

# ACRO

ASSOCIATION POUR LE CONTRÔLE  
DE LA RADIOACTIVITÉ DANS L'OUEST

2012  
2013

## Etude des niveaux de radioactivité dans les environs du centre de stockage CSFMA de l'Aube

Phase 2 (volets 1 à 4)

**RAP(1)130910-CSA-v1**

**Version du 10/09/13**

Etude réalisée à la demande de la CLI de Soulaines

 cli de Soulaines  
Commission Locale d'Information

Feuille Qualité :

<b>DEMANDE</b>	
Mission	Etude des niveaux de radioactivité dans les environs du centre de stockage de l'Aube (CSFMA)- Phase 2
Demandeur	<b>CLI de Soulaines</b> Domaine Saint-Victor 10200 Soulaines-Dhuys
Commande	Du 22/02/12

<b>REALISATION</b>	
<b>Association pour le Contrôle de la Radioactivité dans l'Ouest</b> 138 rue de l'Eglise 14200 HEROUVILLE SAINT CLAIR tél. : 02.31.94.35.34 / fax : 02.31.94.85.31	
Responsables Scientifiques	P. BARBEY, M. JOSSET, G. PIGREE
Auteurs	M. JOSSET, A. MIGEON
Prélèvements	A. BERNOLLIN, E. DUNAND, M. JOSSET, A. MIGEON, G. ROUGIER
Mesures <i>in situ</i>	A. BERNOLLIN, M. JOSSET
Traitement des échantillons	E. DUNAND, G. ROUGIER
Analyses	de E. DUNAND, A. MIGEON, M. JOSSET, G. ROUGIER radioactivité :

<b>DOCUMENT</b>	
Date d'édition	le 10/09/13
Identification	<b>RAP(1)130910-CSA-v1</b>
Version n°	01
Pages (nombre)	34 pages (+ 29 pages d'annexe)
Objet	Rapport concernant les volets 1 ; 2 ; 3 et rapport intermédiaire du volet 4.
Paramètres	éléments 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) : Centre de Stockage de l'Aube (CSA), Région de Soulaines-dhuys

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

--

# Sommaire

<b>Présentation du travail .....</b>	<b>5</b>
1. Contexte.....	5
2. Articulation du rapport.....	5
3. Eléments techniques de compréhension.....	6
Le centre de stockage des déchets de faibles et moyennes activités de l'Aube (CSA) .....	6
Autres installations possédant des autorisations de rejets à caractères radioactifs .....	7
<b>Synthèse et conclusion.....</b>	<b>9</b>
<b>1<sup>ère</sup> partie : Volet 1 .....</b>	<b>10</b>
<b>Campagne de mesure des niveaux de radioactivité dans les environs du CSA ; Suivi et élargissement du référentiel.....</b>	<b>10</b>
Présentation.....	10
Localisation des prélèvements.....	11
Résultats et commentaires.....	12
A. Milieu aquatique .....	12
A.1 Les eaux souterraines.....	12
Lieux de prélèvements : .....	12
Analyses : .....	13
Résultats : .....	13
A.2 Les eaux de surface et les sédiments .....	15
Lieux de prélèvements : .....	15
Analyses : .....	15
Résultats : .....	16
Les eaux de surface : .....	16
Les sédiments : .....	17
Note d'information n°1.....	17
Note d'information n°2.....	19
B. Milieu terrestre .....	21
B.1 Les sols, mats et couvert végétal .....	21
Lieux de prélèvements : .....	22
Analyses réalisées : .....	22
Résultats : .....	22
Les sols et les mats : .....	22
Le couvert végétal : .....	23
C. La chaîne alimentaire .....	24
C.1 Les produits du jardin.....	24
Analyses réalisées : .....	24
Résultats : .....	24
C.2 Le gibier et les poissons d'eau douce.....	25
Analyses réalisées : .....	25
Résultats : .....	25
D. Les vignobles.....	26
D.1 Le sol des parcelles et le raisin .....	26
Analyses réalisée : .....	26
Résultats : .....	26

<b>2ème partie : Volet 2</b> .....	<b>27</b>
<b>Mesure de l'irradiation externe</b> .....	<b>27</b>
<i>Résultats et Commentaires</i> .....	27
A. Cartographie des débits de dose autour du CSA.....	28
B. Autres mesures .....	30
<b>3ème partie - Volet 3</b> .....	<b>31</b>
<b>Implantation de mousses aquatiques exogènes</b> .....	<b>31</b>
Méthode.....	31
Lieux et durée d'implantation .....	32
Analyses réalisées .....	32
Résultats .....	32
<b>4ème partie - Volet 4 (rapport intermédiaire)</b> .....	<b>33</b>
<b>Biosurveillance par les abeilles</b> .....	<b>33</b>
<i>Etude des produits de la ruche – année 1/3</i> .....	33
Lieux d'implantation des ruches.....	33
Produits analysés.....	34
Analyses réalisées : .....	34
Résultats : .....	34

## **A NNEXES**

# Présentation du travail

---

## 1. Contexte

Dans le cadre de sa mission d'information, la CLI de Soulaines a souhaité réaliser en 2012 des analyses dans l'environnement autour du centre de stockage de l'Aube (CSA). L'objectif est de poursuivre l'étude<sup>1</sup> réalisée par la CLI en 2007 afin :

- de suivre l'évolution des niveaux de radioactivité en renouvelant les mêmes analyses,
- d'élargir le référentiel à partir de nouvelles investigations.

A cette fin, un plan de surveillance et d'analyses a été proposé afin de répondre au mieux au cahier des charges demandé. Celui-ci se décompose en 4 volets :

1. Prélèvements et analyses d'échantillons prélevés dans les domaines terrestres et aquatiques du site du CSA et dans ses environs,
2. Mesures des niveaux d'irradiation (débit de dose) autour du périmètre du CSA, durant un jour d'activité du site et un jour d'inactivité,
3. Implantation de mousses aquatiques exogènes afin d'évaluer la qualité radiologique des eaux de surfaces (Noues d'Amances),
4. Utilisation des abeilles, et par extension des produits de la ruche, pour la surveillance radiologique de l'environnement.

Ainsi, 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 (les vignobles par exemple). La réalisation des trois premiers volets de l'étude s'est effectuée en 2012-2013, le dernier volet, repose quant à lui sur un suivi d'une durée de trois ans (2012-2014).

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

Comme en 2007, 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. L'ANDRA a toutefois demandé à pouvoir « doubler » l'ensemble des mesures.

## 2. Articulation du rapport

Après un rappel succinct de l'activité du centre de stockage de l'Aube depuis sa création, le rapport s'articule en quatre parties :

**Dans la première partie (Volet 1)** les moyens mobilisés par l'ACRO pour mesurer la radioactivité dans l'environnement concerné sont décrits et les résultats obtenus commentés et comparés avec ceux obtenus en 2007 ; le détail des résultats figure en annexe ;

**Dans la seconde partie (Volet 2)** sont présentés les résultats des mesures du débit de dose lié au rayonnement gamma ambiant réalisées le long de la clôture du CSA et en d'autres lieux de la région de Soulaines ;

---

<sup>1</sup> Analyses des niveaux de radioactivité dans les environs du centre de stockage FMA-VC de l'Aube, Etude réalisée en 2007 par l'ACRO.

**Dans la troisième partie (Volet 3)**, la bio-surveillance mise en place par l'intermédiaire de l'implantation de mousses aquatiques exogènes ; Les moyens mobilisés par l'ACRO sont décrits et les résultats commentés ; le détail des résultats figure en annexe ;

**Dans la quatrième partie (Volet 4)**, la bio-surveillance mise en place par l'intermédiaire des abeilles présentant les premiers résultats commentés ; le détail des résultats obtenus pour la première année figure en annexe ;

L'ensemble des résultats et la méthodologie mise en œuvre lors des prélèvements et de l'analyse des échantillons sont présentés en **annexe** de ce rapport.

### 3. Eléments techniques de compréhension

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

Depuis l'ouverture du centre, il y a vingt ans, les déchets radioactifs dits de faibles et moyennes activités à vie courte 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 août 2006 sont présentées dans le tableau 1.

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**

On compte environ 290 000 m<sup>3</sup> de colis de déchets livrés au CSFMA depuis son ouverture, représentant environ 27% de sa capacité de stockage autorisée. Le flux annuel des livraisons se situe autour de 12 000 m<sup>3</sup> (12 354 m<sup>3</sup> pour l'année 2012).

Fin 2012, 4 nouveaux ouvrages ont été fermés, ce qui porte à 116 le nombre total d'ouvrages contenant des colis de déchets radioactifs.

Concernant les capacités radiologiques, 19 radioéléments font l'objet de limitations. A la fin 2012, les parts de capacités consommées pour ces radioéléments sont inférieures à la consommation de capacité en volume (27%), à l'exception du chlore 36 qui arrive à près de 90% 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<sup>2</sup> stockés sur le centre (cas du plutonium-241).

Tableau 1 : Autorisations de rejet annuel du centre CSFMA de l'Aube (arrêté du 21 août 2006) : valeurs limites concernant les rejets atmosphérique et liquides et rejets effectifs pour l'année 2012 (source ANDRA<sup>3</sup>) en MBq.

Rejets atmosphériques	Limite Activité annuelle en MBq	Rejets effectifs en 2012 (MBq)
Tritium	50 000	240 (*)
Carbone 14	5 000	46
Iodes	20	0,036
Autres émetteurs bêta-gamma	0,2	0,0069
Emetteurs alpha	0,02	0,00058
Rejets liquides	Limite Activité annuelle en MBq	Rejets effectifs en 2012 (MBq)
Tritium	5 000	0,2
Carbone 14	120	0,21
Autres émetteurs bêta-gamma	100	0,06
Emetteurs alpha	0,4	0,0024

Note : MBq = Mega Becquerel = 1 .10<sup>6</sup> Bq = 1 Million de Becquerel.

(\*) Forme physico-chimique des rejets triés atmosphériques : 95% sous forme de vapeur d'eau (HTO) et 5% sous forme gazeuse (HT) [d'après rapport annuel 2012 de l'ANDRA].

**Autres installations possédant des autorisations de rejets à caractères radioactifs.**

A quelques kilomètres du CSA, existent deux autres installations dont les activités sont liées à la gestion des déchets radioactifs.

• **Le CIRES (CSTFA)**

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 2011, environ 31 % de sa capacité totale de stockage autorisée (650 000 m<sup>3</sup>) étaient atteints.

Depuis l'automne 2012, le CIRES accueille deux nouvelles activités : le regroupement 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.

<sup>2</sup> 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.

<sup>3</sup> Bilan annuel de la surveillance du Centre et de son environnement (CSA INB N°149) Année 2012

Tableau 2 : Autorisations de rejet annuel (en MBq) du CIRES (sources ANDRA<sup>4</sup>)

Rejets atmosphériques	Limite Activité annuelle en MBq	Rejets effectifs année 2012 (MBq)
Tritium	30 000	45,2
Carbone 14	1 000	75,8
Iodes	2	0,00656
Emetteurs bêta	0,2	0,00063
Emetteurs alpha	0,02	0,00033

• **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 (cf. Tableau 3).

Tableau 3 : Autorisations 2012 de rejet annuel (en MBq) de l'installation STARC de l'entreprise DAHER située dans la commune d'Epothémont (sources Préfecture de l'Aube<sup>5 et 6</sup>)

Rejets atmosphériques	Limite Activité annuelle en MBq	Rejets effectifs année 2011 (MBq)
Tritium	15 000	1 150
Carbone 14	300	3,18
Iodes 129	0,04	<SD (*)
Emetteurs bêta	0,2	0,2
Emetteurs alpha	0,022	0,0081

(\*) Inférieur au seuil de décision

<sup>4</sup> Rapport annuel 2012 du CSTFA (Cires)

<sup>5</sup> Arrêté Préfectoral du 25 avril 2012

<sup>6</sup> Compte rendu de la réunion du 6/12/12 de la Commission de suivi du site de l'entreprise DAHER SNC située à Epothémont.

## 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 premier bilan environnemental après quinze années d'exploitation du CSA. Cinq ans plus tard, l'objectif est ici de suivre l'évolution des niveaux de radioactivité rencontrés et de permettre, à partir de nouvelles investigations, d'en élargir la connaissance.

A cette fin, le travail s'est articulé en 4 volets complémentaires visant à connaître la situation radiologique actuelle et d'en évaluer les évolutions :

- volet 1. Mesures dans l'environnement aquatique et terrestre du CSA et dans ses environs,
- volet 2. Evaluation des niveaux d'irradiations autour du périmètre de l'installation nucléaire,
- volet 3. Implantation de végétaux aquatiques afin d'évaluer la qualité radiologique des eaux de surface,
- volet 4. Bio-surveillance réalisée par les abeilles au travers de l'analyse des produits de la ruche.

L'élaboration et le suivi du projet ont été réalisés par la CLI au travers la mise en place d'un comité de pilotage permettant l'implication de ses membres dans chacune de ses étapes.

La réalisation des trois premiers volets s'est effectuée en 2012 et 2013, le dernier volet, repose quand à lui sur un suivi d'une durée de trois ans (2012-2014).

Il ressort de ce travail que la situation radiologique constatée n'est pas très différente de 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 les eaux souterraines du piézomètre DS62, situé à l'aplomb de la première ligne de stockage des déchets, avec une concentration inférieure à 10 Bq/L. La présence de Cobalt-60 et de Nickel-63 mis en évidence en 2007 dans les sédiments du bassin d'orage n'est plus observée en 2012. De même le rapport des activités des isotopes du plutonium reste conforme à celui des retombées des essais nucléaires.

A l'extérieur du site, aucune anomalie n'est notée dans les échantillons prélevés dans l'environnement que ce soit, dans les eaux, dans les indicateurs inertes ou biologiques (sédiments, sols, herbe), ou bien, dans les investigations menées dans la chaîne alimentaire (végétaux, légumes, poissons, etc.).

Les analyses réalisées sur les végétaux aquatiques (Bryophytes) ne révèlent la présence d'aucun apport de radioéléments artificiels émetteurs gamma pouvant provenir des rejets du CSA durant leur période d'implantation dans les Noues d'Amances (35 jours).

Toutefois, les mesures de débits de dose réalisées le long de la clôture du CSA montrent l'existence d'une exposition plus importante à l'Est du site et au voisinage du bâtiment de transit. L'entreposage des déchets radioactifs explique ce constat. Cette situation reste semblable à ce qui avait été constaté il y a cinq ans. Notons également que les valeurs mesurées un jour d'activité 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.

Cette étude s'inscrit dans la démarche initiée en 2007 par la CLI, d'une construction d'un référentiel de connaissance. Outre d'actualiser le bilan environnemental, ce travail en élargit la portée permettant ainsi, de suivre dans le temps de nouveaux paramètres. La recherche bas seuil de radioéléments spécifiques tels le carbone-14 ou le tritium organiquement lié ainsi que la mise en place d'une bio-surveillance (par l'intermédiaire des abeilles) constituent des apports novateurs dans ce domaine.

# 1<sup>ère</sup> partie : Volet 1

## Campagne de mesure des niveaux de radioactivité dans les environs du CSA ; Suivi et élargissement du référentiel

---

### Présentation

En 2007, l'ACRO a réalisé pour le compte de la CLI de Soulaïnes, un « état des lieux » de la radioactivité autour du centre de stockage de l'Aube. Cinq ans après, de façon à appréhender une éventuelle évolution des niveaux de radioactivité, l'approche choisie (choix des sites, matrices et type d'analyse) est relativement similaire. 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.

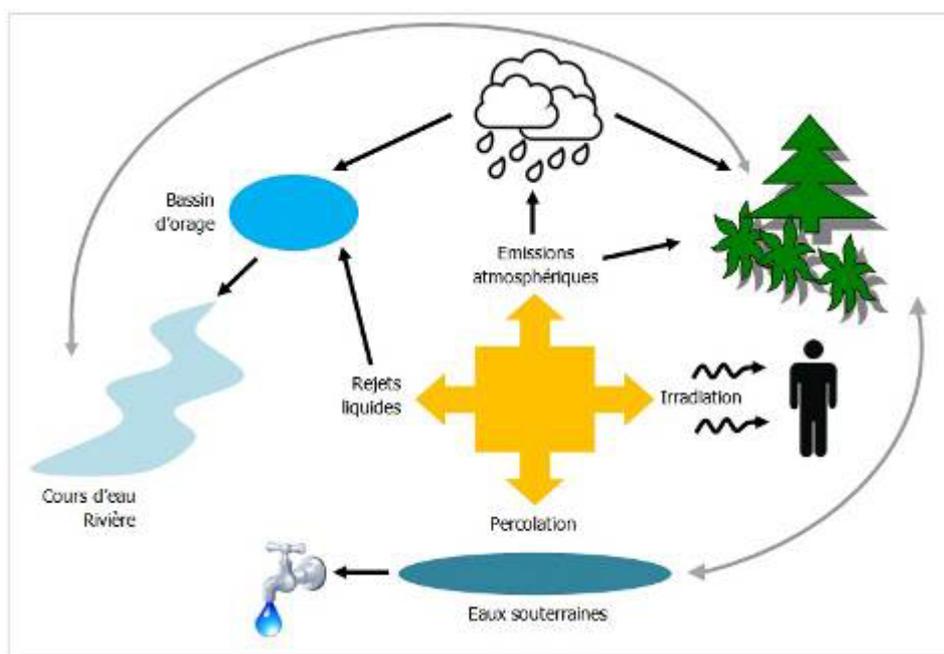


Figure 1 : Schéma des interactions entre le CSA et son milieu environnant.

Afin de répondre au souhait de la CLI d'élargir le référentiel, de nouvelles investigations ont également été menées comme par exemple, sur le gibier et les poissons, mais également sur la recherche de radionucléides spécifiques tels le carbone-14 et le tritium organiquement lié.

Les prélèvements ont été réalisés au cours de 3 campagnes en présence de représentants de l'ANDRA et des membres du comité de pilotage de la CLI :

- Campagne 1 (13 et 14 juin 2012) : domaine aquatique, domaine terrestre et produits du jardin,
- Campagne 2 (13 septembre 2012) : vignobles et produits du jardin,
- Campagne 3 (05 octobre 2012) : cartographie, gibier et pêche.

Les résultats détaillés et la méthodologie appliquée aux différents prélèvements est présentée en annexe.

## Localisation des prélèvements

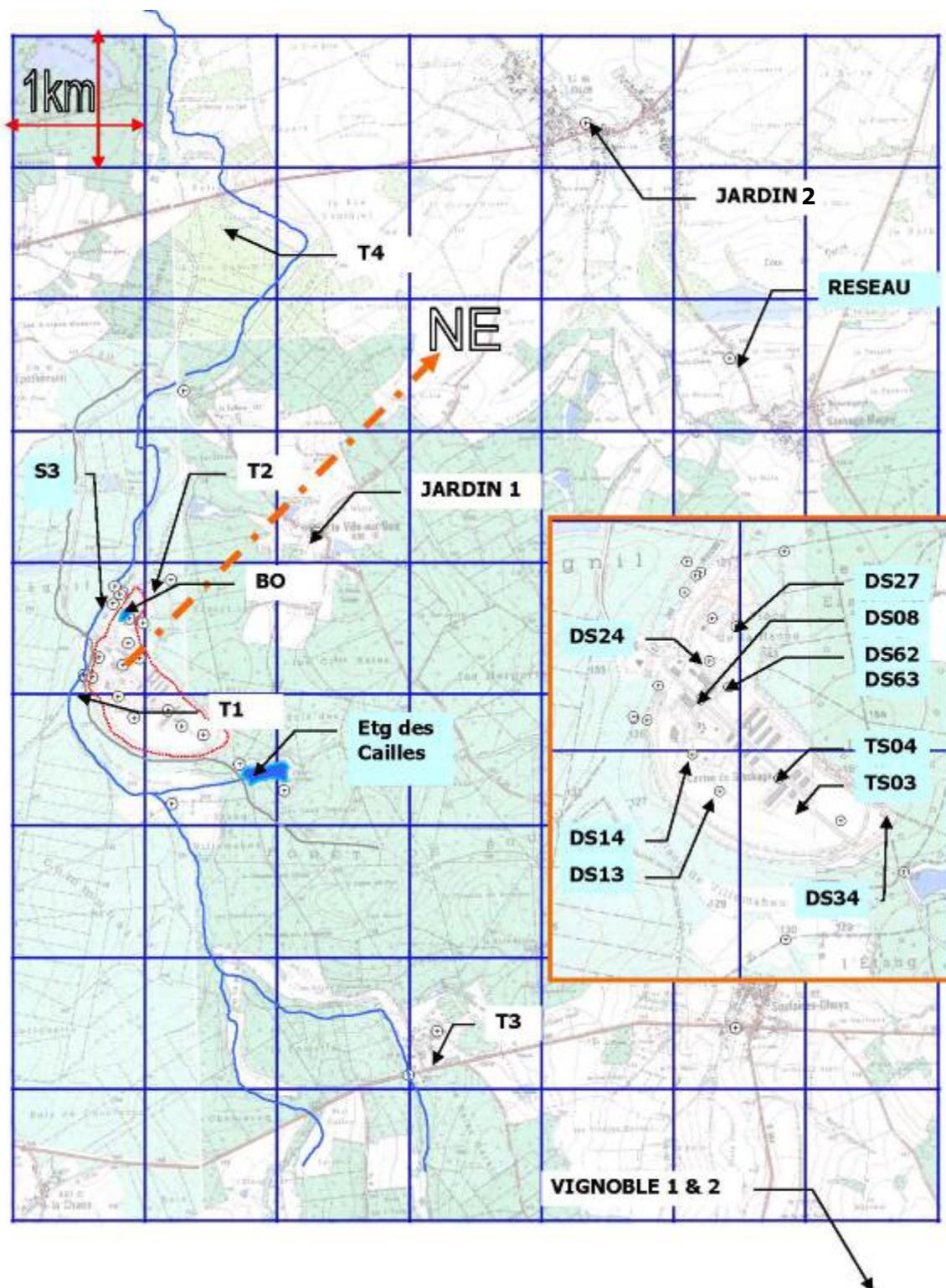


Figure 2 : localisation des sites étudiés durant l'année 2012 autour du centre de stockage CSFMA de l'Aube.

