassium-40	$1{,}3 \times 10^9$ ans	Bq/L	< SD (0/3)	< SD (0/3)	< SD (0/3)
Beryllium-7	53,2 jours	Bq/L	< SD (0/3)	< SD (0/3)	< SD (0/3)
Radionucléides émetteur bêta pur					
Tritium	12 ans	Bq/L	**2,3 – 5,2** (3/10)	**5,3** (1/10)	< SD (0/9)
Chlore-36	301×10^3 ans	Bq/L	< SD (0/1)	< SD (0/1)	< SD (0/1)
Paramètres de potabilité					
Indice alpha total	Bq/L	Bq/L	**0,088** (1/3)	< SD (0/3)	**0,019** (1/2)
Bêta total	Bq/L	Bq/L	**0,06 - 0,36** (3/3)	**0,09 - 0,13** (3/3)	**0,09 - 0,12** (3/3)
Indice Bêta Résiduel (Bq/L)			**0,18**	< SD	-

Légende : < SD = résultat inférieur au seuil de décision (X/X) = fréquence de détection

[3] Pour étudier la qualité radiologique des eaux, on se réfère généralement à l'indice bêta global résiduel obtenu après soustraction de l'activité du potassium-40 obtenu par calcul après dosage du potassium total (voir résultats donnés en annexe3).

Tableau 2 : Synthèse des résultats des analyses réalisées en 2023 sur les eaux souterraines prélevées dans deux captages d'eau de distribution situés à proximité du CSA et comparaison avec les résultats obtenus en 2007 et en 2012.

Année			2023	2012	2007
Radionucléide	Période		**Eau souterraine** ***Captage extérieur*** Min-max Fréquence	**Eau souterraine** ***Captage extérieur*** Min-max Fréquence	**Eau souterraine** ***Captage extérieur*** Min-max Fréquence
Radionucléides artificiels émetteurs gamma					
Cobalt-60	5,3 ans	Bq/L	< SD (0/2)	< SD (0/2)	< SD (0/2)
Ru/Rh-106	373 jours	Bq/L	< SD (0/2)	< SD (0/2)	< SD (0/2)
Argent-108m	438 ans	Bq/L	< SD (0/2)	< SD (0/2)	< SD (0/2)
Argent-110m	250 jours	Bq/L	< SD (0/2)	< SD (0/2)	< SD (0/2)
Césium-134	2,1 ans	Bq/L	< SD (0/2)	< SD (0/2)	< SD (0/2)
Césium-137	30,0 ans	Bq/L	< SD (0/2)	< SD (0/2)	< SD (0/2)
Américium-241	437,7 ans	Bq/L	< SD (0/2)	< SD (0/2)	< SD (0/2)
Radionucléides naturels émetteurs gamma					
Radium-226 (max)	Ch. 238U	Bq/L	< SD (0/2)	< SD (0/2)	< SD (0/2)
Plomb-210	Ch. 238U	Bq/L	< SD (0/2)	< SD (0/2)	< SD (0/2)
Potassium-40	$1{,}3 \times 10^9$ ans	Bq/L	< SD (0/2)	< SD (0/2)	< SD (0/2)
Beryllium-7	53,2 jours	Bq/L	< SD (0/2)	< SD (0/2)	< SD (0/2)
Radionucléides émetteur bêta pur					
Tritium	12 ans	Bq/L	< SD (0/2)	< SD (0/2)	< SD (0/2)
Chlore-36	301×10^3 ans	Bq/L	< SD (0/2)	-	-
Paramètres de potabilité					
Indice alpha total	Bq/L	Bq/L	< SD (0/2)	< SD (0/2)	< SD (0/2)
Bêta total	Bq/L	Bq/L	< SD (0/2)	**0,06 - 0,11** (2/2)	**0,11** (1/2)
Indice Bêta Résiduel		Bq/L	< SD	< SD	-

Légende : < SD = résultat inférieur au seuil de décision (X/X) = fréquence de détection

b) Les eaux de surface et les sédiments

L'eau est le vecteur principal de pollution dans le compartiment aquatique. Souvent réceptrice de divers contaminants, elle joue un rôle d'interface avec la totalité des matrices étudiées.
Le devenir des contaminants au sein de cette matrice particulière est fonction de divers paramètres : dynamique des fluides (dispersion), nature physico-chimique de l'eau, etc.

Les sédiments sont le siège de divers processus de rétention des éléments traces solubles présents dans l'eau. Les rejets de toutes sortes peuvent ainsi contribuer à augmenter le niveau de pollution par phénomène d'adsorption à la surface des particules sédimentaires. De ce point de vue, les grains les plus fins favorisent mieux la rétention (surface spécifique plus grande). La granulométrie est un facteur essentiel de modulation des concentrations mesurées d'un site à l'autre.

Déposée successivement au fil du temps, cette matrice conserve en partie la mémoire des pollutions et constitue de ce fait un réservoir pouvant alimenter par la suite des transferts.

Lieux de prélèvements

Quatre sites ont été retenus :
- Le bassin d'orage, situé sur le CSA,
- Les Noues d'Amances, en aval direct de l'émissaire de rejet
- L'étang des Cailles situé à proximité du CSA,
- L'étang des Cornées, situé à distance, comme site de référence.

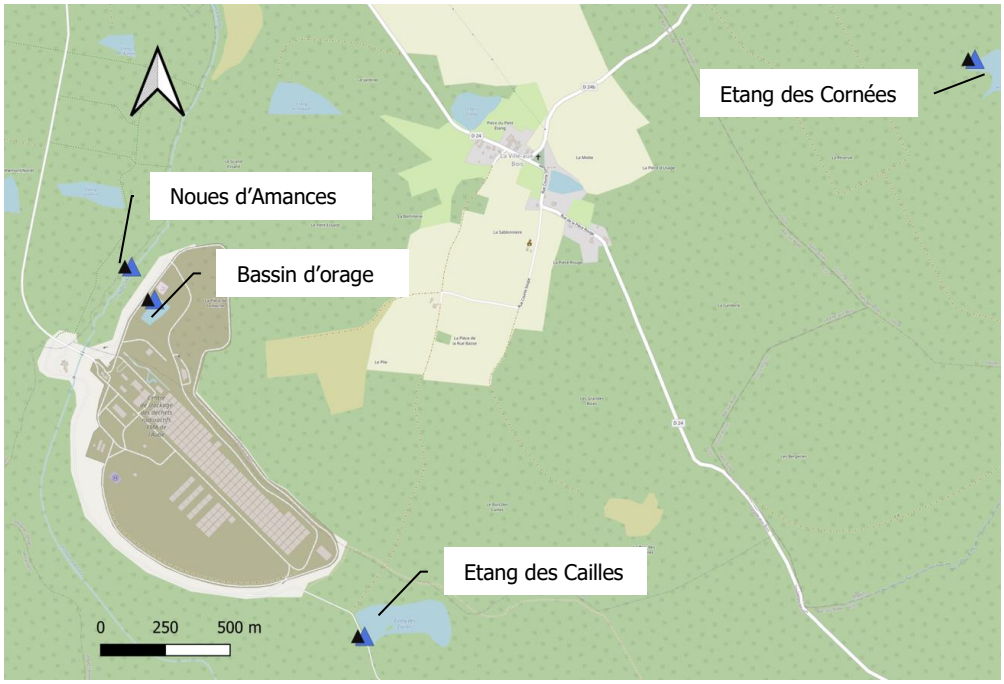


Figure 6 : Localisation des sites de prélèvements des eaux de surfaces et des sédiments

Analyses

Pour l'ensemble des prélèvements **d'eau**, il est réalisé :

- Tritium libre (HTO) après distillation.
- Indice Bêta global et mesure du potassium,
- Indice alpha global,
- Emetteurs gamma sur eau filtrée (mesure après concentration).

En ce qui concerne **les sédiments**, les analyses portent sur :

- Emetteurs gamma (mesure sur échantillon sec et tamisé)
- Granulométrie

Comme en 2012, des analyses complémentaires sont réalisées sur les sédiments du bassin d'orage ainsi que dans l'étang des Cailles :

- Isotopes du plutonium (Pu-238 et Pu-239+240),
- Tritium organiquement lié (OBT) et Carbone-14.
- Le nickel-63 est recherché quant à lui uniquement dans les sédiments du bassin d'orage.

Figure 7 : Prélèvements dans le bassin d'orage du CSA et à l'étang des Cornées.

Résultats

Les eaux de surface

Une synthèse des résultats des analyses est présentée dans les deux tableaux suivants (prélèvements réalisés sur le site du CSA et hors site).

Dans les eaux de surfaces filtrées, les indices bêta global résiduel et alpha global restent conforment, aux incertitudes de mesures prés, aux critères retenus pour la potabilité des eaux. De même la teneur en tritium (HTO), reste toujours inférieure au seuil de décision pour l'ensemble des eaux de surfaces analysées.

Enfin, Aucun radionucléide gamma artificiel n'est décelable comme en témoigne les analyses faites par spectrométrie gamma sur les échantillons concentrés par évaporation.

Tableau 3 et 4 : Synthèse des résultats des analyses réalisées dans les eaux de surface prélevées dans le bassin d'orage, les Noues d'Amances, l'étang des cailles et l'étang des Cornées et comparaisons avec les résultats obtenus en 2012 et 2007.

Radionucléide	Période	*Unité*	Eau de surface *Bassin d'orage* ***2023*** Min-max Fréquence	Eau de surface *Bassin d'orage* ***2012*** Min-max Fréquence	Eau de surface *Bassin d'orage* ***2007*** Min-max Fréquence
Radionucléides artificiels émetteurs gamma					
Cobalt-60	5,3 ans	*Bq/L*	< SD (0/1)	< SD (0/1)	< SD (0/1)
Ru/Rh-106	373 jours	*Bq/L*	< SD (0/1)	< SD (0/1)	< SD (0/1)
Argent-108m	438 ans	*Bq/L*	< SD (0/1)	< SD (0/1)	< SD (0/1)
Argent-110m	250 jours	*Bq/L*	< SD (0/1)	< SD (0/1)	< SD (0/1)
Césium-134	2,1 ans	*Bq/L*	< SD (0/1)	< SD (0/1)	< SD (0/1)
Césium-137	30,0 ans	*Bq/L*	< SD (0/1)	< SD (0/1)	< SD (0/1)
Américium-241	437,7 ans	*Bq/L*	< SD (0/1)	< SD (0/1)	< SD (0/1)
Radionucléides naturels émetteurs gamma					
Radium-226 (max)	Ch. 238U	*Bq/L*	< SD (0/1)	< SD (0/1)	< SD (0/1)
Plomb-210	Ch. 238U	*Bq/L*	< SD (0/1)	< SD (0/1)	< SD (0/1)
Potassium-40	1,3. 10^9 ans	*Bq/L*	< SD (0/1)	< SD (0/1)	< SD (0/1)
Beryllium-7	53,2 jours	*Bq/L*	< SD (0/1)	< SD (0/1)	< SD (0/1)
Radionucléides émetteur bêta pur					
Tritium	12 ans	*Bq/L*	< SD (0/1)	< SD (0/1)	< SD (0/1)
Paramètres de potabilité					
Indice alpha total		*Bq/L*	< SD (0/1)	< SD (0/1)	**0,034** (1/1)
Bêta total		*Bq/L*	< SD (0/1)	**0,27** (1/1)	**0,18** (1/1)
Indice Bêta résiduel		*Bq/L*	< SD	**0,10**	-

Radionucléide	Période	*Unité*	Eau de surface *Hors site* ***2023*** Min-max Fréquence	Eau de surface *Hors site* ***2012*** Min-max Fréquence	Eau de surface *Hors site* ***2007*** Min-max Fréquence
Radionucléides artificiels émetteurs gamma					
Cobalt-60	5,3 ans	*Bq/L*	< SD (0/3)	< SD (0/2)	< SD (0/2)
Ru/Rh-106	373 jours	*Bq/L*	< SD (0/3)	< SD (0/2)	< SD (0/2)
Argent-108m	438 ans	*Bq/L*	< SD (0/3)	< SD (0/2)	< SD (0/2)
Argent-110m	250 jours	*Bq/L*	< SD (0/3)	< SD (0/2)	< SD (0/2)
Césium-134	2,1 ans	*Bq/L*	< SD (0/3)	< SD (0/2)	< SD (0/2)
Césium-137	30,0 ans	*Bq/L*	< SD (0/3)	< SD (0/2)	< SD (0/2)
Américium-241	437,7 ans	*Bq/L*	< SD (0/3)	< SD (0/2)	< SD (0/2)
Radionucléides naturels émetteurs gamma					
Radium-226 (max)	Ch. 238U	*Bq/L*	< SD (0/3)	< SD (0/2)	< SD (0/2)
Plomb-210	Ch. 238U	*Bq/L*	< SD (0/3)	< SD (0/2)	< SD (0/2)
Potassium-40	1,3. 10^9 ans	*Bq/L*	< SD (0/3)	< SD (0/2)	< SD (0/2)
Beryllium-7	53,2 jours	*Bq/L*	< SD (0/3)	< SD (0/2)	< SD (0/2)
Radionucléides émetteur bêta pur					
Tritium	12 ans	*Bq/L*	< SD (0/3)	< SD (0/2)	< SD (0/2)
Paramètres de potabilité					
Indice alpha total		*Bq/L*	**0,13** (1/3)	< SD (0/2)	**0,029** (2/2)
Bêta total		*Bq/L*	**0,19 - 0,58** (2/3)	**0,08 - 0,16** (2/2)	**0,071 - 0,083** (2/2)
Indice Bêta Résiduel		*Bq/L*	**0,19 – 0,46**	< SD	-

Légende : < SD = résultat inférieur au seuil de décision (X/X) = fréquence de détection

Les sédiments

Pour l'ensemble des sédiments, la radioactivité artificielle mesurée par spectrométrie gamma se résume au seul césium-137, y compris dans le bassin d'orage. Les niveaux observés sont comparables à ce que l'on peut observer ailleurs dans des zones considérées comme non influencées par des activités humaines. Pour rappel, du cobalt-60 et du nickel-63 avaient été détectés dans le bassin d'orage en 2007. Ces deux radioéléments artificiels ne sont pas décelés lors de cette campagne. On souligne également l'absence de strontium-90.

Concernant la recherche des isotopes du plutonium, aucune valeur significative n'est mise en évidence lors de cette campagne. Pour rappel, les concentrations mesurées en 2012 dans les sédiments du bassin d'orage et de l'étang des cailles étaient caractéristiques des retombées des essais nucléaires. Par contre, les résultats obtenus en 2007 dans le bassin d'orage, montraient un apport à priori exogène (rapporté) d'isotope du plutonium, puisque le rapport des activités 238Pu/239+240Pu n'était pas conforme aux valeurs attendues pour les seules retombées des essais nucléaires atmosphériques (voir pour en savoir plus, la note d'information en annexe 1).

Les activités spécifiques en carbone-14 de 117 et 228 Bq/kg de carbone, mesurés respectivement dans les sédiments collectés dans le bassin d'orage et l'étang des cailles sont conformes aux valeurs de référence[4] pour le milieu aquatique. Les différences de niveaux, que l'on notait également en 2012, peuvent s'expliquer par une genèse sédimentaire différente entre les deux lieux comme en témoigne leurs caractéristiques granulométriques dissemblables (voir chapitre 2.2 annexe 3). Ainsi, dans le cas du bassin d'orage, les sédiments de granulométrie très fines ont pour principales origines les apports liés aux lessivages des sols par les eaux de pluie sur le site. Dans le cas de l'étang des cailles, l'origine des sédiments est plus ancienne avec des apports plus importants de matière organique d'origine végétale.

Concernant le tritium organiquement lié, comme en 2012, il n'est pas possible de trancher sur un apport ou non de tritium exogène (rapporté) dans les sédiments du bassin d'orage ; si cela était le cas, cet apport serait en tout cas très faible. Les résultats obtenus dans le bassin d'orage et l'étang des Cailles, respectivement de 4,5 et de 3,3 Bq/L d'eau de combustion se situent en effet dans la gamme de variation relativement large donnée dans la littérature pour des zones dites « hors influences »[3].

[4] Voir en annexe 1, les informations sur les radioéléments recherchés et plus particulièrement sur le tritium et carbone-14.

Tableau 5 et 6 : Synthèse des résultats des analyses réalisées en 2023 dans les sédiments prélevés à l'intérieur et à l'extérieur du CSA et comparaison avec les résultats obtenus en 2007 et 2012.

Radionucléide	Période	*Unité*	Sédiments *Bassin d'orage* ***2023*** Min-max Fréquence	Sédiments *Bassin d'orage* ***2012*** Min-max Fréquence	Sédiments *Bassin d'orage* ***2007*** Min-max Fréquence
Radionucléides artificiels émetteurs gamma					
Cobalt-60	5,3 ans	*Bq/kg sec*	< SD (0/1)	< SD (0/1)	**1,13** (1/1)
Ru/Rh-106	373 jours	*Bq/kg sec*	< SD (0/1)	< SD (0/1)	< SD (0/1)
Argent-108m	438 ans	*Bq/kg sec*	< SD (0/1)	< SD (0/1)	< SD (0/1)
Argent-110m	250 jours	*Bq/kg sec*	< SD (0/1)	< SD (0/1)	< SD (0/1)
Césium-134	2,1 ans	*Bq/kg sec*	< SD (0/1)	< SD (0/1)	< SD (0/1)
Césium-137	30,0 ans	*Bq/kg sec*	**0,90** (1/1)	**0,64** (1/1)	**1,85** (1/1)
Américium-241 (*)	437,7 ans	*Bq/kg sec*	< SD (0/1)	**0,010** (1/1)	< SD (0/1)
Radionucléides émetteur bêta pur (*)					
Tritium (OBT)	12 ans	*Bq/kg sec*	**2,5** (1/1)	**0,19** (1/1)	NR
		Bq/L d'eau de combustion	**4,5** (1/1)	**10** (1/1)	NR
Carbone-14	5700 ans	*Bq/kg de C*	**117** (1/1)	**152** (1/1)	NR
Nickel-63	98,7 ans	*Bq/kg sec*	< SD (0/1)	< SD (0/1)	**0,70** (1/1)
Strontium-90	28,8 ans	*Bq/kg sec*	<SD (0/1)	< SD (0/1)	< SD (0/1)
Radionucléides émetteur alpha (*)					
Plutonium 238	87,8 ans	*Bq/kg sec*	<SD (0/1)	**0,001** (1/1)	**0,0055** (1/1)
Plutonium 239+240		*Bq/kg sec*	<SD (0/1)	**0,0181** (1/1)	**0,0469** (1/1)

Radionucléide	Période	*Unité*	Sédiments *Hors site* ***2023*** Min-max Fréquence	Sédiments *Hors site* ***2012*** Min-max Fréquence	Sédiments *Hors site* ***2007*** Min-max Fréquence
Radionucléides artificiels émetteurs gamma					
Cobalt-60	5,3 ans	*Bq/kg sec*	< SD (0/3)	< SD (0/2)	< SD (0/8)
Ru/Rh-106	373 jours	*Bq/kg sec*	< SD (0/3)	< SD (0/2)	< SD (0/8)
Argent-108m	438 ans	*Bq/kg sec*	< SD (0/3)	< SD (0/2)	< SD (0/8)
Argent-110m	250 jours	*Bq/kg sec*	< SD (0/3)	< SD (0/2)	< SD (0/8)
Césium-134	2,1 ans	*Bq/kg sec*	< SD (0/3)	< SD (0/2)	< SD (0/8)
Césium-137	30,0 ans	*Bq/kg sec*	**0,44 – 1,8** (3/3)	**1,60 - 3,16** (2/2)	**0,32 - 25,8** (8/8)
Américium-241 (*)	437,7 ans	*Bq/kg sec*	< SD (0/3)	**0,083** (1/2)	< SD (0/8)
Radionucléides émetteur bêta pur (*)					
Tritium (OBT)	12 ans	*Bq/kg sec*	**1,6** (1/1)	**0,25** (1/1)	NR
		Bq/L d'eau De combustion	**3,3** (1/1)	**6,86** (1/1)	NR
Carbone-14	5700 ans	*Bq/kg de C*	**228** (1/1)	**247** (1/1)	NR
Radionucléides émetteur alpha (*)					
Plutonium 238	87,8 ans	*Bq/kg sec*	< SD (0/1)	**0,006** (1/1)	NR
Plutonium 239+240		*Bq/kg sec*	< SD (0/1)	**0,188** (1/1)	NR

Légende : < SD = résultat inférieur au seuil de décision (X/X) = fréquence de détection NR = Non recherché

3.2 Suivi du milieu terrestre

a) Les sols, mats et couvert végétal

Les contaminants, potentiellement présents dans les masses d'air sous la forme d'aérosols, se déposent lentement le long d'un parcours. On parle de « dépôts secs ». Le relief, la nature du couvert végétal et le vent influencent l'intensité de ces dépôts.

Par temps de pluie, les gouttes d'eau emprisonnent les aérosols en se formant. Lors de leur chute, elles précipitent ces potentiels contaminants contenus dans la masse d'air située entre le sol et les nuages. On parle alors de lessivage dans et sous le nuage, finalement de « dépôts humides ». Les quantités déposées par temps de pluie sont toujours plus importantes que par temps sec.

Le couvert végétal a un rôle d'interface privilégiée entre le milieu atmosphérique et le sol. Les dépôts vont être en partie captés par les surfaces végétales comme les feuilles, les brins d'herbe, etc. Cette contamination par dépôt foliaire suit alors rapidement les concentrations en contaminants du compartiment atmosphérique.
Le couvert végétal peut également être contaminé par le sol. Par transfert racinaire, certains éléments présents dans le sol migrent et sont absorbés par la plante. Comme dans toute matrice biologique, les phénomènes d'ab/adsorption sont sélectifs au même titre que les phénomènes de concentration.

Les sols jouent un rôle de réservoir à l'égard des radionucléides artificiels peu mobiles et de longues périodes qui se déposent à leur surface. Cette rétention va alimenter divers transferts au cours du temps.
Les végétaux supérieurs qui puisent leurs nutriments des sols vont incorporer une fraction de cette radioactivité artificielle présente. La remise en suspension de fines particules de sols contaminées va contribuer à la radioactivité de l'air.

Entre ces deux matrices, une partie intermédiaire, **le mat** est constitué d'un mélange de végétal et de particule de terre. On situe généralement cette partie mixte entre 2 cm au dessus et 2 cm en dessous du sol (cf. Figure 9).

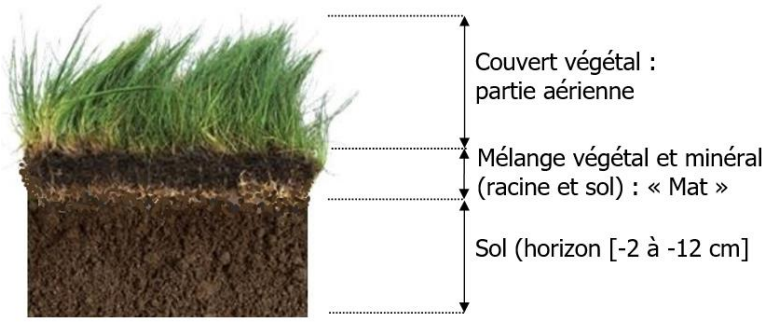


Figure 8 : Différenciation des différentes fractions analysées concernant les prélèvements terrestres (Couvert végétal, Mat et sols sous-jacents).

Lieux de prélèvements

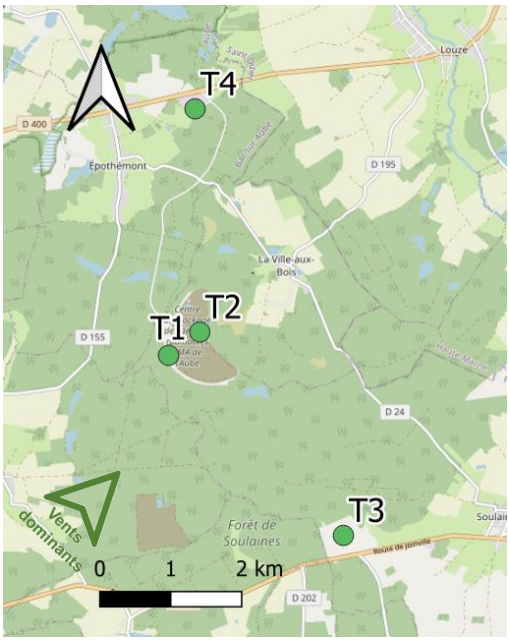


Figure 9 : Localisation des sites de prélèvements terrestres (sols et végétaux).

Le couvert végétal, le mat et les sols sous-jacents ont été prélevés sur les mêmes lieux que ceux investigués en 2007 et 2012 afin de suivre l'évolution des niveaux observables.

- **Station T1** située à 300m en direction du sud-ouest,
- **Station T2**, à 700 m en direction du nord-est,
- **Station T3**, au Domaine Saint Victor, siège de la communauté de communes, soit à 3,7 km en direction du sud-est.
- **Station T4**, situé à environ 100m du site DAHER dans la zone d'activité des Grands usages à Epothémont.

Analyses réalisées

Pour l'ensemble des échantillons, il est réalisé une recherche et un dosage des émetteurs gamma (naturels et artificiels).
En deux lieux, des mesures complémentaires sont réalisées :

Sur la station T2 : la recherche et le dosage des isotopes des plutoniums et américiums ainsi que le dosage du strontium dans la fraction « sol »,

Sur la station T2 et T4 : le dosage du tritium libre et lié (méthode bas bruit de fond) dans la partie aérienne du couvert végétal.

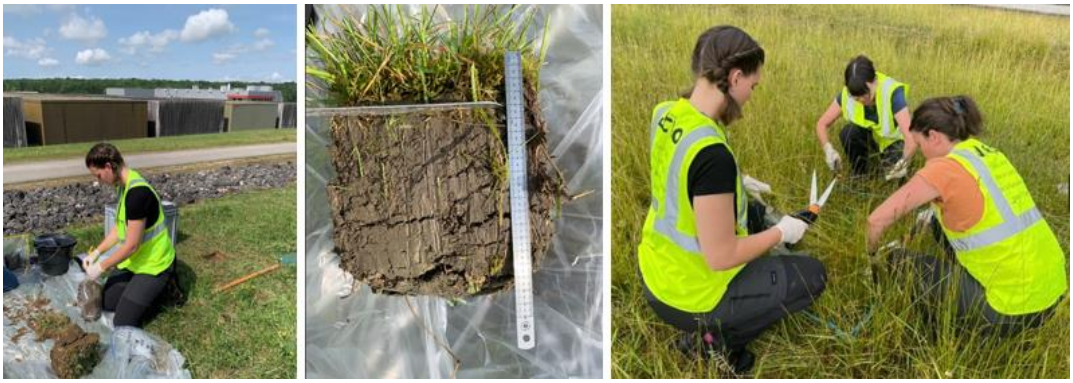


Figure 10 : prélèvements des sols, mats et herbe.

Résultats

Les sols et les mats

Le seul radionucléide artificiel détecté est le césium-137. Il est présent dans l'ensemble des échantillons prélevés avec des valeurs comprises entre 1 et 4 Bq/kg sec, du même ordre que celles obtenues lors des précédentes campagnes.

Ce césium-137 a pour principale provenance celle des retombées de l'accident de la centrale de Tchernobyl et des essais atmosphériques de l'arme nucléaire, principalement durant les années 60-80.

Les analyses complémentaires réalisées sur le sol prélevé à la station T2, située au Nord-Est du Site, ne mettent évidence ni la présence de strontium-90 ni des isotopes du plutonium (voir les résultats complets présentés en annexe 2).

Le couvert végétal (Herbe)

Aucun radionucléide artificiel émetteur gamma n'est décelé dans la partie aérienne du couvert végétal prélevée sur les 4 sites investigués.

Concernant le tritium, sous sa forme libre et liée, la méthode d'analyse utilisée, différente de celle employée lors des précédentes campagnes, explique les variations observées. Les résultats restent toutefois de l'ordre des niveaux attendus dans des zones non influencées par l'activité humaine (voir annexe 1).

Tableau 7 : Synthèse des résultats des analyses réalisées en 2023 dans le milieu terrestre (mat et sol) et comparaisons avec les résultats obtenus en 2007 et 2012.

Radionucléide	Période	Unité	Sols ***2023*** Min-max Fréquence	Mats ***2023*** Min-max Fréquence	Sols ***2012*** Min-max Fréquence	Mats ***2012*** Min-max Fréquence	Sols ***2007*** Min-max Fréquence
Radionucléides artificiels émetteurs gamma							
Cobalt-60	5,3 ans	*Bq/kg sec*	< SD (0/4)	< SD (0/4)	< SD (0/4)	< SD (0/4)	< SD (0/3)
Ru/Rh-106	373 jours	*Bq/kg sec*	< SD (0/4)	< SD (0/4)	< SD (0/4)	< SD (0/4)	< SD (0/3)
Argent-108m	438 ans	*Bq/kg sec*	< SD (0/4)	< SD (0/4)	< SD (0/4)	< SD (0/4)	< SD (0/3)
Argent-110m	250 jours	*Bq/kg sec*	< SD (0/4)	< SD (0/4)	< SD (0/4)	< SD (0/4)	< SD (0/3)
Iode-129	16 10^6 ans	*Bq/kg sec*	< SD (0/4)	< SD (0/4)	-	-	-
Iode-131	8 jours	*Bq/kg sec*	< SD (0/4)	< SD (0/4)	-	-	-
Césium-134	2,1 ans	*Bq/kg sec*	< SD (0/4)	<SD (0/4)	< SD (0/4)	< SD (0/4)	< SD (0/3)
Césium-137	30,0 ans	*Bq/kg sec*	**1,1 – 3,6** (4/4)	**1,2 – 3,9** (4/4)	**2,1 - 9,8** (4/4)	**1,6 - 8,0** (4/4)	**4,2 - 9,1** (3/3)
Américium-241	437,7 ans	*Bq/kg sec*	<SD (0/4)	< SD (0/4)	< SD (0/4)	< SD (0/4)	< SD (0/3)

Légende : < SD = résultat inférieur au seuil de décision (X/X) = fréquence de détection

Tableau 8 : Synthèse des résultats des analyses réalisées en 2023 dans le milieu terrestre (couvert végétal) et comparaisons avec les résultats obtenus en 2007 et 2012.

Radionucléide	Période	Unité	Couvert végétal ***2023*** Min-max Fréquence	Couvert végétal ***2012*** Min-max Fréquence	Couvert végétal ***2007*** Min-max Fréquence
Radionucléides artificiels émetteurs gamma					
Cobalt-60	5,3 ans	*Bq/kg sec*	< SD (0/4)	< SD (0/4)	< SD (0/3)
Ru/Rh-106	373 jours	*Bq/kg sec*	< SD (0/4)	< SD (0/4)	< SD (0/3)
Argent-108m	438 ans	*Bq/kg sec*	< SD (0/4)	< SD (0/4)	< SD (0/3)
Argent-110m	250 jours	*Bq/kg sec*	< SD (0/4)	< SD (0/4)	< SD (0/3)
Iode-129	16 10^6 ans	*Bq/kg sec*	< SD (0/4)	< SD (0/4)	< SD (0/3)
Iode-131	8 jours	*Bq/kg sec*	< SD (0/4)	< SD (0/4)	< SD (0/3)
Césium-134	2,1 ans	*Bq/kg sec*	< SD (0/4)	< SD (0/4)	< SD (0/3)
Césium-137	30,0 ans	*Bq/kg sec*	< SD (0/4)	< SD (0/4)	< SD (0/3)
Américium-241	437,7 ans	*Bq/kg sec*	< SD (0/4)	< SD (0/4)	< SD (0/3)
Radionucléides émetteur bêta pur					
Tritium libre (HTO)	12 ans	*Bq/L*	**3,4 – 3,8** (2/2)	**1,5 - 1,9** (2/2)	**1,6 - 1,7** (2/2)
Tritium lié (OBT)	12 ans	*Bq/kg sec*	**2,5** (1/2)	**0,75 - 0,82** (2/2)	**0,82 - 0,88** (2/2)

Légende : < SD = résultat inférieur au seuil de décision (X/X) = fréquence de détection

3.3 La chaîne alimentaire

a) Les produits du jardin

En 2023, des produits du potager ont été collectés dans un jardin situé à la Ville-aux-Bois. Comme lors des précédentes études, les investigations ont concerné plusieurs variétés de produits : légumes de type « feuille » (salade), de type « tige » (rhubarbe), de type « racine » (radis) et de type « fruit » (courgette). Une plante aromatique a également été collectée (du persil). En prévision des analyses, leurs cultures avaient été planifiées en amont par les jardiniers, membres de la CLI.

Localisation

Figure 11 : Localisation des prélèvements dans de légumes du potager en 2023

Analyses réalisées :

Pour l'ensemble des échantillons, il a été réalisé une recherche et un dosage des émetteurs gamma (naturels et artificiels).

Résultats :

Comme en 2007 et en 2012, quel que soit le produit étudié, aucun radionucléide artificiel émetteur gamma n'est détecté.

Tableau 9 : Synthèse des résultats obtenus dans les produits du potager en 2023 et comparaison avec les données antérieures.

Radionucléide	Période	Produits des Jardins ***2023*** Min-max Fréquence	Produits des Jardins ***2012*** Min-max Fréquence	Produits des Jardins ***2007*** Min-max Fréquence
Radionucléides artificiels émetteurs gamma				
Cobalt-60	5,3 ans	< SD (0/5)	< SD (0/9)	< SD (0/6)
Argent-108m	438 ans	< SD (0/5)	< SD (0/9)	NR
Argent-110m	250 jours	< SD (0/5)	< SD (0/9)	NR
Iode-129	16 10^6 ans	< SD (0/5)	< SD (0/9)	NR
Césium-134	2,1 ans	< SD (0/5)	< SD (0/9)	NR
Césium-137	30,0 ans	< SD (0/5)	< SD (0/9)	< SD (0/6)
Américium-241	437,7 ans	< SD (0/5)	< SD (0/9)	< SD (0/6)

Légende : < SD = résultat inférieur au seuil de décision (X/X) = fréquence de détection NR=Non recherché

b) Le gibier et les poissons d'eau douce

Les investigations menées en 2012 sur le gibier et les poissons d'étangs ont été renouvelés lors de cette campagne. Leurs collectes ont été effectuées par l'intermédiaire de la CLI en lien avec la fédération départementale de chasse et de pêche de l'Aube.

Pour le gibier, le choix s'est porté sur le sanglier, animal fouisseur et omnivore, connu pour être sensible à la qualité radiologique de son environnement de par sa nourriture (champignons, baies, truffes).

Concernant les poissons, ont été retenus pour les mêmes raisons, des poissons de « fond » (poissons « benthiques ») dont la particularité est de rechercher leurs nutriments dans les fonds aquatiques (vase) constituant un compartiment de concentration des polluants présents dans les eaux. Ainsi, deux espèces : une carpe et une tanche ont été pêchés dans l'étang de la Ville-aux-bois.

Analyses réalisées :

Pour l'ensemble des échantillons, il a été réalisé une recherche et un dosage des émetteurs gamma (naturels et artificiels).

Résultats :

Aucun radioélément artificiel émetteur gamma n'est identifié ni dans le gibier, ni dans les poissons (chair et viscères) des deux espèces sélectionnées. C'était également le cas en 2012.

Tableau 10 : Synthèse des résultats obtenus pour le gibier et les poissons prélevés en 2023 et comparaisons avec ceux de 2012

Radionucléide	Période	Gibiers Viande ***2023*** Min-max Fréquence	Gibiers Viande ***2012*** Min-max Fréquence	Poissons Chair ***2023*** Min-max Fréquence	Poissons Chair ***2012*** Min-max Fréquence	Poissons Viscères ***2023*** Min-max Fréquence	Poissons Viscères ***2012*** Min-max Fréquence
Radionucléides artificiels émetteurs gamma (Bq/kg frais)							
Cobalt-60	5,3 ans	< SD (0/1)	< SD (0/2)	< SD (0/2)	< SD (0/2)	< SD (0/2)	< SD (0/2)
Ru/Rh-106	373 jours	< SD (0/1)	< SD (0/2)	< SD (0/2)	< SD (0/2)	< SD (0/2)	< SD (0/2)
Argent-108m	438 ans	< SD (0/1)	< SD (0/2)	< SD (0/2)	< SD (0/2)	< SD (0/2)	< SD (0/2)
Argent-110m	250 jours	< SD (0/1)	< SD (0/2)	< SD (0/2)	< SD (0/2)	< SD (0/2)	< SD (0/2)
Iode-129	16 10^6 ans	< SD (0/1)	< SD (0/2)	< SD (0/2)	< SD (0/2)	< SD (0/2)	< SD (0/2)
Césium-134	2,1 ans	< SD (0/1)	< SD (0/2)	< SD (0/2)	< SD (0/2)	< SD (0/2)	< SD (0/2)
Césium-137	30,0 ans	< SD (0/1)	**0,71** (1/2)	< SD (0/2)	< SD (0/2)	< SD (0/2)	< SD (0/2)
Américium-241	437,7 ans	< SD (0/1)	< SD (0/2)	< SD (0/2)	< SD (0/2)	< SD (0/2)	< SD (0/2)

Légende : < SD = résultat inférieur au seuil de décision (X/X) = fréquence de détection

c) Produits de la ruche

Afin de poursuivre les investigations menées en 2012 et poursuivies en 2015, des ruches ont à nouveau été implantées près de l'étang des cailles, aux abords immédiats du CSA.

Comme par le passé, deux récoltes ont été réalisées : l'une en juin, privilégiant le miel d'Acacia, la seconde en juillet correspondant au miel de tilleul. Lors de cette campagne, il a été décidé de collecter également de la cire.

Analyses réalisées

Pour l'ensemble des échantillons, il a été réalisé une recherche et un dosage des émetteurs gamma (naturels et artificiels).

Résultats :

Comme lors des précédentes campagnes de collectes, aucun radionucléides émetteurs gamma d'origine artificielle n'est mis en évidence ni dans le miel, ni dans la cire.

Tableau 11 : synthèse des résultats obtenus par spectrométrie gamma dans les miels et la cire d'abeilles en 2023 et comparaison avec les résultats obtenus en 2012 et 2015.

Radionucléide	Période	Unité	Miel ***2023*** Min-max Fréquence	Cire ***2023*** Min-max Fréquence	Miel ***2015*** Min-max Fréquence	Miel ***2012*** Min-max Fréquence	Cire ***2015*** Min-max Fréquence
Radionucléides artificiels émetteurs gamma							
Cobalt-60	5,3 ans	*Bq/kg frais*	< SD (0/2)	< SD (0/1)	< SD (0/4)	< SD (0/4)	< SD (0/1)
Ru/Rh-106	373 jours	*Bq/kg frais*	< SD (0/2)	< SD (0/1)	< SD (0/4)	< SD (0/4)	< SD (0/1)
Argent-108m	438 ans	*Bq/kg frais*	< SD (0/2)	< SD (0/1)	< SD (0/4)	< SD (0/4)	< SD (0/1)
Argent-110m	250 jours	*Bq/kg frais*	< SD (0/2)	< SD (0/1)	< SD (0/4)	< SD (0/4)	< SD (0/1)
Iode-129	16 10^6 ans	*Bq/kg frais*	< SD (0/2)	< SD (0/1)	< SD (0/4)	< SD (0/4)	< SD (0/1)
Iode-131	8 jours	*Bq/kg frais*	< SD (0/2)	< SD (0/1)	< SD (0/4)	< SD (0/4)	< SD (0/1)
Césium-134	2,1 ans	*Bq/kg frais*	< SD (0/2)	<SD (0/1)	< SD (0/4)	< SD (0/4)	< SD (0/1)
Césium-137	30,0 ans	*Bq/kg frais*	< SD (0/2)	<SD (0/1)	< SD (0/4)	< SD (0/4)	< SD (0/1)
Américium-241	437,7 ans	*Bq/kg frais*	<SD (0/2)	< SD (0/1)	< SD (0/4)	< SD (0/4)	< SD (0/1)

Légende : < SD = résultat inférieur au seuil de décision (X/X) = fréquence de détection

d) Nouvelles investigations : lait, céréales, baies et champignons

Afin de compléter le référentiel de 2007 et de 2012, de nouvelles investigations ont été réalisées :

- Dans des produits agricoles : du lait et des céréales ont été collectés dans une exploitation agricole ; l'objectif était de regarder les potentiels transferts dans la chaîne alimentaire,
- Dans des produits dits sauvages et/ou forestiers : des baies et des champignons ont été prélevés par la CLI dans les environs proches du site nucléaire, respectivement autour de l'Etang des cailles (Mûres) et dans le bois d'Humégnil (Cèpes). Il s'agit ici de deux espèces de produits sensibles aux pollutions radiologiques potentiellement présentes dans l'air et dans les sols.

Analyses réalisées

- Pour l'ensemble des échantillons, il a été réalisé une recherche et un dosage des émetteurs gamma (naturels et artificiels).
- Dans les baies et les céréales des mesures de tritium liées ont également été réalisées.

Résultats

Concernant les radionucléides émetteurs gamma artificiel, seul le césium-137 est mis en évidence dans les champignons avec une concentration de 0,34 Bq/kg frais. Son origine est liée à sa présence dans les sols consécutif aux retombées anciennes de Tchernobyl et des essais de l'arme atomique. Aucun radionucléide artificiel émetteurs gamma n'est détecté dans les autres produits analysés.

Les niveaux en tritium organiquement liés (TOL) mesurés dans les céréales et les baies restent quant à eux, de l'ordre du bruit de fond radiologique compte tenus des difficultés métrologiques liées à ce type de mesure (voir annexe 2).

Tableau 12 : Synthèse des résultats des analyses effectuées en 2023 sur les produits agricoles et produits sauvages.

radionucléide	période	unité	Lait ***2023*** Min-max	Céréales ***2023*** Min-max	Baies ***2023*** Min-max	Champignon ***2023*** Min-max
Radionucléides artificiels émetteurs gamma						
Cobalt-60	5,3 ans	*Bq/kg frais*	< SD	< SD	< SD	< SD
Ru/Rh-106	373 jours	*Bq/kg frais*	< SD	< SD	< SD	< SD
Argent-108m	438 ans	*Bq/kg frais*	< SD	< SD	< SD	< SD
Argent-110m	250 jours	*Bq/kg frais*	< SD	< SD	< SD	< SD
Iode-129	16 10^6 ans	*Bq/kg frais*	< SD	< SD	< SD	< SD
Iode-131	8 jours	*Bq/kg frais*	< SD	< SD	< SD	< SD
Césium-134	2,1 ans	*Bq/kg frais*	< SD	< SD	< SD	< SD
Césium-137	30,0 ans	*Bq/kg frais*	< SD	< SD	< SD	**0,34 ± 0,06**
Américium-241	437,7 ans	*Bq/kg frais*	< SD	< SD	< SD	< SD
Radionucléides émetteur bêta pur						
Tritium lié (OBT)	12 ans	*Bq/kg frais*	< SD	4,3 ± 2,0	0,6 ± 0,5	NR
Strontium-90	29 ans	*Bq/kg frais*	< SD	NR	NR	NR

Légende : < SD = résultat inférieur au seuil de décision (X/X) = fréquence de détection NR=Non recherché

3.4 Les vignobles

a) Les raisins et les sols des parcelles

Les investigations réalisées en 2007 et 2012, ont été reconduites dans les deux vignobles situés sur les communes de Saulcy et Colombé-la-Fosse à environ 20 km en direction Sud-Est du CSA. A la demande de la CLI, un vignoble supplémentaire a été ajouté aux investigations, il s'agit d'une exploitation située à Trannes, à environ 15 km du CSA en direction du sud-Ouest.

Les prélèvements ont été réalisés le 13 septembre 2023, pendant la période de vendange. Sur chaque site, ont été prélevés du sol en surface (collecté entre les rangées de vignes) et du raisin.

Figure 12 : Prélèvements des raisins le 13 septembre 2024 (chardonnay et pinots noirs).

Analyses réalisées

Les analyses ont été réalisées sur l'échantillon de terre préalablement séché et tamisé ainsi que sur le jus de raisin obtenu par pressage manuel et sur son résidu solide (le marc).

Pour l'ensemble des échantillons, il a été réalisé une recherche et un dosage des émetteurs gamma (naturels et artificiels).

La mesure du tritium a également été réalisée sur la fraction de jus du raisin.

Résultats

Concernant les sols des deux vignobles, seul le césium-137 est observé avec des niveaux semblables à ceux mesurés en 2012 (de 3,4 à 9,8 Bq/kg sec). Son origine provient de la rémanence des retombées de l'accident de la centrale Tchernobyl et de celles des essais atmosphériques de l'arme nucléaire. Les différences de niveaux observées peuvent s'expliquer par le lieu de collecte à l'intérieur des parcelles possiblement, différent. En effet, les sols collectés en contre bas des parcelles contiennent bien souvent plus de césium-137 du fait des apports liés aux ruissellements et ravinements des terres.

Concernant le raisin, aucun radionucléide artificiel émetteur gamma n'est détecté ni dans le jus, ni dans le marc. Soulignons également l'absence de tritium dans le jus de raisin.

Tableau 13 : Synthèse des résultats des analyses réalisées en 2023 sur les raisins (jus et marc) prélevés dans les vignes situées sur les communes de Saulcy, de Colombé-la-Fosse et de Trannes.

Radionucléide	Période	Jus de raisin ***2023*** Min-max Fréquence	Marc ***2023*** Min-max Fréquence	Jus de raisin ***2012*** Min-max Fréquence	Marc ***2012*** Min-max Fréquence	Jus de raisin ***2007*** Min-max Fréquence	Marc ***2007*** Min-max Fréquence
Radionucléides artificiels émetteurs gamma							
		Bq/L	Bq/kg sec	Bq/L	Bq/kg sec	Bq/L	Bq/kg sec
Cobalt-60	5,3 ans	< SD (0/3)	< SD (0/3)	< SD (0/2)	< SD (0/2)	< SD (0/2)	< LD (0/2)
Ru/Rh-106	373 jours	< SD (0/3)	< SD (0/3)	< SD (0/2)	< SD (0/2)	NR	NR
Argent-108m	438 ans	< SD (0/3)	< SD (0/3)	< SD (0/2)	< SD (0/2)	NR	NR
Argent-110m	250 jours	< SD (0/3)	< SD (0/3)	< SD (0/2)	< SD (0/2)	NR	NR
Iode-129	16 10^6 ans	< SD (0/3)	< SD (0/3)	< SD (0/2)	< SD (0/2)	NR	NR
Césium-134	2,1 ans	< SD (0/3)	< SD (0/3)	< SD (0/2)	< SD (0/2)	NR	NR
Césium-137	30,0 ans	< SD (0/3)	< SD (0/3)	< SD (0/2)	< SD (0/2)	< SD (0/2)	< SD (0/2)
Américium-241	437,7 ans	< SD (0/3)	< SD (0/3)	< SD (0/2)	< SD (0/2)	< SD (0/2)	< SD (0/2)
Radionucléides émetteur bêta pur							
Tritium	12 ans	< SD (0/3)	< SD (0/3)	< SD (0/2)	NR	< SD (0/2)	NR

Légende : < SD = résultat inférieur au seuil de décision (X/X) = fréquence de détection NR= Non recherché

Tableau 14 : Synthèse des résultats des analyses réalisées en 2023 sur les sols de surface prélevés dans les rangées des vignes situées sur les communes de Saulcy, de Colombé-la-Fosse et de Trannes.

Radionucléide	Période	Unité	Sols vignobles ***2023*** Min-max Fréquence	Sols vignobles ***2012*** Min-max Fréquence	Sols vignobles ***2007*** Min-max Fréquence
Radionucléides artificiels émetteurs gamma					
Cobalt-60	5,3 ans	*Bq/kg sec*	< SD (0/3)	< SD (0/2)	< SD (0/2)
Ru/Rh-106	373 jours	*Bq/kg sec*	< SD (0/3)	< SD (0/2)	< SD (0/2)
Argent-108m	438 ans	*Bq/kg sec*	< SD (0/3)	< SD (0/2)	< SD (0/2)
Argent-110m	250 jours	*Bq/kg sec*	< SD (0/3)	< SD (0/2)	< SD (0/2)
Iode-129	16 10^6 ans	*Bq/kg sec*	< SD (0/3)	< SD (0/2)	< SD (0/2)
Iode-131	8 jours	*Bq/kg sec*	< SD (0/3)	< SD (0/2)	< SD (0/2)
Césium-134	2,1 ans	*Bq/kg sec*	< SD (0/3)	< SD (0/2)	< SD (0/2)
Césium-137	30,0 ans	*Bq/kg sec*	**3,4 – 9,8** (3/3)	**6,9 – 9,9** (2/2)	**7,6 - 27** (2/2)
Américium-241	437,7 ans	*Bq/kg sec*	< SD (0/3)	< SD (0/2)	< SD (0/2)

Légende : < SD = résultat inférieur au seuil de décision (X/X) = fréquence de détection NR=Non recherché

3.5 Les arbres

Lors du premier état des lieux réalisé en 2007, de jeunes chênes ayant approximativement l'âge du CSA à l'époque, avaient été sélectionné en deux endroits au voisinage du CSA. En 2023, il a été décidé de renouveler ces investigations en retenant des arbres d'une quinzaine d'année, correspondant à la période séparant les deux études.

L'abattage des arbres a été réalisé sur les mêmes sites que ceux sélectionnés en 2007 :

- Le premier, situé à proximité de l'étang des cailles, soit à environ 1,6 km de la cheminée de l'unité de compactage des déchets, en direction du sud-Est,
- Le second, plus proche, situé à seulement 500 m de la cheminée de compactage des déchets du CSA.

Dans les deux cas, il est procédé à la coupe du chêne dans les conditions habituelles de leur exploitation, soit par sciage « au pied » à l'aide d'une tronçonneuse. Le tronc (écorce comprise), à partir de 1m du sol et jusqu'à la première division, est débité en plusieurs pièces d'une longueur d'environ 60 cm. Chacune des pièces de bois est identifiée puis enveloppée pour les besoins du transport.

Figure 13 : Coupe d'un chêne et traitement des pièces de bois pour les analyses

Analyses réalisées

Au laboratoire, les pièces de bois sont enveloppées dans un tissu et stockées dans l'obscurité à température ambiante. Au cours du mois suivant la réception, elles sont « travaillées » à l'aide de machines utilisées par les menuisiers professionnels et équipées d'un dispositif de récupération de la sciure préalablement nettoyé. Les opérations consistent pour chaque pièce de bois destinée à l'analyse (soit 2 au total) à :

- Écarter les deux extrémités car susceptibles d'être souillées notamment par l'huile de la tronçonneuse,
- Retirer l'écorce,
- Découper la pièce de bois en tranches (< 0,5 cm d'épaisseur) et récupérer la sciure.

Au laboratoire de l'ACRO, la sciure et l'écorce font l'objet d'une analyse par spectrométrie gamma. Pour ce faire, la sciure est conditionnée en l'état dans un conteneur SG500 alors que l'écorce est préalablement séchée à 60°C en étuve ventilée et réduite en poudre par broyage mécanique à lames.

Des analyses complémentaires de mesures de carbone-14 et de tritium organiquement lié ont également été réalisés dans un laboratoire sous-traitant.

Résultats

Quel que soit l'arbre, les analyses faites par spectrométrie gamma sur l'écorce, comme sur la partie duramen-aubier, ne témoignent pas de la présence de radionucléides artificiels émetteurs gamma.

Quant à la détermination du tritium organiquement lié (total) et du carbone-14 dans la partie duramen-aubier des arbres en rapport avec leur croissance des 15 dernières années, elle n'appelle pas à formuler de commentaire. Du carbone-14 est identifié mais les niveaux sont, aux incertitudes près, en adéquation avec les valeurs de référence obtenues dans des endroits non perturbés par les rejets des installations nucléaires[5]. Il en était de même lors du premier bilan réalisé (2007).

Tableau 15 : Synthèse des résultats obtenus dans le bois et l'écorce des arbres abattues autour du CSA en 2023 et 2007.

radionucléide	période	unité	**Bois** Arbres 1 et 2 ***2023*** Min-max	**Ecorces** Arbres 1 et 2 ***2023*** Min-max	**Bois** Arbres 1 et 2 ***2007*** Min-max	**Ecorces** Arbres 1 et 2 ***2007*** Min-max
Radionucléides artificiels émetteurs gamma						
Cobalt-60	5,3 ans	*Bq/kg sec*	< SD	< SD	< LD	< LD
Ru/Rh-106	373 jours	*Bq/kg sec*	< SD	< SD	< LD	< LD
Argent-108m	438 ans	*Bq/kg sec*	< SD	< SD	< LD	< LD
Argent-110m	250 jours	*Bq/kg sec*	< SD	< SD	< LD	< LD
Iode-129	16 10^6 ans	*Bq/kg sec*	< SD	< SD	< LD	< LD
Iode-131	8 jours	*Bq/kg sec*	< SD	< SD	< LD	< LD
Césium-134	2,1 ans	*Bq/kg sec*	< SD	< SD	< LD	< LD
Césium-137	30,0 ans	*Bq/kg sec*	< SD	< SD	< LD	< LD
Américium-241	437,7 ans	*Bq/kg sec*	< SD	< SD	< LD	< LD
Radionucléides émetteur bêta pur						
Tritium lié (OBT)	12 ans	*Bq/kg sec*	< SD	NR	< LD	NR
Carbone-14	5700 ans	*Bq/kg de C*	230 - 233		210 - 228	

Légende : < SD = résultat inférieur au seuil de décision (X/X) = fréquence de détection

[5] La valeur de référence du bruit de fond radiologique pour le carbone-14 est d'environ 230 Bq/kg de carbone pour le compartiment terrestre (voir annexe 1).

C. Volet 2 : Mesure de l'irradiation externe

En 2007 des mesures du débit de dose lié au rayonnement gamma ambiant avaient été réalisées autour du CSA et renouvelées en 2012 avec l'ajout de mesures autour du site DAHER[6] à Epothémont.

A l'occasion de cette nouvelle étude, la CLI a souhaité renouveler ces évaluations en ajoutant des mesures autour du CIRES[7], centre de stockage des déchets radioactifs TFA (Très faible activité), situé à Morvilliers. Comme précédemment, deux campagnes de mesure ont été programmées : l'une durant une journée d'activité des sites (jeudi 14 et vendredi 15 septembre 2023), l'autre durant un jour d'inactivité (le samedi 16 septembre 2023).
Les mesures du débit de dose ont été réalisées le long des clôtures des différents sites selon deux approches complémentaires : des mesures en continue réalisées durant les déplacements et des mesures statiques réalisées sur des espacements réguliers. Les appareils de mesure et méthodologie employée sont présentés en annexe.

La grandeur déterminée est le débit d'équivalent de dose, noté H*(10), exprimé en nanosievert par heure (nSv/h). Pour chaque site, il a été retenu une valeur de référence (V_{REF}) mesurée à distance sur des surfaces de terrains équivalents à ceux empruntés autour du site (remblais, terrain herbeux, bitume, etc.). Les résultats des trois cartographies des débits de dose sont présentés ci-dessous. L'ensemble des résultats et la méthodologie appliquée aux mesures sont présentés en annexe 5.

Note : Le débit de dose ambiant dépend en premiers lieux, de l'altitude (contribution liée aux rayonnements cosmiques) et de la géologie des sols (contribution tellurique). Pour cette dernière contribution, on note généralement, des niveaux plus importants dans les régions granitiques comme la Bretagne, avec une fourchette comprise entre 80 et 200 nSv/h en fonction des lieux[8]. Autour de notre laboratoire à Caen, situé en région calcaire (comme c'est le cas pour la région de Soulaines), les débits de dose mesurés avec le même appareillage qu'utilisé ici, sont compris entre 45 et 60 nSv/h au-dessus d'un sol naturel et peuvent dépasser 80 nSv/h au-dessus d'un bitume (en fonction de sa composition).

Figure 14 : Mesures du débit de dose lié au rayonnement gamma aux périmètres du CSA et du CIRES (au centre).

[6] Le site DAHER, classé ICPE, réalise des opérations de tri de déchets radioactifs de type TFA (très faible activité).
[7] CIRES, pour Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage est dédié principalement au stockage des déchets de très faible activité (TFA). Une présentation des trois sites (CSA, CIRES et DAHER) est apportée en annexe 1 de ce rapport.
[8] Source : https://www.irsn.fr/savoir-comprendre/sante/lexposition-radioactivite-naturelle-france

1. Cartographie des débits de dose autour du CSA

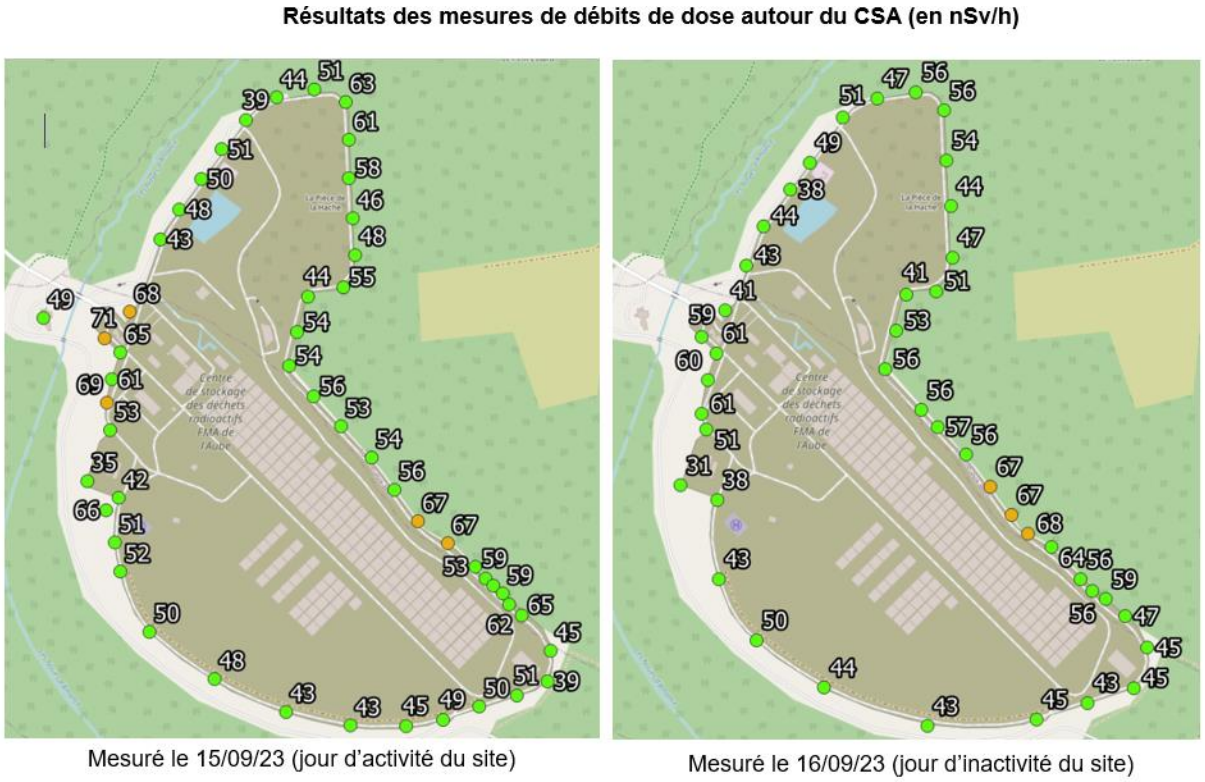


Figure 15 : Résultats des mesures des débits d'équivalent de dose en nSv/h autour du CSA.

Le long de la clôture du CSA, deux zones sont identifiées :

1. <u>A l'Est, face aux ouvrages de stockage,</u>
   C'est au niveau des lignes de stockage que sont enregistrées les valeurs les plus importantes. A l'Est du site, face aux ouvrages, le débit de dose augmente jusqu'à 68 nSv/h lorsque le chemin en périphérie du site surplombe au plus près les lignes de stockage. La valeur maximale occasionnée correspond approximativement à une augmentation de 50% du bruit de fond mesuré à distance du site.

   Lors des deux dernières campagnes de mesures, cette même constatation était observée avec des valeurs plus importantes relevées en 2012 à l'aplomb des derniers ouvrages, à l'époque en cours de remplissage.

   Aucune différence n'est notée entre les deux séries de mesure correspondant à un jour d'activité puis un jour d'inactivité sur le site.

2. <u>A l'ouest, à proximité du bâtiment d'entreposage des déchets irradiants,</u>
   Une deuxième zone présentant une augmentation du débit de dose ambiant jusqu'à 71 nSv/h est observée à proximité de l'entrée du site et du bâtiment de transit. Cette surexposition reste cependant faible (+50%) et en deçà de ce qui avait pu être noté lors des précédentes campagnes. Elle n'est plus constatée le lendemain, jour d'inactivité du site, ce qui laisse penser que cette augmentation peut être liée à l'arrivée de camions de transport de déchets sur le site.

2. Cartographie des débits de dose autour du CIRES

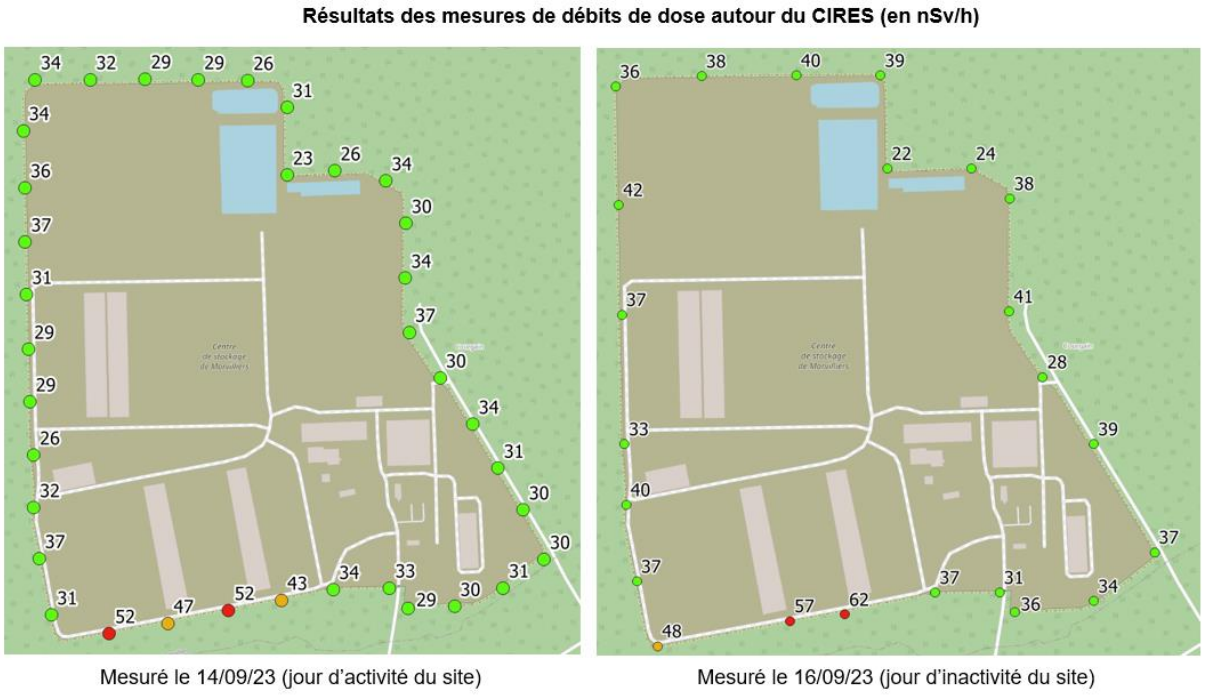


Figure 16 : Résultats des mesures des débits d'équivalent de dose en nSv/h autour du CIRES.

Le long du périmètre du CIRES, une seule zone présente des valeurs qui se détachent légèrement des autres. Il s'agit des mesures réalisées sur la partie sud du site abritant la première aire de stockage, maintenant refermée (tranche 1). La valeur maximale (62 nSv/h) reste toutefois dans la gamme des faibles niveaux de débits de dose que l'on peut mesurer en région calcaire (voir note page 31).

Très peu de différences sont notées entre les mesures réalisées un jour d'activité du site et un jour d'inactivité.

3. Cartographie des débits de dose autour du site DAHER à Epothémont

Figure 17 : Résultats des mesures des débits d'équivalent de dose en nSv/h autour de DAHER, un jour d'activité du site.

Figure 18 : Résultats des mesures des débits d'équivalent de dose en nSv/h autour de DAHER, un jour d'inactivité du site.

Pour le site DAHER, les mesures ont été réalisées autour du périmètre clôturé de l'installation ainsi qu'aux endroits à l'intérieur du site qui avaient fait l'objet d'une mesure en 2012[9].

Le long de la clôture, aucune anomalie n'est notée. Seule une élévation du niveau ambiant est mesurée à proximité de l'aire d'entreposage des conteneurs, située à l'intérieur du site en zone non accessible pour le public. En ce lieu, la valeur maximale mesurée (106 nSv/h) est de l'ordre du double du rayonnement ambiant mesuré à distance du site (bruit de fond). A noter qu'en 2012, le maximum relevé était de 66 nSv/h.

Aucune différence n'est notée entre les mesures réalisées un jour d'activité du site et un jour d'inactivité.

L'ensemble des résultats des mesures pour chacun des trois sites sont présentés en annexe.

[9] Le périmètre de l'installation a en effet évolué depuis 2012 avec l'achat des parcelles situées au sud du site.

D. Synthèse et conclusion

Cette étude répond au souhait de la CLI de Soulaines de poursuivre le travail engagé en 2007 qui avait pour but de dresser un bilan environnemental autour du Centre de stockage des déchets de faibles et moyennes activités dans l'Aube (CSA) afin de suivre son évolution. Renouvelé une première fois en 2012, il s'agit dix ans plus tard de poursuivre le suivi et de permettre, à partir de nouvelles investigations, d'en élargir la connaissance.

Dans ce contexte, le travail s'est articulé en deux volets complémentaires visant à :

- Connaitre la situation radiologique sur le site et dans ses environs et d'évaluer ses évolutions,
- Mesurer les niveaux d'exposition liés à la présence de déchets radioactifs autour des périmètres du CSA, et des deux sites voisins dédiés à la gestion des déchets de très faibles activités (TFA) : le CIRES et DAHER, durant un jour d'activité et un jour d'inactivité des sites.

Comme par le passé, l'élaboration et le suivi de l'étude ont été réalisés par la CLI au travers de la mise en place d'un comité de pilotage permettant l'implication de ses membres dans chacune de ces étapes.

Les prélèvements ont été réalisés lors de deux campagnes qui ont eu lieues du 19 au 23 juin et du 13 au 16 septembre 2023 en présence des équipes de l'ACRO, de l'ANDRA et de membres de la CLI.

Les conclusions de ce travail sont très similaires aux constats des précédents bilans. Ainsi, il ressort des résultats que la situation radiologique constatée à l'extérieur du site est semblable à celle couramment observée ailleurs, sur le territoire métropolitain, dans des endroits non perturbés par les rejets industriels.

A l'intérieur du site nucléaire, seul du tritium est détecté dans trois des dix puits de contrôle investigués avec une concentration maximale de 5,2 Bq/L. Concernant la zone nord (DS62 et DS63), le marquage avait déjà été noté en 2012 et mis en évidence par l'ANDRA depuis 2009 avec une concentration maximale de 27 Bq/L relevée en 2010. L'hypothèse émise par l'exploitant est une migration du tritium contenu dans deux ouvrages voisins contenant des plaques radio-luminescentes stockées en 1994. A signaler que les eaux du piézomètre DS62, ne témoignent pas de la présence d'autres radionucléides artificiels, dont le Chlore-36, radionucléide particulièrement mobile. En 2023, un autre marquage, plus faible, est noté dans la zone proche des nouveaux ouvrages au sud du site (TS03).

A l'extérieur du site, aucune anomalie n'est notée dans les échantillons prélevés dans l'environnement que ce soit, dans les eaux (eaux de distribution, eaux de surface), dans les indicateurs inertes ou biologiques (sédiments, sols, herbe), ou bien, dans les investigations menées dans la chaîne alimentaire (produits agricoles, légumes, poissons, etc.) ainsi que dans les trois vignobles investigués. Les analyses menées sur les troncs des chênes coupés en lisière du CSA ne témoignent pas non plus de la présence de radionucléides artificiels émetteurs gamma, ni de niveaux anormaux en carbone-14 et tritium organiquement lié.

Concernant le second volet : les mesures de débits de dose réalisées le long de la clôture du CSA montrent l'existence d'une exposition plus importante dans la zone Nord-Est du site. La proximité avec l'aire d'entreposage des déchets radioactifs explique ce constat. Cette situation reste semblable à ce qui avait été constaté il y a dix ans avec toutefois un niveau d'exposition moindre qu'à l'époque du fait que les lignes de stockage les plus proches sont maintenant toutes refermées.
Notons également que les valeurs mesurées un jour d'activité (vendredi) puis un jour d'inactivité (samedi) ne présentent pas de différences notables ; néanmoins, en période d'activité, la présence de camions de transport de déchets radioactifs stationnés sur le parking, peut contribuer à augmenter temporairement le niveau d'exposition à l'entrée du site.

A l'occasion de cette nouvelle étude, des mesures ont également été réalisées autour des installations du CIRES à Morvilliers et de DAHER à Epothémont, s'occupant respectivement du stockage et du tri des déchets radioactifs de type TFA (Très faible activité). Le long du périmètre du CIRES, une seule zone présente des valeurs se détachant légèrement des autres. Il s'agit des mesures réalisées devant la zone sud du site abritant la première aire de stockage, maintenant refermée (tranche 1). La valeur maximale reste toutefois dans la gamme des faibles niveaux de débits de dose. Autour du site DAHER, aucune anomalie n'est notée le long de la clôture du site. Seules deux valeurs plus élevées, de l'ordre de deux fois le bruit de fond, sont mesurées à l'intérieur de l'installation, devant l'aire d'entreposage des conteneurs, sur une zone non accessible au public. Aucune différence n'est notée entre un jour d'activité et d'inactivité des sites.