## Résultats et commentaires

### A. Milieu aquatique

#### A.1 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 9 piézomètres retenus en 2007, ont été à nouveau investigués<sup>7</sup>. Un prélèvement supplémentaire a été réalisé dans le piézomètre DS62 du fait de son marquage en tritium relevé en 2009 et 2010 par l'ANDRA dans le cadre de sa surveillance réglementaire.

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

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

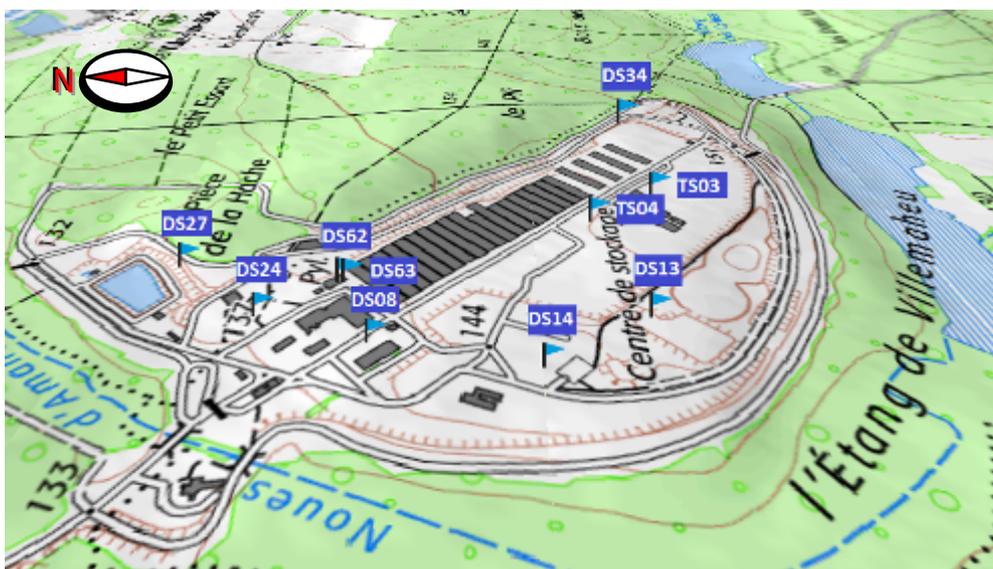


Figure 3 : localisation des piézomètres du CSA investigués dans le cadre de cette étude.

<sup>7</sup> Seul le piézomètre TS01, rebouché, a été remplacé par le DS34.

### Analyses :

Pour l'ensemble des prélèvements, les analyses ont concerné :

- ▶ Tritium libre (HTO) après distillation.
- ▶ Comme en 2007, 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 sur eau filtrée 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 le tableau 4 avec une mise en perspective avec ceux obtenus en 2007.

A l'intérieur du périmètre de l'installation nucléaire, seul le piézomètre DS62 révèle la présence de tritium dans ses eaux avec une concentration de 5,3 Bq/L. Ce marquage a été mis en évidence par l'ANDRA à partir de 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.

Tableau 4 : Synthèse des résultats des mesures réalisées dans les eaux souterraines prélevées sous le CSA et dans deux captages d'eau de distribution en 2012 et comparaisons avec les résultats obtenus en 2007.

Année		2012	2012	2007	2007
radionucléide	période	<b>Eau souterraine sous le CSA</b>	<b>Eau souterraine Captage extérieur</b>	<b>Eau souterraine sous le CSA</b>	<b>Eau souterraine Captage extérieur</b>
		min-max fréquence	min-max fréquence	min-max fréquence	min-max fréquence
<b>Radionucléides artificiels émetteurs gamma</b>					
Cobalt-60	5,3 ans	Bq/L < LD (0/3)	< LD (0/2)	< LD (0/3)	< LD (0/2)
Ru/Rh-106	373 jours	Bq/L < LD (0/3)	< LD (0/2)	< LD (0/3)	< LD (0/2)
Argent-108m	438 ans	Bq/L < LD (0/3)	< LD (0/2)	< LD (0/3)	< LD (0/2)
Argent-110m	250 jours	Bq/L < LD (0/3)	< LD (0/2)	< LD (0/3)	< LD (0/2)
Césium-134	2,1 ans	Bq/L < LD (0/3)	< LD (0/2)	< LD (0/3)	< LD (0/2)
Césium-137	30,0 ans	Bq/L < LD (0/3)	< LD (0/2)	< LD (0/3)	< LD (0/2)
Américium-241	437,7 ans	Bq/L < LD (0/3)	< LD (0/2)	< LD (0/3)	< LD (0/2)
<b>Radionucléides naturels émetteurs gamma</b>					
Radium-226 (max)	Ch. 238U	Bq/L < LD (0/3)	< LD (0/2)	< LD (0/3)	< LD (0/2)
Plomb-210	Ch. 238U	Bq/L < LD (0/3)	< LD (0/2)	< LD (0/3)	< LD (0/2)
Potassium-40	1,3x10 <sup>9</sup> ans	Bq/L < LD (0/3)	< LD (0/2)	< LD (0/3)	< LD (0/2)
Beryllium-7	53,2 jours	Bq/L < LD (0/3)	< LD (0/2)	< LD (0/3)	< LD (0/2)
<b>Radionucléides émetteur bêta pur</b>					
Tritium	12 ans	Bq/L <b>5,3</b> (1/10)	< LD (0/2)	< LD (0/9)	< LD (0/2)
Chlore-36	301x10 <sup>3</sup> ans	Bq/L < LD (0/1)	-	< LD (0/1)	-
<b>Paramètres de potabilité</b>					
Indice alpha total	Bq/L	Bq/L < LD (0/3)	< LD (0/2)	<b>0,019</b> (1/2)	< LD (0/1)
Indice bêta total	Bq/L	Bq/L <b>0,09 - 0,13</b> (3/3)	<b>0,06 - 0,11</b> (2/2)	<b>0,09 - 0,12</b> (3/3)	<b>0,11</b> (1/1)

Concernant les autres piézomètres investigués, on souligne l'absence de tritium (HTO) à des niveaux supérieurs à la limite de détection. Cela est également vrai pour les eaux de captage de Sauvage-Magny et de Maizières.

Les autres paramètres radiologiques pris en compte pour étudier la potabilité des eaux sont également respectés pour l'ensemble des eaux. Ainsi les indices bêta global et alpha global sont respectivement inférieurs à 1 et 0,1 Bq/L. Dans le détail, le bêta global, de l'ordre de 0,1 Bq/L, est constitué quasi-totalement par l'isotope radioactif du potassium, élément naturellement présent dans l'environnement. Aucun radionucléide gamma artificiel n'est décelable.

Rappelons toutefois la difficulté d'établir des projections puisque les prélèvements ont un caractère ponctuel. Soulignons enfin la nécessité de rester attentif à la qualité des eaux de la nappe aptienne sous le CSA puisque du tritium subsiste encore à des niveaux légèrement supérieurs à ceux observés à distance (DS62).

## A.2 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.



Photo 1 : Vue des Noues d'Amances, au niveau du déversoir (S3)

### Lieux de prélèvements :

Trois sites ont été retenus :

- Le bassin d'orage, situé sur le centre,
- Les Noues d'Amances, en aval direct de l'émissaire de rejet,
- L'étang des Cailles.

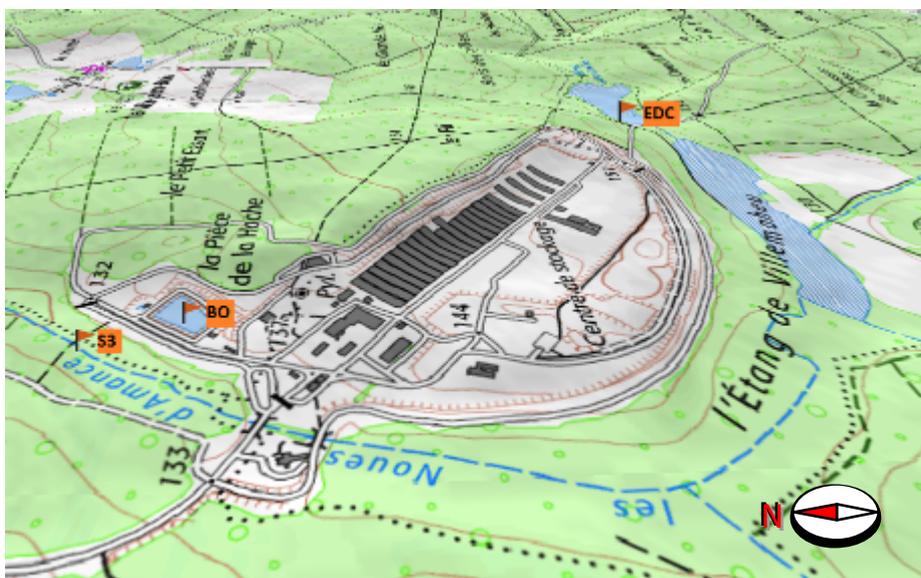


Figure 4 : Localisation des sites de prélèvements des eaux de surfaces et des sédiments.

### Analyses :

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

- ▶ Tritium libre (HTO) après distillation.
- ▶ Indice Bêta global sur eau filtrée 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,

Des analyses complémentaires sont réalisées sur les sédiments du bassin d'orage (comme en 2007) ainsi que dans l'étang des Cailles :

- isotopes du plutonium ( $^{238}\text{Pu}$  et  $^{239+240}\text{Pu}$ ),
- tritium organiquement lié (OBT) et Carbone 14.
- Le Nickel-63 sera recherché quand à lui uniquement dans les sédiments du bassin d'orage.

## Résultats :

### Les eaux de surface :

Concernant les eaux de surface, les paramètres radiologiques pris en compte pour étudier la potabilité des eaux sont respectés. Ainsi les indices bêta global et alpha global sont respectivement inférieurs à 1 et 0,1 Bq/L. De même la teneur en tritium (HTO), reste toujours inférieure à la limite de détection pour l'ensemble des eaux de surfaces analysées. Aucun radionucléide gamma artificiel n'est décelable comme en témoigne les analyses faites par spectrométrie gamma sur les échantillons concentrés par évaporation.

Tableau 5 : Synthèse des résultats des mesures réalisées en 2012 dans les eaux de surface prélevées sur le site du CSA (Bassin d'orage) et hors site (Noues d'Amances, Etang des cailles) et comparaisons avec les résultats obtenus en 2007.

radionucléide	période	unité	Eau de surface Bassin d'orage <b>2012</b> min-max fréquence	Eau de surface Hors site <b>2012</b> min-max fréquence	Eau de surface Bassin d'orage <b>2007</b> min-max fréquence	Eau de surface Hors site <b>2007</b> min-max fréquence
<b>Radionucléides artificiels émetteurs gamma</b>						
Cobalt-60	5,3 ans	Bq/L	< LD (0/1)	< LD (0/2)	< LD (0/1)	< LD (0/2)
Ru/Rh-106	373 jours	Bq/L	< LD (0/1)	< LD (0/2)	< LD (0/1)	< LD (0/2)
Argent-108m	438 ans	Bq/L	< LD (0/1)	< LD (0/2)	< LD (0/1)	< LD (0/2)
Argent-110m	250 jours	Bq/L	< LD (0/1)	< LD (0/2)	< LD (0/1)	< LD (0/2)
Césium-134	2,1 ans	Bq/L	< LD (0/1)	< LD (0/2)	< LD (0/1)	< LD (0/2)
Césium-137	30,0 ans	Bq/L	< LD (0/1)	< LD (0/2)	< LD (0/1)	< LD (0/2)
Américium-241	437,7 ans	Bq/L	< LD (0/1)	< LD (0/2)	< LD (0/1)	< LD (0/2)
<b>Radionucléides naturels émetteurs gamma</b>						
Radium-226 (max)	Ch. 238U	Bq/L	< LD (0/1)	< LD (0/2)	< LD (0/1)	< LD (0/2)
Plomb-210	Ch. 238U	Bq/L	< LD (0/1)	< LD (0/2)	< LD (0/1)	< LD (0/2)
Potassium-40	1,3. 10 <sup>9</sup> ans	Bq/L	< LD (0/1)	< LD (0/2)	< LD (0/1)	< LD (0/2)
Beryllium-7	53,2 jours	Bq/L	< LD (0/1)	< LD (0/2)	< LD (0/1)	< LD (0/2)
<b>Radionucléides émetteur bêta pur</b>						
Tritium	12 ans	Bq/L	< LD (0/1)	< LD (0/2)	< LD (0/1)	< LD (0/2)
<b>Paramètres de potabilité</b>						
Indice alpha total		Bq/L	< LD (0/1)	< LD (0/2)	<b>0,034</b> (1/1)	<b>0,029</b> (2/2)
Indice bêta total		Bq/L	<b>0,27</b> (1/1)	<b>0,08 - 0,16</b> (2/2)	<b>0,18</b> (1/1)	<b>0,071 - 0,083</b> (2/2)

### 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. En 2007, du cobalt-60 et du nickel-63 avaient été détectés dans le bassin d'orage. Ces deux radioéléments artificiels ne sont plus décelés lors de cette campagne. On souligne également l'absence de strontium-90.

Concernant la recherche des isotopes du plutonium, les concentrations mesurées en 2012 dans les sédiments du bassin d'orage et de l'étang des cailles sont caractéristiques des retombées des essais nucléaires (voir la note d'information ci-contre). A contrario, 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  $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$  n'était pas conforme aux valeurs attendues pour les seules retombées des essais nucléaires atmosphériques.

### Note d'information n°1

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 6).

Tableau 6 : Rapports caractéristiques des retombées des essais nucléaires atmosphériques

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

Tableau 7 : Synthèse des résultats des mesures réalisées en 2012 dans les sédiments prélevés sur le site du CSA (Bassin d'orage) et hors site (Noues d'Amances, Etang des cailles) et comparaisons avec les résultats obtenus en 2007.

radionucléide	période	unité	sédiments Bassin d'orage	sédiments Hors site	sédiments Bassin d'orage	sédiments Hors site
			2012 min-max fréquence	2012 min-max fréquence	2007 min-max fréquence	2007 min-max fréquence
<b>Radionucléides artificiels émetteurs gamma</b>						
Cobalt-60	5,3 ans	Bq/kg sec	< LD (0/1)	< LD (0/2)	<b>1,13</b> (1/1)	< LD (0/8)
Ru/Rh-106	373 jours	Bq/kg sec	< LD (0/1)	< LD (0/2)	< LD (0/1)	< LD (0/8)
Argent-108m	438 ans	Bq/kg sec	< LD (0/1)	< LD (0/2)	< LD (0/1)	< LD (0/8)
Argent-110m	250 jours	Bq/kg sec	< LD (0/1)	< LD (0/2)	< LD (0/1)	< LD (0/8)
Césium-134	2,1 ans	Bq/kg sec	< LD (0/1)	< LD (0/2)	< LD (0/1)	< LD (0/8)
Césium-137	30,0 ans	Bq/kg sec	<b>0,64</b> (1/1)	<b>1,60 - 3,16</b> (2/2)	<b>1,85</b> (1/1)	<b>0,32 - 25,8</b> (8/8)
Américium-241 (*)	437,7 ans	Bq/kg sec	<b>0,010</b> (1/1)	<b>0,083</b> (1/1)	< LD (0/1)	< LD (0/8)
<b>Radionucléides émetteur bêta pur (*)</b>						
Tritium (OBT)	12 ans	Bq/kg sec	<b>0,19</b> (1/1)	<b>0,25</b> (1/1)	NR	NR
		Bq/L d'eau de combustion	<b>10</b> (1/1)	<b>6,86</b> (1/1)	NR	NR
Carbone-14	5700 ans	Bq/kg de C	<b>152</b> (1/1)	<b>247</b> (1/1)	NR	NR
Nickel-63	98,7 ans	Bq/kg sec	< LD (0/1)	NR	<b>0,70</b> (1/1)	NR
Strontium-90	28,8 ans	Bq/kg sec	< LD (0/1)	NR	< LD (0/1)	NR
<b>Radionucléides émetteur alpha (*)</b>						
Plutonium 238	87,8 ans	Bq/kg sec	<b>0,001</b> (1/1)	<b>0,006</b> (1/1)	<b>0,0055</b> (1/1)	NR
Plutonium 239+240		Bq/kg sec	<b>0,0181</b> (1/1)	<b>0,188</b> (1/1)	<b>0,0469</b> (1/1)	NR
Rapports activités :						
$^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$			0,055	0,032	0,12	
$^{241}\text{Am}/^{239+240}\text{Pu}$			0,55	0,44	NR	

NR : Non recherché

(\*) : Les analyses ont concernées uniquement les sédiments du bassin d'orage et de l'Etang des Cailles (sauf Nickel-63 et strontium-90).

Les activités spécifiques en carbone-14 de 152 Bq/kg de carbone et 247 Bq/kg de carbone mesurés respectivement dans les sédiments collectés dans le bassin d'orage et l'étang des cailles sont proches des valeurs de références pour le milieu terrestre (235 Bq/kg de C) et pour le milieu aquatique (200 Bq/kg de C). En effet, ces valeurs de référence peuvent varier en fonction de la dilution dans les substances carbonées d'origines anciennes et donc dépourvues de carbone-14 du fait de sa période radioactive (voir, ci-après, la note n°2 pour plus d'information). Les différences peuvent également s'expliquer par une genèse sédimentaire différente entre les deux lieux comme en témoigne leurs caractéristiques granulométriques dissemblables. En effet, un apport plus important de matière d'origine végétale est noté dans le cas des sédiments prélevés dans l'étang des cailles.

Concernant le tritium organiquement lié, 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 10 et de 6,9 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 » [voir la note d'information n°2].

Il est important de noter que les analyses en carbone-14 et en tritium organiquement lié, réalisées pour la première fois, permettent d'élargir le référentiel réalisé en 2007 ; ils constituent donc des nouveaux niveaux de référence qui permettront de suivre de possibles évolutions dans le futur.

## Note d'information n°2

### Le tritium et le carbone-14 dans l'environnement

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 12,32 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.

#### Métrologie et expression des résultats

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 conséquent 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**.

- Afin d'atteindre des sensibilités de mesure plus performantes, une technique d'analyse consiste à doser par spectrométrie de masse la teneur en hélium-3 descendant stable du tritium (méthode utilisée dans cette étude pour la mesure du tritium libre et lié dans le couvert végétal et les produits de la ruche). Avec cette technique, les résultats sont données en Bq/kg sec (ou Bq/kg frais) et en rapport isotopique T/H (ratio entre le nombre d'atome de tritium et le nombre d'atome d'hydrogène contenus dans la matrice étudiée).

A noter que les expressions en de 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 milieu continental non influencé, les concentrations en tritium<sup>8</sup> (« bruit de fond ») sont actuellement de 1 à 4 Bq/L d'eau de combustion compte tenu de la rémanence des retombées des essais nucléaires atmosphériques. Dans les matrices biologiques, la concentration totale de tritium est de 1 à 3 Bq/kg frais en milieu continental, avec une contribution variable des formes libre et liée. Dans les sédiments, les quelques données de la littérature<sup>[9 et 10]</sup> 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<sup>9</sup> 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.*

<sup>8</sup> D'après *Fiche radionucléides Tritium et environnement*, 2012, IRSN.

<sup>9</sup> D'après *Le tritium dans l'environnement, synthèse des connaissances*, Contribution collective IRSN/DEI dans le Livre Blanc du tritium (ASN 2011).

<sup>10</sup> 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.

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. De nos jours, cet élément est principalement rejeté par les centrales nucléaires ainsi que par l'usine de retraitement du combustible irradié (AREVA-La Hague).

### 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<sub>2</sub>).

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

### Valeurs de référence dans l'environnement:

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. Avant les premiers essais nucléaires atmosphériques et l'entrée dans l'ère industrielle, elle était de 226 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<sub>2</sub> atmosphérique.