Pour conclure, cette étude s'inscrit bien dans la démarche initiée en 2007 par la CLI de contribuer à la connaissance de l'état radiologique de l'environnement et de son suivi mais également à la pluralité des sources d'information. Outre d'actualiser le bilan environnemental, ce travail a permis d'élargir le référentiel avec de nouvelles investigations (baies, produits agricoles, etc.) permettant ainsi de compléter les données et de servir de base pour toute future démarche de suivi.

ANNEXES

E. ANNEXES

Sommaire des annexes

Annexe 1 : Eléments techniques de compréhension 41

1. Présentation des installations liées au stockage des déchets radioactifs dans la région de Soulaines 41
1.1 Le centre de stockage des déchets de faibles et moyennes activités de l'Aube (CSA) 41
1.2 Le CIRES (TFA) 43
1.3 Site DAHER 43

2. Informations sur les radionucléides recherchés 45
2.1 Radionucléides naturels 45
2.2 Cas particulier du tritium 45
Valeurs de référence dans l'environnement 46
2.3 Le carbone-14 46
Métrologie et expression des résultats 47
2.4 Radioéléments artificiels 48

ANNEXE 2 : Localisation, nature & calendrier des prélèvements 49

1. Localisation des prélèvements 49

2. Identification des prélèvements 50

ANNEXE 3 : Méthodes et résultats détaillés 52

1. Les eaux souterraines 52
1.1 Remarques concernant les prélèvements, traitements et analyses 52
1.2 Résultats détaillés 54

2. Les sédiments et eaux de surface 56
2.1 Remarques concernant les prélèvements, traitements et analyses 56
2.2 Granulométrie des sédiments 57
2.3 Résultats détaillés 58

3. Les sols, mats et couvert végétal 60
3.1 Remarques concernant les prélèvements, traitements et analyses 60
3.2 Résultats détaillés 62

4. La chaîne alimentaire 65
4.1 Remarques concernant les prélèvements, le traitement et analyses des produits du jardin 65
4.2 Remarques concernant les prélèvements, le traitement et analyses des baies et champignons 65
4.3 Remarques concernant les prélèvements, le traitement et analyses du lait et des céréales 65
4.4 Remarques concernant les prélèvements, le traitement et analyses du gibier et des poissons 66
4.5 Remarques concernant les prélèvements, le traitement et analyses des produits de la ruche 66

5. Les vignobles 74
5.1 Remarques concernant les prélèvements, le traitement et analyses 74
5.2 Résultats détaillés 75

6. Les arbres 77
6.1 Remarques concernant les prélèvements et le traitement 77
6.2 Résultats détaillés 79

ANNEXE 4 : Matériel, méthodes et expression pour les analyses 80

1. Méthodologie appliquée aux prélèvements et aux analyses 80
1.1 Normes suivies 80
1.2 Mesure des radioéléments émetteurs gamma 80
1. 3 Mesure du tritium dans l'eau 81
1.4 Analyses sous-traitées 81

ANNEXE 5 : Matériel, méthodes et expression pour les mesures d'irradiation externe (débit de dose) 82

1. Matériel et expression 82
2. Méthode et mesure 82
3. Résultats des mesures 83
3.1 Mesures autour du CSA 83
3.2 Mesures autour du CIRES 84
3.3 Mesure autour du site DAHER 85

ANNEXE 6 : Rapports d'essais des analyses spécifiques 86

Annexe 1 : Eléments techniques de compréhension

1. Présentation des installations liées au stockage des déchets radioactifs dans la région de Soulaines

1.1 Le centre de stockage des déchets de faibles et moyennes activités de l'Aube (CSA)

Depuis l'ouverture du centre, il y a environ trente ans, les déchets radioactifs dits de faibles et moyennes activités à vie courte (FMA-VC) sont acheminés au CSA pour y être stockés définitivement. D'origines multiples, mais principalement issus de l'exploitation et du démantèlement des installations nucléaires, ces déchets ont généralement une double particularité : ne pas être « trop radioactifs » et perdre leur propriété radioactive après quelques siècles.

Le CSA a pour vocation la rétention des radionucléides le temps nécessaire à leur élimination, dite par décroissance radioactive ; Pour autant il existe des rejets contrôlés dans l'atmosphère et les eaux de la rivière les Noues d'Amance. L'optimisation du conditionnement de certains déchets, qui par suite de compactage libèrent des éléments radioactifs, en constitue une origine. **Les autorisations de rejets fixés par l'arrêté du 21 aout 2006 sont présentées dans le tableau 1 avec les quantités rejetées pour l'année 2022 et 2023.**

S'il est aisé de trier les déchets en fonction de leur niveau de radioactivité, en revanche il est quasiment impossible de trier leur contenu pour garantir que la totalité des éléments radioactifs soit d'une seule « sorte » ou d'une durée de vie courte par exemple. De nombreux radionucléides aux caractéristiques nucléaires et chimiques très différentes coexistent donc au sein des déchets. Pour illustration, on dénombre au moins 143 radionucléides différents reçus depuis l'ouverture du centre. Aux côtés du cobalt-60, un radio-isotope du cobalt prépondérant dans les déchets et qui sera totalement « éliminé » après 1 siècle de stockage, on retrouve du nickel-63 et en plus faible proportion du carbone-14, deux radionucléides dont « l'élimination » sera effective après respectivement plus de 1000 et 100 000 ans.

Appartenant à différentes familles chimiques dont ils héritent les propriétés, tous ces radionucléides n'ont pas les mêmes capacités de migration. Des éléments radioactifs comme l'iode-129, le tritium, le carbone-14 ou encore le chlore-36, réputés plutôt « mobiles », sont délicats à conserver dans les colis de déchets. Ils pourront, en théorie, influencer les écosystèmes en l'absence de toute action humaine ou extérieure, ce qui ne sera pas le cas avec de nombreux autres, comme avec les isotopes du plutonium (stockés également), réputés peu mobiles.

Cette variété implique également des émissions (rayonnement) différentes et donc l'existence de déchets plus ou moins irradiants selon la quantité de radionucléides dits « émetteurs gamma » qu'ils contiennent.

Libérés dans les écosystèmes par suite ou non de l'action de l'homme, le devenir des radionucléides dépendra largement de leurs caractéristiques physico-chimiques.

- Dans les eaux, alors que le tritium ou le chlore-36 circuleront librement sans nourrir d'affinité particulière avec les éléments de la faune et de la flore, en revanche le césium-137 se fixera préférentiellement sur les sédiments où il pourra s'accumuler ; la proportion de particules fines sera un facteur important de variation des concentrations.
- Dans l'air, le carbone-14 ne tardera pas à rejoindre le cycle du gaz carbonique et pourra se fixer dans les plantes comme les arbres par photosynthèse et « s'accumuler » dans une

certaine mesure. Alors que du nickel-63 émis dans l'atmosphère restera sous la forme d'aérosols qui se déposeront rapidement au sol pour être fixés par celui-ci et s'y accumuler sans pour autant être transférés aux plantes car elles n'ont pas d'affinité connue avec celui-ci.

- **Etat actuel des ouvrages**

Fin 2022, 371 305 m³ de colis de déchets ont été stockés au CSFMA depuis son ouverture, représentant 37,1 % de sa capacité de stockage autorisée. Le flux annuel des livraisons ces dernières années se situe autour de 9 000 m^3 (8 230 m^3 pour l'année 2022).

Il existe deux types d'ouvrages : les ouvrages bétonnés, destinés à recevoir les colis métalliques et les ouvrages gravillonnés dédiés au stockage des colis en béton.

Fin 2022, on compte au total 159 ouvrages remplis de colis de déchets radioactifs.

Concernant les capacités radiologiques, 19 radioéléments font l'objet de limitations. A la fin 2023, les parts de capacités consommées pour ces radioéléments sont inférieures à la consommation de capacité en volume (38%), à l'exception du chlore 36 qui arrive à près de 91% de sa capacité.

De même l'activité globale alpha comptabilisée à 300 ans est limitée. Celle-ci est estimée à partir des activités entrantes mais ne prend pas en compte la contribution des émetteurs alpha créés par la désintégration d'autres éléments[10] stockés sur le centre (cas du plutonium-241).

Tableau 16 : Autorisations de rejet annuel du centre CSFMA de l'Aube (arrêté du 21 aout 2006) : valeurs limites concernant les rejets atmosphérique et liquides et rejets effectifs pour 2022 et 2023 (source ANDRA[11]) en MBq.

Rejets atmosphériques	**Limite Activité annuelle en MBq**	**Rejets effectifs en 2022 (MBq)**	**Rejets effectifs en 2023 (MBq)**
Tritium	50 000	54	56
Carbone 14	5 000	62	67
Iodes	20	0,091	0,097
Autres émetteurs β-γ	0,2	0,022	0,024
Emetteurs alpha	0,02	0,00083	0,0011
Rejets liquides	**Limite Activité annuelle en MBq**	**Rejets effectifs en 2022 (MBq)**	**Rejets effectifs en 2022 (MBq)**
Tritium	5 000	0,68	1,3
Carbone 14	120	0,35	0,49
Autres émetteurs β-γ	100	0,12	0,17
Emetteurs alpha	0,4	0,011	0,013

Note : MBq = Méga Becquerel = 1 Million de Becquerel ($1x10^6$ Bq).

[10] L'américium 241, émetteur alpha créé par la désintégration du plutonium 241, émetteur bêta, stockés sur le centre, n'est pas pris en compte dans la comptabilité des émetteurs alpha présents sur le site ; voir pour plus d'informations l'annexe 3 du rapport ACRO RAP080227(01)-CSA-v01 de février 2008.

[11] Rapport d'information annuel du CSA.

1.2 Le CIRES (TFA)

Le Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (CIRES), exploité par l'Andra, est situé à quelques kilomètres du CSA, sur les communes de Morvilliers et de La Chaise. Il est autorisé depuis 2003 à stocker des déchets de très faible activité. Fin 2022, environ 69,4 % de sa capacité totale de stockage autorisée (650 000 m^3) étaient atteints.

Les déchets radioactifs reçus sont essentiellement constitués de terres, gravats, ferrailles issues du démantèlement et de de l'exploitation d'installation nucléaires, de l'assainissement d'anciens sites pollués par la radioactivité. Ces déchets sont stockés dans les alvéoles creusées à 8,5 mètres de profondeurs.

Depuis dix ans, le CIRES accueille deux nouvelles activités : le regroupement, le tri et l'entreposage de déchets non électronucléaires, provenant des hôpitaux, de la recherche, des laboratoires pharmaceutiques ou d'autres filières industrielles. Il s'agit également d'objets anciens détenus par des particuliers.

En 2022, 22 814 colis de déchets radioactifs TFA, représentant 24 740 m^3, ont été réceptionnés au Cires avec pour provenance principale les installations d'EDF (environ 38 % du volume total livré), d'Orano (environ 32 %) et du CEA (environ 24 %). En fin d'année, 451 259 m^3 de déchets radioactifs étaient stockés au CIRES depuis son ouverture, représentant 69,4% de sa capacité de stockage autorisée.

L'arrêté préfectoral du 20 janvier 2016, fixe les limites de rejets du site, exclusivement vers l'atmosphère. Ceux-ci sont présentés dans le tableau ci-dessous avec les rejets enregistrés pour l'année 2022.

Les limites de rejets du CIRES[12] et quantités rejetées en 2022 et 2023 sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 17 : Autorisations de rejet annuel (en MBq) et rejets effectifs pour 2022 et 2023 du CIRES[13]

Rejets atmosphériques	Limite Activité annuelle en MBq	Rejets effectifs année 2022 (MBq)	Rejets effectifs année 2023 (MBq)
Tritium	40 000	996	680
Carbone 14	15 000	1306,5	644
Iodes	4	0,0312	0,0017
Emetteurs bêta	0,4	0,00724	0,0104
Emetteurs alpha	0,04	0,000572	0,00682

Note : MBq = Méga Becquerel = 1 Million de Becquerel ($1x10^6$ Bq).

1.3 Site DAHER

Ouvert en 2010, l'activité du site DAHER situé dans la zone industrielle des grands-champs à Epothémont, intervient dans la filière de collecte des déchets TFA. Outre son activité liée à la logistique de collecte, le site contient également un centre de reconditionnement et de caractérisation des déchets (station STARC) pour rendre les déchets conformes et acceptables au CIRES.

Classé ICPE, l'arrêté préfectoral d'autorisation d'exploitation délivré le 26 mars 2010, modifié par un arrêté complémentaire du 25 avril 2012, fixe ses autorisations de rejets. Les autorisations et rejets annuels réalisés en 2022 et 2023 sont présentés dans le tableau ci-dessous.

[12] Selon l'arrêté préfectoral du 20 janvier 2016.

[13] Source : arrêté préfectoral du 20 janvier 2016 et rapport d'information annuel du CIRES, ANDRA.

Tableau 18 : Limites annuelles des rejets atmosphériques (activité totale en MBq et activité volumique)

Rejets atmosphériques	Limite Activité annuelle en MBq	Rejets effectifs année 2022 (MBq)	Rejets effectifs année 2023 (MBq)
Tritium	15 000	274	1 690
Carbone 14	300	41,9	58,7
Iodes 129	0,04	0,00671	0,00275
Emetteurs bêta	0,2	0,0449	0,0460
Emetteurs alpha	0,022	0,0159	0,00085

Note : MBq = Méga Becquerel = 1 Million de Becquerel ($1x10^6$ Bq).

2. Informations sur les radionucléides recherchés

Les radionucléides recherchés dans le cadre de cette étude peuvent avoir une origine naturelle ou artificielle. L'objectif de cette partie est de fournir quelques éléments d'appréciation quant à ces substances notamment leurs origines potentielles, leurs caractéristiques ainsi que les teneurs habituellement rencontrées dans l'environnement.

2.1 Radionucléides naturels

Toute matrice environnementale présente de la radioactivité naturelle. Les rayonnements sont issus de radionucléides d'origine tellurique (potassium-40, chaînes radioactives de l'uranium-238, de l'uranium-235 et du thorium-232) ou cosmique (tritium, béryllium-7, carbone-14).

Ces éléments naturels contribuent au bruit de fond radioactif auquel nous sommes tous soumis. Ce bruit de fond varie d'un endroit à l'autre du globe et en fonction de l'altitude. Certains sols présentent un caractère radioactif plus élevé compte tenu de leur concentration en radionucléides naturels. Ainsi, les régions dont le sol est essentiellement composé de granit (Bretagne par exemple), sont soumises à une exposition plus élevée que les régions calcaires (Bassin Parisien, Sud-est de la France).

Le potassium-40 est un isotope naturel rencontré en permanence dans l'environnement. Sa présence est corrélée à la teneur naturelle en potassium dans la matrice étudiée (pourcentage isotopique du potassium-40 : 0.01167%).

Le béryllium-7 est produit dans la stratosphère et la haute troposphère. Sous forme d'aérosols, il est dispersé sur la surface terrestre par dépôts secs ou humide. Sa présence renseigne généralement sur l'interaction du milieu étudié avec le milieu atmosphérique. Son activité dans l'environnement oscille généralement entre une dizaine à plusieurs centaines de becquerels.

Il existe 3 chaînes naturelles de désintégration d'origine terrestre dans l'environnement. Les 3 éléments « pères » ou « tête de chaînes » sont l'uranium-238, l'uranium-235 et le thorium-232. Chacun de ces 3 éléments se désintègre en un descendant ou élément « fils », lui-même radioactif, qui va se transformer en un autre élément radioactif. Plusieurs descendants interviennent dans ces processus pour aboutir à un élément stable. L'uranium-238 a 14 descendants, l'uranium-235 et le thorium-232 ont chacun 11 descendants. Les modes de désintégration (rayonnement α, β et/ou γ) ainsi que la période de décroissance sont propres à chaque radionucléide. Les 3 éléments stables (non radioactifs) associés à chacune de ces 3 chaînes sont respectivement le plomb-206, le plomb-208 et le plomb-207. En première approche, si on considère ces chaînes à l'équilibre dans l'environnement, l'activité de chacun des éléments descendants est équivalente tout au long de la chaîne. On parle alors d'équilibre séculaire.

2.2 Cas particulier du tritium

Le tritium et le carbone-14 sont deux radionucléides particuliers puisqu'ils peuvent être d'origine naturelle et artificielle.

Dans la nature, **le tritium** est formé par interaction des rayons cosmiques avec différents constituants de l'atmosphère. Dans une plus large mesure, le tritium a été, et est émis artificiellement dans l'environnement : essais nucléaires atmosphériques, industrie du nucléaire (centrales de production d'électricité, usines de retraitement).
D'une période de 12,3 ans, la portion de tritium rejeté lors des explosions nucléaires atmosphériques (1945-1980), n'est quasiment plus détectable aujourd'hui.

En tant qu'isotope de l'hydrogène, le tritium est intimement lié au cycle de cet élément dans l'environnement et existe donc sous plusieurs formes chimiques :

- HTO, eau tritiée (forme prépondérante)
- HT, tritium gazeux

- TOL (ou OBT), tritium organiquement lié

Il peut ainsi être présent dans toutes les molécules hydrogénées, être associé aussi bien à l'eau tissulaire qu'à la matière organique des végétaux et des animaux. Sous la forme d'eau tritiée (HTO), ce radionucléide est extrêmement mobile dans l'environnement et dans tous les compartiments biologiques.

L'expression des résultats de concentration en tritium est souvent liée à la méthode de mesure utilisée.

Ainsi, la concentration en tritium libre (sous forme d'eau tritiée) est toujours donnée en Becquerel par litre (Bq/L).

Par contre, il existe des techniques de mesure différente du tritium sous sa forme organiquement lié (TOL) et par conséquence l'expression des résultats peut varier en fonction de la métrologie appliquée. Le tritium lié peut être mesuré sur l'eau issue de la combustion de la matière sèche ; les résultats sont alors donnés sous deux expressions : **Bq/kg sec** (ou frais) et en **Bq/L d'eau de combustion**.

A noter que les expressions en Bq/L d'eau de combustion ou en rapport isotopique H/T permettent une comparaison plus aisée entre les résultats obtenus pour différentes matrices, compte tenu des taux d'hydrogènes parfois très différents. C'est pourquoi, beaucoup de résultats de la littérature sont donnés sous l'une de ces 2 expressions.

Valeurs de référence dans l'environnement

Hors influence des installations nucléaires, la concentration en tritium exprimée en Bq/L est homogène dans toutes les composantes des deux grands ensembles que sont le milieu continental (atmosphère, eaux de surface, faune et flore terrestres et dulçaquicoles) d'une part et le milieu marin d'autre part.

En France, en milieu continental non influencé, les concentrations en tritium (« bruit de fond ») sous forme libre (HTO) et organiquement lié (TOL) sont actuellement[14] de **1,4 Bq/L.** Dans les matrices biologiques, la concentration totale de tritium se situe environ autour de **1 à 4 Bq/kg en milieu continental**, avec une contribution variable des formes libres et liées.

Dans les sédiments, les quelques données de la littérature [15 et 16] indiquent des valeurs pouvant varier entre 5 et 40 Bq/L d'eau de combustion dans des zones, à priori, hors influence de toute activité humaine. Dans sa contribution au livre blanc sur le tritium, l'IRSN[3] indique toutefois que *le bruit de fond mesuré « hors influence » peut en réalité être influencé par des installations lointaines, d'autres parts qu'il est sujet à des fluctuations pouvant atteindre un facteur 2 à 6.*

2.3 Le carbone-14

Le **carbone-14** est un radionucléide d'origine naturelle formé par l'interaction des rayons cosmiques avec les atomes d'azote présents dans la stratosphère et la troposphère. Sa période radioactive est de 5734 ans. Présent dans l'atmosphère, il intègre rapidement divers cycles biologiques particulièrement avec les réactions de photosynthèse. Ce radioélément a également une origine artificielle. Il a été dispersé en quantité importante dans l'atmosphère par les essais nucléaires et est rejeté par les installations nucléaires ainsi que par les usines de retraitement du combustible irradié (Orano à La Hague).

[14] Source IRSN, *Actualisation des connaissances acquises sur le tritium dans l'environnement,* IRSN/PRP-ENV/SERIS, 2017.
[15] D'après *Le tritium dans l'environnement, synthèse des connaissances*, Contribution collective IRSN/DEI dans le Livre Blanc du tritium (ASN 2011).
[16] D'après *Le tritium organique dans les écosystèmes d'eau douce*, G Gontier, F. Siclet, dans la revue Radioprotection 2011, Vol 46 n°4 pages 457-491.

Métrologie et expression des résultats

La quantification du carbone-14 dans les échantillons de l'environnement est généralement obtenue par combustion de l'échantillon (mesure réalisée sur le carbone extrait de la matrice sous la forme de CO_2). A noter que la méthode dite par synthèse de benzène, utilisée dans le cadre de cette étude, permet d'atteindre des niveaux de grande précision.

Les résultats peuvent être donnés en **Bq/kg frais ou sec** ou bien en **Bq/kg de carbone** (Becquerel par kilogramme de carbone) qui permet une comparaison plus aisée des résultats entre différentes matrices.

Globalement, dans l'environnement terrestre, hors influence d'une installation nucléaire, l'activité par kilogramme de carbone (ou activité spécifique) est homogène d'une matrice à l'autre. L'activité spécifique est actuellement de l'ordre de **235 Bq/kg de carbone**. Cette activité diminue de 0,5 % par an compte tenu de la combustion des énergies fossiles (dépourvues de carbone-14) qui « dilue » ainsi le carbone-14 dans l'environnement.

L'activité spécifique dans le milieu aquatique est moindre puisqu'il n'y a pas d'équilibre avec le CO_2 atmosphérique. Ainsi la plupart des valeurs sont comprises entre 150 Bq/kg de carbone et les valeurs de références terrestres, mais peuvent également être bien inférieures, comme c'est le cas dans certains sédiments qui peuvent présenter une grande variabilité d'activités jusqu'à des valeurs inférieures à 50 Bq/kg de carbone[17].

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 leur activité massique (voir figure ci-dessous[18]). Celle-ci est d'autant plus élevée que le produit est riche en carbone. Selon la proportion de carbone par unité de masse fraîche des denrées, l'activité massique de celles-ci peut varier ainsi de **10 Bq/kg frais pour les légumes feuilles à plus de 80 Bq/kg frais pour les céréales.**

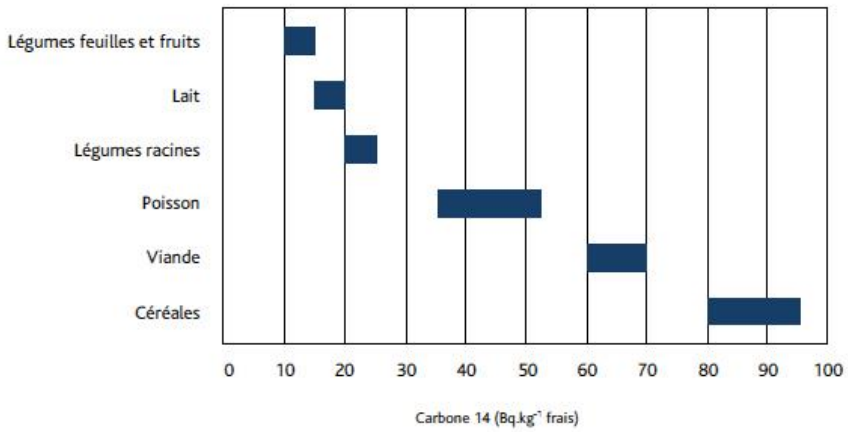


Figure 20 : Gamme observée d'activités massiques en carbone 14 de denrées alimentaires © IRSN (d'après Fiche radionucléide, Carbone-14 et environnement, IRSN, janvier 2016)

[17] Source : Le bruit de fond des radionucléides artificiels dans l'environnement- Bilan des constats radiologiques régionaux, rapport IRSN, 2022,

[18] Source : Fiche radionucléide, Carbone-14 et environnement, IRSN, janvier 2016.

2.4 Radioéléments artificiels

L'ensemble des radioéléments listés ci-dessous ont été recherchés dans les matrices environnementales conformément au cahier des charges.

Certains de ces radionucléides ont été disséminés par le passé à grande échelle, principalement lors des essais atmosphériques de l'arme atomique et lors des accidents nucléaires. C'est le cas par exemple des **isotopes du plutonium, de l'américium, du strontium-90, et du césium-137.** Ils font partis du « bruit de fond » radiologique présent dans chaque compartiment de l'environnement.

D'autres parmi ces radionucléides peuvent plus localement être rejetés par des installations nucléaires (Usine de retraitement, CNPE, centre de stockage des déchets radioactifs), installations de recherche ou médicale.

Note d'information

Les isotopes 238, 239 et 240 du plutonium et l'américium 241 sont omniprésents dans l'environnement du fait, principalement, des retombées des essais atmosphériques d'armes nucléaires pratiqués entre 1945 et 1980.

Ces isotopes transuraniens émetteurs alpha de longues périodes sont mesurables à l'état de traces dans les échantillons prélevés dans l'environnement français, avec un rapport de leurs activités traçant leur origine (voir tableau ci-dessous).

Tableau 19 : Rapports caractéristiques des retombées des essais nucléaires atmosphériques

Rapports d'activités	Caractéristiques des retombées atmosphériques
$^{238}Pu/^{239+240}Pu$	0,03 (±0,01)
$^{241}Am/^{239+240}Pu$	0,40 (±0,10)

Tableau 20: Tableau récapitulatif des radioisotopes artificiels recherchés

Radioisotope artificiel	Elément	Période	Emission	
H-3	Tritium	12,3 a	β	
C-14	Carbone	$5,7.10^3$ a	β	
Co-57	Cobalt	371,8 j	γ	Mesurés par spectrométrie gamma
Co-58	Cobalt	70,9 j	β, γ	
Co-60	Cobalt	5,3 a	β, γ	
Ru-106	Ruthénium	373 j	β, γ	
Ag-108m	Argent	418 ans	β, γ	
Ag-110m	Argent	250 j	β, γ	
I-129	Iode	$15,7\ 10^6$ a	β, γ	
I-131	Iode	8 j	β, γ	
Cs-134	Césium	2,06 a	β, γ	
Cs-137	Césium	30,05 a	β, γ	
Eu-154	Europium	8,6 a	β, γ	
Pu-238	Plutonium	87,7a	α, γ	
Pu-239	Plutonium	24.10^3 a	α, γ	
Pu-240	Plutonium	$6,6.10^3$ a	α, γ	
Am-241	Américium	432,6 a	α, γ	
Cm-243	Curium	28,9 a	α, γ	
Cm-244	Curium	18,1 a	α, γ	

ANNEXE 2 : Localisation, nature & calendrier des prélèvements

1. Localisation des prélèvements

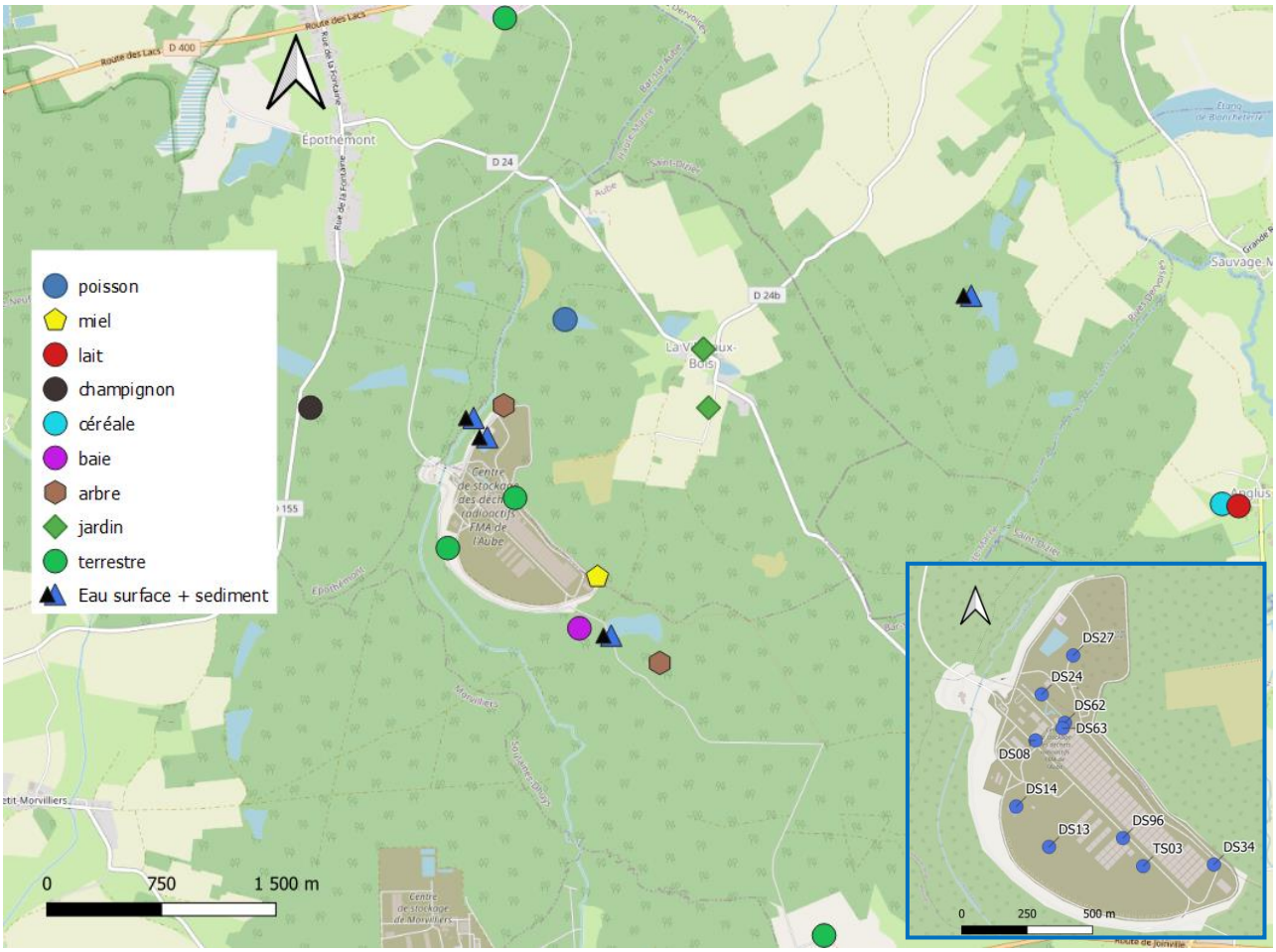


Figure 21 : localisation des sites étudiés durant l'année 2023 autour du centre de stockage CSFMA de l'Aube (hors vignobles).

2. Identification des prélèvements

Tableau 21 : Localisation, calendrier et nature des prélèvements effectués en 2023 dans la région de Soulaines

Nature		Site	Localisation	Coordonnées N	Coordonnées E	Date	Identification
Eaux souterraines		DS27	CSA	48.40078	4.672344	20/06/2023	230620-CSA-18
		DS24		48.39944	4.67071	21/06/2023	230620-CSA-03
		DS62		48.3984	4.6719174	20/06/2023	230620-CSA-01
		DS63		48.39828	4.67179	20/06/2023	230620-CSA-02
		DS08		48.39786	4.67039	20/06/2023	230620-CSA-06
		DS14		48.39559	4.66940	21/06/2023	230620-CSA-19
		DS13		48.39421	4.67109	21/06/2023	230620-CSA-23
		DS96		48.39451	4.67491	21/06/2023	230620-CSA-07
		TS03		48.39355	4.67595	21/06/2023	230620-CSA-24
		DS34		48.3936	4.67960	21/06/2023	230620-CSA-08
Eaux de surface		Bassin d'orage	CSA	48.40164	4.67130	20/06/2023	230620-CSA-04
		S3	Noues d'Amances	48.40278	4.67011	20/06/2023	230620-CSA-09
		Etang des Cailles	proximité SE du CSA	48.38999	4.68225	20/06/2023	230620-CSA-11
		Etang des Cornées	Louze	48.40996	4.71407	20/06/2023	230620-CSA-13
Sédiments		Bassin d'orage	CSA	48.40164	4.67130	20/06/2023	230620-CSA-05
		S3	Noues d'Amances	48.40278	4.67011	20/06/2023	230620-CSA-10
		Etang des Cailles	Soulaines Dhuys	48.38999	4.68225	20/06/2023	230620-CSA-12
		Etang des Cornées	Louze	48.40996	4.71407	20/06/2023	230620-CSA-14
Sols	-2 à - 12 cm	T1	300 m SO du CSA	48.39513	4.66781	21/06/2023	230620-CSA-17
		T2	700 m NE du CSA	48.39807	4.67375	21/06/2023	230620-CSA-22
		T3	Domaine Saint Victor, Soulaines Dhuys	48.37235	4.70107	22/06/2023	230620-CSA-30
		T4	Proximité DAHER ZAE des Grands Usages, Epothémont	48.42628	4.67285	21/06/2023	230620-CSA-27
Mats	+2 à -2 cm	T1	300 m SO du CSA	48.39513	4.66781	21/06/2023	230620-CSA-16
		T2	700 m NE du CSA	48.39807	4.67375	21/06/2023	230620-CSA-21
		T3	Domaine Saint Victor, Soulaines Dhuys	48.37235	4.70107	22/06/2023	230620-CSA-29
		T4	Proximité DAHER ZAE des Grands Usages, Epothémont	48.42628	4.67285	21/06/2023	230620-CSA-26

Nature			Site	Localisation	Coordonnées		Date	Identification
Couvert végétal	Partie aérienne		T1	300 m SO du CSA	48.39513	4.66781	21/06/2023	230620-CSA-15
			T2	700 m NE du CSA	48.39807	4.67375	21/06/2023	230620-CSA-20
			T3	Domaine Saint Victor, Soulaines	48.37235	4.70107	22/06/2023	230620-CSA-28
			T4	100m DAHER ZAE des Grands Usages, Epothémont	48.42628	4.67285	21/06/2023	230620-CSA-25
Eaux de captage			Sauvage-Magny	Gestionnaire SUEZ	48.41764	4.73317	22/06/2023	230620-CSA-31
			Rances	Gestionnaire SDDEA	48.46231	4.56368	22/06/2023	230620-CSA-32
Produits du jardin	Salade		Jardin 1	Ville aux bois	48.40682	4.69040	22/06/2023	230620-CSA-35
	Radis				48.40682	4.69040	22/06/2023	230620-CSA-36
	Rhubarbe				48.40338	4.690857	22/06/2023	230620-CSA-37
	Persil				48.40682	4.69040	22/06/2023	230620-CSA-34
	Courgette				48.40682	4.69040	22/06/2023	230913-CSA-20
Vignoble 1	Raisin	Marc	Saulcy	Ets L. Mougin	48.27232	4.82222	13/09/2023	230913-CSA-01
	Raisin	Jus						230913-CSA-02
	Sols	Surface					13/09/2023	230913-CSA-03
Vignoble 2	Raisin	Marc	Colombé-la-Fosse	Ets L. Courtillier	48.26310	4.78214	13/09/2023	230913-CSA-04
	Raisin	Jus						230913-CSA-05
	Sols	Surface					13/09/2023	230913-CSA-06
Vignoble 3	Raisin	Marc	Trannes	Ets A. Scohy	48.30677	4.58835	13/09/2023	230913-CSA-07
	Raisin	Jus						230913-CSA-08
	Sols	Surface					13/09/2023	230913-CSA-09
Arbre 1	Chêne 15 ans	Écorce	1,6 km SE du CSA		48.38837	4.68655	14/09/2023	230913-CSA-10
		Bois						230913-CSA-11
Arbre 2	Chêne 15 ans	Écorce	550 m Nord du CSA		48.40351	4.67276	14/09/2023	230913-CSA-12
		Bois						230913-CSA-13
Produits agricoles	Lait		Anglus		48.3976	4.73771	22/06/2023	230620-CSA-33
	Céréales		Anglus		48.39762	4.73771	12/07/2023	230913-CSA-23
Produits sauvages	Champignons		Cèpes	Bois d'Humégnil, Epothémont	48.40338	4.65567	11/08/2023	230913-CSA-21
	Baies		Mûres	Etang des Cailles	48.38999	4.68225	11/08/2023	230913-CSA-22
Gibier	Sanglier		Bois de Morvilliers				16/08/2023	230913-CSA-17
Poisson	Carpe	Chair	Etang du Happet	Ville-aux-bois	48.40856	4.67817	28/08/2023	230913-CSA-18
		Viscère						230913-CSA-24
	Tanche	Chair					28/08/2023	230913-CSA-19
		Viscère						230913-CSA-25
Produits de la ruche	Miel Acacia		Est proximité CSA		48.39344	4.68103	15/06/2023	230913-CSA-14
	Miel Tilleul						05/07/2023	230913-CSA-15
	Cire							230913-CSA-16

ANNEXE 3 : Méthodes et résultats détaillés

1. Les eaux souterraines

1.1 Remarques concernant les prélèvements, traitements et analyses

Sous le CSA (CSFMA), deux « aquifères » sont concernés dont l'un est reconnu pour être perturbé par le stockage de déchets tritiés présents sur le site.