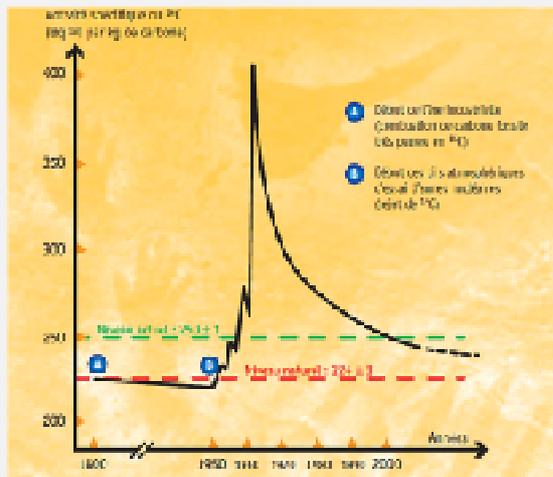


Figure 5 : niveaux d'activité en Carbone-14 atmosphérique de 1800 à nos jours, issu de « le Carbone-14 dans l'environnement », Société Française de Radioprotection, 2003

## B. Milieu terrestre

### B.1 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.



Photo 2 : Prélèvement d'herbe et de sol devant le site DAHER à Epothémont (T4)

**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 6).

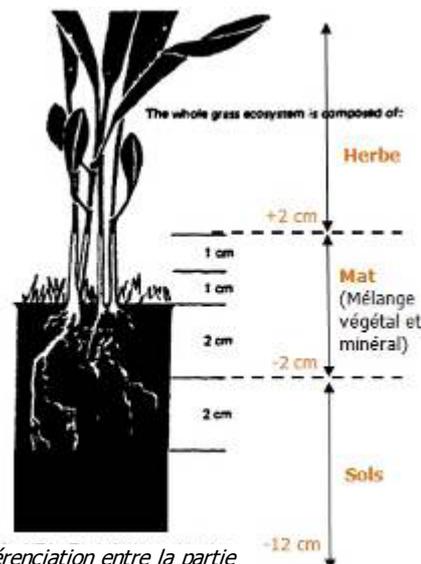


Figure 6 : Différenciation entre la partie aérienne (herbe), le mat et le sol ; source AIEA (Rapport technique - Measurement of Radionucléides in Food and Environment, 1989)

### Lieux de prélèvements :

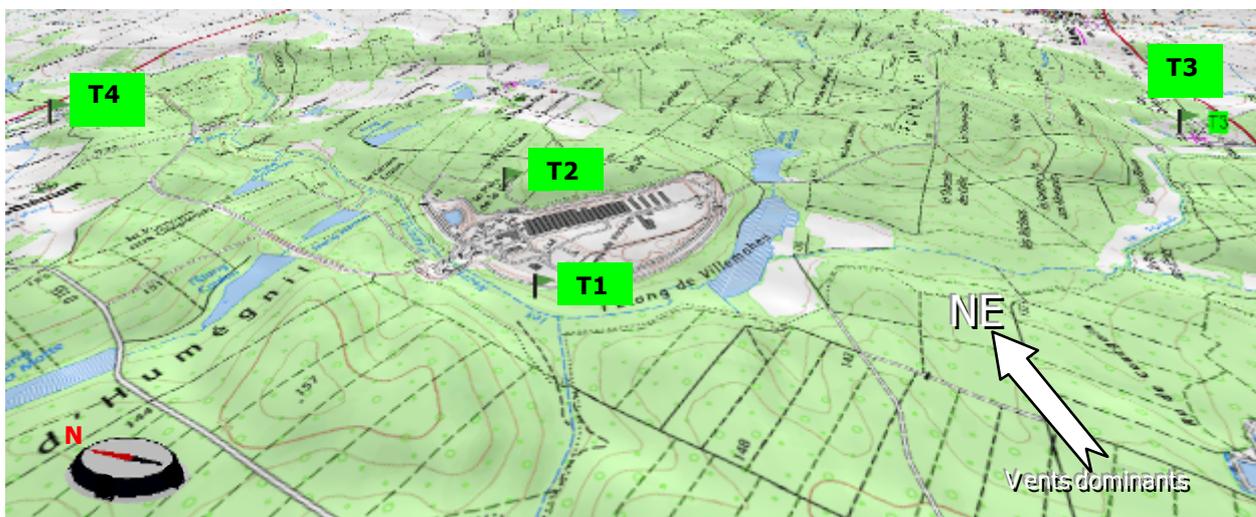


Figure 7 : Localisation des sites de prélèvements terrestres (sols et végétaux).

Le couvert végétal, le mat et les sols sous-jacents ont été prélevés sur les mêmes lieux que ceux investigués en 2007 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.

Afin de prendre en compte l'activité du nouveau centre de tri TFA, DAHER à Epothémont, un site supplémentaire a été ajouté en direction du Nord-Est :

- **station T4**, situé à environ 100m au Nord-Est de 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.

### 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 ne dépassant pas 10 Bq/kg sec et comparables à celles mesurées en 2007. 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, durant les années 50-80. A noter qu'une très faible part du césium identifié peut également provenir des retombées plus récentes liées à la catastrophe de Fukushima, même si l'on note ici l'absence du césium-134, rejeté également en grande quantité par les centrales japonaises accidentées (compte tenu de sa période courte de 2 ans, le césium-134 rejeté au moment de Tchernobyl a complètement disparu de l'environnement français).

**Le couvert végétal:**

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

Concernant le tritium, sous sa forme libre et liée, on constate que les résultats des mesures sont comparables à ceux obtenus en 2007 et conformes aux niveaux attendus dans des zones non influencées par l'activité humaine (voir note d'information n°2 ; page 19-20).

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

radionucléide	période		Sols	Mats	Couvert végétal	Sols	couvert végétal
			4 sites terrestres			3 sites terrestres	
			2012 min-max fréquence	2012 min-max fréquence	2012 min-max fréquence	2007 min-max fréquence	2007 min-max fréquence
<b>Radionucléides artificiels émetteurs gamma</b>							
Cobalt-60	5,3 ans	Bq/kg sec	< LD (0/4)	< LD (0/4)	< LD (0/4)	< LD (0/3)	< LD (0/3)
Ru/Rh-106	373 jours	Bq/kg sec	< LD (0/4)	< LD (0/4)	< LD (0/4)	< LD (0/3)	< LD (0/3)
Argent-108m	438 ans	Bq/kg sec	< LD (0/4)	< LD (0/4)	< LD (0/4)	< LD (0/3)	< LD (0/3)
Argent-110m	250 jours	Bq/kg sec	< LD (0/4)	< LD (0/4)	< LD (0/4)	< LD (0/3)	< LD (0/3)
Iode-129	16 10 <sup>6</sup> ans	Bq/kg sec	-	-	< LD (0/4)	-	< LD (0/3)
Iode-131	8 jours	Bq/kg sec	-	-	< LD (0/4)	-	< LD (0/3)
Césium-134	2,1 ans	Bq/kg sec	< LD (0/4)	< LD (0/4)	< LD (0/4)	< LD (0/3)	< LD (0/3)
Césium-137	30,0 ans	Bq/kg sec	<b>2,1 - 9,8</b> (4/4)	<b>1,6 - 8,0</b> (4/4)	< LD (0/4)	<b>4,2 - 9,1</b> (3/3)	< LD (0/3)
Américium-241	437,7 ans	Bq/kg sec	< LD (0/4)	< LD (0/4)	< LD (0/4)	< LD (0/3)	< LD (0/3)
<b>Radionucléides émetteur bêta pur</b>							
Tritium libre (HTO)	12 ans	Bq/L	NR	NR	<b>1,5 - 1,9</b> (2/2)	NR	<b>1,6 - 1,7</b> (2/2)
Tritium lié (OBT)	12 ans	Bq/kg sec	NR	NR	<b>0,75 - 0,82</b> (2/2)	NR	<b>0,82 - 0,88</b> (2/2)

## C. La chaîne alimentaire

### C.1 Les produits du jardin

Comme en 2007, deux jardins situés respectivement à La ville aux bois et à Louze ont été retenus. Les investigations concernent plusieurs variétés de légumes : légume feuille (salade), légume tige (rhubarbe), légumes racines (carotte, betterave) et légumes fruits (concombre, courgette) ainsi qu'une plante aromatique (persil). En prévision des analyses, leurs cultures ont été planifiées en amont en accord avec les propriétaires des jardins.

A noter que les analyses ont concerné en priorité les produits issus du jardin de la Ville-aux-bois, situé au plus proche de l'émissaire de rejet du CSA.



Figure 8 : Localisation des sites de prélèvements des produits du jardin



Photo 3 : Jardin 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 :

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

radionucléide	période	Produits des jardins <b>2012</b> min-max fréquence	Produits des jardins <b>2007</b> min-max fréquence
<b>Radionucléides artificiels émetteurs gamma</b>			
Cobalt-60	5,3 ans	< LD (0/9)	< LD (0/6)
Argent-108m	438 ans	< LD (0/9)	-
Argent-110m	250 jours	< LD (0/9)	-
Iode-129	16 10 <sup>6</sup> ans	< LD (0/9)	-
Césium-134	2,1 ans	< LD (0/9)	-
Césium-137	30,0 ans	< LD (0/9)	< LD (0/6)
Américium-241	437,7 ans	< LD (0/9)	< LD (0/6)

Tableau 9 : Synthèse des résultats obtenus en 2012 et 2007 sur les produits du jardin

## C.2 Le gibier et les poissons d'eau douce

Afin de compléter le référentiel de 2007, du gibier et des poissons ont été prélevés afin de les analyser. Leur collecte a été effectuée par la CLI en lien avec la fédération départementale de chasse et de pêche de l'Aube.

Concernant le gibier, deux espèces ont été sélectionnées en fonction de leurs disponibilités dans les environs du CSA et de leurs habitudes alimentaires. Ainsi, il a été décidé de retenir, d'une part, un animal carnassier, le renard, ainsi qu'un animal fouisseur et omnivore, le blaireau.

Concernant les poissons, ont été retenus pour les mêmes raisons, les poissons de « fond » (poissons « benthiques ») dont la particularité est de rechercher leurs nutriments dans les fonds aquatiques (vase) connus pour constituer un compartiment de concentration des polluants présents dans les eaux. Deux espèces, la carpe et la tanche ont été pêchées dans l'étang de la Ville-aux-bois le week-end précédant notre venue.

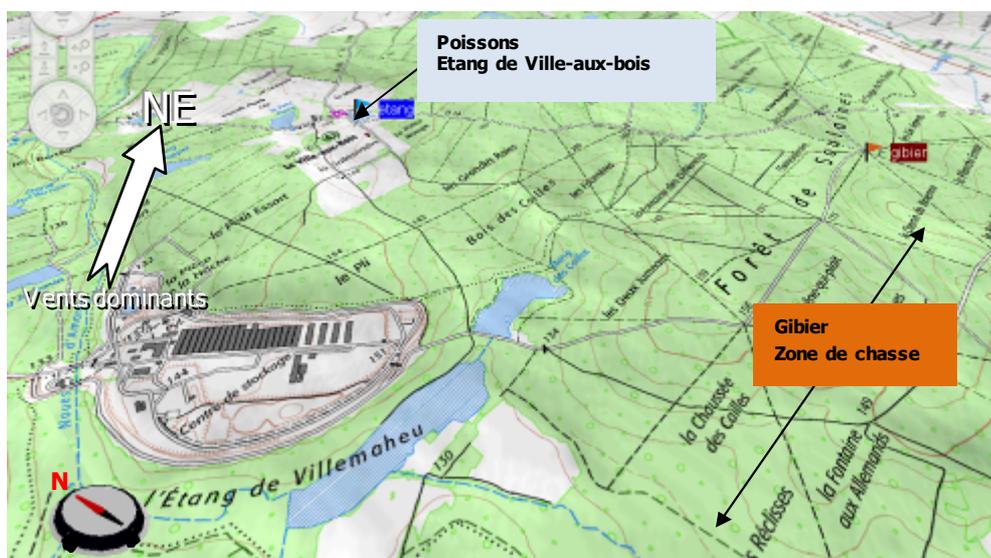


Figure 9 : Localisation des sites de prélèvements de poissons et gibier.

### Analyses réalisées :

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

### Résultats :

radionucléide	période	Gibiers viande 2012 min-max fréquence	Poissons chair 2012 min-max fréquence	Poissons viscères 2012 min-max fréquence
Radionucléides artificiels émetteurs gamma Bq/kg frais				
Cobalt-60	5,3 ans	< LD (0/2)	< LD (0/2)	< LD (0/2)
Ru/Rh-106	373 jours	< LD (0/2)	< LD (0/2)	< LD (0/2)
Argent-108m	438 ans	< LD (0/2)	< LD (0/2)	< LD (0/2)
Argent-110m	250 jours	< LD (0/2)	< LD (0/2)	< LD (0/2)
Iode-129	16 10 <sup>6</sup> ans	< LD (0/2)	< LD (0/2)	< LD (0/2)
Césium-134	2,1 ans	< LD (0/2)	< LD (0/2)	< LD (0/2)
Césium-137	30,0 ans	<b>0,71</b> (1/2)	< LD (0/2)	< LD (0/2)
Américium-241	437,7 ans	< LD (0/2)	< LD (0/2)	< LD (0/2)

Dans le gibier, seul le césium-137 est identifié et quantifié à l'état de trace (0,71 Bq/kg frais) dans la viande de blaireau (partie muscle). Cette présence s'explique du fait de son alimentation variée, constituée bien souvent en majorité par les végétaux et champignons, connus pour leur propriété à concentrer les polluants présents dans les sols (dont le césium). Concernant les poissons, aucun radioélément artificiel émetteur gamma n'est identifié ni dans la chair, ni dans les viscères des deux espèces sélectionnées.

Tableau 10 : Synthèse des résultats des mesures réalisées sur le gibier et les poissons prélevés en octobre 2012 autour du CSA ; activité en Bq/kg frais

## D. Les vignobles

### D.1 Le sol des parcelles et le raisin

Les investigations réalisées en 2007, 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.

Les prélèvements ont été réalisés le 13 septembre 2012, en début de période de vendange. Sur chaque site, ont été prélevés de la terre de surface (collectée entre les rangées de vignes) et du raisin.



Photo 4 : Prélèvement de raisin Chardonnay le 13/09/12 à Saulcy.

#### 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 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 jus du raisin.

#### Résultats :

Concernant les sols des deux vignobles, seul du césium-137 est observé avec des niveaux semblables à ceux observés sur les quatre sites terrestres étudiés. Son origine provient majoritairement des retombées de l'accident de la centrale Tchernobyl et de celles des essais atmosphériques de l'arme nucléaire. Les différences de niveaux observées entre 2007 et 2012 peuvent s'expliquer par un lieu de collecte à l'intérieur des parcelles différent entre les deux études. 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 produit des vignes, aucun radionucléide artificiel émetteur gamma n'est détecté. Dans le cas du jus de raisin, soulignons également l'absence de tritium à un niveau significatif.

Tableau 11 : Synthèse des résultats des mesures réalisées en 2012 et 2007 sur les échantillons de sols et de raisin (jus et marc) prélevés dans les vignes situées sur les communes de Saulcy et de Colombé-la-Fosse.

radionucléide	période	2 vignobles			2 vignobles		
		2012			2007		
		min-max	min-max	min-max	min-max	min-max	min-max
		fréquence	fréquence	fréquence	fréquence	fréquence	fréquence
<b>Radionucléides artificiels émetteurs gamma</b>							
		Bq/kg sec	Bq/L	Bq/kg sec	Bq/kg sec	Bq/L	Bq/kg sec
Cobalt-60	5,3 ans	< LD (0/2)	< LD (0/2)	< LD (0/2)	< LD (0/2)	< LD (0/2)	< LD (0/2)
Ru/Rh-106	373 jours	< LD (0/2)	< LD (0/2)	< LD (0/2)	-	-	-
Argent-108m	438 ans	< LD (0/2)	< LD (0/2)	< LD (0/2)	-	-	-
Argent-110m	250 jours	< LD (0/2)	< LD (0/2)	< LD (0/2)	-	-	-
Iode-129	16 10 <sup>6</sup> ans	-	< LD (0/2)	< LD (0/2)	-	-	-
Césium-134	2,1 ans	< LD (0/2)	< LD (0/2)	< LD (0/2)	-	-	-
Césium-137	30,0 ans	<b>6,9 - 9,9</b> (2/2)	< LD (0/2)	< LD (0/2)	<b>7,6 - 26,6</b> (2/2)	< LD (0/2)	< LD (0/2)
Américium-241	437,7 ans	< LD (0/2)	< LD (0/2)	< LD (0/2)	< LD (0/2)	< LD (0/2)	< LD (0/2)
<b>Radionucléides émetteur bêta pur</b>							
Tritium	12 ans	NR	< LD (0/2)	NR	NR	< LD (0/2)	NR

## 2ème partie : Volet 2

### Mesure de l'irradiation externe

---

Des mesures du débit de dose lié au rayonnement gamma ambiant ont été réalisées autour du CSA. Afin d'évaluer les éventuelles contributions liées aux manutentions réalisées sur le site, deux campagnes de mesure ont été programmées : l'une durant une journée d'activité du site (le vendredi 5 octobre 2012), l'autre durant un jour d'inactivité (le samedi 06 octobre 2012).

### Résultats et Commentaires

Les mesures du débit de dose ont été réalisées le long de la clôture du CSA. D'autres mesures ont également été réalisées à distance, dans les communes avoisinantes : Ville-aux-bois, La Chaise, Soulaines et Saint-Victor ; A la demande de la CLI, quelques mesures ont également été menées autour du site DAHER à Epothémont.

La grandeur déterminée est le débit d'équivalent de dose, noté  $H^*(10)$ , exprimé en nano-Sievert par heure (nSv/h). Il est important de noter que dans les conditions opératoires, l'irradiation d'origine cosmique (estimée à environ 39nSv/h dans la région), est largement sous-estimée.

La valeur de référence retenue ( $V_{REF}$ ) de 52 nSv/h représente la moyenne des valeurs mesurées à distance du site dans la région de Soulaines (voir tableau 14).

Les résultats des deux cartographies sont présentés sur la figure 10 et dans les tableaux 12 et 13, la méthodologie appliquée aux mesures est présentée en annexe.

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

1. à l'est, face aux ouvrages de stockage.

C'est au niveau des dernières lignes de stockage que sont enregistrées les plus fortes valeurs. A l'est du site, face aux ouvrages, le débit de dose varie de 70 à 116 nSv/h lorsque le chemin en périphérie du site surplombe les dernières lignes de stockage (E37 à E53). L'augmentation maximale occasionnée par la présence des déchets irradiants stockés correspond approximativement à un doublement du rayonnement ambiant.

En 2007 cette même constatation était observée avec des valeurs maximales enregistrées relativement semblables. Il semble donc que l'augmentation des volumes de déchets stockés durant ces 5 dernières années a peu influencé le niveau de surexposition. Enfin, on note qu'il n'y a pas de différence notable entre les deux séries de mesure correspondant à un jour d'activité puis un jour d'inactivité sur le site.

2. à l'ouest, à proximité du bâtiment d'entreposage des déchets irradiants.

Une deuxième zone présentant une augmentation du débit de dose ambiant jusqu'à 97 nSv/h est observée à proximité du bâtiment de transit, liée, sans aucun doute, à l'entreposage temporaire des colis de déchets entrants. Le niveau de surexposition est alors fonction du nombre de colis entreposés temporairement comme en atteste les niveaux plus importants observés il y a 5 ans. A nouveau, aucune différence n'est notée entre le vendredi et le samedi. Il est toutefois important de préciser l'absence de toute activité de compactage dans le bâtiment voisin durant la semaine où ont été réalisées nos mesures (panne de la presse de compactage).

Pour conclure, on peut souligner que les niveaux d'exposition mesurés restent semblables à ce qui avait été constaté il y a 5 ans. Aucune différence n'est notée entre les deux séries de mesures réalisées, pour la première, un jour d'activité (vendredi) et pour la seconde, un jour d'inactivité sur le site (samedi), ce qui semblerait montrer une faible influence des actions de manutention. Toutefois, en période d'activité, la présence de camions de transport de déchets radioactifs en attente sur le parking, peut contribuer à augmenter temporairement le niveau d'exposition à l'entrée du site.

### A. Cartographie des débits de dose autour du CSA

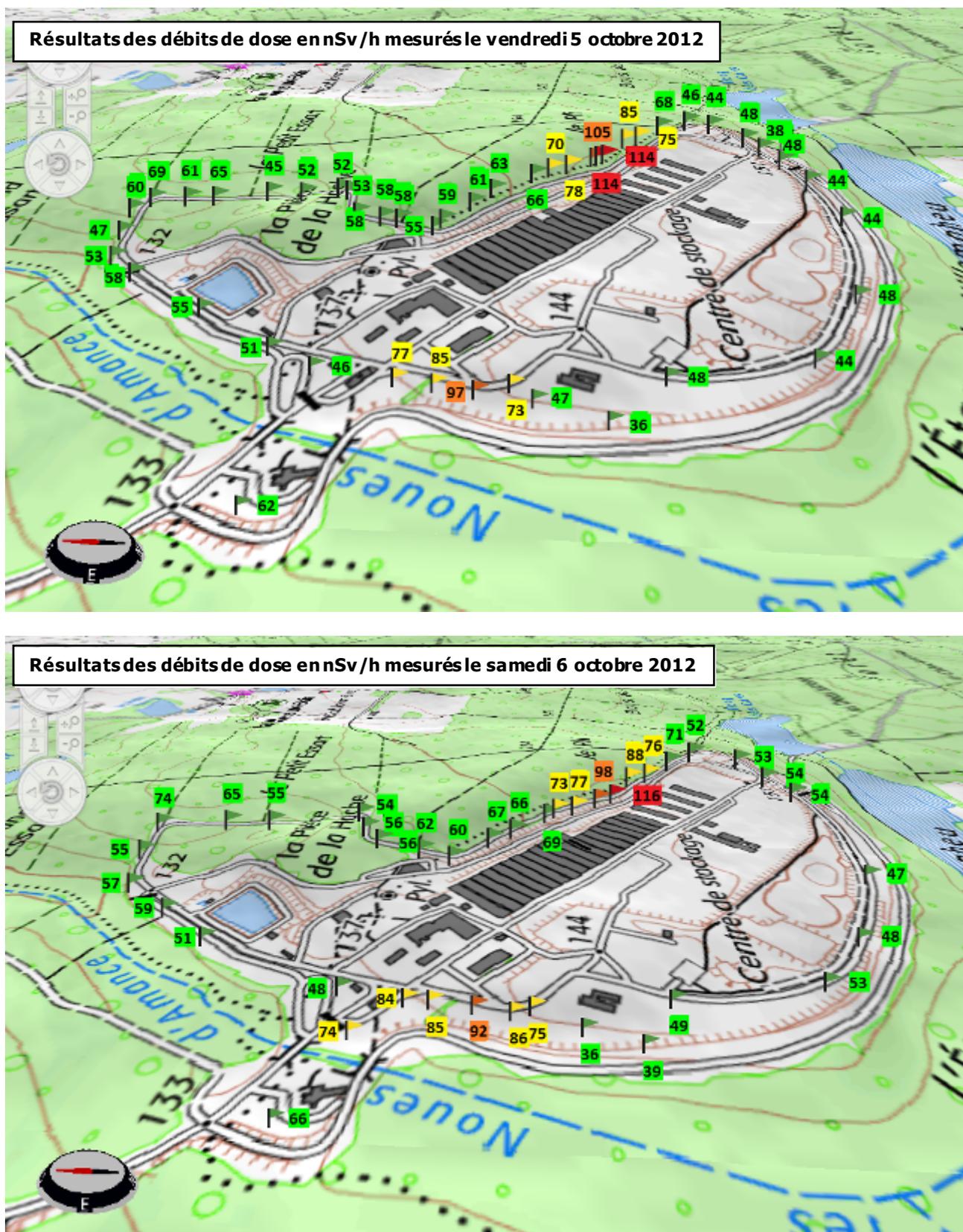


Figure 10: Résultats des mesures de débits de dose  $H^*(10)$  en nSv/h réalisées le vendredi 5 octobre (figure du haut) et le samedi 6 octobre 2012 (figure du bas).

Tableau 13 : Résultats des mesures de débits de dose h\*(10) réalisées le vendredi 5 octobre 2012 le long de la clôture du CSA (INB149).

Localisation (GPS)				H*(10) nSv/h	écart nSv/h	nb sigma
X	Y					
moy. des mesures réalisées à distance				<b>52</b>		
31U	623323	UTM	5362061	<b>62</b>	10	<3
31U	623532	UTM	5362054	<b>46</b>	-6	<3
31U	623568	UTM	5362124	<b>51</b>	-1	<3
31U	623652	UTM	5362258	<b>55</b>	3	<3
31U	623744	UTM	5362419	<b>58</b>	6	<3
31U	623790	UTM	5362478	<b>53</b>	1	<3
31U	623858	UTM	5362500	<b>47</b>	-5	<3
31U	623929	UTM	5362519	<b>60</b>	8	<3
31U	623966	UTM	5362498	<b>69</b>	17	<3
31U	623969	UTM	5362429	<b>61</b>	9	<3
31U	623974	UTM	5362375	<b>65</b>	13	<3
31U	624004	UTM	5362280	<b>45</b>	-8	<3
31U	623999	UTM	5362210	<b>52</b>	-1	<3
31U	623994	UTM	5362133	<b>52</b>	0	<3
31U	623974	UTM	5362111	<b>58</b>	6	<3
31U	623903	UTM	5362080	<b>53</b>	1	<3
31U	623882	UTM	5362028	<b>58</b>	6	<3
31U	623876	UTM	5361999	<b>58</b>	6	<3
31U	623862	UTM	5361933	<b>55</b>	3	<3
31U	623880	UTM	5361922	<b>59</b>	7	<3
31U	623924	UTM	5361872	<b>61</b>	9	<3
31U	623968	UTM	5361837	<b>63</b>	11	<3
31U	624035	UTM	5361760	<b>66</b>	14	<3
31U	624067	UTM	5361726	<b>70</b>	18	<3
31U	624093	UTM	5361687	<b>78</b>	26	[3 à 4]
31U	624132	UTM	5361634	<b>105</b>	53	>4
31U	624143	UTM	5361622	<b>114</b>	62	>4
31U	624151	UTM	5361607	<b>114</b>	62	>4
31U	624239	UTM	5361554	<b>85</b>	33	>4
31U	624271	UTM	5361517	<b>75</b>	23	[3 à 4]
31U	624348	UTM	5361452	<b>68</b>	16	<3
31U	624433	UTM	5361365	<b>46</b>	-6	<3
31U	624424	UTM	5361305	<b>44</b>	-8	<3
31U	624327	UTM	5361253	<b>48</b>	-4	<3
31U	624274	UTM	5361233	<b>48</b>	-4	<3
31U	624209	UTM	5361211	<b>38</b>	-14	<3
31U	624111	UTM	5361193	<b>44</b>	-8	<3
31U	623952	UTM	5361196	<b>44</b>	-8	<3
31U	623690	UTM	5361301	<b>48</b>	-4	<3
31U	623554	UTM	5361414	<b>44</b>	-8	<3
31U	623512	UTM	5361608	<b>48</b>	-4	<3
31U	623446	UTM	5361684	<b>36</b>	-16	<3
31U	623475	UTM	5361769	<b>47</b>	-5	<3
31U	623496	UTM	5361797	<b>73</b>	21	<3
31U	623484	UTM	5361840	<b>97</b>	45	>4
31U	623494	UTM	5361890	<b>85</b>	33	>4
31U	623507	UTM	5361941	<b>77</b>	25	[3 à 4]

Tableau 12 : Résultats des mesures de débits de dose h\*(10) réalisées le samedi 6 octobre 2012 le long de la clôture du CSA (INB149).

Localisation (GPS)				H*(10) nSv/h	écart nSv/h	nb sigma
X	Y					
moy. des mesures réalisées à distance				<b>52</b>		
31U	623329	UTM	5362063	<b>66</b>	14	<3
31U	623534	UTM	5362048	<b>48</b>	-4	<3
31U	623638	UTM	5362280	<b>51</b>	-1	<3
31U	623715	UTM	5362380	<b>59</b>	7	<3
31U	623784	UTM	5362474	<b>57</b>	5	<3
31U	623879	UTM	5362502	<b>55</b>	3	<3
31U	623967	UTM	5362512	<b>74</b>	22	>4
31U	623992	UTM	5362385	<b>65</b>	13	<3
31U	623992	UTM	5362299	<b>55</b>	3	<3
31U	623993	UTM	5362118	<b>54</b>	2	<3
31U	623932	UTM	5362095	<b>56</b>	4	<3
31U	623899	UTM	5362064	<b>56</b>	4	<3
31U	623875	UTM	5361986	<b>62</b>	10	<3
31U	623865	UTM	5361931	<b>60</b>	8	<3
31U	623931	UTM	5361864	<b>67</b>	15	<3
31U	623966	UTM	5361823	<b>66</b>	14	<3
31U	624035	UTM	5361756	<b>69</b>	17	<3
31U	624060	UTM	5361736	<b>73</b>	21	3
31U	624084	UTM	5361695	<b>77</b>	25	[3 à 4]
31U	624124	UTM	5361644	<b>98</b>	46	>4
31U	624158	UTM	5361607	<b>116</b>	64	>4
31U	624240	UTM	5361560	<b>88</b>	36	>4
31U	624273	UTM	5361512	<b>76</b>	24	[3 à 4]
31U	624340	UTM	5361449	<b>71</b>	19	<3
31U	624416	UTM	5361375	<b>52</b>	0	<3
31U	624382	UTM	5361271	<b>53</b>	1	<3
31U	624283	UTM	5361240	<b>54</b>	2	<3
31U	624194	UTM	5361208	<b>54</b>	2	<3
31U	623830	UTM	5361234	<b>47</b>	-5	<3
31U	623656	UTM	5361330	<b>48</b>	-4	<3
31U	623553	UTM	5361423	<b>53</b>	1	<3
31U	623513	UTM	5361626	<b>49</b>	-3	<3
31U	623441	UTM	5361672	<b>39</b>	-13	<3
31U	623465	UTM	5361738	<b>36</b>	-16	<3
31U	623494	UTM	5361798	<b>75</b>	23	[3 à 4]
31U	623485	UTM	5361823	<b>86</b>	34	>4
31U	623491	UTM	5361869	<b>92</b>	40	>4
31U	623505	UTM	5361925	<b>85</b>	33	>4
31U	623511	UTM	5361958	<b>84</b>	32	>4
31U	623458	UTM	5362017	<b>74</b>	22	[3 à 4]

### Méthodologie analytique

La valeur de référence retenue ( $V_{REF}=52nSv/h$ ) représente la moyenne des valeurs mesurées à distance du site dans la région de Soulaïnes.

Considérant la loi de Gauss applicable à  $V_{REF}$  on détermine l'écart-type  $\sigma = \sqrt{V_{REF}}$

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 :

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

## B. Autres mesures

Tableau 14 : Résultats des mesures de débits de dose H\*(10) en nSv/h réalisées dans la région de Soulaines-Dhuys

Lieu	Localisation GPS		H*(10) nSv/h
	X	Y	
Ville au bois	31U 625175	UTM 5362698	51
La chaise	31U 623445	UTM 5358126	46
près du pont D24	31U 624104	UTM 5363960	52
Soulaines	31U 628040	UTM 5359076	59
Saint-Victor	31U 625846	UTM 5359051	50
<b>moyenne des mesures à distances</b>			<b>52</b>

Tableau 15 : Résultats des mesures de débits de dose H\*(10) réalisées le 5 octobre 2012 autour du site DAHER à Epthémont

Localisation GPS		H*(10) nSv/h	écart nSv/h	nb sigma
x	y			
Moy. des mesures à distance		52		
31U 623750	UTM 5365015	52	0	<3
31U 623675	UTM 5365092	63	11	<3
31U 623652	UTM 5365062	59	7	<3
31U 623636	UTM 5365026	66	14	<3
31U 623601	UTM 5365045	54	2	<3
31U 623577	UTM 5365060	66	14	<3
31U 623514	UTM 5365088	62	10	<3
31U 623561	UTM 5365143	59	7	<3
31U 623629	UTM 5365213	56	4	<3
31U 623709	UTM 5365154	54	2	<3
31U 623726	UTM 5365085	47	-5	<3

Les niveaux de rayonnement mesurés à distance du CSA dans les communes avoisinantes varient entre 46 et 59 nSv/h. Il n'y a pas d'écart notable avec ce que l'on peut mesurer ailleurs dans des zones géologiquement semblables. La moyenne de ces valeurs sert de valeur de référence.

A la demande de la CLI, des mesures ont également été réalisées au cours de la journée du 5 octobre autour de l'installation DAHER située dans la zone industrielle des grands usages à Epthémont.

Aucune surexposition n'est notée au périmètre des installations. A noter que la composition des terrains de surface du site (enrobage de type bitume) apporte une légère augmentation du débit de dose dès l'entrée du site (mesure réalisée à environ 1m de distance du sol).

Les résultats des mesures sont présentés dans les tableaux 14 et 15 et sur la figure 11.

Résultats des débits de dose en nSv/h mesurés le vendredi 5 octobre 2012 autour du site DAHER à Epthémont.

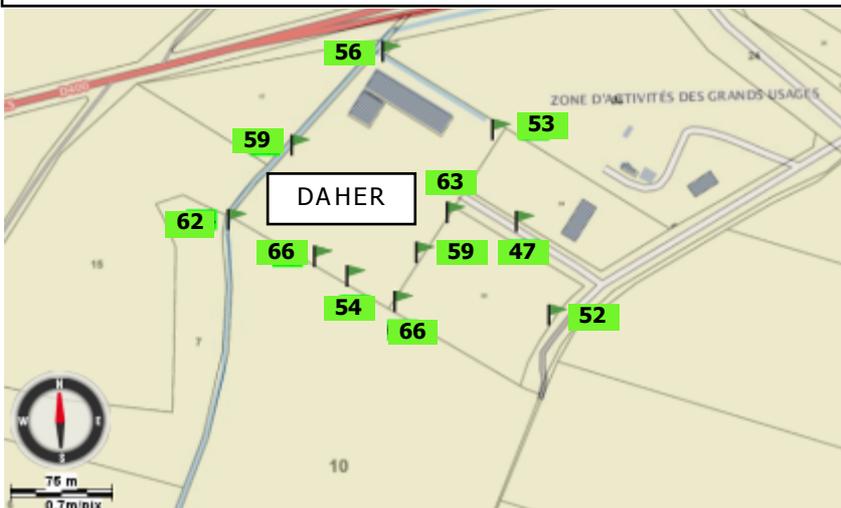


Figure 11 : Résultats des mesures de débits de dose H\*(10) en nSv/h réalisées le vendredi 5 octobre 2012 autour du site DAHER, à Epthémont.

## 3ème partie - Volet 3

### Implantation de mousses aquatiques exogènes

---

Pour évaluer la contamination de cours d'eau, il est intéressant d'utiliser un bioindicateur, c'est à dire de trouver un organisme aquatique commun, résistant à la pollution, dont la propriété est d'accumuler les polluants et qui soit facile à localiser, à prélever et à analyser.

Dans les rivières, l'intérêt de retenir les mousses aquatiques est motivé par de nombreux travaux qui confirment que celles-ci constituent de bien meilleurs indicateurs de la pollution radioactive que les sédiments, les végétaux aquatiques immergés et les poissons<sup>11</sup>. En effet, les mousses aquatiques présentent des facteurs de concentrations très élevés à l'égard de la plupart des radioéléments.

Lorsqu'il est constaté une absence de bioindicateur dans le milieu que l'on souhaite surveiller, il est possible d'utiliser une technique d'implantation de plante exogène<sup>12</sup>. Toutefois, il est à noter que sa mise en place nécessite un travail logistique important, pour un gain en surveillance qui ne peut dépasser une période d'intégration effective d'environ un mois maximum.

#### Méthode

Des bryophytes de l'espèce *Rhynchostegium riparioides* ont été retenus ; ce choix s'explique tout d'abord par l'abondance de cette espèce dans les cours d'eau de la région Normande (ce qui facilite son prélèvement) ; d'autre part, sa physiologie lui permet une bonne adaptation à une immersion forcée indifféremment des caractéristiques géochimiques et hydrologiques du milieu d'implantation ; enfin, tout comme les *Fontinalis sp.*, cette espèce est parmi les plus utilisées dans les études radioécologiques.

Les bryophytes sont récoltées sur un même site régulièrement suivi par l'ACRO, situé sur l'Orne, en amont hydrologique de l'agglomération caennaise (lac de Rabodange, situé à 20 km au sud de Caen), considéré comme hors influence, et conservées, immergées en permanence, avant leur transplantation.

- Une aliquote est écartée pour analyse par spectrométrie gamma, afin de mesurer le « bruit de fond » de référence,
- Les implants, par lots de 80 g, sont conditionnés dans des paniers lestés puis immergés aux stations choisies pendant un mois environ. Au total, 240 g de matière fraîche sont nécessaires par site pour le besoin analytique.



Photos 5 : de gauche à droite : prélèvements des mousses aquatiques à Rabodange (Orne), conservation en immersion en aquarium et implantation dans les Noues d'Amances en aval direct du déversoir.

<sup>11</sup> Utilisation des mousses aquatiques comme bioindicateurs de contamination radioactive, JP. Baudin, A. Lambrechts et M.Pally, IPSN, in Hydroécol. Appl. (1991) Tome 3 Vol 2, pp 209-240.

<sup>12</sup> La mousse aquatique comme traqueur de la contamination radioactive de la Moselle en aval de la centrale nucléaire de Cattenom, J. Mersch, M. Kass, Bulletin Soc. Nat. Luxemb., 95 (1994).

## Lieux et durée d'implantation

Les mousses aquatiques ont été collectées le 27 mai 2013 au lac de Rabodange (Orne) afin de permettre leur implantation du 29 mai au 3 juillet 2013 (35 jours) dans les Noues-d'Amances en 3 sites : amont, aval direct (déversoir) et aval 2 km (pont de la D24). Il est à noter que la période d'implantation a coïncidé avec une période de hautes eaux et de forts débits.

Seuls 2 implants sur 3 ont pu être récupérés suite à la perte totale du contenu des filets immergés en aval du CSA au pont de la D24. Cette perte est liée au fort débit du cours d'eau à cet endroit. De même, peu de matière biologique a pu être récupérée lors de la relève des paniers du premier implant, ne permettant d'effectuer qu'une analyse qualitative faute de quantité suffisante.

Tableau 16: Caractéristiques des différents lots d'implants de mousses aquatiques (Bryophytes).

N°	identification	Quantité (*)	lieu	Coordonnées Lambert II étendue	Période d'implantation		Observation
1	Référence	150 g	Rabodange (61)	X=406,339 Y=2424,192			Echantillon de référence
2	Implant n°1	3 x 80g	Noue d'Amances amont CSA	X=772,488 Y= 2379,856	29/05/13 14h30	3/07/13 16h00	Importante perte due au fort débit
3	Implant n°2	3 x 80 g	Noue d'Amances aval déversoir	X=772,754 Y= 2380,684	29/05/13 14h30	3/07/13 16h00	Présence de sédiments à l'intérieur des filets.
4	Implant n°2	3 x 80 g	Noue d'Amances aval D24	X= 773,286 Y=2382,311	29/05/13 16h	-	Perte totale des implants

## Analyses réalisées

Pour l'ensemble des échantillons, il a été réalisé une recherche et un dosage des émetteurs gamma (naturels et artificiels). Compte tenu du peu de matière disponible, seule une analyse qualitative a été réalisée sur l'implant n°1 (voir résultats détaillés en annexe).

## Résultats

radionucléide	lieu	Bryophytes Référence <b>Rabodange (61)</b> orne	Bryophytes implants <b>Déversoir</b> Noues d'Amance
<b>Radionucléides émetteurs gamma (Bq/kg sec)</b>			
Cobalt-60	5,3 ans	< LD	< LD
Ru/Rh-106	373 jours	< LD	< LD
Argent-108m	438 ans	< LD	< LD
Argent-110m	250 jours	< LD	< LD
Iode-129	16.10 <sup>6</sup> ans	< LD	< LD
Iode-131	8 jours	< LD	< LD
Césium-134	2,1 ans	< LD	< LD
Césium-137	30,0 ans	<b>2,33</b>	<b>2,24</b>
Américium-241	437,7 ans	< LD	< LD

Par rapport à la situation de référence, les mousses aquatiques implantées en aval du déversoir ne témoignent de la présence d'aucun radionucléide gamma artificiel, mis à part le césium-137 déjà présent dans l'échantillon de référence. Pour ce dernier, le niveau mesuré dans l'échantillon implanté est du même ordre que dans l'échantillon de référence.

Aucun apport significatif de radioéléments artificiels émetteurs gamma n'est donc à noter durant la phase d'immersion en aval direct du déversoir du CSA.

Tableau 17: Synthèse des résultats obtenus dans les bryophytes (référence et implants).

## 4ème partie - Volet 4 (rapport intermédiaire)

### Biosurveillance par les abeilles

---

Les abeilles sont reconnues comme étant d'excellents indicateurs biologiques parce qu'elles signalent la dégradation de l'environnement dans lequel elles vivent par le biais par exemple des agents polluants (métaux lourds, radionucléides) que l'on peut retrouver sur leur corps et dans les produits de la ruche.

De nombreuses caractéristiques éthologiques et morphologiques font de l'abeille un bon indicateur écologique : pendant leur voyage, les butineuses récoltent les substances potentiellement polluées et interceptent sur leurs corps des particules aérodispersées sur une surface géographique définissable (pouvant atteindre 7 km<sup>2</sup>). Sachant qu'une ruche peut compter plusieurs milliers de butineuses effectuant chacune un millier de voyage par jour, on peut évaluer l'activité d'une colonie à environ une dizaine de millions de micro-prélèvements par jour.

Ainsi, de nombreux travaux scientifiques montrent l'intérêt des abeilles dans l'évaluation des niveaux de pollutions chimiques dans l'environnement (pesticides, amiante, métaux lourds, etc.). Dans le domaine particulier de la radioactivité, des expériences dans de nombreux pays témoignent également de l'intérêt des abeilles dans la surveillance de l'environnement à partir de l'analyse des produits de la ruche (pollens, cire, miel, propolis) mais également des insectes eux-mêmes. Ainsi, aux Etats-Unis, des réseaux de surveillance basés sur l'installation spécifique de ruches autour d'installations nucléaires ont été mis en place par l'agence de protection de l'environnement.