A l'intérieur du site, les lieux de prélèvement ont été sélectionnés afin d'appréhender les répercussions actuelles du stockage. Les prélèvements ont concerné les piézomètres investigués en 2007 et 2012. Il s'agit des piézomètres : DS08, DS13, DS14, DS27, DS34, DS62, DS63, DS24, TS03, DS96.

Les prélèvements ont été effectués dans les piézomètres par pompage après une purge préalable du puits.

Enfin, en accord avec les gestionnaires des réseaux d'adduction d'eau potable, des prélèvements ont été réalisés sur le forage à Sauvage-Magny et sur celui situé à Rances. Au préalable, les conduites ont été purgées de manière à accéder directement à l'eau de la nappe.

Figure 22 : prélèvements par pompage dans un piézomètre du CSA (haut) et au réseau d'adduction de Sauvage-Magny.

<u>Concernant les analyses</u>, il est réalisé :

- Pour l'ensemble des prélèvements d'eaux, la mesure du Tritium libre (HTO) après distillation.
- Comme en 2007 et 2012, des mesures complémentaires sont réalisées dans les eaux de captage (réseau de distribution des eaux) ainsi que dans deux eaux des aquifères sous-jacents du centre :
  - Indice Bêta global et mesure du potassium,
  - Indice alpha global
  - Emetteurs gamma sur eau filtrée (mesure après concentration)
- Enfin, le Chlore 36 est recherché dans une eau des aquifères sous-jacents du centre en fonction des résultats tritium.

D'une manière générale, aucun traitement (filtration ou acidification) n'est appliqué sur site. Les conteneurs sont préalablement rincés avec l'eau destinée à être prélevée.

Les échantillons sont conservés dans une glacière à une température inférieure ou égale à celle qu'ils avaient au moment du prélèvement.

<u>Au laboratoire :</u> Rapidement, les échantillons sont acheminés vers :

- Le laboratoire de l'ACRO (14), pour la mesure :
  - du tritium (HTO) selon la norme ISO 9698:2019,
  - des radionucléides émetteurs gamma par spectrométrie gamma à haute résolution sur les eaux concentrées après évaporation selon la norme ISO 10703:2021,
- le laboratoire EICHROM (35) pour la détermination :
  - de l'indice alpha global selon la NF ISO 10704 ;
  - de l'indice bêta global selon la NF ISO 10704 ;

- du potassium selon méthode NF T90-019 ;

- le laboratoire SUBATECH (44) pour la détermination :
  - du Cl-36 sur eau filtrée à 0,45µm, selon méthode interne.

Tableau 22 : Caractéristiques des eaux souterraines (température, pH et conductivité).

Identification des eaux	Identification forage	date	heure	Température °C	pH	Conductivité µS/cm
230620-CSA-03	DS24	20/06/2023	10:10	14,7	6,10	256
230620-CSA-06	DS08	20/06/2023	11:54	15,3	6,63	640
230620-CSA-07	DS96	20/06/2023	12:36	17,9	6,30	183
230620-CSA-24	TS03	21/06/2023	12:15	19,4	6,57	287
230620-CSA-01	DS62	20/06/2023	07:28	14,2	6,24	160
230620-CSA-02	DS63	20/06/2023	08:38	14,2	6,32	135
230620-CSA-23	DS13	21/06/2023	11:31	25,4	4,78	196
230620-CSA-19	DS14	21/06/2023	08:44	13,4	4,53	301
230620-CSA-18	DS27	21/06/2023	07:59	12,7	5,46	171
230620-CSA-08	DS34	20/06/2023	13:08	15,7	5,26	274
230620-CSA-32	Rances	22/06/2023	09:50	18,2	7,3	664
230620-CSA-31	Sauvage-Magny	22/06/2023	09:00	14,3	7,0	565

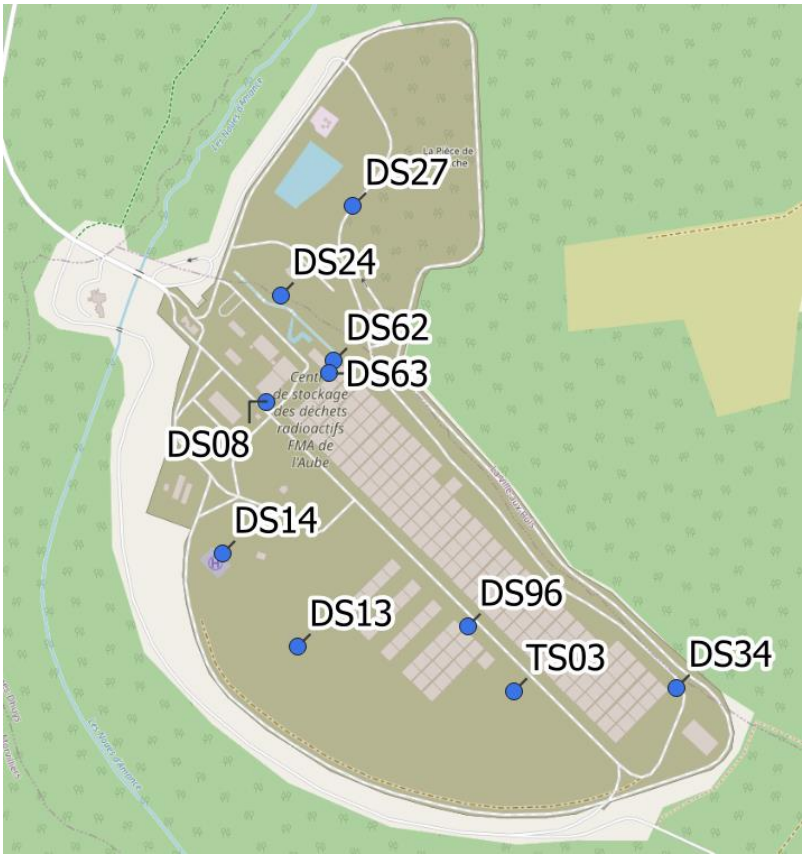


Figure 23 : Localisation des prélèvements d'eau à l'intérieur de l'INB n°149.

1.2 Résultats détaillés

Tableau 23 : Résultats des analyses des eaux souterraines prélevées les 20,21 et 22 juin 2023.

IDENTIFICATION DES ECHANTILLONS						
n° d'enregistrement interne		230620-CSA-03	230620-CSA-07	230620-CSA-01	230620-CSA-32	230620-CSA-31
Catégorie		eau douce	eau douce	eau douce	eau douce	eau douce
Dénomination ou [Genre - espèce]		eau souterraine	eau souterraine	eau souterraine	eau souterraine	eau souterraine
Prélèvement						
Date		20-juin-23	20-juin-23	20-juin-23	22-juin-23	22-juin-23
Code de station		**DS24**	**DS96**	**DS62**	**RESEAU1**	**RESEAU2**
Nom du cours d'eau / mer / Océan …		nappe phréatique	nappe phréatique	nappe phréatique	nappe phréatique	nappe phréatique
Lieu (commune) ou site		CSA	CSA	CSA	Maizière	Sauvage-Magny
Département		10	10	10	10	10
Localisation (détail)		Intérieur INB	Intérieur INB	Intérieur INB	Station AEP	Station AEP
Latitude		48.3994	48.3945	48.3984	48.4623	48.4176
Longitude		4.6707	4.6749	4.6719	4.5636	4.7331
EXPRESSION DES RESULTATS						
Date de référence		20-juin-23	20-juin-23	20-juin-23	22-juin-23	22-juin-23
Unité		**Bq/L**	**Bq/L**	**Bq/L**	**Bq/L**	**Bq/L**
RESULTATS DES ANALYSES PAR SPECTROMETRIE GAMMA						
Comptage						
n° de manipulation		**V2-2853**	**V2-2859**	**V2-2872**	**V2-2852**	**V2-9756**
Temps de comptage actif (s)		173 884	170 916	172 000	171 887	173 971
Géométrie (en cc)		500	500	500	500	500
Masse de l'échantillon conditionné (g)		5083,8	4945	4923,9	5062,3	4799,0
âge de l'échantillon (jours)		31	42	66	26	29
Psec / Pfrais		-	-	-	-	-
Fraction analysée		filtrée (<0,45µm)	filtrée (<0,45µm)	filtrée (<0,45µm)	filtrée (<0,45µm)	filtrée (<0,45µm)
Etat du conditionnement		concentré x 11,1	concentré x 9,9	concentré x 10,3	concentré x 10,2	concentré x 9,6
Densité analysée		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Radionucléides ARTIFICIELS						
Cobalt-57	271,8 jours	< 0,007	< 0,008	< 0,008	< 0,007	< 0,012
Cobalt-58	70,8 jours	< 0,010	< 0,012	< 0,015	< 0,010	< 0,017
Cobalt-60	5,3 ans	< 0,009	< 0,010	< 0,011	< 0,010	< 0,013
Ru/Rh-106	373 jours	< 0,008	< 0,092	< 0,092	< 0,080	< 0,130
Argent-108m	418 ans	< 0,008	< 0,008	< 0,009	< 0,008	< 0,013
Argent-110m	250 jours	< 0,009	< 0,009	< 0,010	< 0,009	< 0,014
Iode-129	15,7 10^6 ans	< 0,010	< 0,011	< 0,011	< 0,010	< 0,021
Iode-131	8,0 jours	< 0,14	< 0,380	< 3,1	< 0,10	< 0,19
Césium-134	2,1 ans	< 0,008	< 0,009	< 0,010	< 0,009	< 0,014
Césium-137	30,0 ans	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,009	< 0,015
Europium-154	8,6 ans	< 0,014	< 0,014	< 0,014	< 0,014	< 0,025
Américium-241	437,7 ans	< 0,014	< 0,014	< 0,013	< 0,013	< 0,020
Radionucléides NATURELS						
226 Ra	235U-238U	< 0,33	< 0,35	< 0,35	< 0,34	< 0,53
210 Pb	Ch. 238U	< 0,18	< 0,18	< 0,18	< 0,18	< 0,24
235 U	Ch. 235U	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,14
40 K	1,3 10^9 ans	< 0,18	< 0,18	< 0,19	< 0,17	< 0,39
7 Be	53,2 jours	< 0,11	< 0,13	< 0,17	< 0,11	< 0,18

Tableau 24 : Résultats des analyses des eaux souterraines prélevées les 20,21 et 22 juin 2023 (suite).

RESULTATS DES AUTRES ANALYSES (RADIOACTIVITE & PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES)						
n° d'enregistrement interne		230620-CSA-03	230620-CSA-07	230620-CSA-01	230620-CSA-32	230620-CSA-31
		DS24	**DS96**	**DS62**	**RESEAU1**	**RESEAU2**
fraction analysée		distillat	distillat	distillat	distillat	distillat
Paramètre	unité					
Tritium libre (HTO)	Bq/L	< 1,3	< 1,3	**3,1 ± 1,5**	< 1,3	< 1,4
fraction analysée		filtrée	filtrée	filtrée	filtrée	filtrée
Paramètre	unité					
Indice alpha total	Bq/L	< 0,02	**0,088 ± 0,041**	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Indice bêta total	Bq/L	**0,167 ± 0,092**	**0,356 ± 0,095**	**0,061 ± 0,054**	< 0,02	< 0,09
Potassium (K)	*mg/L*	*3,68 ± 0,25*	*6,25 ± 0,52*	*0,089 ± 0,006*	***1,45 ± 0,11***	***3,86 ± 0,24***
Indice bêta résiduel	Bq/L	< 0,06	0,180 ± 0,05	< 0,03	< 0,02	< 0,09
Chlore 36	Bq/L	nr	nr	< 0,16	nr	nr

Tableau 25 : Résultats des analyses des eaux souterraines prélevées les 20,21 et 22 juin 2023 (suite).

IDENTIFICATION DES ECHANTILLONS								
n° d'enregistrement interne		230620-CSA-06	230620-CSA-24	230620-CSA-02	230620-CSA-23	230620-CSA-19	230620-CSA-18	230620-CSA-08
Catégorie		eau douce	eau douce	eau douce	eau douce	eau douce	eau douce	eau douce
Dénomination ou [Genre - espèce]		eau souterraine	eau souterraine	eau souterraine	eau souterraine	eau souterraine	eau souterraine	eau souterraine
Prélèvement								
Date		20-juin-23	21-juin-23	20-juin-23	21-juin-23	21-juin-23	21-juin-23	20-juin-23
Code de station		**DS08**	**TS03**	**DS63**	**DS13**	**DS14**	**DS27**	**DS34**
Nom du cours d'eau / mer / Océan ...		nappe phréatique	nappe phréatique	nappe phréatique	nappe phréatique	nappe phréatique	nappe phréatique	nappe phréatique
Lieu (commune) ou site		CSA	CSA	CSA	CSA	CSA	CSA	CSA
Département		10	10	10	10	10	10	10
Localisation (détail)								
Latitude		48.3978	48.3935	48.3982	48.3942	48.3955	48.4007	48.3936
Longitude		4.6703	4.6759	4.6717	4.6710	4.6694	4.6723	4.67960
EXPRESSION DES RESULTATS								
Date de référence		20-juin-23	21-juin-23	20-juin-23	21-juin-23	21-juin-23	21-juin-23	20-juin-23
Unité		**Bq/L**	**Bq/L**	**Bq/L**	**Bq/L**	**Bq/L**	**Bq/L**	**Bq/L**
RESULTATS DES ANALYSES PAR SCINTILLATION LIQUIDE								
fraction analysée		distillat	distillat	distillat	distillat	distillat	distillat	distillat
Paramètre	unité							
Tritium libre (HTO)	Bq/L	< 1,4	**2,3 ± 1,5**	**5,2 ± 1,7**	< 1,4	< 1,4	< 1,4	< 1,4

2. Les sédiments et eaux de surface

2.1 Remarques concernant les prélèvements, traitements et analyses

Sur le terrain : Quatre sites sont retenus et concernent :

Photo 1 : Prélèvements d'eau dans le bassin d'orage du CSA

1. L'intérieur de l'installation nucléaire au niveau du bassin d'orage qui constitue en quelque sorte le dernier ouvrage d'épuration avant rejet en milieu naturel. De cette manière, il est possible de caractériser ce que pourrait être dans le milieu naturel la situation radiologique la plus critique ou de rendre compte des niveaux de radioactivité maximums observables dans les sédiments.
2. Les Noues d'Amances, directement concernée par les rejets d'effluents liquides de l'INB, la station S3 est située en aval du déversoir,
3. L'étang des cailles, situé à proximité du CSA,
4. L'étang des Cornées, qui permet de disposer d'une référence en dehors de toute influence de l'INB.

Les prélèvements de sédiments sont effectués depuis « la berge » à l'aide d'une canne télescopique équipée d'un récipient en inox ; la surface est raclée sur une profondeur variable inférieure à quelques centimètres. Les eaux superficielles sont collectées à l'aide d'un flaconnage PVC relié à une canne télescopique permettant de collecter sous la pellicule de surface puis versée dans un conteneur.

Aucun traitement (filtration ou acidification) n'est appliqué sur site. Les conteneurs sont préalablement rincés avec l'eau destinée à être prélevée.

Au laboratoire :

Pour les eaux de surfaces :

- Le laboratoire de l'ACRO (14), pour la mesure :
  - du tritium (HTO) selon la norme ISO 9698:2019,
  - des radionucléides émetteurs gamma par spectrométrie gamma à haute résolution sur les eaux filtrées (0,45µm) et concentrées par évaporation selon la norme ISO 10703:2021,
- le laboratoire EICHROM (35) pour la détermination :
  - de l'indice alpha global selon la NF ISO 10704 ;
  - de l'indice bêta global selon la NF ISO 10704 ;
  - du potassium selon méthode NF T90-019 ;

  A noter que compte tenue de la forte turbidité de l'échantillon d'eau prélevé dans les Noues-d'Amances [19], l'analyse a été réalisée une première fois sur l'échantillon brut puis sur l'échantillon préalablement filtré à 0,40µm selon la norme ISO 10704.

Pour les sédiments :

- Les sédiments font l'objet d'une analyse quantitative par spectrométrie gamma au laboratoire de l'ACRO, après séchage à 60°C en étuve ventilée (selon normes NF ISO 20042 : 2021 et NF ISO 18589-3 :2018).

[19] Les prélèvements ont été réalisées un lendemain d'orage et de fortes pluies, qui ont favorisé la présence de particules sédimentaires dans les eaux de surface (eaux très « boueuses »).

- Une aliquote d'échantillon frais est écartée pour la détermination de la granulométrie. Celle-ci est réalisée au laboratoire de morphodynamique continentale et côtière de l'université de Caen (M2C UMR CNRS 6143).

- Par ailleurs des analyses complémentaires sont réalisées sur certains échantillons. Il s'agit de :
  - le Ni-63 par méthode interne
  - le Pu-238 et 239+240, Pu-239+240 et Am-241,
  - C-14 et tritium organiquement lié (TOL),
  - le Sr-90

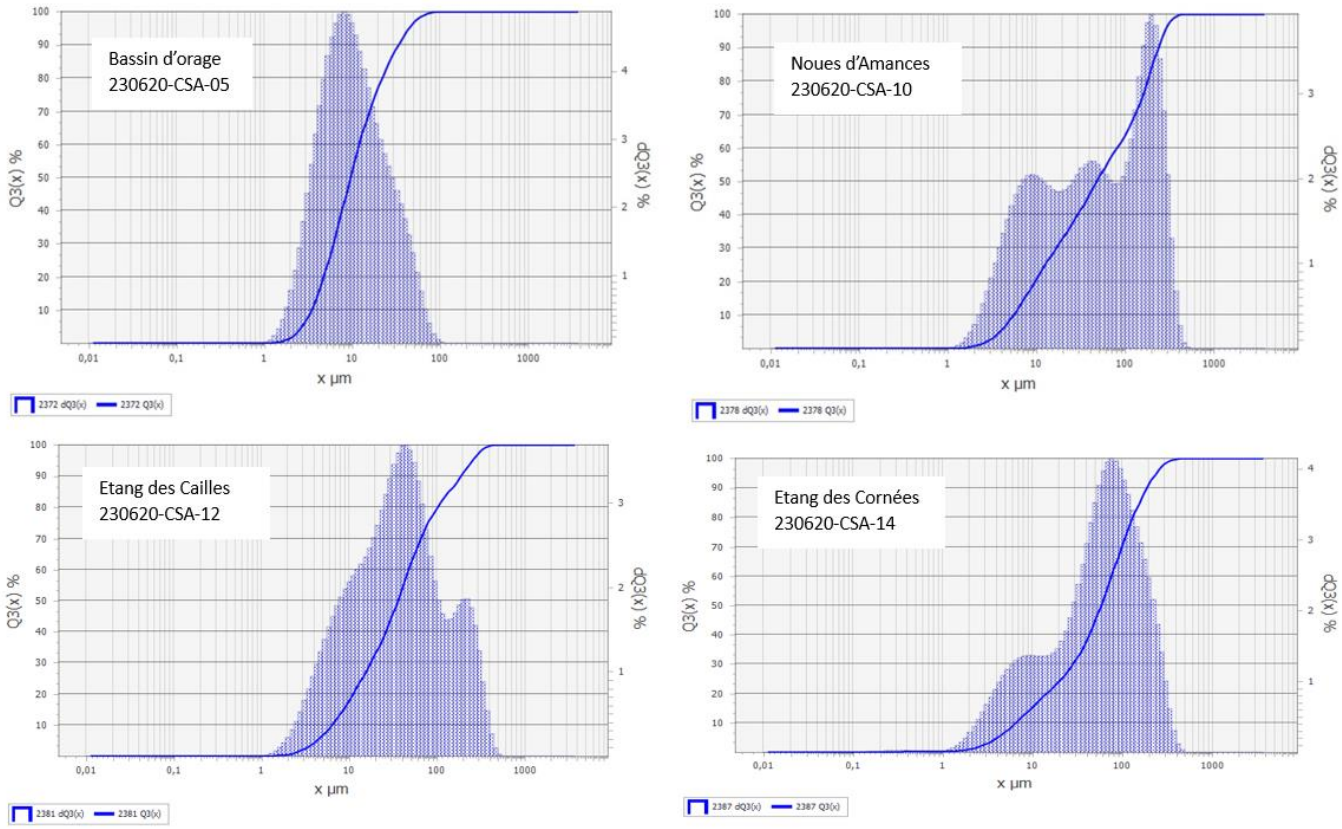
Ces analyses ont été réalisées par Laboratoire SUBATECH de Nantes (Ni-63, Pu, TOL et Sr-90) et le CDRC (centre de datation par le radiocarbone), université Claude Bernard de Lyon pour les analyses carbone-14. Les rapports d'essais des analyses sous-traitées sont donnés dans l'annexe 6.

2.2 Granulométrie des sédiments

Tableau 26 : Synthèse (exprimée en % de la masse) des caractéristiques granulométriques des sédiments collectés en juin 2023.

N°d'enregistrement		230620-CSA-05	230620-CSA-10	230620-CSA-12	230620-CSA-14
Date		13 juin 2012	12 juin 2012	12 juin 2012	12 juin 2012
Lieu		Bassin d'orage	Noues-d'Amances	Etang des Cailles	Etang des Cornées
Localisation		Site du CSA	S3	Soulaines	Soulaines
GRANULOMETRIE					
Argiles	0 à 2 µm	2,0 %	0,7 %	0,6 %	1,1 %
Limons fins	2 à 20 µm	78,4 %	34,2 %	35,0 %	24,7 %
Limons grossiers	20 à 50 µm	16,8 %	16,8 %	27,3 %	20,5 %
Sables fins	50 à 200 µm	2,8 %	34,0 %	28,9 %	46,2 %
Sables grossiers	0,2 à 2 mm	0 %	14,3 %	8,2 %	7,5 %
Cumul des fines	< 50 µm	97 %	51,7 %	62,9 %	15,43 %

Figure 24 : Caractéristiques granulométriques des sédiments collectés en juin 2023.



2.3 Résultats détaillés

Tableau 27 : Résultats des analyses des sédiments prélevés le 20 juin 2023.

IDENTIFICATION DES ECHANTILLONS					
n° d'enregistrement interne		230620-CSA-10	230620-CSA-12	230620-CSA-14	230620-CSA-05
Catégorie		Sédiments	Sédiments	Sédiments	Sédiments
Dénomination ou [Genre - espèce]		superficiels	superficiels	superficiels	superficiels
Prélèvement					
Date		20-juin-23	20-juin-23	20-juin-23	20-juin-23
Code de station		**S3**	**EDC**	**Cornées**	**BO**
Nom du cours d'eau / mer / Océan …		Noues d'Amances	Etang des Cailles	Etang des Cornées	Bassin d'orage
Lieu (commune) ou site		Soulaines-Dhuys	Soulaines-Dhuys	Soulaines-Dhuys	CSA
Département		10	10	10	10
Latitude		48.4027	48.3899	48.4101	48.4016
Longitude		4.6701	4.6822	4.7151	4.6713
EXPRESSION DES RESULTATS					
Date de référence		20-juin-23	20-juin-23	20-juin-23	20-juin-23
Unité		Bq/kg sec	Bq/kg sec	Bq/kg sec	Bq/kg sec
RESULTATS DES ANALYSES PAR SPECTROMETRIE GAMMA					
Comptage					
n° de manipulation		**V2-2866**	**V1-9769**	**V1-9773**	**V2-2867**
Temps de comptage actif (s)		86 179	86 225	86 000	87 021
Géométrie (en cc)		500	500	500	500
Masse de l'échantillon conditionné (g)		607,6	488,4	728,2	601,7
âge de l'échantillon (jours)		57	57	64	58
Psec / Pfrais		65,0%	42,0%	81,0%	67,0%
Fraction analysée		<2mm	<200µm	<200µm	<200µm
Etat du conditionnement		sec	sec	sec	sec
Densité analysée		1,2	1,0	1,5	1,2
Radionucléides ARTIFICIELS					
Cobalt-57	271,8 jours	< 0,18	< 0,28	< 0,22	< 0,18
Cobalt-58	70,8 jours	< 0,25	< 0,40	< 0,32	< 0,25
Cobalt-60	5,3 ans	< 0,19	< 0,25	< 0,18	< 0,18
Ru/Rh-106	373 jours	< 1,5	< 2,6	< 2,0	< 1,6
Argent-108m	418 ans	< 0,16	< 0,24	< 0,18	< 0,16
Argent-110m	250 jours	< 0,18	< 0,29	< 0,22	< 0,18
Iode-129	15,7 10^6 ans	< 0,47	< 1,0	< 0,89	< 0,50
Iode-131	8,0 jours	< 25	< 38	< 53	< 27,8
Césium-134	2,1 ans	< 0,17	< 0,26	< 0,20	< 0,17
Césium-137	30,0 ans	**0,8 ± 0,20**	**1,8 ± 0,38**	**0,44 ± 0,26**	**0,90 ± 0,21**
Europium-154	8,6 ans	< 0,33	< 0,53	< 0,40	< 0,34
Américium-241	437,7 ans	< 0,38	< 0,62	< 0,48	< 0,38
Radionucléides NATURELS					
234 Th	Ch. 238U	40 ± 4,6	66 ± 8	9 ± 5	36 ± 4,5
226 Ra	235U-238U	26 ± 3,8	43 ± 6	11 ± 7	30 ± 4,1
214 Pb	Ch. 238U	22 ± 1,6	35 ± 2,5	11 ± 1,0	25 ± 1,8
214 Bi	Ch. 238U	16 ± 1,3	30 ± 2,3	9 ± 1	19 ± 1,5
210 Pb	Ch. 238U	27 ± 4,8	53 ± 8	7 ± 5	86 ± 9
228 Ac	Ch. 232Th	17 ± 1,6	39 ± 3,4	9 ± 1	14 ± 1,6
212 Pb	Ch. 232Th	28 ± 2,0	50 ± 3,7	9 ± 1	24 ± 1,7
235 U	Ch. 235U	< 1,4	2,9 ± 2,1	< 1,6	< 1,5
40 K	1,3 10^9 ans	254 ± 24	487 ± 38	133 ± 12	321 ± 30
7 Be	53,2 jours	3,5 ± 2,8	4,7 ± 4,3	< 3,3	10 ± 3,3

RESULTATS DES AUTRES ANALYSES (RADIOACTIVITE & PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES)					
n° d'enregistrement interne			230620-CSA-12		230620-CSA-05
fraction analysée			< 200µm		< 200µm
rapport frais/sec			2,24 0,08		1,39 ± 0,05
Paramètre	unité				
Tritium lié (OBT)	Bq/L edc	nr	3,3 ± 3	nr	4,5 3,2
	Bq/kg sec	nr	1,6 ± 1,4	nr	2,5 1,8
Nickel-63	Bq/kg sec	nr	nr	nr	< 7,6
Strotium-90	Bq/kg sec	nr	nr	nr	< 3,9
Américium-241	Bq/kg sec	nr	< 0,024	nr	< 0,019
curium-243+244	Bq/kg sec	nr	< 0,024	nr	< 0,019
Plutonium-238	Bq/kg sec	nr	< 0,019	nr	< 0,024
Plutonium-239+240	Bq/kg sec	nr	< 0,019	nr	< 0,024
Carbone-14	Bq/kg de C	nr	227,5 ± 1	nr	116,7 ± 0,5
	Bq/kg sec	nr	6,8 2,0	nr	6,0 ± 1,8

Tableau 28 : Résultats des analyses des eaux de surfaces prélevées le 20 juin 2023.

IDENTIFICATION DES ECHANTILLONS					
n° d'enregistrement interne		230620-CSA-09	230620-CSA-11	230620-CSA-04	230620-CSA-13
Catégorie		eau douce	eau douce	eau douce	eau douce
Dénomination ou [Genre - espèce]		cours d'eau	eau d'étang	eaux pluviales	eau d'étang
Prélèvement					
Date		20-juin-23	20-juin-23	20-juin-23	20-juin-23
Code de station		**S3**	**EDC**	**BO**	**Cornées**
Nom du cours d'eau / mer / Océan …		Noues d'Amances	Etang des Cailles	Bassin d'orage	Etang de Cornées
Lieu (commune) ou site		Soulaines-Dhuys	Soulaines-Dhuys	CSA	CSA
Département		10	10	10	10
Localisation (détail)					
Latitude		48.4027	48.3899	48.4016	48.4101
Longitude		4.6701	4.6822	4.6713	4.7151

EXPRESSION DES RESULTATS					
Date de référence		20-juin-23	20-juin-23	20-juin-23	20-juin-23
Unité		Bq/L	Bq/L	Bq/L	Bq/L

RESULTATS DES ANALYSES PAR SPECTROMETRIE GAMMA					
Comptage					
n° de manipulation		**V1-9793**	**V2-2863**	**V2-2855**	**V1-9762**
Temps de comptage actif (s)		172 000	172 000	173 884	170 547
Géométrie (en cc)		500	500	500	500
Masse échantillon (g)		5105,4	4905,89	4948,4	4621,2
âge de l'échantillon (jours)		33	49	160	42
Psec / Pfrais		-	-	-	-
Fraction analysée		filtrée (<0,45µm)	filtrée (<0,45µm)	filtrée (<0,45µm)	filtrée (<0,45µm)
Etat du conditionnement		concentré x 10,4	concentré x 10,3	concentré x 11,7	concentré x 10
Densité analysée		1,01	0,95	0,90	0,99
Radionucléides ARTIFICIELS					
57 Co	271,8 jours	< 0,014	< 0,008	< 0,010	< 0,014
58 Co	70,8 jours	< 0,032	< 0,013	< 0,038	< 0,021
60 Co	5,3 ans	< 0,013	< 0,010	< 0,011	< 0,014
106 Ru-Rh(*)	373 jours	< 0,140	< 0,086	< 0,110	< 0,140
108m Ag	418 ans	< 0,014	< 0,008	< 0,008	< 0,014
110m Ag	250 jours	< 0,017	< 0,009	< 0,014	< 0,016
129 I	15,7 10^6 ans	< 0,020	< 0,010	< 0,011	< 0,022
131 I	8,0 jours	nr	nr	nr	nr
134 Cs	2,1 ans	< 0,014	< 0,009	< 0,011	< 0,640
137 Cs	30,0 ans	< 0,014	< 0,008	< 0,009	< 0,015
154 Eu	8,6 ans	< 0,024	< 0,014	< 0,015	< 0,026
241 Am	437,7 ans	< 0,020	< 0,014	< 0,013	< 0,022
Radionucléides NATURELS					
226 Ra	235U-238U	< 0,50	< 0,34	< 0,34	< 0,550
210 Pb	*Ch. 238U*	*< 0,22*	*< 0,18*	*< 0,18*	*< 0,250*
235 U	Ch. 235U	< 0,13	< 0,082	< 0,080	< 0,145
40 K	1,3 10^9 ans	< 0,38	< 0,20	< 0,18	< 0,410
7 Be	53,2 jours	< 0,41	< 0,15	< 0,59	< 0,210

RESULTATS DES AUTRES ANALYSES (RADIOACTIVITE & PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES)					
n° d'enregistrement interne		230620-CSA-09	230620-CSA-11	230620-CSA-04	230620-CSA-13
fraction analysée		distillat	distillat	distillat	distillat
Paramètre	unité				
Tritium libre (HTO)	Bq/L	< 1,4	< 1,4	< 1,4	< 1,4
fraction analysée		Filtrée	Filtrée	Filtrée	Filtrée
Paramètre	unité				
Indice alpha total	Bq/L	**0,13 ± 0,04**	< 0,01	< 0,02	< 0,02
Indice bêta total	Bq/L	**0,19 ± 0,05**	**0,58 ± 0,19**	< 0,17	< 0,05
Potassium (K)	*mg/L*	*< 0,16*	*4,11 ± 0,27*	*4,21 ± 0,26*	*1,98 ± 0,13*
Indice bêta résiduel	Bq/L	**0,19 ± 0,05**	< 0,46	< 0,17	< 0,05
Chlore 36	Bq/L	nr	nr	nr	nr

3. Les sols, mats et couvert végétal

3.1 Remarques concernant les prélèvements, traitements et analyses

Sur le terrain : Quatre sites sont étudiés :

Deux sites de prélèvement sont localisés au voisinage immédiat de l'installation nucléaire sous les vents dominants : à environ 300 m de la cheminée de l'unité de compactage en direction du sud-ouest (station T1) et à 700 m en direction du nord-est (station T2). Ils sont situés à la lisière des bois en des endroits relativement dégagés par rapport aux retombées atmosphériques. Du fait de leur configuration par rapport à l'installation nucléaire, ils témoignent des conséquences des rejets aériens.

Un site (station T3) est localisé dans le domaine Saint-Victor, siège de la communauté de communes de Soulaines-Dhuys, soit à 3,7 km du CSA en direction du sud-est. Ce site renseigne sur la radioactivité observable à distance de l'installation nucléaire.

Un dernier site (station T4) a été choisi à 100 m au Nord Est de la zone d'activité des Grands Usages à Epothémont. Il s'agit de prendre en compte les rejets atmosphériques du centre TFA DAHER.

Figure 25 : Prélèvements d'herbe et de sols à la station T1.

En chaque lieu, 3 compartiments sont considérés :

- La partie aérienne du couvert végétal, il s'agit de la partie située à partir de 2 cm au-dessus du sol,
- Le « mat », constitué d'un mélange de végétal et de particules de terre : On situe généralement cette partie mixte entre 2 cm au dessus et 2 cm en dessous du sol.
- Les sols : On considère un horizon compris entre 2 et 12 cm de profondeur.

La collecte de la partie arienne du couvert végétal concerne un nombre d'unité d'1m² suffisant pour couvrir les besoins. Deux sous-échantillons représentatifs, de 300g et 1kg de matière fraîche, sont constitués et conservé dans une glacière réfrigérée.

Le couvert végétal écarté pour la constitution des échantillons d'herbe destinés à l'analyse, les prélèvements de sols et de mats sont réalisés à l'endroit étudié. Chaque prélèvement s'apparente à un cube de sols obtenu à l'aide d'une pelle bêche. Dès lors, deux horizons sont séparés (0-2 cm et -2-12cm).

Au laboratoire :

- **Le couvert végétal** fait l'objet d'une analyse quantitative par spectrométrie gamma au laboratoire de l'ACRO. Les brins d'herbe sont coupés en longueur d'environ 5cm dans un bac propre puis homogénéisé manuellement. Après quoi, une quantité de 250g de matière fraîche est conditionnée dans un conteneur adapté à la mesure par spectrométrie gamma (SG500). En attente d'un créneau d'analyse, les échantillons sont conservés à 4°C ; l'analyse est réalisée au plus tard 7 jours après le prélèvement. La fraction fraîche est ensuite placée à l'étuve pour l'obtention du rapport poids sec/poids frais.

- La détermination du tritium libre et organiquement lié est réalisée au laboratoire Subatech de Nantes. Le tritium est déterminé par scintillation liquide après lyophilisation (HTO) et après combustion (TOL), selon la norme NF M60-824.

- **Les sols et mats** font l'objet d'une analyse quantitative par spectrométrie gamma au laboratoire de l'ACRO après séchage à 60° C en étuve ventilée. La méthode suit les recommandations de la norme ISO 18589-3:2018.

- Par ailleurs **des analyses complémentaires** ont été réalisées par le laboratoire Subatech de Nantes. Il s'agit de la détermination des radionucléides suivants :
    - Plutonium-238, Américium-241 et Plutonium-239+240,
    - Le Strontium-90.

  Les rapports d'essais sont donnés en annexe 6.

3.2 Résultats détaillés

Tableau 29 : Résultats des analyses des mats (partie mixte de sol et de racines) prélevés le 21 juin 2023.

IDENTIFICATION DES ECHANTILLONS					
n° d'enregistrement interne		230620-CSA-16	230620-CSA-21	230620-CSA-29	230620-CSA-26
Catégorie		mât	mât	mât	mât
Dénomination ou [Genre - espèce]		-2, +2cm	-2, +2cm	-2, +2cm	-2, +2cm
Prélèvement					
Date		21-juin-23	21-juin-23	21-juin-23	21-juin-23
Code de station		**T1**	**T2**	**T3**	**T4**
Lieu (commune) ou site		Soulaine-Dhuys	Soulaine-Dhuys	Soulaine-Dhuys	Epothémont
Département		10	10	10	10
Localisation (détail)		SO CSA	NE CSA	SE CSA	NO CSA
Latitude		48.3951	48.3980	48.3723	48.4262
Longitude		4.6678	4.6737	4.7010	4.6728
distance / l'exutoire (km)		0,3	0,7	3,7	3,1
EXPRESSION DES RESULTATS					
Date de référence		21-juin-23	21-juin-23	21-juin-23	21-juin-23
Unité		Bq/kg sec	Bq/kg sec	Bq/kg sec	Bq/kg sec
RESULTATS DES ANALYSES PAR SPECTROMETRIE GAMMA					
Comptage					
n° de manipulation		**V2-9757**	**V2-2858**	**V1-9761**	**V2-2871**
Temps de comptage actif (s)		87 445	86 585	86 420	85 720
Géométrie (en cc)		500	500	500	500
Masse de l'échantillon conditionné (g)		367,4	367,6	450,3	432,2
âge de l'échantillon (jours)		33	40	40	64
Psec / Pfrais		67,4%	68,0%	73,0%	80,0%
Fraction analysée		<2mm	<2mm	<2mm	<2mm
Etat du conditionnement		sec	sec	sec	sec
Densité analysée		0,70	0,74	0,90	0,90
Radionucléides ARTIFICIELS					
Cobalt-57	271,8 jours	< 0,27	< 0,28	< 0,25	< 0,26
Cobalt-58	70,8 jours	< 0,37	< 0,39	< 0,35	< 0,41
Cobalt-60	5,3 ans	< 0,32	< 0,32	< 0,26	< 0,27
Ru/Rh-106	373 jours	< 2,7	< 2,7	< 2,4	< 2,4
Argent-108m	418 ans	< 0,28	< 0,28	< 0,24	< 0,23
Argent-110m	250 jours	< 0,32	< 0,30	< 0,27	< 0,27
Iode-129	15,7 10^6 ans	< 0,37	< 0,37	< 0,34	< 0,30
Iode-131	8,0 jours	< 5,6	< 10	< 8,6	< 69
Césium-134	2,1 ans	< 0,29	< 0,30	< 0,25	< 0,26
Césium-137	30,0 ans	**1,55 ± 0,38**	**3,3 ± 0,47**	**3,9 ± 0,5**	**1,2 ± 0,31**
Europium-154	8,6 ans	< 0,54	< 0,55	< 0,49	< 0,48
Américium-241	437,7 ans	< 0,52	< 0,55	< 0,47	< 0,47
Radionucléides NATURELS					
234 Th	Ch. 238U	47 ± 7	96 ± 9,0	22 ± 5	78 ± 7
226 Ra	235U-238U	40 ± 6	68 ± 8,0	33 ± 6	58 ± 7
214 Pb	Ch. 238U	30 ± 2,3	50 ± 3,5	27 ± 2,1	43 ± 2,9
214 Bi	Ch. 238U	26 ± 2,1	35 ± 2,7	23 ± 1,9	31 ± 2,4
210 Pb	Ch. 238U	43 ± 6,0	61 ± 7,1	25 ± 5	32 ± 5
228 Ac	Ch. 232Th	33 ± 3,1	43 ± 4,1	27 ± 2,5	34 ± 3,3
212 Pb	Ch. 232Th	42 ± 3,2	73 ± 5,0	34 ± 2,6	59 ± 4,1
235 U max	Ch. 235U	3,1 ± 2,4	< 2,4	3,1 ± 2,0	3,4 ± 0,4
40 K	1,3 10^9 ans	487 ± 39	550 ± 50	355 ± 29	354 ± 33
7 Be	53,2 jours	6,7 ± 4,0	16 ± 4,8	< 4,0	6,9 ± 4,2

Tableau 30 : Résultats des analyses des sols prélevés le 21 juin 2023

IDENTIFICATION DES ECHANTILLONS					
n° d'enregistrement interne		230620-CSA-17	230620-CSA-22	230620-CSA-30	230620-CSA-27
Catégorie		sol	sol	sol	sol
Dénomination ou [Genre - espèce]		2-12 cm	2-12 cm	2-12 cm	2-12 cm
Prélèvement					
Date		21-juin-23	21-juin-23	21-juin-23	21-juin-23
Code de station		**T1**	**T2**	**T3**	**T4**
Nom du cours d'eau / mer / Océan …		-	-	-	-
Lieu (commune) ou site		Soulaine-Dhuys	Soulaine-Dhuys	Soulaine-Dhuys	Epothémont
Département		10	10	10	10
Localisation (détail)		SO CSA	NE CSA	SE CSA	N CSA
Latitude		48.3951	48.3980	48.3723	48.4262
Longitude		4.6678	4.6737	4.7010	4.6728
distance / l'exutoire (km)		0,3	0,7	3,7	3,1

EXPRESSION DES RESULTATS					
Date de référence		21-juin-23	21-juin-23	21-juin-23	21-juin-23
Unité		Bq/kg sec	Bq/kg sec	Bq/kg sec	Bq/kg sec

RESULTATS DES ANALYSES PAR SPECTROMETRIE GAMMA					
Comptage					
n° de manipulation		**V2-2844**	**V1-9749**	**V2-2848**	**V2-2870**
Temps de comptage actif (s)		86 105	86 152	89 102	86 000
Géométrie (en cc)		500	500	500	500
Masse de l'échantillon conditionné (g)		476,6	474,2	566,7	494,6
âge de l'échantillon (jours)		13	13	20	63
Psec / Pfrais		80,4%	82,0%	80,0%	85,2%
Fraction analysée		<2mm	<2mm	<2mm	<2mm
Etat du conditionnement		sec	sec	sec	sec
Densité analysée		1,0	0,95	1,1	1,00
Radionucléides ARTIFICIELS					
Cobalt-57	271,8 jours	< 0,22	< 0,27	< 0,18	< 0,26
Cobalt-58	70,8 jours	< 0,23	< 0,29	< 0,20	< 0,39
Cobalt-60	5,3 ans	< 0,28	< 0,29	< 0,21	< 0,26
Ru/Rh-106	373 jours	< 2,1	< 2,6	< 1,7	< 2,4
Argent-108m	418 ans	< 0,22	< 0,26	< 0,18	< 0,23
Argent-110m	250 jours	< 0,23	< 0,28	< 0,19	< 0,27
Iode-129	15,7 10^6 ans	< 0,29	< 1,1	< 0,23	< 0,30
Iode-131	8,0 jours	< 0,80	< 0,95	< 1,2	< 62
Césium-134	2,1 ans	< 0,23	< 0,26	< 0,19	< 0,25
Césium-137	30,0 ans	**1,10 ± 0,27**	**2,6 ± 0,42**	**3,6 ± 0,38**	**2,6 ± 0,37**
Europium-154	8,6 ans	< 0,44	< 0,56	< 0,36	< 0,49
Américium-241	437,7 ans	< 0,44	< 0,67	< 0,36	< 0,48
Radionucléides NATURELS					
234 Th	Ch. 238U	65 ± 7,0	89 ± 10	54 ± 5	85 ± 8
226 Ra	235U-238U	52 ± 6	58 ± 8	37 ± 4,7	66 ± 7
214 Pb	Ch. 238U	35 ± 2,6	45 ± 7	29 ± 2,0	57 ± 3,8
214 Bi	Ch. 238U	27 ± 2,1	36 ± 2,7	22 ± 1,7	41 ± 3,0
210 Pb	Ch. 238U	32 ± 5,0	46 ± 8	22 ± 3,7	31 ± 4,9
228 Ac	Ch. 232Th	35 ± 3,1	51 ± 4,3	27 ± 2,4	41 ± 3,8
212 Pb	Ch. 232Th	55 ± 3,8	65 ± 4,7	39 ± 2,7	71 ± 4,8
235 U max	Ch. 235U	< 1,9	3,6 ± 2,4	1,6 ± 0,20	± 2,1
40 K	1,3 10^9 ans	570 ± 50	512 ± 40	358 ± 34	414 ± 39
7 Be	53,2 jours	< 2,4	< 2,8	< 2,1	< 4,6

RESULTATS DES AUTRES ANALYSES					
n° d'enregistrement interne		230620-CSA-17	230620-CSA-22	230620-CSA-30	230620-CSA-27
fraction analysée			<200µm		
Rapport Frais/sec			1,25 ± 0,04		
Paramètre	unité				
90 Sr	Bq/kg sec	nr	< 2,7	nr	nr
241 Am	Bq/kg sec	nr	< 0,024	nr	nr
238 Pu	Bq/kg sec	nr	< 0,019	nr	nr
239+240 Pu	Bq/kg sec	nr	< 0,019	nr	nr

Tableau 31 : Résultats des analyses du couvert végétal prélevé le 21 juin 2023.

IDENTIFICATION DES ECHANTILLONS					
n° d'enregistrement interne		230620-CSA-15	230620-CSA-20	230620-CSA-28	230620-CSA-25
Catégorie		végétaux	végétaux	végétaux	végétaux
Dénomination ou [Genre - espèce]		herbe	herbe	herbe	herbe
Prélèvement					
Date		21-juin-23	21-juin-23	21-juin-23	21-juin-23
Code de station		**T1**	**T2**	**T3**	**T4**
Lieu (commune) ou site		Soulaine-Dhuys	Soulaine-Dhuys	Soulaine-Dhuys	Epothémont
Département		10	10	10	10
Localisation (détail)		SO CSA	NE CSA	SE CSA	N CSA
Latitude		48.3951	48.3980	48.3723	48.4262
Longitude		4.6678	4.6737	4.7010	4.6728
distance / l'exutoire (km)		0,3	0,7	3,7	3,1
EXPRESSION DES RESULTATS					
Date de référence		21-juin-23	21-juin-23	21-juin-23	21-juin-23
Unité		Bq/kg sec	Bq/kg sec	Bq/kg sec	Bq/kg sec
RESULTATS DES ANALYSES PAR SPECTROMETRIE GAMMA					
Comptage					
n° de manipulation		**V1-9745**	**V1-9743**	**V2-2839**	**V2-2838**
Temps de comptage actif (s)		171 285	238 515	176 353	238 495
Géométrie (en cc)		500	500	500	500
Masse de l'échantillon conditionné (g)		201,8	267,4	245,9	215,7
âge de l'échantillon (jours)		6	4	5	2
Psec / Pfrais		34%	28,0%	30,0%	43,0%
Fraction analysée		aérienne	aérienne	aérienne	aérienne
Etat du conditionnement		frais	frais	frais	frais
Densité analysée		0,40	0,50	0,50	0,43
Radionucléides ARTIFICIELS					
57 Co	271,8 jours	< 0,64	< 0,52	< 0,38	< 0,32
58 Co	70,8 jours	< 0,84	< 0,66	< 0,55	< 0,39
60 Co	5,3 ans	< 0,88	< 0,69	< 0,66	< 0,51
106 Ru-Rh(*)	373 jours	< 7,9	< 6,0	< 4,9	< 3,8
108mAg	418 ans	< 0,80	< 0,65	< 0,50	< 0,42
110m Ag	250 jours	< 0,84	< 0,66	< 0,52	< 0,39
129 I	15,7 10^6 ans	< 0,90	< 0,76	< 0,49	< 0,52
131 I	8,0 jours	< 1,6	< 0,96	< 0,91	< 0,61
134 Cs	2,1 ans	< 0,83	< 0,66	< 0,52	< 0,42
137 Cs	30,0 ans	< 0,92	< 0,75	< 0,59	< 0,45
154 Eu	8,6 ans	< 1,3	< 1,1	< 0,80	< 0,67
241 Am	437,7 ans	< 1,1	< 0,88	< 0,73	< 0,64
Radionucléides NATURELS					
40 K	1,3 10^9 ans	406 ± 44	540 ± 50	740 ± 70	453 ± 8
7 Be	53,2 jours	105 ± 13	238 ± 19	222 ± 18	253 ± 18

RESULTATS DES AUTRES ANALYSES (RADIOACTIVITE & PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES)					
n° d'enregistrement interne		230620-CSA-15	230620-CSA-20	230620-CSA-28	230620-CSA-25
fraction analysée			aérienne		aérienne
rapport Frais / Sec			*3,54 ± 0,12*		*2,43 ± 0,09*
Paramètre	unité				
Tritium libre (HTO)	Bq/L	nr	3,8 ± 2,9	nr	3,4 ± 2,9
Tritium lié (TOL)	Bq/kg sec	nr	2,5 ± 1,8	nr	< 1,9

4. La chaîne alimentaire

4.1 Remarques concernant les prélèvements, le traitement et analyses des produits du jardin

Figure 26 : Prélèvement de légumes dans le jardin potager situé à Ville-aux-Bois

Le prélèvement des légumes s'est effectué dans un jardin situé à la Ville-aux-bois, le 23 juin 2023. Après collecte, les légumes ont été conservés en glacière réfrigérée jusqu'à leur arrivée au laboratoire. Les courgettes ont quant à elles étét prélevées par la CLI début juillet et congelées en attendant leur récupération fin août.

Au laboratoire :

A leur arrivée, les légumes sont triés et rincés à l'eau. Après quoi, ils sont séchés 60°C en étuve ventilée, réduits en poudre et conditionnés dans des conteneurs adaptés (61 ml).

Les analyses sont réalisées au laboratoire de l'ACRO par spectrométrie gamma.

4.2 Remarques concernant les prélèvements, le traitement et analyses des baies et champignons

Les prélèvements ont été réalisés par la CLI. Les champignons (Cèpes) ont été collectés dans le bois d'Humégnil à Epothémont ; Les baies (mûres) ont été collectées près de l'étang des Cailles. Les échantillons conditionnés en sacs plastiques hermétiques ont été congelés avant leur expédition vers les laboratoires d'analyses.

Au laboratoire :

- Au laboratoire de l'ACRO, après décongélation, les échantillons sont séchés 60°C en étuve ventilée, réduits en poudre et conditionnés dans des conteneurs adaptés pour analyse par spectrométrie gamma au laboratoire de l'ACRO.

- La détermination du tritium organiquement lié est réalisée au laboratoire Subatech de Nantes. Le tritium est déterminé par scintillation liquide après lyophilisation et combustion, selon la norme NF M60-824.

4.3 Remarques concernant les prélèvements, le traitement et analyses du lait et des céréales

Les prélèvements de lait et céréales ont été réalisées dans une exploitation agricole située à Anglus. Après collecte, les prélèvements ont été expédié rapidement aux laboratoires d'analyses.

Au laboratoire :

- Au laboratoire de l'ACRO, le lait frais est conditionné rapidement en géométrie de comptage adapté pour la mesure par spectrométrie gamma.

- Les grains de blé sont séchés 60°C en étuve ventilée, réduits en poudre et conditionnés dans des conteneurs adaptés pour analyse par spectrométrie gamma au laboratoire de l'ACRO.

Figure 27 : prélèvement du lait

- La détermination du tritium organiquement lié est réalisée au laboratoire Subatech de Nantes. Le tritium est déterminé par scintillation liquide après lyophilisation et combustion, selon la norme NF M60-824,

- La détermination du Strontium-90 est également réalisé au laboratoire Subatech. L'analyse est réalisée par scintillation liquide après étapes de séparation (méthode interne).

4.4 Remarques concernant les prélèvements, le traitement et analyses du gibier et des poissons

Les prélèvements ont été réalisés par l'intermédiaire de la CLI et les échantillons ont été conservés au congélateur avant leur transfert vers le laboratoire de l'ACRO.

Au laboratoire, après décongélation, la viande de gibier est découpée, hachée, puis conditionnée dans une géométrie de comptage adaptée à la mesure par spectrométrie gamma (SG500).

En ce qui concerne les deux espèces de poissons (carpe et tanche), chairs et viscères sont considérées séparément et chaque fraction est conditionnée pour analyse quantitative par spectrométrie gamma (SG500 et pétri).

4.5 Remarques concernant les prélèvements, le traitement et analyses des produits de la ruche

Dans le cadre de l'étude, les ruches ont été installées par un apiculteur membre de la CLI, près de l'étang des Cailles à proximité du CSA.

Les produits (miels et cire), ont été prélevés par leur propriétaire puis transférés au laboratoire de l'ACRO.

Figure 28 : produits de la ruche

Au laboratoire :

Aucun traitement n'est effectué sur les échantillons en vue de leur analyse quantitative par spectrométrie gamma (laboratoire de l'ACRO) : l'échantillon brut est conditionné dans une géométrie de comptage afin d'être soumis à l'analyse.

Tableau 32: Résultats des analyses des productions des jardins collectées en 2023

IDENTIFICATION DES ECHANTILLONS						
n° d'enregistrement interne		230620-CSA-37	230620-CSA-35	230620-CSA-34	230620-CSA-36	230913-CSA-20
Catégorie		Denrée	Denrée	Denrée	Denrée	Denrée
Dénomination ou [Genre - espèce]		**Rhubarbe**	**Salade verte**	**Persil**	**Radis**	**Courgette**
Prélèvement						
Date		23-juin-23	23-juin-23	23-juin-23	24-juin-23	03-juil-23
Code de station		**J1**	**J1**	**J1**	**J1**	**J1**
Lieu (commune) ou site		La Ville aux Bois	La Ville aux Bois	La Ville aux Bois	La Ville aux Bois	La Ville aux Bois
Département		10	10	10	10	10
Localisation (détail)						
Latitude		48.4033	48.4068	48.4068	48.4068	48.4068
Longitude		4.6908	4.6904	4.6904	4.6904	4.6904
distance / l'exutoire (km)		1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
EXPRESSION DES RESULTATS						
Date de référence		23-juin-23	23-juin-23	23-juin-23	24-juin-23	03-juil-23
Unité		Bq/kg frais	Bq/kg frais	Bq/kg frais	Bq/kg frais	Bq/kg frais
RESULTATS DES ANALYSES PAR SPECTROMETRIE GAMMA						
Comptage						
n° de manipulation		**V2-2847**	**V1-9754**	**V2-2849**	**V2-9768**	**V2-2935**
Temps de comptage actif (s)		223793	173 969	171 883	172 000	172 000
Géométrie (en cc)		61	61	61	61	61
Masse de l'échantillon conditionné (g)		43,2	15,3	17,2	22,3	39,3
âge de l'échantillon (jours)		17	20	20	49	172
Psec / Pfrais		7,2%	4,9%	13,0%	6,0%	3,3%
Fraction analysée		<2mm	<2mm	<2mm	<2mm	<2mm
Etat du conditionnement		sec	sec	sec	sec	sec
Densité analysée		0,71	0,25	0,28	0,36	0,64
Radionucléides ARTIFICIELS						
Cobalt-57	271,8 jours	< 0,01	< 0,03	< 0,06	< 0,03	< 0,01
Cobalt-58	70,8 jours	< 0,03	< 0,09	< 0,16	< 0,10	< 0,09
Cobalt-60	5,3 ans	< 0,03	< 0,07	< 0,15	< 0,06	< 0,02
Ru/Rh-106	373 jours	< 0,20	< 0,63	< 1,17	< 0,60	< 0,18
Argent-108m	418 ans	< 0,02	< 0,06	< 0,09	< 0,05	< 0,01
Argent-110m	250 jours	< 0,02	< 0,07	< 0,13	< 0,07	< 0,02
Iode-129	15,7 10^6 ans	< 0,03	< 0,08	< 0,15	< 0,07	< 0,02
Iode-131	8,0 jours	< 0,07	< 0,36	< 0,55	< 0,18	nr
Césium-134	2,1 ans	< 0,02	< 0,07	< 0,12	< 0,06	< 0,02
Césium-137	30,0 ans	< 0,02	< 0,08	< 0,13	< 0,07	< 0,02
Europium-154	8,6 ans	< 0,02	< 0,07	< 0,12	< 0,06	< 0,01
Américium-241	437,7 ans	< 0,03	< 0,07	< 0,16	< 0,06	< 0,02
Radionucléides NATURELS						
40 K	1,3 10^9 ans	82 ± 7	111 ± 9	189 ± 16	120 ± 10,0	41 ± 3,4
7 Be	53,2 jours	± 0,19	4,9 ± 0,96	17 ± 2,2	< 0,87	< 0,98

Tableau 33 : Résultats des analyses réalisées sur les baies et les champignons récoltées en aout 2023.

IDENTIFICATION DES ECHANTILLONS			
n° d'enregistrement interne		230913-CSA-22	230913-CSA-21
Catégorie		Baies	Champignons
Dénomination ou [Genre - espèce]		**Mûres**	**Cèpes**
Prélèvement			
Date		16-août-23	11-août-23
Code de station		**EDC**	**Bois d'Humégnil**
Lieu (commune) ou site		Etang des cailles	Epothémont
Département		10	10
Latitude		48.3899	-
Longitude		4.6822	-
distance / l'exutoire (km)		< 1km	< 1 km
EXPRESSION DES RESULTATS			
Date de référence		16-août-23	11-août-23
Unité		Bq/kg frais	Bq/kg frais
RESULTATS DES ANALYSES PAR SPECTROMETRIE GAMMA			
Comptage			
n° de manipulation		**V2-2936**	**V1-9840**
Temps de comptage actif (s)		172 000	172 000
Géométrie (en cc)		61	61
Masse de l'échantillon conditionné (g)		35,5	47,1
âge de l'échantillon (jours)		132	137
Psec / Pfrais		15,0%	9,1%
Fraction analysée		<2mm	<2mm
Etat du conditionnement		sec	sec
Densité analysée		0,58	0,77
Radionucléides ARTIFICIELS			
Cobalt-57	271,8 jours	< 0,04	< 0,03
Cobalt-58	70,8 jours	< 0,24	< 0,16
Cobalt-60	5,3 ans	< 0,08	< 0,04
Ru/Rh-106	373 jours	< 0,78	< 0,49
Argent-108m	418 ans	< 0,05	< 0,04
Argent-110m	250 jours	< 0,09	< 0,06
Iode-129	15,7 10^6 ans	< 0,07	< 0,05
Iode-131	8,0 jours		-
Césium-134	2,1 ans	< 0,07	< 0,05
Césium-137	30,0 ans	< 0,07	**0,34 ± 0,06**
Europium-154	8,6 ans	< 0,06	< 0,04
Américium-241	437,7 ans	< 0,08	< 0,04
Radionucléides NATURELS			
40 K	1,3 10^9 ans	**40 ± 3,9**	**46 ± 3,9**
7 Be	53,2 jours	< 2,7	< 1,9

RESULTATS DES AUTRES ANALYSES		
n° d'enregistrement interne		230913-CSA-22
rapport Frais/sec		*4,26 ± 0,15*
Paramètre	unité	
Tritium lié (TOL)	Bq/L edc	3,9 ± 3,3
Tritium lié (TOL)	Bq/kg sec	2,4 ± 2,0
Tritium lié (TOL)	Bq/kg frais	0,56 ± 0,47

Tableau 34: Résultats des analyses du gibier collectés en juillet 2023

IDENTIFICATION DES ECHANTILLONS				
n° d'enregistrement interne		230913-CSA-17		
Catégorie		Gibier		
Dénomination ou [Genre - espèce]		Sanglier		
Prélèvement				
Date		15/7/23		
Lieu (commune) ou site		Soulaines		
Département		10		
Localisation (détail)		Bois de Morvillers		
EXPRESSION DES RESULTATS				
Date de référence		15/7/23		
Unité		Bq/kg frais		
RESULTATS DES ANALYSES PAR SPECTROMETRIE GAMMA				
Comptage				
n° de manipulation		**V2-2919**		
Temps de comptage actif (s)		172 000		
Géométrie (en cc)		500		
Masse de l'échantillon conditionné (g)		512,9		
âge de l'échantillon (jours)		129		
Psec / Pfrais		-		
Fraction analysée		Chair (muscle)		
Etat du conditionnement		Frais		
Densité analysée		1,0		
Radionucléides ARTIFICIELS				
57 Co	271,8 jours		<	0,10
58 Co	70,8 jours		<	0,31
60 Co	5,3 ans		<	0,11
106 Ru-Rh(*)	373 jours		<	1,03
108mAg	418 ans		<	0,08
110m Ag	250 jours		<	0,12
129 I	15,7 10^6 ans		<	0,11
131 I	8,0 jours	nr		
134 Cs	2,1 ans		<	0,10
137 Cs	30,0 ans		<	0,10
154 Eu	8,6 ans		<	0,15
241 Am	437,7 ans		<	0,14
Radionucléides NATURELS				
40 K	1,3 10^9 ans	**115**	**±**	**11,0**
7 Be	53,2 jours		<	4,1

Tableau 35: Résultats des analyses des poissons pêchés dans l'étang du Happet en juillet 2023.

IDENTIFICATION DES ECHANTILLONS					
n° d'enregistrement interne		230913-CSA-18	230913-CSA-25	230913-CSA-19	230913-CSA-24
Catégorie		Poisson	Poisson	Poisson	Poisson
Dénomination ou [Genre - espèce]		Carpe	Carpe	Tanche	Tanche
Prélèvement					
Période de la récolte		25/8/23	25/8/23	30/8/23	30/8/23
Nom du cours d'eau / mer / Océan …		Etang du Happet	Etang du Happet	Etang du Happet	Etang du Happet
Lieu (commune) ou site		Ville-aux-bois	Ville-aux-bois	Ville-aux-bois	Ville-aux-bois
Département		10	10	10	10
distance / l'exutoire (km)		1,7	1,7	1,7	1,7
EXPRESSION DES RESULTATS					
Date de référence		25/8/23	25/8/23	30/8/23	30/8/23
Unité		Bq/kg frais	Bq/kg frais	Bq/kg frais	Bq/kg frais
RESULTATS DES ANALYSES PAR SPECTROMETRIE GAMMA					
Comptage					
n° de manipulation		**V2-2924**	**V2-2925**	**V1-9829**	**V1-9830**
Temps de comptage actif (s)		249 173	173 426	248 576	173 908
Géométrie (en cc)		500	61	500	61
Masse de l'échantillon conditionné (g)		491,1	67,8	542,5	68
âge de l'échantillon (jours)		98	101	93	96
Psec / Pfrais		-	-	-	-
Fraction analysée		**Chair**	**Viscères**	**Chair**	**Viscères**
Etat du conditionnement		Frais	Frais	Frais	Frais
Densité analysée		1,0	1,1	1,1	1,1
Radionucléides ARTIFICIELS					
Cobalt-57	271,8 jours	< 0,08	< 0,13	< 0,11	< 0,19
Cobalt-58	70,8 jours	< 0,19	< 0,60	< 0,24	< 0,76
Cobalt-60	5,3 ans	< 0,10	< 0,28	< 0,10	< 0,34
Ru/Rh-106	373 jours	< 0,83	< 2,5	< 1,1	< 3,4
Argent-108m	418 ans	< 0,07	< 0,17	< 0,10	< 0,26
Argent-110m	250 jours	< 0,10	< 0,28	< 0,13	< 0,40
Iode-129	15,7 10^6 ans	0,10	0,25	< 0,14	< 0,33
Iode-131	8,0 jours	-	-	-	-
Césium-134	2,1 ans	< 0,08	< 0,25	< 0,11	< 0,33
Césium-137	30,0 ans	< 0,08	< 0,25	< 0,12	< 0,35
Europium-154	8,6 ans	< 0,12	< 0,22	< 0,18	< 0,32
Américium-241	437,7 ans	< 0,12	< 0,29	< 0,15	< 0,32
Radionucléides NATURELS					
40 K	**1,3 10^9 ans**	**105 ± 10**	**70 ± 8,5**	**96 ± 8,3**	**79 ± 12**
7 Be	53,2 jours	< 2,3	< 6,2	< 3,0	< 8,5

Tableau 36: Résultats de l'analyse des céréales récoltées en 2023

IDENTIFICATION DES ECHANTILLONS				
n° d'enregistrement interne		230913-CSA-23		
Catégorie		céréale		
Dénomination ou [Genre - espèce]		**Blé**		
Prélèvement				
Date		12-juil-23		
Code de station		**Anglus**		
Lieu (commune) ou site		**Anglus**		
Département		10		
Localisation (détail)				
Latitude		48.3976		
Longitude		4.73771		
EXPRESSION DES RESULTATS				
Date de référence		12-juil-23		
Unité		Bq/kg frais		
RESULTATS				
Comptage				
n° de manipulation		**V1-9814**		
Temps de comptage actif (s)		172 000		
Géométrie (en cc)		61		
Masse de l'échantillon conditionné (g)		54,4		
âge de l'échantillon (jours)		125		
Psec / Pfrais		92,0%		
Fraction analysée		< 200 µm		
Etat du conditionnement		sec		
Densité analysée		0,9		
Radionucléides ARTIFICIELS				
57 Co	271,8 jours		<	0,23
58 Co	70,8 jours		<	1,20
60 Co	5,3 ans		<	0,35
106 Ru-Rh(*)	373 jours		<	4,00
108mAg	418 ans		<	0,31
110m Ag	250 jours		<	0,51
129 I	15,7 10^6 ans		<	0,38
131 I	8,0 jours	nr		
134 Cs	2,1 ans		<	0,39
137 Cs	30,0 ans		<	0,41
154 Eu	8,6 ans		<	0,37
241 Am	437,7 ans		<	0,36
Radionucléides NATURELS				
40 K	1,3 10^9 ans	**163**	±	**20**
7 Be	53,2 jours		<	14
RESULTATS DES AUTRES ANALYSES				
n° d'enregistrement interne		230913-CSA-23		
rapport Frais/sec		*1,05*	±	*0,04*
Paramètre	unité			
Tritium lié (TOL)	Bq/L edc	7,6	±	3,5
Tritium lié (TOL)	Bq/kg sec	4,5	±	2,1
Tritium lié (TOL)	Bq/kg frais	4,3	±	2,0

Tableau 37: Résultats de l'analyse du lait récolté en 2023

IDENTIFICATION DES ECHANTILLONS				
n° d'enregistrement interne		230620-CSA-33		
Catégorie		Lait		
Dénomination ou [Genre - espèce]		-		
Prélèvement				
Date		22/6/23		
Code de station		**Anglus**		
Lieu (commune) ou site		**Anglus**		
Département		10		
Latitude		48.3976		
Longitude		4.7377		
EXPRESSION DES RESULTATS				
Date de référence		22/6/23		
Unité		Bq/L		
RESULTATS DES ANALYSES PAR SPECTROMETRIE GAMMA				
Comptage				
n° de manipulation		**V1-9744**		
Temps de comptage actif (s)		87 554		
Géométrie (en cc)		500		
Masse de l'échantillon conditionné (g)		511,6		
âge de l'échantillon (jours)		4		
Etat du conditionnement		frais		
Densité analysée		1,02		
Radionucléides ARTIFICIELS				
57 Co	271,8 jours		<	0,16
58 Co	70,8 jours		<	0,18
60 Co	5,3 ans		<	0,19
106 Ru-Rh(*)	373 jours		<	1,7
108mAg	418 ans		<	0,18
110m Ag	250 jours		<	0,18
129 I	15,7 106 ans		<	0,29
131 I	8,0 jours		<	0,30
134 Cs	2,1 ans		<	0,20
137 Cs	30,0 ans		<	0,21
154 Eu	8,6 ans		<	0,33
241 Am	437,7 ans		<	0,28
Radionucléides NATURELS				
40 K	1,3 10^9 ans	**52**	±	**7**
7 Be	53,2 jours		<	1,7
RESULTATS DES AUTRES ANALYSES (RADIOACTIVITE & PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES)				
n° d'enregistrement interne		230620-CSA-33		
fraction analysée				
rapport frais/sec		*6,95*	±	*0,24*
Paramètre	unité			
90Sr	Bq/kg sec		<	1,5
Tritium lié (TOL)	Bq/L edc		<	2,9
Tritium lié (TOL)	Bq/kg sec		<	2,1

Tableau 38: Résultats des analyses des produits de la ruche récoltés en 2023

IDENTIFICATION DES ECHANTILLONS				
n° d'enregistrement interne		230913-CSA-14	230913-CSA-15	230913-CSA-16
Catégorie		Apicole	Apicole	Apicole
Dénomination ou [Genre - espèce]		Miel Acacia	Miel Tilleuil	Cire
Prélèvement				
Période de la récolte		15-juin-23	05-juil-23	05-juil-23
Lieu (commune) ou site		CSA	CSA	CSA
Département		10	10	10
Localisation (détail)		Site ANDRA	site ANDRA	site ANDRA
Latitude				
Longitude				
EXPRESSION DES RESULTATS				
Date de référence		15-juin-23	05-juil-23	45112
Unité		Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg
RESULTATS DES ANALYSES PAR SPECTROMETRIE GAMMA				
Comptage				
n° de manipulation		**V1-9809**	**V2-2906**	**V2-2907**
Temps de comptage actif (s)		85 768	85 729	172 000
Géométrie (en cc)		500	500	61
Masse de l'échantillon conditionné (g)		734,3	736,2	29,1
âge de l'échantillon (jours)		133	113	114
Psec / Pfrais		-	-	-
Fraction analysée		entier	entier	entier
Etat du conditionnement		brut	brut	brut
Densité analysée		1,50	1,50	0,50
Radionucléides ARTIFICIELS				
Cobalt-57	271,8 jours	< 0,18	< 0,10	< 0,32
Cobalt-58	70,8 jours	< 0,49	< 0,26	< 1,68
Cobalt-60	5,3 ans	< 0,14	< 0,12	< 0,61
Ru/Rh-106	373 jours	< 1,7	< 1,08	< 5,98
Argent-108m	418 ans	< 0,14	< 0,09	< 0,42
Argent-110m	250 jours	< 0,19	< 0,12	< 0,71
Iode-129	15,7 10^6 ans	< 0,69	< 0,33	< 0,58
Iode-131	8,0 jours	nr	nr	nr
Césium-134	2,1 ans	< 0,16	< 0,11	< 0,58
Césium-137	30,0 ans	< 0,15	< 0,10	< 0,60
Europium-154	8,6 ans	< 0,28	< 0,17	< 0,52
Américium-241	437,7 ans	< 0,29	< 0,19	< 0,67
Radionucléides NATURELS				
40 K	1,3 10^9 ans	23 ± 5	36 ± 5	< 20
7 Be	53,2 jours	< 6,9	< 3,4	< 18

5. Les vignobles

5.1 Remarques concernant les prélèvements, le traitement et analyses

Les investigations ont été réalisées dans trois vignobles situés entre 15 et 20 km au sud CSA. Il s'agit de :

- Ets. L. MOUJIN situé à Saulcy,
- Ets. L. COURTILLIER situé à Colombé-la-Fosse,
- Ets. A. SCOHY à Trannes

Les prélèvements ont été réalisés le 13 septembre 2023 au moment des vendanges.