Ce volet de surveillance consacré à l'étude des produits des ruches implantées autour du CSA mené sur trois ans, constitue une étude pionnière en France.

### Etude des produits de la ruche – année 1/3

#### Lieux d'implantation des ruches

La première année d'étude s'est intéressée à deux lieux existants d'implantation de ruches situés respectivement à la Ville-aux-bois et à la Chaise, non loin de l'entrée du CIRES.



Photo 7 : Ruches de la Ville-aux-Bois



Photo 6 : Ruches implantées à La Chaise.

### Produits analysés

Miel, pollen et propolis ont pu être récoltés dans les ruches situées sur la commune de la chaise. Pour des raisons techniques (absence notamment de piège à pollen), seul le miel a pu être récolté dans les ruches situées à 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).

La mesure du tritium, sous sa forme liée (OBT), a également été réalisée sur les échantillons de miel et de pollen. Cette mesure n'a pu être réalisée sur le propolis compte tenu de la quantité disponible insuffisante.



Photo 8 : miel et pollen récoltés dans les ruches de la Chaise.

### Résultats :

Concernant l'ensemble des produits, aucun radionucléide artificiel émetteur gamma n'est détecté.

Les niveaux de tritium organiquement lié mesurés dans le pollen sont comparables à ceux obtenus dans les échantillons d'herbe et conformes aux niveaux attendus dans des zones non influencées par l'activité humaine (voir note n°2 ; page 19-20). On constate par contre que pour une teneur en hydrogène semblable, les niveaux de tritium mesurés dans les miels sont de 5 à 10 fois inférieures aux niveaux de référence attendus pour les végétaux (et mesurés dans le pollen).

La poursuite de l'étude sur deux années supplémentaires devra permettre de consolider ce premier constat et permettre si possible d'en trouver l'origine ; De plus, l'implantation de nouvelles ruches à proximité du CSA permettra d'étendre les investigations.

Enfin, outre la possibilité d'évaluer la qualité radiologique de l'environnement, cette étude devrait également permettre de classer les différents produits de la ruche selon leur degré de pertinence vis-à-vis des radionucléides recherchés.

Tableau 18 : Synthèse des résultats obtenus en 2012 dans les produits des ruches implantées à la Ville-aux-Bois et à la Chaise.

radionucléide	période		Miel Ville-aux-bois	Miel La Chaise	Pollen La chaise	Propolis La chaise
Radionucléides artificiels émetteurs gamma						
Cobalt-60	5,3 ans	Bq/kg sec	< LD	< LD	< LD	< LD
Ru/Rh-106	373 jours	Bq/kg sec	< LD	< LD	< LD	< LD
Argent-108m	438 ans	Bq/kg sec	< LD	< LD	< LD	< LD
Argent-110m	250 jours	Bq/kg sec	< LD	< LD	< LD	< LD
Iode-129	16 10 <sup>6</sup> ans	Bq/kg sec	< LD	< LD	< LD	< LD
Césium-134	2,1 ans	Bq/kg sec	< LD	< LD	< LD	< LD
Césium-137	30,0 ans	Bq/kg sec	< LD	< LD	< LD	< LD
Américium-241	437,7 ans	Bq/kg sec	< LD	< LD	< LD	< LD
Radionucléides émetteur bêta pur						
Tritium lié (OBT)	12 ans	Bq/kg sec	<b>0,20</b>	<b>0,12</b>	<b>1,05</b>	NR
Teneur en Hydrogène		% massique	7,18%	7,34%	7,12%	

# ANNEXES

Annexes du rapport RAP(1)130910-CSA-v1

# ANNEXES

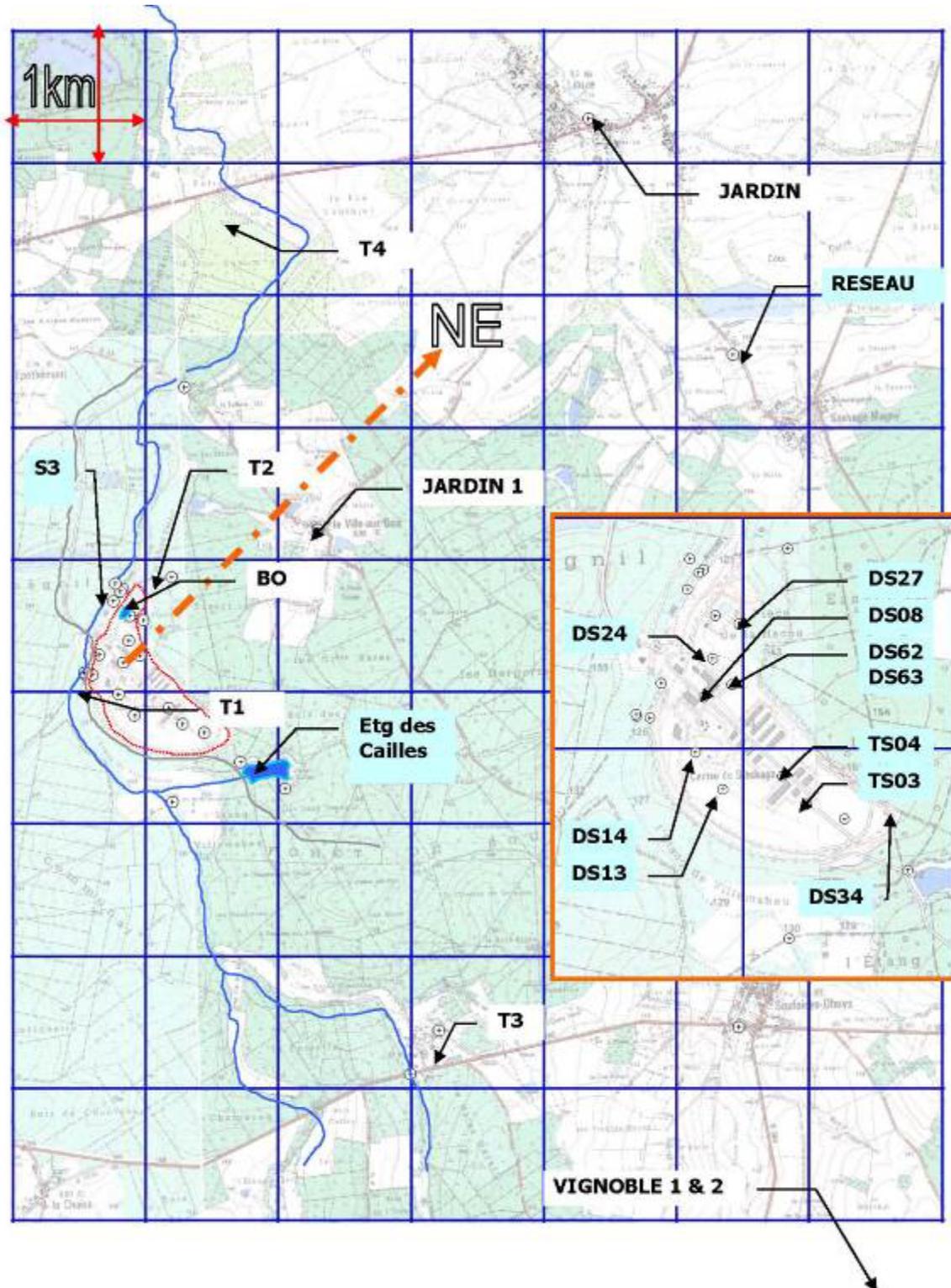
## Sommaire

<b>SOMMAIRE</b>	<b>2</b>
<b>1 LOCALISATION, NATURE &amp; CALENDRIER DES PRELEVEMENTS</b>	<b>3</b>
1.1 Cartographie	3
1.2 Identification des prélèvements	4
<b>2 METHODES ET RESULTATS DETAILLES</b>	<b>6</b>
2.1 Les eaux souterraines	6
2.1.1 Remarques concernant les prélèvements, traitements et analyses	6
2.1.2 Résultats détaillés	8
2.2 Les sédiments et eaux de surface	10
2.2.1 Remarques concernant les prélèvements, traitements et analyses	10
2.2.2 Résultats détaillés	11
2.2.3 Granulométrie	13
2.3 Les sols, mats et couvert végétal	14
2.3.1 Remarques concernant les prélèvements, traitements et analyses	14
2.3.2 Résultats détaillés	15
2.4 La chaîne alimentaire	18
2.4.1 Remarques concernant les prélèvements, le traitement et analyses des produits du jardin	18
2.4.2 Remarques concernant les prélèvements, le traitement et analyses du gibier et des poissons	18
2.5 Les vignobles	22
2.5.1 Remarques concernant les prélèvements, le traitement et analyses	22
2.5.2 Résultats détaillés	23
2.6 Implantation des mousses aquatiques exogènes	24
2.6.1 Remarques concernant les prélèvements, implantation, collecte, traitement et analyses	24
2.6.2 Résultats détaillés	25
2.7 Les produits de la ruche	26
2.7.1 Remarques concernant les prélèvements, le traitement et analyses	26
2.7.2 Résultats détaillés	27
<b>3 MATERIEL, METHODES ET EXPRESSION POUR LES ANALYSES PAR SPECTROMETRIE GAMMA ET DU TRITIUM DANS LES EAUX.</b>	<b>28</b>
3.1 Matériel & méthode	28
3.1.1 Mesure gamma	28
3.1.2 Mesure du tritium dans l'eau	28
3.2 Expression des résultats	28
<b>4 MATERIEL, METHODES ET EXPRESSION POUR LES MESURES D'IRRADIATION EXTERNE (DEBIT DE DOSE)</b>	<b>29</b>
4.1 Matériel et expression	29
4.2 Méthode et mesure	29

# 1 Localisation, nature & calendrier des prélèvements

## 1.1 Cartographie

Figure 1 : localisation des sites étudiés durant l'année 2012 autour du centre de stockage CSFMA de l'Aube.



## 1.2 Identification des prélèvements

Tableau 1 : Localisation, calendrier et nature des prélèvements effectués en 2012 dans la région de Soulaïnes

station	X Coordonnées Lambert II étendu	Y	lieu	localisation	enregist	date	catégorie	dénomination				
BO	772877	2380579	CSA	Bassin d'orage, à l'intérieur du site	120612-CSA-05	13/06/2012	<b>sédiments</b>	superficiels				
					<i>échantillon moyen à partir de 4 points de prélèvements sur le bassin d'orage</i>				120612-CSA-06	13/06/2012	<b>eau douce</b>	eau pluviale
S3	772775	2380775	Soulaïnes	Les Noues d'Amances 10 m en aval du déversoir, rive gauche 20 m et 40 m en aval du déversoir, rive gauche	120612-CSA-01	12/06/2012	<b>eau douce</b>	eau de cours d'eau				
					<i>prélèvement manuel</i>				120612-CSA-02	12/06/2012	<b>sédiments</b>	superficiels
EDC	773694	2379460	Soulaïnes	Etang des Cailles	120612-CSA-03	12/06/2012	<b>eau douce</b>	eau de cours d'eau				
					<i>prélèvement manuel</i>				120612-CSA-04	12/06/2012	<b>sédiments</b>	superficiels
DS08	772825	2380226	CSA	A l'intérieur du site	120612-CSA-20	13/06/2012	<b>eau douce</b>	eau souterraine <i>pH=6,7, temp=13,05°C, conductivité: 641µS.cm-1</i>				
DS13	772909	2379825	CSA	A l'intérieur du site	120612-CSA-25	13/06/2012	<b>eau douce</b>	eau souterraine <i>pH=4,9, temp=12,3°C, conductivité:237 µS.cm-1</i>				
DS14	772790	2379986	CSA	A l'intérieur du site	120612-CSA-26	13/06/2012	<b>eau douce</b>	eau souterraine <i>pH=4,6, temp=12,5°C, conductivité:357 µS.cm-1</i>				
DS27	772980	2380546	CSA	A l'intérieur du site	120612-CSA-27	13/06/2012	<b>eau douce</b>	eau souterraine <i>pH=5,7, temp=12,4°C, conductivité:271µS.cm-1</i>				
DS34	773579	2379776	CSA	A l'intérieur du site	120612-CSA-28	13/06/2012	<b>eau douce</b>	eau souterraine <i>pH=5,9, temp=13,1°C, conductivité:131µS.cm-1</i>				
DS62	772956	2380288	CSA	A l'intérieur du site	120612-CSA-23	13/06/2012	<b>eau douce</b>	eau souterraine <i>pH=6,7, temp=13,2°C, conductivité:182 µS.cm-1</i>				
DS63	772947	2380279	CSA	A l'intérieur du site	120612-CSA-24	13/06/2012	<b>eau douce</b>	eau souterraine <i>pH=6,8, temp=??°C, conductivité:129 µS.cm-1</i>				
DS24	772864	2380393	CSA	A l'intérieur du site	120612-CSA-19	13/06/2012	<b>eau douce</b>	eau souterraine <i>pH=6,1, temp=12,3°C, conductivité: 316µS.cm-1</i>				
réseau	766352	2384294	Maizière	Station de pompage eau potable	120612-CSA-29	14/06/2012	<b>eau douce</b>	eau souterraine <i>pH=7,1, temp=13,9°C, conductivité:742µS.cm-1</i>				
réseau	777412	2382570	Sauvage Magny	Station de pompage eau potable	120612-CSA-30	14/06/2012	<b>eau douce</b>	eau souterraine <i>pH=6,6, temp=12,6°C, conductivité:570µS.cm-1</i>				
TS03	773271	2379762	CSA	A l'intérieur du site	120612-CSA-22	13/06/2012	<b>eau douce</b>	eau souterraine <i>pH=6,4, temp=12,2°C, conductivité:363 µS.cm-1</i>				
TS04	773168	2379883	CSA	A l'intérieur du site	120612-CSA-21	13/06/2012	<b>eau douce</b>	eau souterraine <i>pH=6,0, temp=11,8°C, conductivité:156 µS.cm-1</i>				
T1	772608	2379981	Soulaïnes	300 m au Sud-Ouest du CSA	120612-CSA-10	13/06/2012	<b>végétaux</b>	herbe				
					<i>partie aérienne à partir de 2 cm au dessus du sol</i>				120612-CSA-11	13/06/2012	<b>mât</b>	de 2 cm à -2 cm
					120612-CSA-12	13/06/2012	<b>sol</b>	de -2 cm à -12 cm				
T2	773201	2380480	Soulaïnes	700 m au Nord-Est du CSA	120612-CSA-07	13/06/2012	<b>végétaux</b>	herbe				
					<i>partie aérienne à partir de 2 cm au dessus du sol</i>				120612-CSA-08	13/06/2012	<b>mât</b>	de 2 cm à -2 cm
					120612-CSA-09	13/06/2012	<b>sol</b>	de -2 cm à -12 cm				
T3	775266 775214	2377425 2377458	Soulaïnes	Domaine Saint Victor	120612-CSA-13	13/06/2012	<b>végétaux</b>	herbe				
					<i>partie aérienne à partir de 2 cm au dessus du sol</i>				120612-CSA-14	13/06/2012	<b>mât</b>	de 2 cm à -2 cm
					120612-CSA-15	13/06/2012	<b>sol</b>	de -2 cm à -12 cm				

station	X Coordonnées Lambert II étendu	Y	lieu	localisation	enregist	date	catégorie	dénomination
<i>Observations concernant le prélèvement</i>								
T4	772929	2383371	Epothémont	A proximité de la Zone d'Activité des Grands Usages	120612-CSA-16	13/06/2012	<b>végétaux</b>	herbe
								<i>partie aérienne à partir de 2 cm au dessus du sol</i>
					120612-CSA-17	13/06/2012	<b>mât</b>	de 2 cm à -2 cm
					120612-CSA-18	13/06/2012	<b>sol</b>	de -2 cm à -12 cm
J1	774343	2381005	Ville-au-Bois	Jardin particulier	120612-CSA-31	14/06/2012	<b>Légumes</b>	Rhubarbe (tiges)
								<i>Produits du potager</i>
					120612-CSA-32	14/06/2012	<b>Légumes</b>	Salades
					120913-CSA-09	13/09/2012	<b>Légumes</b>	Carottes
					120913-CSA-10	13/09/2012	<b>fines herbes</b>	Persils
					120913-CSA-11	13/09/2012	<b>Légumes</b>	Betteraves
					120913-CSA-12	13/09/2012	<b>Légumes</b>	Courgettes
J2			Louze	Jardin particulier	120913-CSA-14	13/09/2012	<b>Légumes</b>	Carottes
								<i>Produits du potager</i>
					120913-CSA-15	13/09/2012	<b>Légumes</b>	Courgettes
R1			Ville-au-bois	Jardin particulier	120913-CSA-08	13/09/2012	<b>Ruches</b>	Miel
								<i>Produits de la ruche - récolte du mois d'août 2012</i>
R2	772,679	2376,48	La Chaise	Sous-bois près de l'entrée TFA	120913-CSA-06	13/09/2012	<b>Ruches</b>	Miel
								<i>Produits de la ruche - récolte de juillet 2012</i>
					120913-CSA-05	13/09/2012	<b>Ruches</b>	Pollen
					120913-CSA-09	13/09/2012	<b>Ruches</b>	Propolys
								<i>récolte juin 2012 - septembre 2012</i>
V2	781,192	2365,37	Colombey- la-fosse	Vignoble	120913-CSA-02	13/06/2012	<b>Raisin</b>	Pinot noir
					120913-CSA-01	13/06/2012	<b>sol</b>	surface
								<i>Terre de surface collectée entre les pieds de vigne</i>
V1	784,483	2366,665	Saulcy	Vignoble	120913-CSA-04	13/06/2012	<b>Raisin</b>	Chardonnay
					120913-CSA-03	13/06/2012	<b>sol</b>	surface
								<i>Terre de surface collectée entre les pieds de vigne</i>
	774,492	2381,14	Ville-aux- bois	Etang	061012-CSA-01	22/09/2012	<b>Poisson</b>	Tanches
					061012-CSA-02	22/09/2012	<b>Poisson</b>	Carpe
			Environs de Soulaines		061012-CSA-03	04/10/2012	<b>Gibier</b>	renard
							061012-CSA-04	04/10/2012

## 2 Méthodes et résultats détaillés

### 2.1 Les eaux souterraines

#### 2.1.1 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. Il s'agit des piézomètres : DS08, DS13, DS14, DS24, DS27, DS63, TS03, TS04 et du DS34, choisi en remplacement du TS01 rebouché. Un prélèvement supplémentaire a été réalisé dans le piézomètre DS62 du fait du marquage en tritium relevé en 2009 et 2010 par l'ANDRA dans le cadre de sa surveillance réglementaire.

Les prélèvements ont été effectués dans les piézomètres, soit par pompage, soit par immersion d'un préleveur en profondeur 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 Maizières. Au préalable, les conduites ont été purgées de manière à accéder directement à l'eau de la nappe.

#### Concernant les analyses, il est réalisé :

- ✦ Pour l'ensemble des prélèvements d'eaux, la mesure du Tritium libre (HTO) après distillation.
- ✦ Comme en 2007, 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 sur eau filtrée 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.

Le prélèvement s'opère de manière directe en évitant toute contamination ou souillure au cours des manipulations. ; Le contact avec l'air n'est pas proscrit. Des emballages en PEHD d'un volume adapté sont utilisés. Entre deux prélèvements, le matériel d'échantillonnage non jetable est rincé à l'acide nitrique 0,1 N, puis à l'eau déminéralisée. Enfin, les échantillons sont conservés dans l'obscurité dans une glacière à une température inférieure ou égale à celle qu'ils avaient au moment du prélèvement.

Au laboratoire : dans les 48h suivant la collecte et selon les paramètres étudiés, les échantillons sont acheminés vers :

- Le laboratoire de l'ACRO (14), pour la mesure :
  - du tritium (HTO) selon la norme ISO 9698:2011,
  - des radionucléides émetteurs gamma par spectrométrie gamma à haute résolution sur les eaux concentrées après évaporation selon la norme ISO 10703:2008,
- le laboratoire EICHROM (35) pour la détermination :
  - de l'indice alpha global sur eau filtrée à 0,45µm et selon la NF ISO 10704 ;
  - de l'indice bêta global sur eau filtrée à 0,45µm et selon la NF ISO 10704 ;
  - du potassium sur eau filtrée à 0,45µm et selon méthode NF T90-019 ;
- le laboratoire SUBATECH (44) pour la détermination :
  - du Cl-36 sur eau filtrée à 0,45µm, selon méthode interne.



Photo 1 : prélèvements par pompage dans un piézomètre du CSA (haut) et au réseau d'adduction de Sauvage-Magny.



## 2.1.2 Résultats détaillés

Tableau 3 : Résultats des analyses des eaux souterraines prélevées les 13 et 14 juin 2012.