Figure 29 : Prélèvement de raisins à Saulcy le 13 septembre 2023.

Sur le terrain : Dans chacune des trois parcelles étudiées, environ 4 kg de raisin sont prélevés. De la terre de surface est également collectée entre les rangs de vigne à l'aide d'une pelle.

Au laboratoire : Une analyse quantitative par spectrométrie gamma est réalisée sur les sols et les fractions jus et marc obtenus après pressage du raisin.

Le jus est également analysé par scintillation liquide afin d'en déterminer la teneur en tritium.

- **Pour les sols**, l'approche est similaire à celle décrite au chapitre 3.3.1 ;
- **Les raisins** sont pressés mécaniquement. Le jus obtenu est ensuite soumis à plusieurs filtrations jusqu'à un seuil de rétention de 50 µm. Une aliquote du filtrat obtenu est analysée par spectrométrie gamma (500 ml), une seconde aliquote fait l'objet d'une double distillation destinée au dosage du tritium par scintillation liquide.
- **Le marc** (résidu solide) obtenu après pressage est séché puis réduit en poudre afin d'être conditionné dans une géométrie de comptage de type pétri (61 ml).

5.2 Résultats détaillés

Tableau 39: Résultats des analyses des produits du vignoble récoltés en septembre 2023

n° d'enregistrement interne		230913-CSA-05	230913-CSA-08	230913-CSA-02	230913-CSA-04	230913-CSA-07	230913-CSA-01
Catégorie		Raisin	Raisin	Raisin	Raisin	Raisin	Raisin
Dénomination ou [Genre - espèce]		**Pinot noir Jus**	**Pinot noir Jus**	**Chardonnay Jus**	**Pinot noir marc**	**Pinot noir marc**	**Chardonnay marc**
Prélèvement							
Date		13-sept-23	13-sept-23	13-sept-23	13-sept-23	13-sept-23	13-sept-23
Code de station		**Courtiller**	**Scohy**	**Mougin**	**Courtiller**	**Scohy**	**Mougin**
Lieu (commune) ou site		**Colombey-la-Fosse**	**Trannes**	**Saulcy**	**Colombey-la-Fosse**	**Trannes**	**Saulcy**
Département		10	10	10	10	10	10
Localisation (détail)		vignoble	vignoble	vignoble	vignoble	vignoble	vignoble
Latitude		48.2631	48.3067	48.2723	48.2631	48.3067	48.2723
Longitude		4.7821	4.5883	4.7821	4.7821	4.5883	4.7821
distance / l'exutoire (km)							
EXPRESSION DES RESULTATS							
Date de référence		13-sept-23	13-sept-23	13-sept-23	13-sept-23	13-sept-23	13-sept-23
Unité		Bq/L	Bq/L	Bq/L	Bq/kg sec	Bq/kg sec	Bq/kg sec
RESULTATS DES ANALYSES PAR SPECTROMETRIE GAMMA							
Comptage							
n° de manipulation		**V2-2887**	**V2-2885**	**V2-2886**	**V1-9803**	**V2-2900**	**V2-2892**
Temps de comptage actif (s)		86 000	83 752	86 000	172 000	172 000	172 000
Géométrie (en cc)		500	500	500	61	61	61
Masse de l'échantillon conditionné (g)		550	533	535,1	39,2	45,9	49,0
âge de l'échantillon (jours)		8	6	7	33	33	19
Psec / Pfrais		-	-	-	31,0%	25,0%	28,0%
Fraction analysée		filtrat < 50µm	filtrat < 50µm	filtrat < 50µm	marc	marc	marc
Etat du conditionnement		liquide	liquide	liquide	sec	sec	sec
Densité analysée		1,1	1,1	1,1	0,64	0,75	0,80
Radionucléides ARTIFICIELS							
Cobalt-57	271,8 jours	< 0,10	0,10	< 0,10	< 0,28	< 0,16	< 0,15
Cobalt-58	70,8 jours	< 0,12	0,12	< 0,12	< 0,74	< 0,49	< 0,39
Cobalt-60	5,3 ans	< 0,14	0,14	< 0,17	< 0,54	< 0,41	< 0,41
Ru/Rh-106	373 jours	< 1,2	1,1	< 1,1	< 5,2	< 3,3	< 3,0
Argent-108m	418 ans	< 0,12	0,12	< 0,12	< 0,47	< 0,27	< 0,25
Argent-110m	250 jours	< 0,12	0,12	< 0,12	< 0,60	< 0,38	< 0,33
Iode-129	15,7 10^6 ans	< 0,15	0,15	< 0,15	< 0,60	< 0,40	< 0,38
Iode-131	8,0 jours	< 0,28	0,24	< 0,26	< 8,9	< 5,0	< 1,4
Césium-134	2,1 ans	< 0,12	0,12	< 0,13	< 0,54	< 0,36	< 0,32
Césium-137	30,0 ans	< 0,14	0,14	< 0,13	< 0,59	< 0,38	< 0,36
Europium-154	8,6 ans	< 0,20	0,20	< 0,19	< 0,55	< 0,33	< 0,31
Américium-241	437,7 ans	< 0,19	0,20	< 0,19	< 0,56	< 0,44	< 0,41
Radionucléides NATURELS							
234 Th	Ch. 238U	< 2,3	< 2,4	< 2,4	< 7,6	< 5,3	< 5,0
226 Ra	235U-238U	< 3,7	< 4,0	< 3,9	< 13	< 7,6	< 7,0
214 Pb	Ch. 238U	< 0,37	< 0,39	< 0,39	< 1,5	< 0,91	< 0,85
214 Bi	Ch. 238U	< 0,36	< 0,35	< 0,36	< 1,7	< 1,2	< 1,1
210 Pb	Ch. 238U	< 1,9	< 2,0	< 2,0	< 7,0	< 6,4	< 6,0
228 Ac	Ch. 232Th	< 0,59	< 0,61	< 0,57	< 3,4	< 2,2	< 2,1
212 Pb	Ch. 232Th	< 0,33	< 0,34	< 0,34	< 1,3	< 0,70	< 0,65
235 U	Ch. 235U	< 0,95	< 0,97	< 1,0	< 3,1	< 1,8	< 1,7
40 K	1,3 10^9 ans	**33 ± 5**	**43 ± 6**	**33 ± 4,7**	**390 ± 38**	**386 ± 34**	**402 ± 35**
7 Be	53,2 jours	< 1,1	< 1,1	< 1,2	< 6,6	< 3,8	< 3,1
RESULTATS DES AUTRES ANALYSES (RADIOACTIVITE & PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES)							
n° d'enregistrement interne		230913-CSA-05	230913-CSA-08	230913-CSA-02			
fraction analysée		distillat	distillat	distillat			
Paramètre	unité	Bq/L	Bq/L	Bq/L			
Tritium libre (HTO)		< 1,4	< 1,4	< 1,4			

Tableau 40 : Résultats des analyses des sols des différents vignobles récoltés en septembre 2023

n° d'enregistrement interne		230913-CSA-06	230913-CSA-09	230913-CSA-03
Catégorie		sols	sols	sols
Dénomination ou [Genre - espèce]		**Terre de surface**	**Terre de surface**	**Terre de surface**
Prélèvement				
Date		13-sept-23	13-sept-23	13-sept-23
Code de station		**Courtiller**	**Scohy**	**Mougin**
Lieu (commune) ou site		**Colombey-la-Fosse**	**Trannes**	**Saulcy**
Département		10	10	10
Localisation (détail)		vignoble	vignoble	vignoble
Latitude		48.2631	48.3067	48.2723
Longitude		4.7821	4.5883	4.7821
distance / l'exutoire (km)				
EXPRESSION DES RESULTATS				
Date de référence		13-sept-23	13-sept-23	13-sept-23
Unité		Bq/kg sec	Bq/kg sec	Bq/kg sec
RESULTATS DES ANALYSES PAR SPECTROMETRIE GAMMA				
Comptage				
n° de manipulation		**V2-2910**	**V1-9823**	**V1-9815**
Temps de comptage actif (s)		93 021	86 000	86 000
Géométrie (en cc)		500	500	500
Masse de l'échantillon conditionné (g)		525,4	620,8	556,4
âge de l'échantillon (jours)		50		54
Psec / Pfrais		82,0%	91,0%	82,0%
Fraction analysée		< 200 µm	<200µm	<200µm
Etat du conditionnement		sec	sec	sec
Densité analysée		1,1	1,2	1,1
Radionucléides ARTIFICIELS				
Cobalt-57	271,8 jours	< 0,24	< 0,27	< 0,32
Cobalt-58	70,8 jours	< 0,33	< 0,40	< 0,42
Cobalt-60	5,3 ans	< 0,27	< 0,23	< 0,27
Ru/Rh-106	373 jours	< 2,22	< 2,29	< 2,6
Argent-108m	418 ans	< 0,22	< 0,22	< 0,26
Argent-110m	250 jours	< 0,25	< 0,25	< 0,30
Iode-129	15,7 10^6 ans	< 0,28	< 1,0	< 1,1
Iode-131	8,0 jours	< 19	< 95	< 32
Césium-134	2,1 ans	< 0,24	< 0,22	< 0,27
Césium-137	30,0 ans	**3,4 ± 0,41**	**6,6 ± 0,60**	**9,8 ± 0,84**
Europium-154	8,6 ans	< 0,45	< 0,49	< 0,59
Américium-241	437,7 ans	< 0,42	< 0,58	< 0,71
Radionucléides NATURELS				
234 Th	Ch. 238U	58 ± 6	45 ± 7,0	73 ± 5,629
226 Ra	235U-238U	73 ± 7	49 ± 6,0	77 ± 6,403
214 Pb	Ch. 238U	58 ± 3,9	54 ± 3,8	78 ± 2,2
214 Bi	Ch. 238U	42 ± 3,1	47 ± 3,4	63 ± 0,7004
210 Pb	Ch. 238U	34 ± 4,7	43 ± 7,0	62 ± 1,832
228 Ac	Ch. 232Th	38 ± 3,3	30 ± 2,7	51 ± 33,66
212 Pb	Ch. 232Th	59 ± 4,1	37 ± 2,8	65 ± 3,8
235 U	Ch. 235U	3,1 ± 0,30	< 2,1	4,0 ± 2,4
40 K	1,3 10^9 ans	**630 ± 60**	**329 ± 26**	**670 ± 50**
7 Be	53,2 jours	8,3 ± 3,7	< 4,9	< 4,8

6. Les arbres

6.1 Remarques concernant les prélèvements et le traitement

Les deux sites sélectionnés pour l'abattage des arbres sont les mêmes que ceux retenues en 2007.

Sur le terrain : La station dénommée ARBRE 1 est localisée à proximité de l'étang des cailles, soit à environ 1,6 km de la cheminée de l'unité de compactage des déchets, en direction du sud-est. A cet endroit, l'arbre prélevé renseigne sur la radioactivité observable à distance de l'installation nucléaire. Plus proche, sous les vents dominants, en direction du nord, la station ARBRE 2 est localisée à seulement 550m de la même cheminée. Celle-ci témoigne des conséquences des rejets atmosphériques de l'installation.

Dans les deux cas, il est procédé à la coupe d'un jeune chêne d'une quinzaine d'année, correspondant à l'intervalle de temps séparant les deux études. La coupe est réalisée dans les conditions habituelles de leur exploitation, soit par sciage « au pied » à l'aide d'une tronçonneuse.

Le tronc (écorce comprise), à partir de 1m du sol et jusqu'à la première division, est débité en plusieurs pièces d'une longueur d'environ 60cm. Les pièces de bois sont identifiées et enveloppées à l'aide d'une bâche plastique pour les besoins du transport.

Figure 30 : Coupe des arbres et identification des pièces de bois

Au laboratoire : Les pièces de bois sont enveloppées dans un tissu et stockées dans l'obscurité à température ambiante. Ensuite, elles sont « travaillées » à l'aide de machines utilisées par les menuisiers professionnels et équipées d'un dispositif de récupération de la sciure préalablement nettoyé. Les opérations consistent pour chaque pièce de bois destinée à l'analyse (soit 2 au total) à :

1. les deux extrémités sont écartées car susceptibles d'être souillées notamment par l'huile de la tronçonneuse ;
2. l'écorce est retirée et conservée pour analyse par spectrométrie gamma
3. la pièce de bois est découpée en tranches (< 0,5 cm d'épaisseur) et récupération de la sciure

Figure 31 : travail des pièces de bois

Au sein du laboratoire de l'ACRO, la sciure et l'écorce font l'objet d'une analyse quantitative par spectrométrie gamma. Pour ce faire, la sciure est conditionnée en l'état dans un conteneur SG500 alors que l'écorce est préalablement séchée à 60°C en étuve ventilée et réduite en poudre par broyage mécanique à lames.

Les tranches de bois sont conservées à l'abri de la lumière en vue d'une analyse complémentaire, en fonction des premiers résultats obtenus.

Des analyses spécifiques sont diligentées auprès :

- Du laboratoire SUBATECH de Nantes (44). La demande concerne la détermination du tritium organiquement lié (TOL) par scintillation liquide après étape de combustion (NF M-60-824).

- Du laboratoire universitaire de Lyon, IP2I (Institut de Physique des deux infinis). La mesure est réalisée par synthèse du benzène (méthode bas seuil) (norme NF M 60-812-2). Le carbone total est dosé selon la norme NF EN 13137 (X30-404).

6.2 Résultats détaillés

Tableau 41 : résultats des analyses des arbres prélevés en septembre 2023 en 2 endroits au voisinage du CSA.

IDENTIFICATION DES ECHANTILLONS					
n° d'enregistrement interne		230913-CSA-11	230913-CSA-10	230913-CSA-13	230913-CSA-12
Catégorie		Arbre	Arbre	Arbre	Arbre
Dénomination ou [Genre - espèce]		Duramen-Aubier	Ecorce	Duramen-Aubier	Ecorce
Prélèvement					
Période de la récolte		14/9/23	14/9/23	14/9/23	14/9/23
Code de station		**Arbre 1**	**Arbre 1**	**Arbre 2**	**Arbre 2**
Lieu (commune) ou site		Proche Etg Cailles	Proche Etg Cailles	Proche CSA	Proche CSA
Département		10	10	10	10
Latitude		48.3883	48.3883	48.4035	48.4035
Longitude		4.6865	4.6865	4.6727	4.6727
EXPRESSION DES RESULTATS					
Date de référence		15-juin-23	15-juil-23	14/9/23	14/9/23
Unité		Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg
RESULTATS DES ANALYSES PAR SPECTROMETRIE GAMMA					
Comptage					
n° de manipulation		**V2-2897**	**V1-9807**	**V1-9804**	**V1-9845**
Temps de comptage actif (s)		144 438	172 000	86 000	252 536
Géométrie (en cc)		500	61	61	61
Masse de l'échantillon conditionné (g)		104,2	28,8	97,2	33,4
âge de l'échantillon (jours)		27	38	34	113
Psec / Pfrais		77,0%	68,0%	72,0%	65,0%
Fraction analysée		sciure	<2mm	sciure	<2mm
Etat du conditionnement		sec	sec	sec	sec
Densité analysée		0,20	0,50	0,20	0,65
Radionucléides ARTIFICIELS					
Cobalt-57	271,8 jours	< 0,27	< 0,4	< 0,6	< 0,3
Cobalt-58	70,8 jours	< 0,45	< 1,1	< 1,0	< 1,6
Cobalt-60	5,3 ans	< 0,41	< 0,74	< 0,81	< 0,53
Ru/Rh-106	373 jours	< 3,50	< 7,50	< 8,0	< 5,90
Argent-108m	418 ans	< 0,34	< 0,64	< 0,75	< 0,44
Argent-110m	250 jours	< 0,39	< 0,81	< 0,84	< 0,70
Iode-129	15,7 10^6 ans	< 0,28	< 0,81	< 0,79	< 0,57
Iode-131	8 jours	nr	nr	nr	nr
Césium-134	2,1 ans	< 0,39	< 0,76	< 0,81	< 0,56
Césium-137	30 ans	< 0,41	< 0,84	< 0,89	< 0,58
Europium-154	8,6 ans	< 0,41	< 0,84	< 0,89	< 0,58
Américium-241	437,7 ans	< 0,45	< 0,75	< 0,95	< 0,53
Radionucléides NATURELS					
40 K	1,3 10^9 ans	43 ± 11	57 ± 23	45 ± 24	94 ± 19
7 Be	53,2 jours	< 4,7	< 9,4	< 10	< 18

RESULTATS DES AUTRES ANALYSES (RADIOACTIVITE & PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES)					
n° d'enregistrement interne		230913-CSA-11		230913-CSA-13	
rapport Frais/Sec		1,30 ± 0,05		1,30 ± 0,05	
Paramètre	unité				
Tritium lié (TOL)	Bq/L edc	< 3,1		< 3,1	
Tritium lié (TOL)	Bq/kg sec	< 1,8		< 1,8	
Carbone-14	Bq/kg de C	233 ± 9		230 ± 9	
carbone total (C)	*% massique*	*0,460 ± 0,138*		*0,473 ± 0,142*	

ANNEXE 4 : Matériel, méthodes et expression pour les analyses

1. Méthodologie appliquée aux prélèvements et aux analyses

1.1 Normes suivies

Les modalités techniques liées au prélèvement, à la préservation des échantillons et aux analyses, suivent les recommandations des normes en vigueur. En particulier, les normes suivantes :

- NF M 60-780-0 (mars 2020) Energie nucléaire - Mesures de la radioactivité dans l'environnement - Bioindicateurs - Partie 0 : guide général pour l'échantillonnage, le conditionnement et le prétraitement de bioindicateurs dans l'environnement
- NF M60-780-1 (Mars 2020) Énergie nucléaire - Mesure de la radioactivité dans l'environnement - Bioindicateurs - Partie 1 : guide général pour l'échantillonnage, le conditionnement et le prétraitement de bioindicateurs du milieu terrestre
- NF M60-780-2 (Mars 2020) Energie nucléaire - Mesure de la radioactivité dans l'environnement - Bioindicateurs - Partie 2 : Guide général pour l'échantillonnage, le conditionnement et le prétraitement de bioindicateurs du milieu dulçaquicole
- NF EN ISO 18589-1 (août 2021) Mesurage de la radioactivité dans l'environnement – Sol – Partie 1 : lignes directrices générales et définitions.
- NF EN ISO 18589-2 (février 2023) Mesurage de la radioactivité dans l'environnement – Sol – Partie 2 : lignes directrices pour la sélection de la stratégie d'échantillonnage, l'échantillonnage et le prétraitement des échantillons.
- NF EN ISO 18589-3 (février 2024) Mesurage de la radioactivité dans l'environnement – Sol – Partie 3 : mesurages des radionucléides émetteurs gamma.
- NF EN ISO 9698 : 2019 Qualité de l'eau - Tritium - Méthode d'essai par comptage des scintillations en milieu liquide
- FD T 90-523-3 Qualité de l'eau - Guide de prélèvement pour le suivi de la qualité des eaux dans l'environnement - Partie 3 : prélèvement d'eau souterraine.
- NF EN ISO 5667-3 (avril 2024) Qualité de l'eau — Échantillonnage —Partie 3 : Conservation et manipulation des échantillons d'eau.
- ISO 5667-11 : 2009-04 Qualité de l'eau — Échantillonnage —Partie 11: Guide d'échantillonnage des eaux souterraines.

Les analyses par spectrométrie gamma et le dosage du tritium libre dans l'eau ont été réalisés par le laboratoire de l'ACRO agréé pour ces mesures.

1.2 Mesure des radioéléments émetteurs gamma

Selon norme NF ISO 18589-3 et NF ISO 20042.

La mesure des émetteurs gamma est effectuée sur deux chaînes de spectrométrie gamma de haute résolution (GeHp).

Seules les activités supérieures au seuil de décision (SD) sont exprimées. Dans le cas contraire, la valeur du SD précédée du signe "< " est rapportée[20].

L'activité de chaque radioélément présent dans l'échantillon est exprimée en becquerel par kilogramme sec (Bq / kg sec), becquerel par kilogramme frais (Bq/kg frais) pour les denrées et enfin en becquerel par litre (Bq/L) pour les liquides. Le résultat est suivi de son incertitude absolue calculée pour un intervalle de confiance de 95% (2 sigma). La valeur du seuil de décision (et de la limite de détection) sont calculées avec $\alpha=\beta=2,5\%$.

Toute activité exprimée, y compris le seuil de décision, est rapportée à la date de référence (date de prélèvement) indiquée dans les tableaux de résultats.

1. 3 Mesure du tritium dans l'eau

Le matériel d'analyse est une spectrométrie bêta à scintillation liquide bas seuil. Le dispositif est réfrigéré en permanence à l'aide d'un groupe froid et la salle de mesure est climatisée pour assurer une température de consigne constante. Les géométries de comptage employées sont des fioles en polyéthylène bas bruit de fond antistatique.

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 au seuil de décision de la chaîne d'analyse sont exprimées. Toute activité exprimée, y compris la limite de détection et seuil de décision, est rapportée à la date de prélèvement.

1.4 Analyses sous-traitées

Mesure	**Normes**	**Technique d'analyse**
H-3 libre	NF EN ISO 9698	Mesure par scintillation liquide après étape de lyophilisation
H-3 lié (TOL)	NF M60-824	Mesure par scintillation liquide après étape de combustion
Sr-90	Méthode interne	Mesure par scintillation liquide après étape de séparation
Cl-36	Méthode interne	Mesure par scintillation liquide après étape de séparation
C-14	NF M60 812-2	Mesure par scintillation liquide après synthèse de benzène
Béta global	NF EN ISO 10704	Mesure par compteur proportionnel
Alpha global		

Ces analyses ont été réalisées par les laboratoires SUBATECH de Nantes (TOL, Sr-90 et Cl-36), les laboratoires LP2I et CDRC (centre de datation par le radiocarbone) de l'université Claude Bernard à Lyon (mesures carbone-14), et les laboratoires Eurofins Eichrom à Bruz (alpha et bêta global dans les eaux).

Les rapports d'essais complets sont donnés en annexe 6.

[20] En 2007 et 2012, c'est la limite de détection qui était indiquée dans les rapports. Celle-ci est égale à environ deux fois le seuil de décision.

ANNEXE 5 : Matériel, méthodes et expression pour les mesures d'irradiation externe (débit de dose)

1. Matériel et expression

La mesure du débit de dose s'effectue avec un radiamètre FH40G-L10 associé à une sonde de détection NBR FHZ 672 E-10 bas seuil. Le détecteur comprend un compteur à scintillation organique avec un photomultiplicateur intégré. L'unité est logée dans un boîtier en aluminium, anti-éclaboussure et imperméable à la pluie. Un scintillateur d'iodure de sodium est incorporé à l'avant du scintillateur plastique afin d'améliorer la sensibilité de la réponse pour l'irradiation photon de faible énergie.

Figure 32 : Sonde de détection NBR munie du radiamètre FH40G.

L'ensemble permet de déterminer l'équivalent de dose ambiant, noté H*(10)

D'après les données du constructeur :

- La gamme de mesure s'étend de 1 à 100 000 nSv/h
- La gamme d'énergie s'étend de 48 à 6000 keV en équivalent photon
- La dépendance en énergie photon dans la direction principale de la sonde est de :
  - ± 20% sur la gamme d'énergie
  - ± 10% entre 200 et 1460 keV (spectre irradiant)
- L'irradiation cosmique est sous-estimée mais aucune donnée n'est disponible sur le sujet.

Cette configuration est particulièrement adaptée pour la mesure du débit de dose ambiant dans l'environnement, soit inférieur à 100 nSv/h (cas généralement constaté) ce que ne permet pas en général un appareil portatif à main comme le radiamètre FH40G-L10 seul.

2. Méthode et mesure

En fonctionnement normal avec la technologie NBR active, l'ensemble permet de détecter toute anomalie d'irradiation au cours d'un déplacement. Aussi, deux approches sont couplées :

- Un déplacement lent le long d'un parcours défini, en l'occurrence le long de la clôture de l'INB pour rechercher les éventuelles anomalies ;
- Des mesures statiques régulièrement espacées et lorsqu'une anomalie est détectée. L'ensemble des mesures ont été réalisées sur un temps d'intégration de plusieurs dizaines de secondes.

Pour la mesure, l'ensemble est tenu à l'horizontal à environ 1m du sol en direction de la source d'irradiation suspectée. Le résultat d'une acquisition statique correspond à la moyenne des mesures instantanées sur un laps de temps déterminé.

Il est important de noter que les mesures du débit de dose lié au rayonnement gamma ambiant ont été réalisées selon les mêmes modalités qu'en 2007 et 2012 (même appareillage).

3. Résultats des mesures

3.1 Mesures autour du CSA

*Tableau 43 : Résultats des mesures de débits de dose (H*10) réalisées le 15 septembre 2024 (jour d'activité) le long de la clôture du CSA.*

Localisation (GPS)			H*(10)	écart	nb
N°	N	E	nSv/h	%	sigma
Valeur de référence à distance (bdf)			**46**		
1	48,39935	4,66654	49,4	7%	<3
2	48,39946	4,66897	68,3	48%	[3 à 4]
3	48,40082	4,66984	43,1	-6%	<3
4	48,40138	4,67036	47,7	4%	<3
5	48,40195	4,67097	50	9%	<3
6	48,4025	4,67156	50,8	10%	<3
7	48,40305	4,67225	39,2	-15%	<3
8	48,40347	4,6731	44	-4%	<3
9	48,40363	4,67416	51	11%	<3
10	48,40339	4,67504	63,1	37%	<3
11	48,40268	4,67514	61	33%	<3
12	48,40196	4,67514	57,7	25%	<3
13	48,40121	4,67526	45,6	-1%	<3
14	48,40053	4,67532	48,2	5%	<3
15	48,39992	4,67498	54,7	19%	<3
16	48,39975	4,67398	43,9	-5%	<3
17	48,39908	4,67369	53,5	16%	<3
18	48,39845	4,67346	53,9	17%	<3
19	48,39788	4,67414	56	22%	<3
20	48,39732	4,67492	53,1	15%	<3
21	48,39674	4,67578	53,6	17%	<3
22	48,39614	4,67643	56	22%	<3
23	48,39554	4,67708	67	46%	[3 à 4]
24	48,39513	4,67792	67	46%	[3 à 4]
25	48,3947	4,67869	53,2	16%	<3
26	48,39447	4,67898	59,4	29%	<3
27	48,39434	4,6792	55,8	21%	<3
28	48,39419	4,67948	59	28%	<3
29	48,39399	4,67965	62	35%	<3
30	48,39379	4,68	65	41%	<3
31	48,39312	4,68083	44,7	-3%	<3
32	48,39255	4,68074	39,3	-15%	<3
33	48,39228	4,67988	51	11%	<3
34	48,39208	4,67882	50,1	9%	<3
35	48,39183	4,67779	49	7%	<3
36	48,39171	4,67675	45	-2%	<3
37	48,39172	4,67519	43,3	-6%	<3
38	48,39198	4,67336	43,4	-6%	<3
39	48,39259	4,67136	47,8	4%	<3
40	48,39348	4,66953	50,4	10%	<3
41	48,3946	4,6687	51,5	12%	<3
42	48,39515	4,66855	51,2	11%	<3
43	48,39598	4,66865	42,2	-8%	<3
44	48,3963	4,66777	35,3	-23%	<3
45	48,39725	4,66842	52,5	14%	<3
46	48,39575	4,6683	65,8	43%	<3
47	48,39776	4,66833	68,5	49%	[3 à 4]
48	48,3982	4,66846	61,1	33%	<3
49	48,3987	4,6687	64,7	41%	<3
50	48,39897	4,66825	71,1	55%	[3 à 4]

*Tableau 42 : Résultats des mesures de débits de dose (H*10) réalisées le 16 septembre 2024 (jour d'inactivité) le long de la clôture du CSA.*

Localisation (GPS)			H*(10)	écart	nb
N°	N	E	nSv/h	%	sigma
Valeur de référence à distance (bdf)			**46**		
1	48,39898	4,66829	59,3	29%	<3
2	48,39868	4,66871	61,4	33%	<3
3	48,39817	4,66845	60,3	31%	<3
4	48,39754	4,66829	60,8	32%	<3
5	48,39725	4,66842	51,3	12%	<3
6	48,3962	4,66769	31,1	-32%	<3
7	48,39593	4,66872	38,4	-17%	<3
8	48,39445	4,66877	43,2	-6%	<3
9	48,3933	4,66982	49,5	8%	<3
10	48,39241	4,64174	44,4	-3%	<3
11	48,39169	4,67465	42,8	-7%	<3
12	48,39182	4,67772	45,3	-2%	<3
13	48,39213	4,67917	43,1	-6%	<3
14	48,3924	4,68048	44,5	-3%	<3
15	48,39316	4,68085	45,4	-1%	<3
16	48,39375	4,68023	47,2	3%	<3
17	48,39407	4,67968	59,4	29%	<3
18	48,39422	4,6793	56,1	22%	<3
19	48,39444	4,67897	56,1	22%	<3
20	48,39504	4,67814	63,7	38%	<3
21	48,39529	4,7754	68	48%	>4
22	48,39565	4,67701	67	46%	[3 à 4]
23	48,39618	4,67643	67	46%	[3 à 4]
24	48,39678	4,67573	56,4	23%	<3
25	48,3973	4,67493	56,6	23%	<3
26	48,39761	4,67448	56,2	22%	<3
27	48,39838	4,67346	55,9	22%	<3
28	48,3991	4,67377	52,6	14%	<3
29	48,39977	4,67405	40,8	-11%	<3
30	48,39984	4,6749	51,1	11%	<3
31	48,40047	4,67535	47,1	2%	<3
32	48,40143	4,67531	43,8	-5%	<3
33	48,40229	4,67518	53,8	17%	<3
34	48,40322	4,67511	56	22%	<3
35	48,40357	4,67433	55,5	21%	<3
36	48,40345	4,67323	46,7	2%	<3
37	48,40309	4,67227	51,3	12%	<3
38	48,40225	4,67311	49,2	7%	<3
39	48,40174	4,67078	38	-17%	<3
40	48,40106	4,67003	44,1	-4%	<3
41	48,40032	4,66955	43,1	-6%	<3
42	48,39948	4,66895	40,7	-12%	<3

3.2 Mesures autour du CIRES

*Tableau 45 : Résultats des mesures de débits de dose (H*10) réalisées le 14 septembre 2024 (jour d'activité) le long de la clôture du CIRES*

Localisation (GPS)			H*(10)	écart	nb
N°	N	E	nSv/h	%	sigma
Valeur de référence à distance (bdf)			**28,3**		
1	48,37072	4,66922	29,3	4%	<3
2	48,37074	4,67013	29,7	5%	<3
3	48,37098	4,67108	31,4	11%	<3
4	48,37135	4,67188	29,6	5%	<3
5	48,37199	4,67147	30,0	6%	<3
6	48,37253	4,67098	30,9	9%	<3
7	48,37310	4,67049	33,9	20%	<3
8	48,37370	4,66985	30,4	7%	<3
9	48,37429	4,66925	37,4	32%	<3
10	48,37499	4,66917	34,3	21%	<3
11	48,37570	4,66918	29,6	5%	<3
12	48,37625	4,66879	34,4	22%	<3
13	48,37638	4,66779	25,6	-10%	<3
14	48,37632	4,66686	22,5	-20%	<3
15	48,37720	4,66686	31,4	11%	<3
16	48,37755	4,66609	25,8	-9%	<3
17	48,37756	4,66513	28,9	2%	<3
18	48,37757	4,66409	28,6	1%	<3
19	48,37756	4,66302	31,5	11%	<3
20	48,37756	4,66194	34,0	20%	<3
21	48,37690	4,66171	34,3	21%	<3
22	48,37616	4,66174	35,9	27%	<3
23	48,37546	4,66175	36,5	29%	<3
24	48,37478	4,66177	31,4	11%	<3
25	48,37407	4,66181	28,8	2%	<3
26	48,37339	4,66184	28,6	1%	<3
27	48,37270	4,66192	26,1	-8%	<3
28	48,37202	4,66192	32,4	14%	<3
29	48,37136	4,66202	37,1	31%	<3
30	48,37063	4,66226	31,3	11%	<3
31	48,37039	4,66339	51,5	82%	> 4
32	48,37052	4,66453	47,4	67%	[3 à 4]
33	48,37069	4,66572	52,0	84%	>4
34	48,37082	4,66675	43,2	53%	[3 à 4]
35	48,37096	4,66776	34,3	21%	<3
36	48,37098	4,66886	33,3	18%	<3

*Tableau 44 : Résultats des mesures de débits de dose (H*10) réalisées le 14 septembre 2024 (jour d'inactivité) le long de la clôture du CIRES*

Localisation (GPS)			H*(10)	écart	nb
N°	N	E	nSv/h	%	sigma
Valeur de référence à distance (bdf)			**28,3**		
1	48,37098	4,66895	31,1	10%	<3
2	48,37098	4,66774	37,3	32%	<3
3	48,3707	4,66604	61,9	119%	>4
4	48,37062	4,66501	56,5	100%	>4
5	48,3703	4,66252	47,6	68%	[3 à 4]
6	48,37112	4,66213	37,2	31%	<3
7	48,37209	4,66193	40,4	43%	<3
8	48,37286	4,6619	33,4	18%	<3
9	48,3745	4,66185	37,3	32%	<3
10	48,37589	4,66179	41,8	48%	<3
11	48,37739	4,66173	36,4	29%	<3
12	48,37752	4,66335	38,4	36%	<3
13	48,37753	4,66513	40,0	41%	<3
14	48,37753	4,66671	39,0	38%	<3
15	48,37635	4,66684	21,5	-24%	<3
16	48,37635	4,66842	23,9	-16%	<3
17	48,37597	4,66914	38,2	35%	<3
18	48,37454	4,66913	41,2	46%	<3
19	48,37371	4,66976	28,4	0%	<3
20	48,37286	4,67072	39,1	38%	<3
21	48,37149	4,67186	36,6	29%	<3
22	48,37087	4,67072	33,8	19%	<3
23	48,37073	4,66923	35,8	27%	<3

3.3 Mesure autour du site DAHER

*Tableau 46 : Résultats des mesures de débits de dose (H*10) réalisées le 14 septembre 2024 (jour d'activité) le long de la clôture du site DAHER à Epothémont.*

Localisation (GPS)			H*(10)	écart	nb
N°	N	E	nSv/h	%	sigma
Valeur de référence			55		
1	48,42652	4,67352	62,4	13%	<3
2	48,42651	4,67299	39,2	-29%	<3
3	48,42698	4,67192	57,3	4%	<3
4	48,42664	4,67165	104	89%	>4
5	48,42633	4,6713	84,5	54%	>4
6	48,42624	4,67105	69,4	26%	<3
7	48,42642	4,6706	65,9	20%	<3
8	48,42661	4,67016	73,4	33%	<3
9	48,42683	4,66962	67,6	23%	<3
10	48,42699	4,66985	69,3	26%	<3
11	48,42734	4,67234	48,1	-13%	<3
12	48,42782	4,67131	62,6	14%	<3

*Tableau 47 : Résultats des mesures de débits de dose (H*10) réalisées le 14 septembre 2024 (jour d'inactivité) le long de la clôture du site DAHER à Epothémont.*

Localisation (GPS)			H*(10)	écart	nb
N°	N	E	nSv/h	%	sigma
Valeur de référence (bdf)			55		
1	48,42618	4,6711656	65,3	19%	<3
2	48,426306	4,6712772	79,1	44%	[3 à 4]
3	48,426314	4,6708645	63,2	15%	<3
4	48,426474	4,6705208	63	15%	<3
5	48,4268	4,6696535	61,6	12%	<3
6	48,427059	4,6699147	65,4	19%	<3
7	48,426953	4,6720272	46,5	-15%	<3
8	48,426645	4,6716725	106	93%	>4
9	48,426493	4,671519	74,9	36%	<3
10	48,427363	4,672392	49,1	-11%	<3
11	48,427906	4,6714404	55,1	0%	<3
12	48,426621	4,6740302	57,9	5%	<3

Méthodologie analytique

Pour chaque site, est retenue une valeur de référence (V_{REF}), moyenne de mesures effectuées à distance sur des surfaces de terrains équivalents à ceux empruntés autour du site (remblais, terrain herbeux, bitume, etc.).