IDENTIFICATION DES ECHANTILLONS						
n° d'enregistrement interne	120612-CSA-19	120612-CSA-21	120612-CSA-23	120612-CSA-29	120612-CSA-30	
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	13-juin-12	13-juin-12	13-juin-12	14-juin-12	14-juin-12	
Code de station	<b>DS24</b>	<b>TS04</b>	<b>DS62</b>	<b>RESEAU1</b>	<b>RESEAU2</b>	
Nom du cours d'eau / mer / Océan ...	nappe phréatique	nappe phréatique	nappe phréatique	nappe phréatique	nappe phréatique	
Lieu (commune) ou site	CSA	CSA	CSA	Maizières	Sauvage-Magny	
Département	10	10	10	10	10	
Localisation (détail)	Intérieur INB	Intérieur INB	Intérieur INB	Station AEP	Station AEP	
Lambert II étendu X (km)	772,864	773,168	772,956	766,352	777,412	
Lambert II étendu Y (km)	2380,393	2379,883	2380,288	2384,294	2382,570	
distance / l'exutoire (km)	-	-	-	8,0	5,2	
EXPRESSION DES RESULTATS						
Date de référence	13-juin-12	13-juin-12	13-juin-12	14-juin-12	14-juin-12	
Unité	Bq/L	Bq/L	Bq/L	Bq/L	Bq/L	
RESULTATS DES ANALYSES PAR SPECTROMETRIE GAMMA						
Comptage						
n° de manipulation	<b>7255</b>	<b>7261</b>	<b>7262</b>	<b>7263</b>	<b>7264</b>	
Temps de comptage actif (s)	229813	160590	113942	145519	342190	
Géométrie (en cc)	500	500	500	500	500	
Masse de l'échantillon initial (g)	5057,6	5137,2	5056,7	5065,0	5062,7	
âge de l'échantillon (jours)	51	52	61	61	63	
âge du conditionnement (jours)	21	23	25	18	20	
Psec / Pfrais	-	-	-	-	-	
Fraction analysée	filtrée (<0,45µm)	filtrée (<0,45µm)	filtrée (<0,45µm)	filtrée (<0,45µm)	filtrée (<0,45µm)	
Etat du conditionnement	concentré (x10)	concentré (x10)	concentré (x10)	concentré (x10)	concentré (x10)	
Densité analysée	1,02	1,02	1,03	1,05	1,04	
Radionucléides ARTIFICIELS						
57 Co	271,8 jours	< 0,012	< 0,014	< 0,016	< 0,016	< 0,010
58 Co	70,8 jours	< 0,028	< 0,038	< 0,046	< 0,040	< 0,026
60 Co	5,3 ans	< 0,018	< 0,022	< 0,028	< 0,022	< 0,016
106 Ru-Rh(*)	373 jours	< 0,36	< 0,44	< 0,50	< 0,46	< 0,30
108mAg	418 ans	< 0,016	< 0,018	< 0,024	< 0,018	< 0,012
110m Ag	250 jours	< 0,020	< 0,024	< 0,030	< 0,026	< 0,018
131 I	8,0 jours	-	-	-	-	-
134 Cs	2,1 ans	< 0,018	< 0,022	< 0,026	< 0,024	< 0,016
137 Cs	30,0 ans	< 0,020	< 0,024	< 0,026	< 0,026	< 0,016
154 Eu	8,6 ans	< 0,022	< 0,026	< 0,030	< 0,026	< 0,018
241 Am	437,7 ans	< 0,024	< 0,028	< 0,032	< 0,030	< 0,020
Radionucléides NATURELS						
226 Ra max	235U-238U	< 0,68	< 0,74	< 0,82	< 0,76	< 0,64
210 Pb	Ch. 238U	< 0,48	< 0,52	< 0,60	< 0,54	< 0,44
40 K	1,3 10 <sup>9</sup> ans	< 0,74	< 0,80	< 0,90	< 0,84	< 0,78
7 Be	53,2 jours	< 0,28	< 0,36	< 0,46	< 0,40	< 0,26
RESULTATS DES AUTRES ANALYSES (RADIOACTIVITE & PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES)						
n° d'enregistrement interne	120612-CSA-19	120612-CSA-21	120612-CSA-23	120612-CSA-29	120612-CSA-30	
fraction analysée	distillat	distillat	distillat	distillat	distillat	
Paramètre	unité					
Tritium libre (HTO)	Bq/L	< 4	< 4	<b>5,3 ± 2,8</b>	< 4	< 4
fraction analysée	filtrée	filtrée	filtrée	filtrée	filtrée	
Paramètre	unité					
Indice alpha total	Bq/L	< 0,04	< 0,03	< 0,04	< 0,05	< 0,05
Indice bêta total	Bq/L	<b>0,09 ± 0,02</b>	<b>0,10 ± 0,02</b>	<b>0,13 ± 0,03</b>	<b>0,06 ± 0,02</b>	<b>0,11 ± 0,02</b>
Potassium (K)	mg/L	4,45 ± 0,19	3,40 ± 0,14	4,59 ± 0,19	1,76 ± 0,07	4,47 ± 0,19
Indice bêta résiduel	Bq/L	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,03	< 0,03
Chlore 36	Bq/L	nr	nr	< 0,17	nr	nr

Tableau 4 : Résultats des analyses des eaux souterraines prélevées les 13 et 14 juin 2012 (suite).

IDENTIFICATION DES ECHANTILLONS							
n° d'enregistrement interne	120612-CSA-20	120612-CSA-22	120612-CSA-24	120612-CSA-25	120612-CSA-26	120612-CSA-27	120612-CSA-28
Catégorie	eau douce						
Dénomination ou [Genre - espèce]	eau souterraine						
Prélèvement							
Date	13-juin-12						
Code de station	<b>DS08</b>	<b>TS03</b>	<b>DS63</b>	<b>DS13</b>	<b>DS14</b>	<b>DS27</b>	<b>DS34</b>
Nom du cours d'eau / mer / Océan ...	nappe phréatique						
Lieu (commune) ou site	CSA						
Département	10	10	10	10	10	10	10
Localisation (détail)							
Lambert II étendu X (km)	772,825	773,271	772,947	772,909	772,790	772,980	773,579
Lambert II étendu Y (km)	2380,226	2379,762	2380,279	2379,825	2379,986	2380,546	2379,776
distance / l'exutoire (km)	-	-	-	-	-	-	-
EXPRESSION DES RESULTATS							
Date de référence	13-juin-12						
Unité	Bq/L						
RESULTATS DES ANALYSES PAR SCINTILLATION LIQUIDE							
fraction analysée	distillat						
<b>Paramètre</b> unité							
Tritium libre (HTO) Bq/L	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4	< 4

## 2.2 Les sédiments et eaux de surface

### 2.2.1 Remarques concernant les prélèvements, traitements et analyses

**Sur le terrain :** trois sites sont retenus et concernent :

- 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 qui 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.
- Les Nouses d'Amances, directement concernée par les rejets d'effluents liquides de l'INB, la station S3 est adossée au déversoir (voir photo),
- L'étang des caillles qui permet de disposer d'une référence en dehors de toute influence de l'INB.



Photo 2 : Prélèvements d'eau dans les Nouses d'Amances.

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 raclee 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 :**

- Les sédiments font l'objet d'une analyse quantitative par spectrométrie gamma au laboratoire de l'ACRO en tenant compte de la norme ISO 18589-3 après séchage à 60°C en étuve ventilée. Une aliquote d'échantillon frais est écartée pour la détermination de la granulométrie. Celle-ci est réalisée au laboratoire de morphodynamique continentale et côtière, Université de Caen.
- Par ailleurs des analyses complémentaires sont diligentées auprès du Laboratoire de Mesure de la Radioactivité de l'Environnement (LMRE) du service de traitement des échantillons et de métrologie pour l'environnement (STEME) de l'Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN). Elles ont pour but de déterminer :
  1. le Ni-63 par méthode interne
  2. le Pu-238 et 239+240Pu-239+240 et Am-241,
  3. C-14 et tritium organiquement lié (OBT),
  4. le Sr-90

## 2.2.2 Résultats détaillés

Tableau 5 : Résultats des analyses des sédiments prélevés les 12 et 13 juin 2012.

IDENTIFICATION DES ECHANTILLONS			
n° d'enregistrement interne	120612-CSA-02	120612-CSA-04	120612-CSA-05
Catégorie	<b>Sédiments</b>	<b>Sédiments</b>	<b>Sédiments</b>
Dénomination ou [Genre - espèce]	superficiels	superficiels	superficiels
Prélèvement			
Date	12-juin-12	12-juin-12	13-juin-12
Code de station	<b>S3</b>	<b>EDC</b>	<b>BO</b>
Nom du cours d'eau / mer / Océan ...	Noues d'Amances	Etang des Cailles	Bassin d'orage
Lieu (commune) ou site	Soulaines-Dhuys	Soulaines-Dhuys	CSA
Département	10	10	10
Lambert II étendu X (km)	772,775	773,694	772,877
Lambert II étendu Y (km)	2380,775	2379,460	2380,579
distance / l'exutoire (km)	0	-2,5	0
EXPRESSION DES RESULTATS			
Date de référence	12-juin-12	12-juin-12	13-juin-12
Unité	Bq/kg sec	Bq/kg sec	Bq/kg sec
RESULTATS DES ANALYSES PAR SPECTROMETRIE GAMMA			
Comptage			
n° de manipulation	<b>7253</b>	<b>7240</b>	<b>7242</b>
Temps de comptage actif (s)	83790	86060	149469
Géométrie (en cc)	500	500	500
Masse de l'échantillon conditionné (g)	800,8	719,8	819,5
âge de l'échantillon (jours)	51	37	38
âge du conditionnement (jours)	14	1	2
Psec / Pfrais	67,7%	50,3%	71,8%
Fraction analysée	<200µm	<200µm	<200µm
Etat du conditionnement	sec	sec	sec
Densité analysée	1,60	1,44	1,64
Radionucléides ARTIFICIELS			
57 Co	271,8 jours	< 0,26	< 0,22
58 Co	70,8 jours	< 0,48	< 0,38
60 Co	5,3 ans	< 0,30	< 0,30
106 Ru-Rh(*)	373 jours	< 6,0	< 5,4
108m Ag	418 ans	< 0,26	< 0,24
110m Ag	250 jours	< 0,34	< 0,32
131 I	8,0 jours	< 24	< 6,4
134 Cs	2,1 ans	< 0,30	< 0,28
137 Cs	30,0 ans	<b>1,6 ± 0,5</b>	<b>3,16 ± 0,36</b>
154 Eu	8,6 ans	< 0,48	< 0,42
241 Am	437,7 ans	< 0,76	< 0,60
137 Cs			<b>0,64 ± 0,15</b>
Radionucléides NATURELS			
234 Th	Ch. 238U	20 ± 8	12 ± 5
226 Ra max	235U-238U	36 ± 5	23,4 ± 4,3
214 Pb (= 226Ra min)	Ch. 238U	19,0 ± 1,9	11,5 ± 1,2
214 Bi	Ch. 238U	19,0 ± 2,1	9,8 ± 1,3
210 Pb	Ch. 238U	22,4 ± 4,9	41 ± 6
228 Ac	Ch. 232Th	20,8 ± 2,3	12,0 ± 1,6
212 Pb	Ch. 232Th	21,5 ± 1,9	12,6 ± 1,2
235 U	Ch. 235U	0,92 ± 0,13	0,60 ± 0,11
227 Th	Ch. 235U	< 0,9	< 0,8
219 Rn	Ch. 235U	< 2,0	< 1,8
40 K	1,3 10 <sup>9</sup> ans	313 ± 30	189 ± 18
7 Be	53,2 jours	7,6 ± 2,6	9,3 ± 2,2
212 Pb			17,6 ± 1,9
212 Bi			15,9 ± 1,4
235 U			0,73 ± 0,10
227 Th			< 0,7
219 Rn			< 1,4
40 K			418 ± 37
7 Be			22,1 ± 2,6
RESULTATS DES AUTRES ANALYSES (RADIOACTIVITE & PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES)			
n° d'enregistrement interne		120612-CSA-04	120612-CSA-05
fraction analysée		<200µm	<200µm
Paramètre	unité		
Tritium lié (TOL)	Bq/kg sec	nr	<b>0,25 ± 0,02</b>
63 Ni	Bq/kg sec	nr	< 0,2
90 Sr	Bq/kg sec	nr	< 0,59
241 Am	mBq/kg sec	nr	<b>83 ± 7</b>
238 Pu	mBq/kg sec	nr	<b>6 ± 1,1</b>
239+240 Pu	mBq/kg sec	nr	<b>188 ± 8</b>
14 C	Bq/kg de C	nr	<b>246,8 ± 1,7</b>
			<b>151,8 ± 1,4</b>

Tableau 6 : Résultats des analyses des eaux de surface prélevées les 12 et 13 juin 2012.

<b>IDENTIFICATION DES ECHANTILLONS</b>			
n° d'enregistrement interne	120612-CSA-01	120612-CSA-03	120612-CSA-06
Catégorie	eau douce	eau douce	eau douce
Dénomination ou [Genre - espèce]	cours d'eau	eau d'étang	eaux pluviales
<b>Prélèvement</b>			
Date	12-juin-12	12-juin-12	13-juin-12
Code de station	<b>S3</b>	<b>EDC</b>	<b>BO</b>
Nom du cours d'eau / mer / Océan ...	Noues d'Amances	Etang des Cailles	Bassin d'orage
Lieu (commune) ou site	Soulaines-Dhuys	Soulaines-Dhuys	CSA
Département	10	10	10
Localisation (détail)			
Lambert II étendu X (km)	772,775	773,694	772,877
Lambert II étendu Y (km)	2380,775	2379,460	2380,579
distance / l'exutoire (km)	0,01	-2,5	0
<b>EXPRESSION DES RESULTATS</b>			
Date de référence	12-juin-12	12-juin-12	13-juin-12
Unité	Bq/L	Bq/L	Bq/L
<b>RESULTATS DES ANALYSES PAR SPECTROMETRIE GAMMA</b>			
<b>Comptage</b>			
n° de manipulation	<b>7235</b>	<b>7249</b>	<b>7238</b>
Temps de comptage actif (s)	142509	230221	85922
Géométrie (en cc)	500	500	500
Masse d'échantillon initial (g)	4923,5	5124,4	4804,0
âge de l'échantillon (jours)	33	46	34
Psec / Pfrais	-	-	-
Fraction analysée	filtrée (<0,45µm)	filtrée (<0,45µm)	filtrée (<0,45µm)
Etat du conditionnement	concentré (x10)	concentré (x10)	concentré (x10)
Densité analysée	1,01	1,01	1,03
<b>Radionucléides ARTIFICIELS</b>			
57 Co	271,8 jours	< 0,014	< 0,018
58 Co	70,8 jours	< 0,032	< 0,046
60 Co	5,3 ans	< 0,024	< 0,032
106 Ru-Rh(*)	373 jours	< 0,46	< 0,30
108m Ag	418 ans	< 0,020	< 0,026
110m Ag	250 jours	< 0,024	< 0,034
131 I	8,0 jours	-	-
134 Cs	2,1 ans	< 0,024	< 0,030
137 Cs	30,0 ans	< 0,026	< 0,032
154 Eu	8,6 ans	< 0,028	< 0,036
241 Am	437,7 ans	< 0,030	< 0,040
<b>Radionucléides NATURELS</b>			
<b>226 Ra max</b>	235U-238U	< 0,78	< 0,92
210 Pb	Ch. 238U	< 0,60	< 0,70
40 K	1,3 10 <sup>9</sup> ans	< 0,86	< 1,0
7 Be	53,2 jours	< 0,28	< 0,38
<b>RESULTATS DES AUTRES ANALYSES (RADIOACTIVITE &amp; PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES)</b>			
n° d'enregistrement interne	120612-CSA-01	120612-CSA-03	120612-CSA-06
fraction analysée	distillat	distillat	distillat
<b>Paramètre</b>	unité		
Tritium libre (HTO)	Bq/L	< 4	< 4
fraction analysée	unité		
<b>Paramètre</b>	unité		
Indice alpha total	Bq/L	< 0,05	< 0,04
Indice bêta total	Bq/L	<b>0,16 ± 0,03</b>	<b>0,08 ± 0,03</b>
Potassium (K)	mg/L	5,65 ± 0,24	3,14 ± 0,13
Indice bêta résiduel	Bq/L	< 0,04	< 0,05
			<b>0,10 ± 0,04</b>

## 2.2.3 Granulométrie

Tableau 7 : Synthèse (exprimée en % de la masse) des caractéristiques granulométriques des sédiments collectés en juin 2012.

N° d'enregistrement	120612-CSA-05	120612-CSA-02	120612-CSA-04	
Date	13 juin 2012	12 juin 2012	12 juin 2012	
Lieu	Bassin d'orage	Noues-d'Amances	Etang des Cailles	
Localisation	Site du CSA	Deversoir	Soulaïnes	
<b>GRANULOMETRIE</b>				
Argiles	0 à 2 µm	3%	6%	1%
Limons fins	2 à 20 µm	21%	33%	9,2%
Limons grossiers	20 à 50 µm	13%	17%	11,3%
Sables fins	50 à 200 µm	24%	25%	22%
Sables grossiers	0,2 à 2 mm	38%	20%	49,7%
Cumul des fines	< 50 µm	37%	55,3%	21,5%

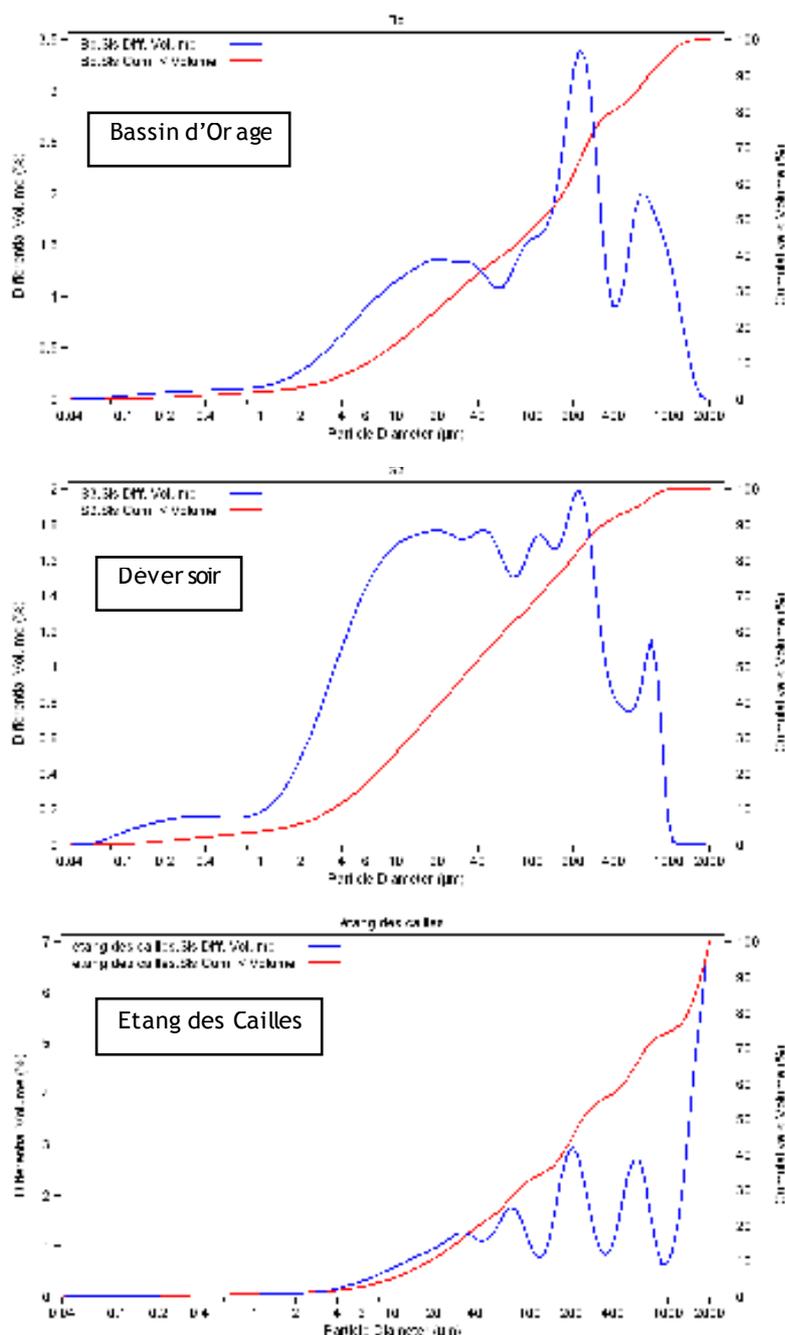


Figure 3 : Caractéristiques granulométriques des sédiments collectés en juin 2012.

## 2.3 Les sols, mats et couvert végétal

### 2.3.1 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 Soulaïnes-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 Hypothémont. Il s'agit de prendre en compte l'activité du nouveau centre de tri TFA DAHER.

En chaque lieu, 3 compartiments sont considérés :

- 1 La partie aérienne du couvert végétal, il s'agit de la partie située à partir de 2 cm au dessus du sol,
- 2 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.
- 3 Les sols : On considère un horizon compris entre 2 et 12 cm de profondeur.

La collecte de la partie aérienne du couvert végétal concerne un nombre d'unité d'1m<sup>2</sup> suffisant pour couvrir les besoins. Trois sous-échantillons représentatifs, de 250 à 300g de matière fraîche, sont constitués et chacun est conditionné dans un double sac puis conservé dans une glacière réfrigérée à 4°C.

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 homogénéisés 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 détermination du tritium libre et organiquement lié est réalisée au laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE), unité mixte de recherche de Gif-sur-Yvette (91). Le tritium est déterminé par la mesure par spectrométrie de masse de l'hélium-3 issu de la désintégration du tritium. Cette méthode permet d'obtenir des limites de détection très basses mais nécessite un temps de stockage de l'échantillon après lyophilisation et « dégazage » d'une durée de 6 mois environ.
- **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 et mesurés après au moins 30 jours de conditionnement. La méthode suit les recommandations de la norme ISO 18589-3.
- Par ailleurs **des analyses complémentaires** sont diligentées auprès du Laboratoire de Mesure de la Radioactivité de l'Environnement (LMRE) du service de traitement des échantillons et de métrologie pour l'environnement (STEME) de l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN). Elles ont pour but de déterminer :
  1. le Pu-238, Am-241 et Pu-239+240,
  2. le Sr-90.



Photo 3 : prélèvements de sol

## 2.3.2 Résultats détaillés

Tableau 8 : Résultats des analyses des mats (partie mixte de sol et de racines) prélevés le 13 juin 2012.

<b>IDENTIFICATION DES ECHANTILLONS</b>					
n° d'enregistrement interne	120612-CSA-11	120612-CSA-08	120612-CSA-14	120612-CSA-17	
Catégorie	mât	mât	mât	mât	
Dénomination ou [Genre - espèce]	-2, +2cm	-2, +2cm	-2, +2cm	-2, +2cm	
<b>Prélèvement</b>					
Date	13-juin-12	13-juin-12	13-juin-12	13-juin-12	
Code de station	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	
Lieu (commune) ou site	Soulaines-Dhuys	Soulaines-Dhuys	Soulaines-Dhuys	Epothémont	
Département	10	10	10	10	
Localisation (détail)	SO CSA	NE CSA	SE CSA	N CSA	
Lambert II étendu X (km)	772,608	773,201	775,266	772,929	
Lambert II étendu Y (km)	2379,981	2380,48	2377,425	2383,371	
distance / l'exutoire (km)	0,3	0,7	3,7	3,1	
<b>EXPRESSION DES RESULTATS</b>					
Date de référence	13-juin-12	13-juin-12	13-juin-12	13-juin-12	
Unité	Bq/kg sec	Bq/kg sec	Bq/kg sec	Bq/kg sec	
<b>RESULTATS DES ANALYSES PAR SPECTROMETRIE GAMMA</b>					
<b>Comptage</b>					
n° de manipulation	<b>7251</b>	<b>7246</b>	<b>7247</b>	<b>7252</b>	
Temps de comptage actif (s)	85788	85464	85221	97091	
Géométrie (en cc)	500	500	500	500	
Masse de l'échantillon conditionné (g)	668,6	566,0	655,5	580,6	
âge de l'échantillon (jours)	48	42	43	49	
Psec / Pfrais	67,4%	63,8%	66,0%	72,8%	
Fraction analysée	<2mm	<2mm	<2mm	<2mm	
Etat du conditionnement	sec	sec	sec	sec	
Densité analysée	1,34	1,13	1,31	1,16	
<b>Radionucléides ARTIFICIELS</b>					
57 Co	271,8 jours	< 0,24	< 0,28	< 0,28	< 0,32
58 Co	70,8 jours	< 0,46	< 0,52	< 0,48	< 0,62
60 Co	5,3 ans	< 0,32	< 0,38	< 0,38	< 0,42
106 Ru-Rh(*)	373 jours	< 6,2	< 6,8	< 6,8	< 8,0
108m Ag	418 ans	< 0,28	< 0,32	< 0,30	< 0,32
110m Ag	250 jours	< 0,34	< 0,40	< 0,38	< 0,46
131 I	8,0 jours	< 18	< 24	< 14	< 26
134 Cs	2,1 ans	< 0,32	< 0,38	< 0,34	< 0,42
137 Cs	30,0 ans	<b>1,61 ± 0,26</b>	<b>8,0 ± 0,8</b>	<b>6,9 ± 0,7</b>	<b>2,9 ± 0,4</b>
154 Eu	8,6 ans	< 0,26	< 0,60	< 0,54	< 0,62
241 Am	437,7 ans	< 0,68	< 0,80	< 0,82	< 0,92
<b>Radionucléides NATURELS</b>					
234 Th 63 kev	Ch. 238U	12 ± 6	26 ± 10	22 ± 8	32 ± 12
226 Ra max	235U-238U	30,8 ± 4,9	59 ± 7	51 ± 7	78 ± 9
214 Pb (= 226Ra min)	Ch. 238U	15,6 ± 1,6	21,8 ± 2,2	25,6 ± 2,6	35,7 ± 3,5
210 Pb	Ch. 238U	38 ± 6	62 ± 8	47 ± 7	67 ± 8
228 Ac	Ch. 232Th	15,6 ± 2,0	26,5 ± 3,0	28,6 ± 3,1	39,4 ± 4,1
212 Pb	Ch. 232Th	15,5 ± 1,4	26,1 ± 2,4	27,5 ± 2,5	40,0 ± 3,5
40 K	1,3 10 <sup>9</sup> ans	306 ± 28	268 ± 25	324 ± 29	345 ± 31
7 Be	53,2 jours	18,3 ± 3,2	21,4 ± 3,6	16 ± 3,2	19 ± 3,8

Tableau 9 : Résultats des analyses des sols prélevés le 13 juin 2013

IDENTIFICATION DES ECHANTILLONS				
n° d'enregistrement interne	120612-CSA-12	120612-CSA-09	120612-CSA-15	120612-CSA-18
Catégorie	sol	sol	sol	sol
Dénomination ou [Genre - espèce]	-2 , -12 cm	-2 , -12 cm	-2, -12 cm	-2, -12 cm
Prélèvement				
Date	13-juin-12	13-juin-12	13-juin-12	13-juin-12
Code de station	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
Lieu (commune) ou site	Soulaines-Dhuys	Soulaines-Dhuys	Soulaines-Dhuys	Epothémont
Département	10	10	10	10
Localisation (détail)	SO CSA	NE CSA	SE CSA	N CSA
Lambert II étendu X (km)	772,608	773,201	775,266	772,929
Lambert II étendu Y (km)	2379,981	2380,48	2377,425	2383,371
distance / l'exutoire (km)	0,3	0,7	3,7	3,1
EXPRESSION DES RESULTATS				
Date de référence	13-juin-12	13-juin-12	13-juin-12	13-juin-12
Unité	Bq/kg sec	Bq/kg sec	Bq/kg sec	Bq/kg sec
RESULTATS DES ANALYSES PAR SPECTROMETRIE GAMMA				
Comptage				
n° de manipulation	<b>7245</b>	<b>7244</b>	<b>7256</b>	<b>7250</b>
Temps de comptage actif (s)	84170	85772	83417	85926
Géométrie (en cc)	500	500	500	500
Masse de l'échantillon conditionné (g)	795,0	723,0	770,7	772,4
âge de l'échantillon (jours)	41	40	54	47
âge du conditionnement (jours)	5	5	18	11
Psec / Pfrais	80,4%	78,6%	76,9%	85,6%
Fraction analysée	<2mm	<200µm	<2mm	<2mm
Etat du conditionnement	sec	sec	sec	sec
Densité analysée	1,59	1,45	1,50	1,54
Radionucléides ARTIFICIELS				
57 Co	271,8 jours	< 0,24	< 0,15	< 0,16
58 Co	70,8 jours	< 0,41	< 0,24	< 0,25
60 Co	5,3 ans	< 0,30	< 0,18	< 0,18
106 Ru-Rh(*)	373 jours	< 4,6	< 3,4	< 3,5
108m Ag	418 ans	< 0,26	< 0,16	< 0,16
110m Ag	250 jours	< 0,32	< 0,20	< 0,20
131 I	8,0 jours	< 10,0	< 6	< 10
134 Cs	2,1 ans	< 0,30	< 0,18	< 0,18
137 Cs	30,0 ans	<b>2,14 ± 0,28</b>	<b>9,8 ± 0,9</b>	<b>7,9 ± 0,7</b>
154 Eu	8,6 ans	< 0,46	< 0,29	< 0,31
241 Am	437,7 ans	< 0,72	< 0,45	< 0,47
Radionucléides NATURELS				
234 Th	Ch. 238U	12 ± 6	31 ± 12	22 ± 9
226 Ra max	235U-238U	34 ± 5	70 ± 8	54 ± 7
214 Pb (= 226Ra min)	Ch. 238U	16,0 ± 1,7	32,8 ± 3,2	27,6 ± 2,7
214 Bi	Ch. 238U	15,4 ± 1,8	30,7 ± 3,2	26,6 ± 2,8
210 Pb	Ch. 238U	18,6 ± 4,8	45 ± 7	35 ± 6
228 Ac	Ch. 232Th	15,9 ± 1,9	37,2 ± 3,8	28,9 ± 3,1
212 Pb	Ch. 232Th	16,7 ± 1,5	37,1 ± 3,2	28,1 ± 2,5
235 U	Ch. 235U	0,87 ± 0,13	1,78 ± 0,21	1,39 ± 0,17
227 Th	Ch. 235U	< 1,8	2,5 ± 1,3	< 2,2
219 Rn	Ch. 235U	< 1,8	< 2,3	< 2,1
40 K	1,3 10 <sup>9</sup> ans	308 ± 28	339 ± 31	329 ± 30
7 Be	53,2 jours	< 2,0	< 2,4	< 2,7
RESULTATS DES AUTRES ANALYSES (RADIOACTIVITE & PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES)				
n° d'enregistrement interne	120612-CSA-12	120612-CSA-09	120612-CSA-15	120612-CSA-18
fraction analysée		<200µm		
Paramètre	unité			
90 Sr	Bq/kg sec	nr	<b>1,43 ± 0,45</b>	nr
241 Am	mBq/kg sec	nr	<b>115 ± 11</b>	nr
238 Pu	mBq/kg sec	nr	<b>7,2 ± 1,6</b>	nr
239+240 Pu	mBq/kg sec	nr	<b>308 ± 15</b>	nr

Tableau 10 : Résultats des analyses du couvert végétal prélevé le 13 juin 2012.

<b>IDENTIFICATION DES ECHANTILLONS</b>				
n° d'enregistrement interne	120612-CSA-10	120612-CSA-07	120612-CSA-13	120612-CSA-16
Catégorie	végétaux	végétaux	végétaux	végétaux
Dénomination ou [Genre - espèce]	herbe	herbe	herbe	herbe
<b>Prélèvement</b>				
Date	13-juin-12	13-juin-12	13-juin-12	13-juin-12
Code de station	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
Lieu (commune) ou site	Soulaines-Dhuys	Soulaines-Dhuys	Soulaines-Dhuys	Epothémont
Département	10	10	10	10
Localisation (détail)	SO CSA	NE CSA	SE CSA	N CSA
Lambert II étendu X (km)	772,608	773,201	775,266	772,929
Lambert II étendu Y (km)	2379,981	2380,48	2377,425	2383,371
distance / l'exutoire (km)	0,3	0,7	3,7	3,1
<b>EXPRESSION DES RESULTATS</b>				
Date de référence	13-juin-12	13-juin-12	13-juin-12	13-juin-12
Unité	Bq/kg sec	Bq/kg sec	Bq/kg sec	Bq/kg sec
<b>RESULTATS DES ANALYSES PAR SPECTROMETRIE GAMMA</b>				
<b>Comptage</b>				
n° de manipulation	<b>7205</b>	<b>7204</b>	<b>7206</b>	<b>7203</b>
Temps de comptage actif (s)	85845	145573	90671	97795
Géométrie (en cc)	500	500	500	500
Masse de l'échantillon conditionné (g)	250	250	250	250
âge de l'échantillon (jours)	5	3	6	2
âge du conditionnement (jours)	3	1	4	0
Psec / Pfrais	19,50%	18,2%	17,3%	29,6%
Fraction analysée	aérienne	aérienne	aérienne	aérienne
Etat du conditionnement	frais	frais	frais	frais
Densité analysée	0,50	0,50	0,50	0,50
<b>Radionucléides ARTIFICIELS</b>				
57 Co	271,8 jours	< 1,4	< 1,2	< 1,6
58 Co	70,8 jours	< 2,8	< 2,4	< 3,2
60 Co	5,3 ans	< 2,8	< 2,4	< 3,2
106 Ru-Rh(*)	373 jours	< 50	< 42	< 56
108mAg	418 ans	< 2,4	< 2,0	< 2,6
110m Ag	250 jours	< 2,8	< 2,0	< 3,0
129 I	16 10 <sup>5</sup> ans	< 3,6	< 2,8	< 3,6
131 I	8,0 jours	< 3,8	< 2,8	< 4,4
134 Cs	2,1 ans	< 2,8	< 2,2	< 3,0
137 Cs	30,0 ans	< 3,0	< 2,6	< 3,4
154 Eu	8,6 ans	< 3,0	< 2,4	< 3,2
241 Am	437,7 ans	< 3,0	< 2,6	< 3,4
<b>Radionucléides NATURELS</b>				
40 K	1,3 10 <sup>9</sup> ans	610 ± 70	840 ± 90	750 ± 90
7 Be	53,2 jours	340 ± 35	272 ± 28	313 ± 34
600 ± 60				133 ± 15
<b>RESULTATS DES AUTRES ANALYSES (RADIOACTIVITE &amp; PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES)</b>				
n° d'enregistrement interne	120612-CSA-10	120612-CSA-07	120612-CSA-13	120612-CSA-16
fraction analysée		aérienne		aérienne
Paramètre	unité			
Hydrogène (H)	% massique	nr	5,90%	nr
Tritium libre (HTO)	Bq/L	nr	1,50 ± 0,14	nr
Tritium lié (TOL)	Bq/kg sec	nr	0,824 ± 0,16	nr
				0,754 ± 0,08

## 2.4 La chaîne alimentaire

---

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



Photo 4 : Prélèvement de salades vertes dans le jardin potager situé à Ville-aux-Bois

Deux sites sont étudiés : un jardin à Ville-aux-bois, le second à Louze. En accord avec les propriétaires, les produits sont prélevés le jour même dans les conditions habituelles d'exploitation de la parcelle. Dès lors, ils sont conservés dans une glacière réfrigérée à 4°C.

Dans les 48h suivants la collecte, les échantillons sont acheminés au laboratoire ACRO pour un prétraitement.

A leur arrivée, ils 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.

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

Les prélèvements ont été réalisés par 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 puis conditionnée dans une géométrie de comptage adaptée à la mesure par spectrométrie gamma (SG500).

En ce qui concerne les deux espèces de poissons, chair et viscères sont considérées séparément et chaque fraction est conditionnée pour analyse quantitative par spectrométrie gamma.

Tableau 11: Résultats des analyses des productions des jardins collectées en 2012

IDENTIFICATION DES ECHANTILLONS									
n° d'enregistrement interne	120612-CSA-31	120612-CSA-32	120913-CSA-09	120913-CSA-10	120913-CSA-11	120913-CSA-12	120913-CSA-13	120913-CSA-14	120913-CSA-15
Catégorie	Denrée	Denrée	Denrée	Denrée	Denrée	Denrée	Denrée	Denrée	Denrée
Dénomination ou [Genre - espèce]	Rhubarbe	Salade verte	Carottes	Persils	Betteraves	Courgettes	Concombres	Carottes	Courgettes
Prélèvement									
Date	14-juin-12	14-juin-12	13-sept-12	13-sept-12	13-sept-12	13-sept-12	13-sept-12	13-sept-12	13-sept-12
Code de station	J1	J1	J1	J1	J1	J1	J1	J2	J2
Lieu (commune) ou site	Ville aux Bois	Ville aux Bois	Ville aux Bois	Ville aux Bois	Ville aux Bois	Ville aux Bois	Ville aux Bois	Louze	Louze
Département	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Lambert II étendu X (km)	774,343	774,295	774,295	774,295	774,295	774,295	774,295	776,333	776,333
Lambert II étendu Y (km)	2381,005	2381,266	2381,266	2381,266	2381,266	2381,266	2381,266	2384,342	2384,342
distance / l'exutoire (km)	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	5,4	5,4
EXPRESSION DES RESULTATS									
Date de référence	14-juin-12	14-juin-12	13-sept-12	13-sept-12	13-sept-12	13-sept-12	13-sept-12	13-sept-12	13-sept-12
Unité	Bq/kg sec	Bq/kg sec	Bq/kg sec	Bq/kg sec	Bq/kg sec	Bq/kg sec	Bq/kg sec	Bq/kg sec	Bq/kg sec
RESULTATS DES ANALYSES PAR SPECTROMETRIE GAMMA									
Comptage									
n° de manipulation	7230	7224	7373	7372	7386	7356	7352	7346	7371
Temps de comptage actif (s)	223793	137037	84272	86004	170051	86349	87387	88805	90073
Géométrie (en cc)	61	61	61	61	61	61	61	61	61
Masse de l'échantillon conditionné (g)	47,0	18,5	43,6	27,4	57,9	37,8	36,5	48,4	39,0
âge de l'échantillon (jours)	15	19	89,8	89,4	102,4	69,8	67	60,6	88
Psec / Pfrais	7,2%	4,1%	6,5%	17,0%	8,2%	3,1%	3,0%	8,0%	2,1%
Fraction analysée	<1mm	<1mm	<2mm	<2mm	<2mm	<2mm	<2mm	<2mm	<2mm
Etat du conditionnement	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec
Densité analysée	0,77	0,30	0,71	0,46	0,90	0,62	0,60	0,79	0,64
Radionucléides ARTIFICIELS									
57 Co	271,8 jours	< 0,46	< 1,2	< 1,6	< 2,4	< 0,8	< 0,8	< 0,8	< 0,8
58 Co	70,8 jours	< 1,4	< 3,4	< 8,0	< 12	< 5,0	< 4,0	< 2,2	< 2,4
60 Co	5,3 ans	< 1,4	< 3,0	< 4,0	< 6,0	< 2,4	< 2,0	< 6,4	< 1,6
106 Ru-Rh(*)	373 jours	< 22	< 52	< 64	< 50	< 32	< 40	< 32	< 34
108m Ag	418 ans	< 0,90	< 2,2	< 2,4	< 1,4	< 1,6	< 0,8	< 1,6	< 1,2
110m Ag	250 jours	< 1,2	< 3,0	< 4,0	< 5,6	< 2,4	< 2,0	< 3,2	< 1,6
129 I	16 10 <sup>6</sup> ans	< 0,3	< 0,6	< 1,2	< 0,4	< 0,2	< 0,4	< 0,4	< 0,3
131 I	8,0 jours	< 3,6	< 12	-	-	-	-	-	-
134 Cs	2,1 ans	< 1,2	< 3,0	< 3,2	< 5,0	< 1,6	< 2,0	< 2,0	< 1,5
137 Cs	30,0 ans	< 1,4	< 3,0	< 3,2	< 5,6	< 1,6	< 2,0	< 2,0	< 1,6
154 Eu	8,6 ans	< 0,94	< 2,4	< 2,4	< 4,0	< 1,6	< 1,6	< 1,6	< 1,2
241 Am	437,7 ans	< 1,4	< 3,0	< 2,4	< 4,8	< 1,6	< 2,0	< 2,0	< 1,6
Radionucléides NATURELS									
226 Ra max	235U-238U	< 26	< 64	< 64	< 104	< 40	< 40	< 40	< 28
214 Pb (= 226Ra min)	Ch. 238U	< 3,0	< 8,0	< 8,0	< 12	< 5,0	< 4,5	< 4,5	< 3,6
210 Pb	Ch. 238U	< 20	< 48	< 48	< 80	< 26	< 28	< 28	< 20
228 Ac	Ch. 232Th	< 7,6	< 20	< 20	< 24	< 13	< 12	< 12	< 12
212 Pb	Ch. 232Th	< 2,0	< 5	< 4,8	< 8	< 5,2	< 2,8	< 3,2	< 2,5
235 U max	Ch. 235U	< 0,33	< 1,6	< 1,6	< 4	< 8,0	< 0,80	< 1,2	< 0,8
40 K	1,3 10 <sup>9</sup> ans	2190 ± 190	2800 ± 250	1900 ± 170	2000 ± 180	1750 ± 150	2200 ± 200	2600 ± 228	1530 ± 140
7 Be	53,2 jours	13 ± 6	88 ± 17	< 80	< 140	< 50	< 32	< 36	< 35

Tableau 12: Résultats des analyses de gibiers collectés en octobre 2012

<b>IDENTIFICATION DES ECHANTILLONS</b>			
n° d'enregistrement interne	061012-CSA-03	061012-CSA-04	
Catégorie	Gibier	Gibier	
Dénomination ou [Genre - espèce]	<b>Renard</b>	<b>Blaireau</b>	
<b>Prélèvement</b>			
Date	04/10/12	04/10/12	
Nom du cours d'eau / mer / Océan ...			
Lieu (commune) ou site	Soulaines	Soulaines	
Département	10	10	
<b>EXPRESSION DES RESULTATS</b>			
Date de référence	04-oct-12	04-oct-12	
Unité	Bq/kg brut	Bq/kg brut	
<b>RESULTATS DES ANALYSES PAR SPECTROMETRIE GAMMA</b>			
<b>Comptage</b>			
n° de manipulation		<b>7385</b>	<b>7384</b>
Temps de comptage actif (s)		131 896	99 149
Géométrie (en cc)		500	500
Masse de l'échantillon conditionné (g)		499,1	498,2
âge de l'échantillon (jours)		80	79
âge du conditionnement (jours)		1	0
Psec / Pfrais		-	-
Fraction analysée		Chair (muscle)	Chair (muscle)
Etat du conditionnement		brut	brut
Densité analysée		1,00	1,01
<b>Radionucléides ARTIFICIELS</b>			
57 Co	271,8 jours	< 0,2	< 0,2
58 Co	70,8 jours	< 0,5	< 0,5
60 Co	5,3 ans	< 0,3	< 0,3
106 Ru-Rh(*)	373 jours	< 6,0	< 6,0
108mAg	418 ans	< 0,3	< 0,3
110m Ag	250 jours	< 0,4	< 0,4
129 I	16 10 <sup>6</sup> ans	< 0,3	< 0,4
131 I	8,0 jours	-	-
134 Cs	2,1 ans	< 0,3	< 0,3
137 Cs	30,0 ans	< 0,3	<b>0,71 ± 0,20</b>
154 Eu	8,6 ans	< 0,4	< 0,4
241 Am	437,7 ans	< 0,4	< 0,4
<b>Radionucléides NATURELS</b>			
226 Ra max	235U-238U	< 8,0	< 10
214 Pb (= 226Ra min)	Ch. 238U	< 0,8	< 0,9
214 Bi	Ch. 238U	< 0,9	< 0,9
210 Pb	Ch. 238U	< 5,1	< 5,0
228 Ac	Ch. 232Th	< 0,9	< 1
212 Pb	Ch. 232Th	< 5,2	< 5,1
<b>40 K</b>	<b>1,3 10<sup>9</sup> ans</b>	<b>110 ± 11</b>	<b>90 ± 10</b>
7 Be	53,2 jours	< 5,6	< 6,0

Tableau 13: Résultats des analyses des poissons pêchés dans l'étang de la Ville-aux-bois en septembre 2012.