Considérant la loi de Gauss applicable à V_{REF} on détermine l'écart-type $\sigma = \sqrt{}$ VREF
Dans les conditions opératoires, trois cas de figure sont distingués par la suite selon que l'écart entre la mesure statique en un point (X,Y) soustrait de la valeur de référence (V_{REF}) est :

- $< 3\ \sigma$ → fluctuation naturelle du bruit de fond : aucune anomalie,
- compris en 3 et 4 σ → anomalie suspectée,
- $>\ 4\ \sigma$ → anomalie avérée : explication à rechercher.

ANNEXE 6 : Rapports d'essais des analyses spécifiques

Eurofins Eichrom Radioactivité
Campus de Ker Lann - Parc de Lormandière
Rue Maryse Bastié - Bât. C
35170 Bruz - France

Laboratoire agréé par l'Autorité de sûreté nucléaire pour les mesures de radioactivité de l'environnement - portée détaillée de l'agrément disponible sur le site Internet de l'Autorité de sûreté nucléaire.
Laboratoire agréé pour la réalisation des prélèvements et des analyses terrains et/ou des analyses des paramètres du contrôle sanitaire des eaux - portée détaillée de l'agrément disponible sur demande.

ACRO
Mme Aurore LE VOT
711 boulevard de la Grande delle

14200 HEROUVILLE Saint Clair
France

RAPPORT D'ESSAIS N° 23-01791-05409

Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à essais. Les résultats s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu.

Code client : LAB473 - *N° commande :
Référence échantillon : 230620-CSA-01 *Date de prélèvement : 20/06/2023
Matrice : EAU / Eau *Lieu de prélèvement : DS62
Date de réception : 25/07/2023

(*): Données transmises par le client, celles-ci ne sauraient engager la responsabilité du laboratoire

Paramètre	Méthode	Unité	Résultat	Incertitude absolue (±) à k=2	Incertitude relative (±) à k=2 **	Seuil de Décision (SD) ***	Limite de Détection (LD) ***	Date de préparation	Date de mesure	COFRAC	Agrément ASN
Alpha Global	NF EN ISO 10704	$Bq.L^{-1}$	**< SD**			**0,02**	**0,03**	28/07/2023	28/07/2023	OUI	1_03 / OUI
Bêta Global	NF EN ISO 10704	$Bq.L^{-1}$	**0,061**	**0,054**	**0,89**	**0,032**	**0,066**	28/07/2023	28/07/2023	OUI	1_04 / OUI
Potassium	NF T-90-019	$mg.L^{-1}$	**3,17**	**0,22**	**0,07**	-	**0,25**	27/07/2023	27/07/2023	OUI	1_04 / OUI
Potassium-40 [1]	Calcul	$Bq.L^{-1}$	**0,0888**	**0,0062**	**0,07**	-	**0,0070**	-	-	OUI	1_04 / OUI
Indice Bêta Résiduel [1]	Calcul	$Bq.L^{-1}$	**< SD**			**0,03**	**0,07**	-	-	OUI	1_04 / OUI

1 : Un gramme de Potassium présente une activité β égale à 28,025 Bq. L'indice Bêta résiduel correspond à la différence entre l'indice Bêta total et l'activité en Potassium-40.

** : l'incertitude relative est exprimée entre 0 et 1 et sans unité (Ex : 0,25 signifie 25 %). *** α = β = 2,5%

Les références de version des méthodes internes et les millésimes des normes citées dans ce rapport sont disponibles sur demande.

Remarques :
L'heure pour la date de comptage est par défaut 12h00.

Accréditation n°1-6490
Portée disponible sur www.cofrac.fr

L'accréditation par le COFRAC atteste de la compétence du laboratoire pour les seuls essais couverts par l'accréditation, repérés par la mention "OUI".
La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous la forme de fac-similé photographique intégral.

Edité à Bruz, le 07/08/2023

Benoît DANIEL
Responsable Technique

+33 (0)2 23 50 13 80
eichromrad@eurofins.com – www.eurofins.fr/nucleaire/
SAS au capital de 121 000 euros – SIRET 830 988 721 00015
APE 7120 B – TVA Intra-Communautaire : FR 21 830 988 721

Page 1/1
P-RA-FO88284

Eurofins Eichrom Radioactivité
Campus de Ker Lann - Parc de Lormandière
Rue Maryse Bastié - Bât. C
35170 Bruz - France

Laboratoire agréé par l'Autorité de sûreté nucléaire pour les mesures de radioactivité de l'environnement - portée détaillée de l'agrément disponible sur le site Internet de l'Autorité de sûreté nucléaire.
Laboratoire agréé pour la réalisation des prélèvements et des analyses terrains et/ou des analyses des paramètres du contrôle sanitaire des eaux - portée détaillée de l'agrément disponible sur demande.

ACRO
Mme Aurore LE VOT
711 boulevard de la Grande delle

14200 HEROUVILLE Saint Clair
France

RAPPORT D'ESSAIS N° 23-01791-05410

Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à essais. Les résultats s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu.

Code client : LAB473 - *N° commande :
Référence échantillon : 230620-CSA-03
*Date de prélèvement : 20/06/2023
*Matrice : EAU / Eau
*Lieu de prélèvement : DS24
Date de réception : 25/07/2023

(*): Données transmises par le client, celles-ci ne sauraient engager la responsabilité du laboratoire

Paramètre	Méthode	Unité	Résultat	Incertitude absolue (±) à k=2	Incertitude relative (±) à k=2 **	Seuil de Décision (SD) ***	Limite de Détection (LD) ***	Date de préparation	Date de mesure	COFRAC	Agrément ASN
Alpha Global	NF EN ISO 10704	$Bq.L^{-1}$	**< SD**			**0,02**	**0,04**	28/07/2023	28/07/2023	OUI	1_03 / OUI
Bêta Global	NF EN ISO 10704	$Bq.L^{-1}$	**0,167**	**0,092**	**0,55**	**0,035**	**0,073**	28/07/2023	28/07/2023	OUI	1_04 / OUI
Potassium	NF T-90-019	$mg.L^{-1}$	**3,68**	**0,25**	**0,07**	-	**0,25**	27/07/2023	27/07/2023	OUI	1_04 / OUI
Potassium-40 [1]	Calcul	$Bq.L^{-1}$	**0,1031**	**0,0070**	**0,07**	-	**0,0070**	-	-	OUI	1_04 / OUI
Indice Bêta Résiduel [1]	Calcul	$Bq.L^{-1}$	**0,060**	**0,033**	**0,55**	**0,035**	**0,073**	-	-	OUI	1_04 / OUI

1 : Un gramme de Potassium présente une activité β égale à 28,025 Bq. L'indice Bêta résiduel correspond à la différence entre l'indice Bêta total et l'activité en Potassium-40.
** : l'incertitude relative est exprimée entre 0 et 1 et sans unité (Ex : 0,25 signifie 25 %). *** α = β = 2,5%
Les références de version des méthodes internes et les millésimes des normes citées dans ce rapport sont disponibles sur demande.

Remarques :
L'heure pour la date de comptage est par défaut 12h00.

cofrac ESSAIS
Accréditation n°1-6490
Portée disponible sur www.cofrac.fr

L'accréditation par le COFRAC atteste de la compétence du laboratoire pour les seuls essais couverts par l'accréditation, repérés par la mention "OUI".
La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous la forme de fac-similé photographique intégral.

Edité à Bruz, le 07/08/2023

Benoît DANIEL
Responsable Technique

+33 (0)2 23 50 13 80
eichromrad@eurofins.com – www.eurofins.fr/nucleaire/
SAS au capital de 121 000 euros – SIRET 830 988 721 00015
APE 7120 B – TVA Intra-Communautaire : FR 21 830 988 721

Eurofins Eichrom Radioactivité
Campus de Ker Lann - Parc de Lormandière
Rue Maryse Bastié - Bât. C
35170 Bruz - France

Laboratoire agréé par l'Autorité de sûreté nucléaire pour les mesures de radioactivité de l'environnement - portée détaillée de l'agrément disponible sur le site Internet de l'Autorité de sûreté nucléaire.
Laboratoire agréé pour la réalisation des prélèvements et des analyses terrains et/ou des analyses des paramètres du contrôle sanitaire des eaux - portée détaillée de l'agrément disponible sur demande.

ACRO
Mme Aurore LE VOT
711 boulevard de la Grande delle

14200 HEROUVILLE Saint Clair
France

RAPPORT D'ESSAIS N° 23-01791-05411

Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à essais. Les résultats s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu.

Code client : LAB473 - *N° commande :
Référence échantillon : 230620-CSA-04
*Date de prélèvement : 20/06/2023
*Matrice : EAU / Eau
*Lieu de prélèvement : Bassin d'orage
Date de réception : 25/07/2023

(*): Données transmises par le client, celles-ci ne sauraient engager la responsabilité du laboratoire

Paramètre	Méthode	Unité	Résultat	Incertitude absolue (±) à k=2	Incertitude relative (±) à k=2 **	Seuil de Décision (SD) ***	Limite de Détection (LD) ***	Date de préparation	Date de mesure	COFRAC	Agrément ASN
Alpha Global	NF EN ISO 10704	$Bq.L^{-1}$	**< SD**			**0,02**	**0,05**	28/07/2023	28/07/2023	OUI	1_03 / OUI
Bêta Global	NF EN ISO 10704	$Bq.L^{-1}$	**< SD**			**0,17**	**0,36**	28/07/2023	01/08/2023	OUI	1_04 / OUI
Potassium	NF T-90-019	$mg.L^{-1}$	**4,21**	**0,26**	**0,06**	-	**0,25**	27/07/2023	27/07/2023	OUI	1_04 / OUI
Potassium-40 [1]	Calcul	$Bq.L^{-1}$	**0,1180**	**0,0073**	**0,06**	-	**0,0070**	-	-	OUI	1_04 / OUI
Indice Bêta Résiduel [1]	Calcul	$Bq.L^{-1}$	**< SD**			**0,17**	**0,36**	-	-	OUI	1_04 / OUI

1 : Un gramme de Potassium présente une activité β égale à 28,025 Bq. L'indice Bêta résiduel correspond à la différence entre l'indice Bêta total et l'activité en Potassium-40.

** : l'incertitude relative est exprimée entre 0 et 1 et sans unité (Ex : 0,25 signifie 25 %). *** α = β = 2,5%

Les références de version des méthodes internes et les millésimes des normes citées dans ce rapport sont disponibles sur demande.

Remarques :
L'heure pour la date de comptage est par défaut 12h00.

cofrac ESSAIS
Accréditation n°1-6490
Portée disponible sur www.cofrac.fr

L'accréditation par le COFRAC atteste de la compétence du laboratoire pour les seuls essais couverts par l'accréditation, repérés par la mention "OUI".
La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous la forme de fac-similé photographique intégral.

Edité à Bruz, le 07/08/2023

Benoît DANIEL
Responsable Technique

+33 (0)2 23 50 13 80
eichromrad@eurofins.com – www.eurofins.fr/nucleaire/
SAS au capital de 121 000 euros – SIRET 830 988 721 00015
APE 7120 B – TVA Intra-Communautaire : FR 21 830 988 721

Eurofins Eichrom Radioactivité
Campus de Ker Lann - Parc de Lormandière
Rue Maryse Bastié - Bât. C
35170 Bruz - France

Laboratoire agréé par l'Autorité de sûreté nucléaire pour les mesures de radioactivité de l'environnement - portée détaillée de l'agrément disponible sur le site Internet de l'Autorité de sûreté nucléaire.
Laboratoire agréé pour la réalisation des prélèvements et des analyses terrains et/ou des analyses des paramètres du contrôle sanitaire des eaux - portée détaillée de l'agrément disponible sur demande.

ACRO
Mme Aurore LE VOT
711 boulevard de la Grande delle

14200 HEROUVILLE Saint Clair
France

RAPPORT D'ESSAIS N° 23-01791-05412

Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à essais. Les résultats s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu.

Code client : LAB473 - *N° commande :
Référence échantillon : 230620-CSA-07
*Date de prélèvement : 20/06/2023
Matrice : EAU / Eau
*Lieu de prélèvement : DS96
Date de réception : 25/07/2023

(*): Données transmises par le client, celles-ci ne sauraient engager la responsabilité du laboratoire

Paramètre	Méthode	Unité	Résultat	Incertitude absolue (±) à k=2	Incertitude relative (±) à k=2 **	Seuil de Décision (SD) ***	Limite de Détection (LD) ***	Date de préparation	Date de mesure	COFRAC	Agrément ASN
Alpha Global	NF EN ISO 10704	$Bq.L^{-1}$	**0,088**	**0,041**	**0,47**	**0,015**	**0,033**	28/07/2023	28/07/2023	OUI	1_03 / OUI
Bêta Global	NF EN ISO 10704	$Bq.L^{-1}$	**0,356**	**0,095**	**0,27**	**0,025**	**0,051**	28/07/2023	28/07/2023	OUI	1_04 / OUI
Potassium	NF T-90-019	$mg.L^{-1}$	**6,25**	**0,52**	**0,08**	-	**0,25**	27/07/2023	27/07/2023	OUI	1_04 / OUI
Potassium-40 [1]	Calcul	$Bq.L^{-1}$	**0,175**	**0,015**	**0,08**	-	**0,007**	-	-	OUI	1_04 / OUI
Indice Bêta Résiduel [1]	Calcul	$Bq.L^{-1}$	**0,180**	**0,050**	**0,28**	**0,025**	**0,051**	-	-	OUI	1_04 / OUI

1 : Un gramme de Potassium présente une activité β égale à 28,025 Bq. L'indice Bêta résiduel correspond à la différence entre l'indice Bêta total et l'activité en Potassium-40.

** : l'incertitude relative est exprimée entre 0 et 1 et sans unité (Ex : 0,25 signifie 25 %). *** α = β = 2,5%

Les références de version des méthodes internes et les millésimes des normes citées dans ce rapport sont disponibles sur demande.

Remarques :
L'heure pour la date de comptage est par défaut 12h00.

cofrac ESSAIS
Accréditation n°1-6490
Portée disponible sur www.cofrac.fr

L'accréditation par le COFRAC atteste de la compétence du laboratoire pour les seuls essais couverts par l'accréditation, repérés par la mention "OUI".
La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous la forme de fac-similé photographique intégral.

Edité à Bruz, le 07/08/2023

Benoît DANIEL
Responsable Technique

+33 (0)2 23 50 13 80
eichromrad@eurofins.com – www.eurofins.fr/nucleaire/
SAS au capital de 121 000 euros – SIRET 830 988 721 00015
APE 7120 B – TVA Intra-Communautaire : FR 21 830 988 721

Page 1/1
P-RA-FO88284

Eurofins Eichrom Radioactivité
Campus de Ker Lann - Parc de Lormandière
Rue Maryse Bastié - Bât. C
35170 Bruz - France

Laboratoire agréé par l'Autorité de sûreté nucléaire pour les mesures de radioactivité de l'environnement - portée détaillée de l'agrément disponible sur le site Internet de l'Autorité de sûreté nucléaire.
Laboratoire agréé pour la réalisation des prélèvements et des analyses terrains et/ou des analyses des paramètres du contrôle sanitaire des eaux - portée détaillée de l'agrément disponible sur demande.

ACRO
Mme Aurore LE VOT
711 boulevard de la Grande delle

14200 HEROUVILLE Saint Clair
France

RAPPORT D'ESSAIS N° 23-01791-05413

Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à essais. Les résultats s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu.

Code client : LAB473 - *N° commande :
Référence échantillon : 230620-CSA-09
*Date de prélèvement : 20/06/2023
*Matrice : EAU / Eau
*Lieu de prélèvement : S3
Date de réception : 25/07/2023

(*): Données transmises par le client, celles-ci ne sauraient engager la responsabilité du laboratoire

Paramètre	Méthode	Unité	Résultat	Incertitude absolue (±) à k=2	Incertitude relative (±) à k=2 **	Seuil de Décision (SD) ***	Limite de Détection (LD) ***	Date de préparation	Date de mesure	COFRAC	Agrément ASN
Alpha Global	NF EN ISO 10704	$Bq.L^{-1}$	**0,82**	**0,25**	**0,30**	**0,05**	**0,12**	28/07/2023	28/07/2023	OUI	1_03 / OUI
Bêta Global	NF EN ISO 10704	$Bq.L^{-1}$	**1,75**	**0,36**	**0,21**	**0,08**	**0,16**	28/07/2023	28/07/2023	OUI	1_04 / OUI
Potassium	NF T-90-019	$mg.L^{-1}$	**27,0**	**2,5**	**0,09**	-	**2,5**	27/07/2023	27/07/2023	OUI	1_04 / OUI
Potassium-40 [1]	Calcul	$Bq.L^{-1}$	**0,757**	**0,071**	**0,09**	-	**0,069**	-	-	OUI	1_04 / OUI
Indice Bêta Résiduel [1]	Calcul	$Bq.L^{-1}$	**0,99**	**0,23**	**0,23**	**0,08**	**0,16**	-	-	OUI	1_04 / OUI

1 : Un gramme de Potassium présente une activité β égale à 28,025 Bq. L'indice Bêta résiduel correspond à la différence entre l'indice Bêta total et l'activité en Potassium-40.
** : l'incertitude relative est exprimée entre 0 et 1 et sans unité (Ex : 0,25 signifie 25 %). *** α = β = 2,5%
Les références de version des méthodes internes et les millésimes des normes citées dans ce rapport sont disponibles sur demande.

Remarques :
L'heure pour la date de comptage est par défaut 12h00.

L'accréditation par le COFRAC atteste de la compétence du laboratoire pour les seuls essais couverts par l'accréditation, repérés par la mention "OUI".
La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous la forme de fac-similé photographique intégral.

Accréditation n°1-6490
Portée disponible sur www.cofrac.fr

Edité à Bruz, le 07/08/2023

Benoît DANIEL
Responsable Technique

+33 (0)2 23 50 13 80
eichromrad@eurofins.com – www.eurofins.fr/nucleaire/
SAS au capital de 121 000 euros – SIRET 830 988 721 00015
APE 7120 B – TVA Intra-Communautaire : FR 21 830 988 721

Remarques : Résultats des analyses réalisées sur les eaux brutes (échantillon S3)

Eurofins Eichrom Radioactivité
Campus de Ker Lann - Parc de Lormandière
Rue Maryse Bastié - Bât. C
35170 Bruz - France

Laboratoire agréé par l'Autorité de sûreté nucléaire pour les mesures de radioactivité de l'environnement - portée détaillée de l'agrément disponible sur le site Internet de l'Autorité de sûreté nucléaire.
Laboratoire agréé pour la réalisation des prélèvements et des analyses terrains et/ou des analyses des paramètres du contrôle sanitaire des eaux - portée détaillée de l'agrément disponible sur demande.

ACRO
Mme Aurore LE VOT
711 boulevard de la Grande delle

14200 HEROUVILLE Saint Clair
France

RAPPORT D'ESSAIS N° 24-01398-04264A

Annule et remplace le rapport d'essais N°24-01398-04264

Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à essais. Les résultats s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu.

Code client : LAB473 - *N° commande : /
Référence échantillon : 230620-CSA-09 S3 _ campagne ACRO/CLI
*Date de prélèvement : 20/06/2023
*Matrice : EAU / Eau
*Lieu de prélèvement : S3
Date de réception : 12/07/2024

(*): Données transmises par le client, celles-ci ne sauraient engager la responsabilité du laboratoire

Paramètre	Méthode	Unité	Résultat	Incertitude absolue (±) à k=2	Incertitude relative (±) à k=2 **	Seuil de Décision (SD) ***	Limite de Détection (LD) ***	Date de préparation	Date de mesure	COFRAC	Agrément ASN
Alpha Global	NF EN ISO 10704	$Bq.L^{-1}$	**0,13**	**0,04**	**0,34**	**0,01**	**0,03**	19/07/2024	29/07/2024	OUI	1_03 / OUI
Béta Global	NF EN ISO 10704	$Bq.L^{-1}$	**0,19**	**0,05**	**0,23**	**0,02**	**0,05**	19/07/2024	29/07/2024	OUI	1_04 / OUI
Potassium	NF T-90-019	$mg.L^{-1}$	**< LD**			**-**	**0,16**	25/07/2024	25/07/2024	OUI	1_04 / OUI
Potassium-40 [1]	Calcul	$Bq.L^{-1}$	**< LD**			**-**	**0,005**	-	-	OUI	1_04 / OUI
Indice Béta Résiduel [1]	Calcul	$Bq.L^{-1}$	**0,19**			**0,02**	**0,05**	-	-	OUI	1_04 / OUI

1 : Un gramme de Potassium présente une activité β égale à 28,025 Bq. L'indice Béta résiduel correspond à la différence entre l'indice Béta total et l'activité en Potassium-40.

** : l'incertitude relative est exprimée entre 0 et 1 et sans unité (Ex : 0,25 signifie 25 %). *** $\alpha = \beta = 2{,}5\%$

Les références de version des méthodes internes et les millésimes des normes citées dans ce rapport sont disponibles sur demande.

Remarques :
L'heure pour la date de comptage est par défaut 12h00.

L'échantillon a été filtré à 0,45 µm avant analyse.

L'accréditation par le COFRAC atteste de la compétence du laboratoire pour les seuls essais couverts par l'accréditation, repérés par la mention "OUI".
La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous la forme de fac-similé photographique intégral.

Accréditation n°1-6490
Portée disponible sur www.cofrac.fr

Edité à Bruz, le 01/08/2024

Christophe RIELLAND
Suppléant Responsable Technique

Remarques : Résultats des analyses réalisées sur les eaux préalablement filtrées (0,45µm) (échantillon S3)

Eurofins Eichrom Radioactivité
Campus de Ker Lann - Parc de Lormandière
Rue Maryse Bastié - Bât. C
35170 Bruz - France

Laboratoire agréé par l'Autorité de sûreté nucléaire pour les mesures de radioactivité de l'environnement - portée détaillée de l'agrément disponible sur le site Internet de l'Autorité de sûreté nucléaire.
Laboratoire agréé pour la réalisation des prélèvements et des analyses terrains et/ou des analyses des paramètres du contrôle sanitaire des eaux - portée détaillée de l'agrément disponible sur demande.

ACRO
Mme Aurore LE VOT
711 boulevard de la Grande delle

14200 HEROUVILLE Saint Clair
France

RAPPORT D'ESSAIS N° 23-01791-05414

Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à essais. Les résultats s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu.

Code client : LAB473 - *N° commande :
Référence échantillon : 230620-CSA-11
*Date de prélèvement : 20/06/2023
*Matrice : EAU / Eau
*Lieu de prélèvement : Etang des cailles
Date de réception : 25/07/2023

(*): Données transmises par le client, celles-ci ne sauraient engager la responsabilité du laboratoire

Paramètre	Méthode	Unité	Résultat	Incertitude absolue (±) à k=2	Incertitude relative (±) à k=2 **	Seuil de Décision (SD) ***	Limite de Détection (LD) ***	Date de préparation	Date de mesure	COFRAC	Agrément ASN
Alpha Global	NF EN ISO 10704	$Bq.L^{-1}$	**< SD**			**0,01**	**0,03**	28/07/2023	28/07/2023	OUI	1_03 / OUI
Bêta Global	NF EN ISO 10704	$Bq.L^{-1}$	**0,58**	**0,19**	**0,34**	**0,04**	**0,09**	28/07/2023	28/07/2023	OUI	1_04 / OUI
Potassium	NF T-90-019	$mg.L^{-1}$	**4,11**	**0,27**	**0,07**	-	**0,25**	27/07/2023	27/07/2023	OUI	1_04 / OUI
Potassium-40 [1]	Calcul	$Bq.L^{-1}$	**0,1152**	**0,0076**	**0,07**	-	**0,0070**	-	-	OUI	1_04 / OUI
Indice Bêta Résiduel [1]	Calcul	$Bq.L^{-1}$	**0,46**	**0,16**	**0,35**	**0,04**	**0,09**	-	-	OUI	1_04 / OUI

1 : Un gramme de Potassium présente une activité β égale à 28,025 Bq. L'indice Bêta résiduel correspond à la différence entre l'indice Bêta total et l'activité en Potassium-40.

** : l'incertitude relative est exprimée entre 0 et 1 et sans unité (Ex : 0,25 signifie 25 %). *** α = β = 2,5%

Les références de version des méthodes internes et les millésimes des normes citées dans ce rapport sont disponibles sur demande.

Remarques :
L'heure pour la date de comptage est par défaut 12h00.

Accréditation n°1-6490
Portée disponible sur www.cofrac.fr

L'accréditation par le COFRAC atteste de la compétence du laboratoire pour les seuls essais couverts par l'accréditation, repérés par la mention "OUI".
La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous la forme de fac-similé photographique intégral.

Edité à Bruz, le 07/08/2023

Benoît DANIEL
Responsable Technique

Eurofins Eichrom Radioactivité
Campus de Ker Lann - Parc de Lormandière
Rue Maryse Bastié - Bât. C
35170 Bruz - France

Laboratoire agréé par l'Autorité de sûreté nucléaire pour les mesures de radioactivité de l'environnement - portée détaillée de l'agrément disponible sur le site Internet de l'Autorité de sûreté nucléaire.
Laboratoire agréé pour la réalisation des prélèvements et des analyses terrains et/ou des analyses des paramètres du contrôle sanitaire des eaux - portée détaillée de l'agrément disponible sur demande.

ACRO
Mme Aurore LE VOT
711 boulevard de la Grande delle

14200 HEROUVILLE Saint Clair
France

RAPPORT D'ESSAIS N° 23-01791-05415

Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à essais. Les résultats s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu.

Code client : LAB473 - *N° commande :
Référence échantillon : 230620-CSA-13
*Date de prélèvement : 20/06/2023
*Matrice : EAU / Eau
*Lieu de prélèvement : Etang des cornées
Date de réception : 25/07/2023

(*): Données transmises par le client, celles-ci ne sauraient engager la responsabilité du laboratoire

Paramètre	Méthode	Unité	Résultat	Incertitude absolue (±) à k=2	Incertitude relative (±) à k=2 **	Seuil de Décision (SD) ***	Limite de Détection (LD) ***	Date de préparation	Date de mesure	COFRAC	Agrément ASN
Alpha Global	NF EN ISO 10704	$Bq.L^{-1}$	**< SD**			**0,02**	**0,04**	28/07/2023	28/07/2023	OUI	1_03 / OUI
Bêta Global	NF EN ISO 10704	$Bq.L^{-1}$	**< SD**			**0,05**	**0,11**	28/07/2023	28/07/2023	OUI	1_04 / OUI
Potassium	NF T-90-019	$mg.L^{-1}$	**1,98**	**0,13**	**0,07**	-	**0,25**	27/07/2023	27/07/2023	OUI	1_04 / OUI
Potassium-40 [1]	Calcul	$Bq.L^{-1}$	**0,0555**	**0,0036**	**0,07**	-	**0,0070**	-	-	OUI	1_04 / OUI
Indice Bêta Résiduel [1]	Calcul	$Bq.L^{-1}$	**< SD**			**0,05**	**0,11**	-	-	OUI	1_04 / OUI

1 : Un gramme de Potassium présente une activité β égale à 28,025 Bq. L'indice Bêta résiduel correspond à la différence entre l'indice Bêta total et l'activité en Potassium-40.
** : l'incertitude relative est exprimée entre 0 et 1 et sans unité (Ex : 0,25 signifie 25 %). *** α = β = 2,5%
Les références de version des méthodes internes et les millésimes des normes citées dans ce rapport sont disponibles sur demande.

Remarques :
L'heure pour la date de comptage est par défaut 12h00.

cofrac ESSAIS
Accréditation n°1-6490
Portée disponible sur www.cofrac.fr

L'accréditation par le COFRAC atteste de la compétence du laboratoire pour les seuls essais couverts par l'accréditation, repérés par la mention "OUI".
La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous la forme de fac-similé photographique intégral.

Edité à Bruz, le 07/08/2023

Benoît DANIEL
Responsable Technique

+33 (0)2 23 50 13 80
eichromrad@eurofins.com – www.eurofins.fr/nucleaire/
SAS au capital de 121 000 euros – SIRET 830 988 721 00015
APE 7120 B – TVA Intra-Communautaire : FR 21 830 988 721

Eurofins Eichrom Radioactivité
Campus de Ker Lann - Parc de Lormandière
Rue Maryse Bastié - Bât. C
35170 Bruz - France

Laboratoire agréé par l'Autorité de sûreté nucléaire pour les mesures de radioactivité de l'environnement - portée détaillée de l'agrément disponible sur le site Internet de l'Autorité de sûreté nucléaire.
Laboratoire agréé pour la réalisation des prélèvements et des analyses terrains et/ou des analyses des paramètres du contrôle sanitaire des eaux - portée détaillée de l'agrément disponible sur demande.

ACRO
Mme Aurore LE VOT
711 boulevard de la Grande delle

14200 HEROUVILLE Saint Clair
France

RAPPORT D'ESSAIS N° 23-01791-05416

Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à essais. Les résultats s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu.

Code client : LAB473 - *N° commande :
Référence échantillon : 230620-CSA-31 *Date de prélèvement : 22/06/2023
Matrice : EAU / Eau *Lieu de prélèvement : Sauvage Magny
Date de réception : 25/07/2023
(*): Données transmises par le client, celles-ci ne sauraient engager la responsabilité du laboratoire

Paramètre	Méthode	Unité	Résultat	Incertitude absolue (±) à k=2	Incertitude relative (±) à k=2 **	Seuil de Décision (SD) ***	Limite de Détection (LD) ***	Date de préparation	Date de mesure	COFRAC	Agrément ASN
Alpha Global	NF EN ISO 10704	$Bq.L^{-1}$	**< SD**			**0,02**	**0,05**	28/07/2023	28/07/2023	OUI	1_03 / OUI
Bêta Global	NF EN ISO 10704	$Bq.L^{-1}$	**< SD**			**0,09**	**0,19**	28/07/2023	01/08/2023	OUI	1_04 / OUI
Potassium	NF T-90-019	$mg.L^{-1}$	**3,86**	**0,24**	**0,06**	-	**0,25**	27/07/2023	27/07/2023	OUI	1_04 / OUI
Potassium-40 [1]	Calcul	$Bq.L^{-1}$	**0,1082**	**0,0067**	**0,06**	-	**0,0070**	-	-	OUI	1_04 / OUI
Indice Bêta Résiduel [1]	Calcul	$Bq.L^{-1}$	**< SD**			**0,09**	**0,19**	-	-	OUI	1_04 / OUI

1 : Un gramme de Potassium présente une activité β égale à 28,025 Bq. L'indice Bêta résiduel correspond à la différence entre l'indice Bêta total et l'activité en Potassium-40.
** : l'incertitude relative est exprimée entre 0 et 1 et sans unité (Ex : 0,25 signifie 25 %). *** α = β = 2,5%
Les références de version des méthodes internes et les millésimes des normes citées dans ce rapport sont disponibles sur demande.

Remarques :
L'heure pour la date de comptage est par défaut 12h00.

cofrac ESSAIS
Accréditation n°1-6490
Portée disponible sur www.cofrac.fr

L'accréditation par le COFRAC atteste de la compétence du laboratoire pour les seuls essais couverts par l'accréditation, repérés par la mention "OUI".
La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous la forme de fac-similé photographique intégral.

Edité à Bruz, le 07/08/2023

Benoît DANIEL
Responsable Technique

+33 (0)2 23 50 13 80
eichromrad@eurofins.com – www.eurofins.fr/nucleaire/
SAS au capital de 121 000 euros – SIRET 830 988 721 00015
APE 7120 B – TVA Intra-Communautaire : FR 21 830 988 721

Eurofins Eichrom Radioactivité
Campus de Ker Lann - Parc de Lormandière
Rue Maryse Bastié - Bât. C
35170 Bruz - France

Laboratoire agréé par l'Autorité de sûreté nucléaire pour les mesures de radioactivité de l'environnement - portée détaillée de l'agrément disponible sur le site Internet de l'Autorité de sûreté nucléaire.
Laboratoire agréé pour la réalisation des prélèvements et des analyses terrains et/ou des analyses des paramètres du contrôle sanitaire des eaux - portée détaillée de l'agrément disponible sur demande.

ACRO
Mme Aurore LE VOT
711 boulevard de la Grande delle

14200 HEROUVILLE Saint Clair
France

RAPPORT D'ESSAIS N° 23-01791-05417

Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à essais. Les résultats s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu.

Code client : LAB473 - *N° commande :
Référence échantillon : 230620-CSA-32
*Date de prélèvement : 22/06/2023
*Matrice : EAU / Eau
*Lieu de prélèvement : Rances
Date de réception : 25/07/2023

(*): Données transmises par le client, celles-ci ne sauraient engager la responsabilité du laboratoire

Paramètre	Méthode	Unité	Résultat	Incertitude absolue (±) à k=2	Incertitude relative (±) à k=2 **	Seuil de Décision (SD) ***	Limite de Détection (LD) ***	Date de préparation	Date de mesure	COFRAC	Agrément ASN
Alpha Global	NF EN ISO 10704	$Bq.L^{-1}$	**< SD**			**0,02**	**0,05**	28/07/2023	28/07/2023	OUI	1_03 / OUI
Béta Global	NF EN ISO 10704	$Bq.L^{-1}$	**< SD**			**0,02**	**0,04**	28/07/2023	28/07/2023	OUI	1_04 / OUI
Potassium	NF T-90-019	$mg.L^{-1}$	**1,45**	**0,11**	**0,08**	-	**0,25**	27/07/2023	27/07/2023	OUI	1_04 / OUI
Potassium-40 [1]	Calcul	$Bq.L^{-1}$	**0,0406**	**0,0031**	**0,08**	-	**0,0070**	-	-	OUI	1_04 / OUI
Indice Béta Résiduel [1]	Calcul	$Bq.L^{-1}$	**< SD**			**0,02**	**0,04**	-	-	OUI	1_04 / OUI

1 : Un gramme de Potassium présente une activité β égale à 28,025 Bq. L'indice Béta résiduel correspond à la différence entre l'indice Béta total et l'activité en Potassium-40.

** : l'incertitude relative est exprimée entre 0 et 1 et sans unité (Ex : 0,25 signifie 25 %). *** α = β = 2,5%

Les références de version des méthodes internes et les millésimes des normes citées dans ce rapport sont disponibles sur demande.

Remarques :
L'heure pour la date de comptage est par défaut 12h00.

Accréditation n°1-6400
Portée disponible sur www.cofrac.fr

L'accréditation par le COFRAC atteste de la compétence du laboratoire pour les seuls essais couverts par l'accréditation, repérés par la mention "OUI".
La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous la forme de fac-similé photographique intégral.

Edité à Bruz, le 07/08/2023

Benoît DANIEL
Responsable Technique

+33 (0)2 23 50 13 80
eichromrad@eurofins.com – www.eurofins.fr/nucleaire/
SAS au capital de 121 000 euros – SIRET 830 988 721 00015
APE 7120 B – TVA Intra-Communautaire : FR 21 830 988 721

SMART

Subatech

U.M.R n° 6457 - IN2P3/CNRS - Université de Nantes - IMTA
Service de Mesure et d'Analyse de la Radioactivité
et des éléments Traces

cofrac ESSAIS
Accréditation N° 1-7229
Portée disponible sur www.cofrac.fr

RAPPORT D'ANALYSE N° 231201839-2	Page : 1 sur 3

N° dossier: 231003-ACRO-1017

CLIENT

ACRO LABORATOIRE
138, rue de l'Eglise

A l'attention de : Madame M. JOSSET

14200 HEROUVILLE SAINT CLAIR

Référence commande: BC-2309/03

Date de réception : 03/10/2023

RAPPORT D'ANALYSE
N° 231201839-2

Date du rapport : 13/12/2023

Magali BERTAUD
Coordinateur Projet

Bertaud

Ce rapport d'essai ne concerne que les échantillons soumis à l'essai. Les analyses sont exécutées dans les locaux de SMART. Le rapport ne doit pas être reproduit partiellement sans l'approbation du laboratoire d'essais. La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 3 page(s)
Seules certaines prestations rapportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole
Le laboratoire est agréé par l'autorité de sûreté nucléaire pour les mesures de radioactivité dans l'environnement.
La portée détaillée de l'agrément est disponible sur le site internet de l'Autorité de sûreté nucléaire.

Subatech / SMART
4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes Cedex 3
Tel. 02 51 85 84 01 - Fax. 02 51 85 84 52 - http.www-subatech.in2p3.fr

SMART

Subatech

U.M.R n° 6457 - IN2P3/CNRS - Université de Nantes - IMTA
Service de Mesure et d'Analyse de la Radioactivité
et des éléments Traces

cofrac
ESSAIS
Accréditation
N° 1-7229
Portée disponible
sur www.cofrac.fr

RAPPORT D'ANALYSE
N° 231201839-2

Produit : Divers

N° échantillon: 23-03254
N° dossier: 231003-ACRO-1017

Référence client : **230913-CSA-11**
Nature : Sciure (bois)
Date de prélèvement : 14/09/2023
Lieu de prélèvement : Arbre n°1

Expression des résultats :

La concentration d'activité (Ca) est comparée au seuil de décision (SD), conformément à la norme NF ISO 11929. Le résultat de mesure est exprimé comme < SD si le résultat est en dessous du SD. Sinon les résultats sont fournis sous la forme CastU avec un facteur d'élargissement des incertitudes pris à k=2. Les risques alpha et bêta sont pris égaux à 2,5%. Sauf mention particulière, le laboratoire SMART n'a pas effectué l'échantillonnage, le client est responsable des informations transmises ci dessus et les résultats fournis dans ce rapport ne sont représentatifs que des objets reçus. La représentativité des objets est assurée par le préleveur. La date de publication des Ca correspond à la date de comptage sauf indication particulière.
Evap1 : Evaporation sans rétention d'iode - Evap2 : Evaporation avec rétention d'iode

Analyses	Résultats	SD	Méthode	Date analyse
Informations				
Lyophilisation	réalisé			12/10/2023
Rapport Frais/Sec	1,30 +/- 0,05		PAR CALCUL	12/10/2023
Analyse par scintillation liquide				
H3 lié (Bq/l eau combustion)	<	3,1	NF M60-824	08/11/2023
H3 lié (Bq/kg_sec)	<	1,8	NF M60-824	08/11/2023
Analyses chimiques sous-traitées				
Carbone total (kgC/kg_sec)	0,460 +/- 0,138		NF EN 13137 (X30-404)	13/11/2023
Analyses sous traitées				
C14 (Benzène) (Bq/kgC)	233 +/- 9		NF M 60-812-2	18/11/2023

Subatech / SMART
4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes Cedex 3
Tel. 02 51 85 84 01 - Fax. 02 51 85 84 52 - http.www-subatech.in2p3.fr

SMART

Subatech

U.M.R n° 6457 - IN2P3/CNRS - Université de Nantes - IMTA
Service de Mesure et d'Analyse de la Radioactivité
et des éléments Traces

cofrac ESSAIS
Accréditation N° 1-7229
Portée disponible sur www.cofrac.fr

RAPPORT D'ANALYSE N° 231201839-2	Page : 3 sur 3

Produit : Divers

N° échantillon: 23-03255
N° dossier: 231003-ACRO-1017

Référence client : **230913-CSA-13**
Nature : Sciure (bois)
Date de prélèvement : 14/09/2023
Lieu de prélèvement : Arbre n°2

Expression des résultats :

La concentration d'activité (Ca) est comparée au seuil de décision (SD), conformément à la norme NF ISO 11929. Le résultat de mesure est exprimé comme < SD si le résultat est en dessous du SD. Sinon les résultats sont fournis sous la forme CastU avec un facteur d'élargissement des incertitudes pris à k=2. Les risques alpha et bêta sont pris égaux à 2,5%. Sauf mention particulière, le laboratoire SMART n'a pas effectué l'échantillonnage, le client est responsable des informations transmises ci dessus et les résultats fournis dans ce rapport ne sont représentatifs que des objets reçus. La représentativité des objets est assurée par le préleveur. La date de publication des Ca correspond à la date de comptage sauf indication particulière.
Evap1 : Evaporation sans rétention d'iode - Evap2 : Evaporation avec rétention d'iode

Analyses	Résultats	SD	Méthode	Date analyse
Informations				
Lyophilisation	réalisé			12/10/2023
Rapport Frais/Sec	1.30 +/- 0.05		PAR CALCUL	12/10/2023
Analyse par scintillation liquide				
H3 lié (Bq/l eau combustion)	<	3.1	NF M60-824	08/11/2023
H3 lié (Bq/kg_sec)	<	1.8	NF M60-824	08/11/2023
Analyses chimiques sous-traitées				
Carbone total (kgC/kg_sec)	0.473 +/- 0.142		NF EN 13137 (X30-404)	13/11/2023
Analyses sous traitées				
C14 (Benzène) (Bq/kgC)	230 +/- 9		NF M 60-812-2	07/12/2023

Subatech / SMART
4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes Cedex 3
Tel. 02 51 85 84 01 - Fax. 02 51 85 84 52 - http.www-subatech.in2p3.fr

SMART

Subatech

U.M.R n° 6457 - IN2P3/CNRS - Université de Nantes - IMTA
Service de Mesure et d'Analyse de la Radioactivité
et des éléments Traces

cofrac ESSAIS
Accréditation N° 1-7229
Portée disponible sur www.cofrac.fr

RAPPORT D'ANALYSE N° 231201877	Page : 1 sur 4

N° dossier: 230927-ACRO-1002

CLIENT

ACRO LABORATOIRE
138, rue de l'Eglise

A l'attention de : Madame M. JOSSET

14200 HEROUVILLE SAINT CLAIR

Référence commande: BC-2309/03

Date de réception : 27/09/2023

RAPPORT D'ANALYSE
N° 231201877

Date du rapport : 19/12/2023

Magali BERTAUD
Coordinateur Projet

Bertaud

Ce rapport d'essai ne concerne que les échantillons soumis à l'essai. Les analyses sont exécutées dans les locaux de SMART. Le rapport ne doit pas être reproduit partiellement sans l'approbation du laboratoire d'essais. La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 4 page(s)
Seules certaines prestations rapportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole
Le laboratoire est agréé par l'autorité de sûreté nucléaire pour les mesures de radioactivité dans l'environnement.
La portée détaillée de l'agrément est disponible sur le site internet de l'Autorité de sûreté nucléaire.

Subatech / SMART
4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes Cedex 3
Tel. 02 51 85 84 01 - Fax. 02 51 85 84 52 - http.www-subatech.in2p3.fr

SMART

Subatech

U.M.R n° 6457 - IN2P3/CNRS - Université de Nantes - IMTA
Service de Mesure et d'Analyse de la Radioactivité
et des éléments Traces

cofrac ESSAIS
Accréditation N° 1-7229
Portée disponible sur www.cofrac.fr

RAPPORT D'ANALYSE N° 231201877	Page : 2 sur 4

Produit : Matrice biologique

N° échantillon: 23-03211
N° dossier: 230927-ACRO-1002

Référence client : **230913-CSA-22**
Nature : Baie (mûres)
Date de prélèvement : 16/08/2023

Température glacière (°C) : 8,9

Expression des résultats :

La concentration d'activité (Ca) est comparée au seuil de décision (SD), conformément à la norme NF ISO 11929. Le résultat de mesure est exprimé comme < SD si le résultat est en dessous du SD. Sinon les résultats sont fournis sous la forme CastU avec un facteur d'élargissement des incertitudes pris à k=2. Les risques alpha et béta sont pris égaux à 2,5%. Sauf mention particulière, le laboratoire SMART n'a pas effectué l'échantillonnage, le client est responsable des informations transmises ci dessus et les résultats fournis dans ce rapport ne sont représentatifs que des objets reçus. La représentativité des objets est assurée par le préleveur. La date de publication des Ca correspond à la date de comptage sauf indication particulière.

Evap1 : Evaporation sans rétention d'iode - Evap2 : Evaporation avec rétention d'iode

Analyses	Résultats	SD	Méthode	Date analyse
Informations				
Lyophilisation	réalisée			11/10/2023
Rapport Frais/Sec	4,26 +/- 0,15		PAR CALCUL	11/10/2023
Analyse par scintillation liquide				
H3 lié (Bq/l eau combustion)	3,9 +/- 3,3	3,0	NF M60-824	22/11/2023
H3 lié (Bq/kg_sec)	2,4 +/- 2,0	1,8	NF M60-824	22/11/2023

Subatech / SMART
4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes Cedex 3
Tel. 02 51 85 84 01 - Fax. 02 51 85 84 52 - http.www-subatech.in2p3.fr

SMART

Subatech

U.M.R n° 6457 - IN2P3/CNRS - Université de Nantes - IMTA
Service de Mesure et d'Analyse de la Radioactivité
et des éléments Traces

cofrac ESSAIS
Accréditation N° 1-7229
Portée disponible sur www.cofrac.fr

RAPPORT D'ANALYSE N° 231201877	Page : 3 sur 4

Produit : Matrice biologique

N° échantillon: 23-03212
N° dossier: 230927-ACRO-1002

Référence client : **230913-CSA-23**
Nature : Céréales
Date de prélèvement : 12/07/2023

Température glacière (°C) : 8,9

Expression des résultats :

La concentration d'activité (Ca) est comparée au seuil de décision (SD), conformément à la norme NF ISO 11929. Le résultat de mesure est exprimé comme < SD si le résultat est en dessous du SD. Sinon les résultats sont fournis sous la forme Ca±U avec un facteur d'élargissement des incertitudes pris à k=2. Les risques alpha et béta sont pris égaux à 2,5%. Sauf mention particulière, le laboratoire SMART n'a pas effectué l'échantillonnage, le client est responsable des informations transmises ci dessus et les résultats fournis dans ce rapport ne sont représentatifs que des objets reçus. La représentativité des objets est assurée par le préleveur. La date de publication des Ca correspond à la date de comptage sauf indication particulière.

Evap1 : Evaporation sans rétention d'iode - Evap2 : Evaporation avec rétention d'iode

Analyses	Résultats	SD	Méthode	Date analyse
Informations				
Lyophilisation	Réalisé			05/10/2023
Rapport Frais/Sec	1,05	0,04	PAR CALCUL	05/10/2023
Analyse par scintillation liquide				
H3 lié (Bq/l eau combustion)	7,6 +/- 3,5	2,9	NF M60-824	07/11/2023
H3 lié (Bq/kg_sec)	4,5 +/- 2,1	1,7	NF M60-824	07/11/2023

Subatech / SMART
4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes Cedex 3
Tel. 02 51 85 84 01 - Fax. 02 51 85 84 52 - http:www-subatech.in2p3.fr

SMART

Subatech

U.M.R n° 6457 - IN2P3/CNRS - Université de Nantes - IMTA
Service de Mesure et d'Analyse de la Radioactivité
et des éléments Traces

cofrac ESSAIS
Accréditation N° 1-7229
Portée disponible sur www.cofrac.fr

RAPPORT D'ANALYSE
N° 231201877

Page : 4 sur 4

Produit : Eau

N° échantillon: 23-03213
N° dossier: 230927-ACRO-1002

Référence client : **230620-CSA-02**
Nature : eau souterraine
Date de prélèvement : 20/06/2023
Lieu de prélèvement : DS-62

Température glacière (°C) : 8,9

Expression des résultats :

La concentration d'activité (Ca) est comparée au seuil de décision (SD), conformément à la norme NF ISO 11929. Le résultat de mesure est exprimé comme < SD si le résultat est en dessous du SD. Sinon les résultats sont fournis sous la forme CastU avec un facteur d'élargissement des incertitudes pris à k=2. Les risques alpha et béta sont pris égaux à 2,5%. Sauf mention particulière, le laboratoire SMART n'a pas effectué l'échantillonnage, le client est responsable des informations transmises ci dessus et les résultats fournis dans ce rapport ne sont représentatifs que des objets reçus. La représentativité des objets est assurée par le préleveur. La date de publication des Ca correspond à la date de comptage sauf indication particulière.
Evap1 : Evaporation sans rétention d'iode - Evap2 : Evaporation avec rétention d'iode

Analyses	Résultats	SD	Méthode	Date analyse
Analyse par scintillation liquide				
Cl36 (Bq/l)	<	0.16	Méthode interne	09/10/2023

Subatech / SMART
4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes Cedex 3
Tel. 02 51 85 84 01 - Fax. 02 51 85 84 52 - http.www-subatech.in2p3.fr

SMART

Subatech

U.M.R n° 6457 - IN2P3/CNRS - Université de Nantes - IMTA
Service de Mesure et d'Analyse de la Radioactivité
et des éléments Traces

cofrac ESSAIS
Accréditation
N° 1-7229
Portée disponible
sur www.cofrac.fr

RAPPORT D'ANALYSE N° 230901433	Page : 1 sur 7

N° dossier: 230623-ACRO-669

CLIENT

ACRO LABORATOIRE
138, rue de l'Eglise

A l'attention de : Madame M. JOSSET

14200 HEROUVILLE SAINT CLAIR

Référence commande: BC-2306/01

Date de réception : 23/06/2023

RAPPORT D'ANALYSE
N° 230901433

Date du rapport : 25/09/2023

Magali BERTAUD
Coordinateur Projet

Bertaud

Ce rapport d'essai ne concerne que les échantillons soumis à l'essai. Les analyses sont exécutées dans les locaux de SMART. Le rapport ne doit pas être reproduit partiellement sans l'approbation du laboratoire d'essais. La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 7 page(s)
Seules certaines prestations rapportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole
Le laboratoire est agréé par l'autorité de sûreté nucléaire pour les mesures de radioactivité dans l'environnement.
La portée détaillée de l'agrément est disponible sur le site internet de l'Autorité de sûreté nucléaire.

Subatech / SMART
4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes Cedex 3
Tel. 02 51 85 84 01 - Fax. 02 51 85 84 52 - http.www-subatech.in2p3.fr

SMART

Subatech

U.M.R n° 6457 - IN2P3/CNRS - Université de Nantes - IMTA

Service de Mesure et d'Analyse de la Radioactivité et des éléments Traces

cofrac ESSAIS Accréditation N° 1-7229 Portée disponible sur www.cofrac.fr

RAPPORT D'ANALYSE N° 230901433	Page : 2 sur 7

Produit : Sol/sédiment

N° échantillon: 23-02036
N° dossier: 230623-ACRO-669

Référence client : **230620-CSA-22-Sols**
Nature : Sols
Date de prélèvement : 21/06/2023
Lieu de prélèvement : T2

Température glacière (°C) : 18,7

Expression des résultats :

La concentration d'activité (Ca) est comparée au seuil de décision (SD), conformément à la norme NF ISO 11929. Le résultat de mesure est exprimé comme < SD si le résultat est en dessous du SD. Sinon les résultats sont fournis sous la forme Ca±U avec un facteur d'élargissement des incertitudes pris à k=2. Les risques alpha et béta sont pris égaux à 2,5%. Sauf mention particulière, si le laboratoire SMART n'a pas effectué l'échantillonnage, le client est responsable des informations transmises ci dessus et les résultats fournis dans ce rapport ne sont représentatifs que des objets reçus. La représentativité des objets est assurée par le préleveur. La date de publication des Ca correspond à la date de comptage sauf indication particulière.

Evap1 : Evaporation sans rétention d'iode - Evap2 : Evaporation avec rétention d'iode

Analyses	Résultats	SD	Méthode	Date analyse
Informations				
Prétraitement	réalisé			28/07/2023
Rapport Frais/Sec	1,25 +/- 0,04		PAR CALCUL	28/07/2023
solubilisation	réalisée			31/07/2023
Analyse par scintillation liquide				
Sr90 (Bq/kg_sec)	<	2,7	Méthode interne	01/09/2023
Analyse par spectrométrie alpha				
Am241 (Bq/kg_sec)	<	0,024	Méthode interne	10/08/2023
Cm243+244 (Bq/kg_sec)	<	0,024	Méthode interne	10/08/2023
Pu238 (Bq/kg_sec)	<	0,019	NF EN ISO 18589-4	04/08/2023
Pu239_240 (Bq/kg_sec)	<	0,019	NF EN ISO 18589-4	04/08/2023

Subatech / SMART
4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes Cedex 3
Tel. 02 51 85 84 01 - Fax. 02 51 85 84 52 - http.www-subatech.in2p3.fr

SMART

Subatech

U.M.R n° 6457 - IN2P3/CNRS - Université de Nantes - IMTA
Service de Mesure et d'Analyse de la Radioactivité
et des éléments Traces

cofrac ESSAIS
Accréditation N° 1-7229
Portée disponible sur www.cofrac.fr

RAPPORT D'ANALYSE N° 230901433	Page : 3 sur 7

Produit : Sol/sédiment

N° échantillon: 23-02037
N° dossier: 230623-ACRO-669

Référence client : **230620-CSA-05-Sédiment**
Nature : Sédiment
Date de prélèvement : 20/06/2023
Lieu de prélèvement : BO

Température glacière (°C) : 18,7

Expression des résultats :

La concentration d'activité (Ca) est comparée au seuil de décision (SD), conformément à la norme NF ISO 11929. Le résultat de mesure est exprimé comme < SD si le résultat est en dessous du SD. Sinon les résultats sont fournis sous la forme Ca±U avec un facteur d'élargissement des incertitudes pris à k=2. Les risques alpha et béta sont pris égaux à 2,5%. Sauf mention particulière, si le laboratoire SMART n'a pas effectué l'échantillonnage, le client est responsable des informations transmises ci dessus et les résultats fournis dans ce rapport ne sont représentatifs que des objets reçus. La représentativité des objets est assurée par le préleveur. La date de publication des Ca correspond à la date de comptage sauf indication particulière.

Evap1 : Evaporation sans rétention d'iode - Evap2 : Evaporation avec rétention d'iode

Analyses	Résultats	SD	Méthode	Date analyse
Informations				
Lyophilisation	réalisée			06/07/2023
Rapport Frais/Sec	1,39 +/- 0,05		PAR CALCUL	06/07/2023
solubilisation	réalisée			07/08/2023
Analyse par scintillation liquide				
H3 lié (Bq/l eau combustion)	4,5 +/- 3,2	2,8	Méthode interne	11/08/2023
H3 lié (Bq/kg_sec)	2,5 +/- 1,8	1,6	Méthode interne	11/08/2023
Ni63 (Bq/kg_sec)	<	7,6	Méthode interne	14/08/2023
Sr90 (Bq/kg_sec)	<	3,9	Méthode interne	01/09/2023
Analyse par spectrométrie alpha				
Am241 (Bq/kg_sec)	<	0,019	Méthode interne	10/08/2023
Cm243+244 (Bq/kg_sec)	<	0,019	Méthode interne	10/08/2023
Pu238 (Bq/kg_sec)	<	0,024	Méthode interne	04/08/2023
Pu239_240 (Bq/kg_sec)	<	0,024	Méthode interne	04/08/2023
Analyses chimiques sous-traitées				
Carbone total (kgC/kg_sec)	0,051 +/- 0,015		NF EN 13137 (X30-404)	21/07/2023
Valeurs calculées				
C14 (Bq/kg_sec)	6,0 +/- 1,8		PAR CALCUL	18/09/2023
Analyses sous traitées				
C14 (Benzène) (Bq/kgC)	116,7 +/- 0,5		NF M 60-812-2	07/09/2023

Subatech / SMART
4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes Cedex 3
Tel. 02 51 85 84 01 - Fax. 02 51 85 84 52 - http.www-subatech.in2p3.fr

SMART

Subatech

U.M.R n° 6457 - IN2P3/CNRS - Université de Nantes - IMTA
Service de Mesure et d'Analyse de la Radioactivité
et des éléments Traces

cofrac ESSAIS
Accréditation N° 1-7229
Portée disponible sur www.cofrac.fr

RAPPORT D'ANALYSE N° 230901433	Page : 4 sur 7

Produit : Sol/sédiment

N° échantillon: 23-02038
N° dossier: 230623-ACRO-669

Référence client : **230620-CSA-12-Sédiment**
Nature : Sédiment
Date de prélèvement : 20/06/2023
Lieu de prélèvement : Etang des cailles

Température glacière (°C) : 18.7

Expression des résultats :

La concentration d'activité (Ca) est comparée au seuil de décision (SD), conformément à la norme NF ISO 11929. Le résultat de mesure est exprimé comme < SD si le résultat est en dessous du SD. Sinon les résultats sont fournis sous la forme Ca±U avec un facteur d'élargissement des incertitudes pris à k=2. Les risques alpha et béta sont pris égaux à 2,5%. Sauf mention particulière, si le laboratoire SMART n'a pas effectué l'échantillonnage, le client est responsable des informations transmises ci dessus et les résultats fournis dans ce rapport ne sont représentatifs que des objets reçus. La représentativité des objets est assurée par le préleveur. La date de publication des Ca correspond à la date de comptage sauf indication particulière.

Evap1 : Evaporation sans rétention d'iode - Evap2 : Evaporation avec rétention d'iode

Analyses	Résultats	SD	Méthode	Date analyse
Informations				
Lyophilisation	réalisée			04/07/2023
Rapport Frais/Sec	2,24 +/- 0,08		PAR CALCUL	04/07/2023
solubilisation	réalisée			07/08/2023
Analyse par scintillation liquide				
H3 lié (Bq/l eau combustion)	3,3 +/- 3,0	2,8	Méthode interne	12/08/2023
H3 lié (Bq/kg_sec)	1,6 +/- 1,4	1,3	Méthode interne	12/08/2023
Analyse par spectrométrie alpha				
Am241 (Bq/kg_sec)	<	0,015	Méthode interne	10/08/2023
Cm243+244 (Bq/kg_sec)	<	0,015	Méthode interne	10/08/2023
Pu238 (Bq/kg_sec)	<	0,019	Méthode interne	04/08/2023
Pu239_240 (Bq/kg_sec)	<	0,019	Méthode interne	04/08/2023
Analyses chimiques sous-traitées				
Carbone total (kgC/kg_sec)	0,030 +/- 0,009		NF EN 13137 (X30-404)	21/07/2023
Valeurs calculées				
C14 (Bq/kg_sec)	6,8 +/- 2,0		PAR CALCUL	18/09/2023
Analyses sous traitées				
C14 (Benzène) (Bq/kgC)	227,5 +/- 1,0		NF M 60-812-2	07/09/2023

Subatech / SMART
4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes Cedex 3
Tel. 02 51 85 84 01 - Fax. 02 51 85 84 52 - http.www-subatech.in2p3.fr

SMART

Subatech

U.M.R n° 6457 - IN2P3/CNRS - Université de Nantes - IMTA
Service de Mesure et d'Analyse de la Radioactivité
et des éléments Traces

cofrac ESSAIS
Accréditation N° 1-7229
Portée disponible sur www.cofrac.fr

RAPPORT D'ANALYSE N° 230901433 | Page : 5 sur 7

Produit : Matrice biologique

N° échantillon: 23-02039
N° dossier: 230623-ACRO-669

Référence client : **230620-CSA-20-Herbe**
Nature : Herbe
Date de prélèvement : 21/06/2023
Lieu de prélèvement : T2

Température glacière (°C) : 18,7

Expression des résultats :

La concentration d'activité (Ca) est comparée au seuil de décision (SD), conformément à la norme NF ISO 11929. Le résultat de mesure est exprimé comme < SD si le résultat est en dessous du SD. Sinon les résultats sont fournis sous la forme Ca±U avec un facteur d'élargissement des incertitudes pris à k=2. Les risques alpha et béta sont pris égaux à 2,5%. Sauf mention particulière, si le laboratoire SMART n'a pas effectué l'échantillonnage, le client est responsable des informations transmises ci dessus et les résultats fournis dans ce rapport ne sont représentatifs que des objets reçus. La représentativité des objets est assurée par le préleveur. La date de publication des Ca correspond à la date de comptage sauf indication particulière.

Evap1 : Evaporation sans rétention d'iode - Evap2 : Evaporation avec rétention d'iode

Analyses	Résultats	SD	Méthode	Date analyse
Informations				
Lyophilisation	réalisée			08/08/2023
Rapport Frais/Sec	3.54 +/- 0.12		PAR CALCUL	08/08/2023
Analyse par scintillation liquide				
H3 lié (Bq/l eau combustion)	4.6 +/- 3.1	2.8	NF M60-824	19/08/2023
H3 lié (Bq/kg_sec)	2.5 +/- 1.8	1.6	NF M60-824	19/08/2023
H3 libre (Bq/l eau lyophilisat)	3.8 +/- 2.9	2.6	NF M60-824	12/08/2023
H3 libre (Bq/kg_frais)	2.7 +/- 2.1	1.9	NF M60-824	12/08/2023

Subatech / SMART
4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes Cedex 3
Tel. 02 51 85 84 01 - Fax. 02 51 85 84 52 - http.www-subatech.in2p3.fr

SMART

Subatech

U.M.R n° 6457 - IN2P3/CNRS - Université de Nantes - IMTA
Service de Mesure et d'Analyse de la Radioactivité
et des éléments Traces

cofrac ESSAIS
Accréditation N° 1-7229
Portée disponible sur www.cofrac.fr

RAPPORT D'ANALYSE N° 230901433	Page : 6 sur 7

Produit : Matrice biologique

N° échantillon: 23-02040
N° dossier: 230623-ACRO-669

Référence client : **230620-CSA-25-Herbe**
Nature : Herbe
Date de prélèvement : 21/06/2023
Lieu de prélèvement : T4

Température glacière (°C) : 18.7

Expression des résultats :

La concentration d'activité (Ca) est comparée au seuil de décision (SD), conformément à la norme NF ISO 11929. Le résultat de mesure est exprimé comme < SD si le résultat est en dessous du SD. Sinon les résultats sont fournis sous la forme Ca±U avec un facteur d'élargissement des incertitudes pris à k=2. Les risques alpha et béta sont pris égaux à 2,5%. Sauf mention particulière, si le laboratoire SMART n'a pas effectué l'échantillonnage, le client est responsable des informations transmises ci dessus et les résultats fournis dans ce rapport ne sont représentatifs que des objets reçus. La représentativité des objets est assurée par le préleveur. La date de publication des Ca correspond à la date de comptage sauf indication particulière.

Evap1 : Evaporation sans rétention d'iode - Evap2 : Evaporation avec rétention d'iode

Analyses	Résultats	SD	Méthode	Date analyse
Informations				
Lyophilisation	réalisée			07/07/2023
Rapport Frais/Sec	2,43 +/- 0,09		PAR CALCUL	06/07/2023
Analyse par scintillation liquide				
H3 lié (Bq/l eau combustion)	<	3,4	NF M60-824	31/07/2023
H3 lié (Bq/kg_sec)	<	1,9	NF M60-824	31/07/2023
H3 libre (Bq/l eau lyophilisat)	3,4 +/- 2,9	2,6	NF M60-824	20/07/2023
H3 libre (Bq/kg_frais)	2,0 +/- 1,7	1,6	NF M60-824	20/07/2023

Subatech / SMART
4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes Cedex 3
Tel. 02 51 85 84 01 - Fax. 02 51 85 84 52 - http.www-subatech.in2p3.fr

SMART

Subatech

U.M.R n° 6457 - IN2P3/CNRS - Université de Nantes - IMTA
Service de Mesure et d'Analyse de la Radioactivité
et des éléments Traces

cofrac ESSAIS
Accréditation N° 1-7229
Portée disponible sur www.cofrac.fr

RAPPORT D'ANALYSE
N° 230901433

Page : 7 sur 7

Produit : Matrice biologique

N° échantillon: 23-02041
N° dossier: 230623-ACRO-669

Référence client : **230620-CSA-233-Lait**
Nature : Lait
Date de prélèvement : 22/06/2023
Lieu de prélèvement : T2

Température glacière (°C) : 18.7

Expression des résultats :

La concentration d'activité (Ca) est comparée au seuil de décision (SD), conformément à la norme NF ISO 11929. Le résultat de mesure est exprimé comme < SD si le résultat est en dessous du SD. Sinon les résultats sont fournis sous la forme Ca±U avec un facteur d'élargissement des incertitudes pris à k=2. Les risques alpha et béta sont pris égaux à 2,5%. Sauf mention particulière, si le laboratoire SMART n'a pas effectué l'échantillonnage, le client est responsable des informations transmises ci dessus et les résultats fournis dans ce rapport ne sont représentatifs que des objets reçus. La représentativité des objets est assurée par le préleveur. La date de publication des Ca correspond à la date de comptage sauf indication particulière.

Evap1 : Evaporation sans rétention d'iode - Evap2 : Evaporation avec rétention d'iode

Analyses	Résultats	SD	Méthode	Date analyse
Informations				
Lyophilisation	réalisée			12/07/2023
Rapport Frais/Sec	6,95 +/- 0,24		PAR CALCUL	06/07/2023
solubilisation	réalisée			07/08/2023
Analyse par scintillation liquide				
H3 lié (Bq/l eau combustion)	<	2,9	NF M60-824	04/08/2023
H3 lié (Bq/kg_sec)	<	2,1	NF M60-824	04/08/2023
Sr90 (Bq/kg_sec)	<	1,5	Méthode interne	01/09/2023

Subatech / SMART
4, rue Alfred Kastler - La Chantrerie - BP 20722 - 44307 Nantes Cedex 3
Tel. 02 51 85 84 01 - Fax. 02 51 85 84 52 - http.www-subatech.in2p3.fr