<b>IDENTIFICATION DES ECHANTILLONS</b>					
n° d'enregistrement interne	061012-CSA-01	061012-CSA-01	061012-CSA-02	061012-CSA-02	
Catégorie	Poisson	Poisson	Poisson	Poisson	
Dénomination ou [Genre - espèce]	<b>Tanche</b>	<b>Tanche</b>	<b>Carpe</b>	<b>Carpe</b>	
<b>Prélèvement</b>					
Période de la récolte	sept- 2012	sept- 2012	sept- 2012	sept 2012	
Code de station					
Nom du cours d'eau / mer / Océan ...	Etang	Etang	Etang	Etang	
Lieu (commune) ou site	Ville-aux-bois	Ville-aux-bois	Ville-aux-bois	Ville-aux-bois	
Département	10	10	10	10	
Localisation (détail)					
Lambert II étendu X (km)	774,492	774,492	774,492	774,492	
Lambert II étendu Y (km)	2381,14	2381,14	2381,14	2381,14	
distance / l'exutoire (km)	1,7	1,7	1,7	1,7	
<b>EXPRESSION DES RESULTATS</b>					
Date de référence	15-sept-12	15-sept-12	15-sept-12	15-sept-12	
Unité	Bq/kg frais	Bq/kg frais	Bq/kg frais	Bq/kg frais	
<b>RESULTATS DES ANALYSES PAR SPECTROMETRIE GAMMA</b>					
<b>Comptage</b>					
n° de manipulation	<b>7376</b>	<b>7380</b>	<b>7379</b>	<b>V20296</b>	
Temps de comptage actif (s)	172209	84121	85241	88365	
Géométrie (en cc)	500	50	500	50	
Masse de l'échantillon conditionné (g)	500,9	49,8	502,2	51,5	
âge de l'échantillon (jours)	69,54	74	43	75	
âge du conditionnement (jours)	2	6	5	7	
Psec / Pfrais	-	-	-	-	
Fraction analysée	<b>Chair</b>	<b>Viscères</b>	<b>Chair</b>	<b>Viscères</b>	
Etat du conditionnement	Frais	Frais	Frais	Frais	
Densité analysée	1,00	0,99	1,01	1,00	
<b>Radionucléides ARTIFICIELS</b>					
57 Co	271,8 jours	< 0,2	< 0,8	< 0,2	< 0,7
58 Co	70,8 jours	< 0,5	< 3,2	< 0,5	< 3,0
60 Co	5,3 ans	< 0,4	< 1,6	< 0,3	< 1,5
106 Ru-Rh(*)	373 jours	< 5	< 32	< 4	< 30
108mAg	418 ans	< 0,2	< 1,2	< 0,3	< 1,2
110m Ag	250 jours	< 0,3	< 1,6	< 0,3	< 1,2
129 I	16 10 <sup>6</sup> ans	< 0,3	< 1,2	< 0,4	< 1,2
131 I	8,0 jours	-	-	-	-
134 Cs	2,1 ans	< 0,3	< 1,6	< 0,3	< 1,4
137 Cs	30,0 ans	< 0,3	< 1,6	< 0,3	< 1,4
154 Eu	8,6 ans	< 0,3	< 1,4	< 0,4	< 1,4
241 Am	437,7 ans	< 0,3	< 1,6	< 0,4	< 1,4
<b>Radionucléides NATURELS</b>					
234 Th	Ch. 238U	-	-	-	-
226 Ra max	235U-238U	< 7,0	< 40	< 8,0	< 35
214 Pb (= 226Ra min)	Ch. 238U	< 0,8	< 4,0	< 0,9	< 2,9
214 Bi	Ch. 238U	< 0,8	< 4,8	< 1,0	< 5,0
210 Pb	Ch. 238U	< 6,0	< 24	< 6,0	< 22
228 Ac	Ch. 232Th	< 1,6	< 10	< 2,0	< 10
212 Pb	Ch. 232Th	< 0,5	< 2,8	< 0,6	< 2,9
235 U max	Ch. 235U	< 1,6	< 8,0	< 2,0	< 6,0
<b>40 K</b>	<b>1,3 10<sup>9</sup> ans</b>	<b>116 ± 11</b>	<b>65 ± 22</b>	<b>117 ± 15</b>	<b>102 ± 39</b>
7 Be	53,2 jours	< 4	< 32	< 4,0	< 36

## 2.5 Les vignobles

### 2.5.1 Remarques concernant les prélèvements, le traitement et analyses

Les investigations réalisées en 2007, ont été reconduites dans les deux vignobles situés à environ 18 km au sud CSA. Il s'agit de :

- l'Etablissement MOUJIN situé à Saulcy,
- l'Etablissement COURTILLIER situé à Colombé-la-Fosse,

Les prélèvements ont été réalisés le 13 septembre 2012 en début de la période des vendanges.

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

**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 clarifié obtenu est analysée par spectrométrie gamma (500 ml), une seconde 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).



Photo 5 : prélèvement de sol et de raisins le 19 septembre 2012 à Saulcy.

## 2.5.2 Résultats détaillés

Tableau 14: Résultats des analyses des produits du vignoble récoltés en septembre 2012

<b>IDENTIFICATION DES ECHANTILLONS</b>							
n° d'enregistrement interne		120913-CSA-01	120913-CSA-02	120913-CSA-02	120913-CSA-03	120913-CSA-04	120913-CSA-04
Catégorie		sols	Raisin	Raisin	sols	Raisin	Raisin
Dénomination ou [Genre - espèce]		<b>Terre de surface</b>	<b>Pinot noir (Jus)</b>	<b>Pinot noir (marc)</b>	<b>Terre de surface</b>	<b>Chardonnay (Jus)</b>	<b>Chardonnay (marc)</b>
<b>Prélèvement</b>							
Date		13-sept-12	13-sept-12	13-sept-12	13-sept-12	13-sept-12	13-sept-12
Code de station		<b>V2</b>	<b>V2</b>	<b>V2</b>	<b>V1</b>	<b>V1</b>	<b>V1</b>
Lieu (commune) ou site		<b>Colombey-la-Fosse</b>	<b>Colombey-la-Fosse</b>	<b>Colombey-la-Fosse</b>	<b>Saulcy</b>	<b>Saulcy</b>	<b>Saulcy</b>
Département		10	10	10	10	10	10
Localisation (détail)		vignoble	vignoble	vignoble	vignoble	vignoble	vignoble
<b>EXPRESSION DES RESULTATS</b>							
Date de référence		13-sept-12	13-sept-12	13-sept-12	13-sept-12	13-sept-12	13-sept-12
Unité		Bq/kg sec	Bq/L	Bq/kg sec	Bq/kg sec	Bq/L	Bq/kg sec
<b>RESULTATS DES ANALYSES PAR SPECTROMETRIE GAMMA</b>							
<b>Comptage</b>							
n° de manipulation		<b>7387</b>	<b>7301</b>	<b>7369</b>	<b>7388</b>	<b>7300</b>	<b>7370</b>
Temps de comptage actif (s)		86136	86560	80557	118515	79887	145191
Géométrie (en cc)		61	500	61	61	500	61
Masse de l'échantillon conditionné (g)		63,3	538,9	43,4	72,2	548,8	43,9
âge de l'échantillon (jours)		104	13	85	105	12,4	87
Psec / Pfrais		76,9%	-	29,0%	80,9%	-	25,8%
Fraction analysée		<200µm	filtrat < 50µm	marc	<200µm	filtrat < 50µm	marc
Etat du conditionnement		sec	liquide	sec	sec	liquide	sec
Densité analysée		1,04	1,08	0,69	1,18	1,10	0,72
<b>Radionucléides ARTIFICIELS</b>							
57 Co	271,8 jours	< 0,6	< 0,2	< 0,7	< 0,5	< 0,2	< 0,5
58 Co	70,8 jours	< 3,2	< 1,5	< 4,0	< 2,5	< 0,5	< 2,5
60 Co	5,3 ans	< 1,2	< 0,4	< 1,7	< 0,9	< 0,5	< 1,2
106 Ru-Rh(*)	373 jours	< 24	< 6	< 32	< 19	< 6	< 24
108mAg	418 ans	< 1,2	< 0,2	< 1,5	< 0,8	< 0,2	< 0,9
110m Ag	250 jours	< 1,6	< 0,3	< 1,8	< 1,2	< 0,3	< 1,6
129 I	16 10 <sup>6</sup> ans	-	< 0,4	< 0,3	-	< 0,4	< 0,4
131 I	8,0 jours	-	< 0,8	-	-	< 0,8	-
134 Cs	2,1 ans	< 1,1	< 0,3	< 1,6	< 1,1	< 0,3	< 1,2
137 Cs	30,0 ans	<b>9,9 ± 1,2</b>	< 0,3	< 1,6	<b>6,9 ± 0,9</b>	< 0,3	< 1,2
154 Eu	8,6 ans	< 0,9	< 0,3	< 1,2	< 1,1	< 0,3	< 0,9
241 Am	437,7 ans	< 1,6	< 0,4	< 1,6	< 1,2	< 0,4	< 1,2
<b>Radionucléides NATURELS</b>							
226 Ra max	235U-238U	38 ± 9	< 8	< 30	61 ± 7	< 8	< 28
214 Pb (= 226Ra min)	Ch. 238U	55 ± 5	-	-	67 ± 6,0	-	-
210 Pb	Ch. 238U	53 ± 10	< 6	< 24	61 ± 8	< 6	< 20
228 Ac	Ch. 232Th	42 ± 6	< 2	< 9	54 ± 6	< 2	< 8
40 K	1,3 10 <sup>9</sup> ans	<b>490 ± 47</b>	<b>32 ± 5</b>	<b>680 ± 70</b>	<b>600 ± 50</b>	<b>42 ± 6</b>	<b>570 ± 50</b>
7 Be	53,2 jours	< 40	< 3	< 35	< 30	< 3	< 25
<b>RESULTATS DES AUTRES ANALYSES (RADIOACTIVITE &amp; PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES)</b>							
n° d'enregistrement interne			120913-CSA-02			120913-CSA-04	
fraction analysée			KZ01			KZ02	
<b>Paramètre</b>	unité		distillat			distillat	
Tritium libre (HTO)	Bq/L		< 6			< 6	

## 2.6 Implantation des mousses aquatiques exogènes

### 2.6.1 Remarques concernant les prélèvements, implantation, collecte, traitement et analyses

- Les mousses aquatiques ont été collectées le 27 mai 2013 au lac de Rabodange (Orne).
  - ↳ Une aliquote est écartée pour analyse par spectrométrie gamma, afin de mesurer le « bruit de fond » de référence,
- L'implantation a eu lieu du 29 mai au 3 juillet 2013 (35 jours) dans les Noues-d'Amance en 3 sites : amont, aval direct (déversoir) et aval 2 km (pont de la D24).
  - ↳ Les implants, par lots de 80 g, sont conditionnés dans des paniers lestés puis immergés aux stations choisies. Au total, 240 g de matière fraîche sont nécessaires par site pour le besoin analytique.
- Seuls 2 implants sur 3 ont pu être récupérés suite à la perte totale du contenu des filets immergés sous le pont de la D24 (aval 2 km), conséquence du fort débit du cours d'eau. De même, compte tenu de la faible matière biologique récupérée dans le premier implant (amont), seule une analyse qualitative a pu être réalisée.

#### Au laboratoire :

- Les mousses aquatiques sont rincées plusieurs fois à l'eau courante afin d'ôter les dernières traces de sédiment puis égouttées et séchées en étuve ventilée (température < 60 °C). Le produit sec est ensuite réduit en poudre afin d'être conditionné dans une géométrie de comptage de type pétri (61 ml).

Pour les deux échantillons dont la quantité de matière était suffisante, il a été réalisé une recherche et un dosage des émetteurs gamma (naturels et artificiels). Seule une analyse qualitative a pu être effectuée sur l'échantillon n°2 faute de quantité suffisante.



Photo 6 : Site de prélèvement des mousses aquatiques (Rabodange, dpt 61) et détail d'un échantillon de Bryophyte.



## 2.6.2 Résultats détaillés

Tableau 15: Résultats des analyses des mousses aquatiques (Bryophytes)

<b>IDENTIFICATION DES ECHANTILLONS</b>				
n° d'enregistrement interne	130527-CSA-01	130527-CSA-03	130527-CSA-02	
Catégorie	Bryophytes	Bryophytes	Bryophytes	
Dénomination ou [Genre - espèce]	<i>R. riparioides</i>	<i>R. riparioides</i>	<i>R. riparioides</i>	
<b>Prélèvement</b>				
Date	27 mai 2013	3 juillet 2013	3 juillet 2013	
Code de station	<b>REFERENCE</b>	<b>Déversoir (S3)</b>	<b>amont</b>	
Nom du cours d'eau / mer / Océan ...	Orne	Noues d'Amances	Noues d'Amances	
Lieu (commune) ou site	Rabodange	CSA	CSA	
Département	61	10	10	
Localisation (détail)	Aval du lac			
Lambert II étendu X (km)	406,339	772,754	772,488	
Lambert II étendu Y (km)	2424,192	2380,684	2379,856	
distance / l'exutoire (km)		0	-600m	
Date de référence	27/05/13	3/07/13	3/07/13	
Unité	Bq/kq sec	Bq/kq sec	Bq/kq sec	
<b>Comptage</b>				
n° de manipulation	<b>7594</b>	<b>7593</b>	<b>7591</b>	
Temps de comptage actif (s)	221584	172667	172033	
Géométrie (en cc)	61	61	-	
Masse d'échantillon sec (g)	23,4	17,7	5,2	
âge de l'échantillon (jours)	54	17	15	
âge du conditionnement (jours)	20	7	0	
Psec / Pfrais	28%	14%	15%	
Fraction analysée	entière	entière	entière	
Densité analysée	0,38	0,29	-	
<b>Radionucléides ARTIFICIELS</b>			<b>qualitatif (*)</b>	
57 Co	271,8 jours	< 0,8	< 1,1	ND
58 Co	70,8 jours	< 2,7	< 2,8	ND
60 Co	5,3 ans	< 1,8	< 2,4	ND
106 Ru-Rh(*)	373 jours	< 32	< 40	ND
108m Ag	418 ans	< 1,4	< 2,0	ND
110m Ag	250 jours	< 1,9	< 2,4	ND
129 I	16. 10 <sup>16</sup> ans	< 2,2	< 3,6	ND
131 I	8,0 jours	-	< 8	ND
134 Cs	2,1 ans	< 1,6	< 2,4	ND
137 Cs	30,0 ans	<b>2,3 ± 0,9</b>	<b>2,2 ± 1,4</b>	ND
154 Eu	8,6 ans	< 1,6	< 2,1	ND
241 Am	437,7 ans	< 2,0	< 2,4	ND
<b>Radionucléides NATURELS</b>				
<b>226 Ra max</b>	235U-238U	47 ± 18	29 ± 24	-
214 Pb	Ch. 238U	34 ± 4	16 ± 4	-
210 Pb	Ch. 238U	29 ± 14	< 40	-
228 Ac	Ch. Th232	32 ± 7	26 ± 9	-
212Pb	Ch. Th232	18 ± 2	21 ± 3	-
40 K	1,3 10 <sup>9</sup> ans	341 ± 40	141 ± 38	D
7 Be	53,2 jours	207 ± 24	105 ± 16	D

(\*) Faute de quantité suffisante, seule une analyse qualitative est réalisée sur l'échantillon.

« ND » : Non Décelé : lorsque le radioélément n'a pas été décelé,

« D » : Décelé : lorsque le radioélément est décelé.

## 2.7 Les produits de la ruche

### 2.7.1 Remarques concernant les prélèvements, le traitement et analyses

Pour la première année du suivi, deux sites d'implantation de ruches sont étudiés : le premier situé à Ville-aux-bois, le second à la Chaise, dans un sous-bois proche de l'entrée du site CIREs (TFA).

Les produits ont été prélevés par leur propriétaire puis transférés au laboratoire de l'ACRO. Le pollen et la propolis récoltés régulièrement durant la saison d'été ont été conservés au congélateur jusqu'à leur comptage.

#### 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.
- Une fraction des échantillons de Miel et de Pollen sont expédiés au laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE). La méthode de détermination du tritium organiquement lié est la même que pour le couvert végétal, décrite au chapitre 2.3.1.



Photo 7 : Ruche installée dans la commune de Ville-aux-Bois



Photos 8 : A gauche, piège permettant de récupérer le pollen à l'entrée d'une ruche ; A droite, échantillons de miel et de pollen récoltés dans les ruches situés sur la commune de la Chaise.

## 2.7.2 Résultats détaillés

Tableau 16 : Résultats des analyses des produits apicoles récoltés en 2012

<b>IDENTIFICATION DES ECHANTILLONS</b>				
n° d'enregistrement interne	120913-CSA-05	120913-CSA-06	120913-CSA-07	120913-CSA-08
Catégorie	Produit apicole	Produit apicole	Produit apicole	Produit apicole
Dénomination ou [Genre - espèce]	<b>Pollen</b>	<b>Miel</b>	<b>Propolys</b>	<b>Miel</b>
<b>Prélèvement</b>				
Période de la récolte	juillet 2012	juillet 2012	juin à sept 2012	août 2012
Code de station	<b>R2</b>	<b>R2</b>	<b>R2</b>	<b>R1</b>
Lieu (commune) ou site	La chaise	La chaise	La chaise	Ville-aux-bois
Département	10	10	10	10
Localisation (détail)	face entrée TFA	face entrée TFA	face entrée TFA	jardin J1
Lambert II étendu X (km)	772,679	772,679	772,679	774,295
Lambert II étendu Y (km)	2376,48	2376,48	2376,48	2381,266
<b>EXPRESSION DES RESULTATS</b>				
Date de référence	15-juil-12	15-juil-12	15-sept-12	15-aout-12
Unité	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg
<b>RESULTATS DES ANALYSES PAR SPECTROMETRIE GAMMA</b>				
<b>Comptage</b>				
n° de manipulation	<b>7304</b>	<b>7305</b>	<b>7404</b>	<b>7306</b>
Temps de comptage actif (s)	223437	121417	86911	87974
Géométrie (en cc)	500	500	61	500
Masse de l'échantillon conditionné (g)	384,8	736,5	44,5	694,0
âge de l'échantillon (jours)	76	18,4	35	20
âge du conditionnement (jours)	0	2	0	0
Fraction analysée	entier	entier	entier	entier
Etat du conditionnement	brut	brut	brut	brut
Densité analysée	0,77	1,47	0,72	1,39
<b>Radionucléides ARTIFICIELS</b>				
57 Co	271,8 jours	< 0,2	< 0,2	< 0,2
58 Co	70,8 jours	< 0,5	< 0,3	< 0,3
60 Co	5,3 ans	< 0,3	< 0,2	< 0,3
106 Ru-Rh(*)	373 jours	< 6	< 3,2	< 4,4
108mAg	418 ans	< 0,2	< 0,2	< 0,2
110m Ag	250 jours	< 0,3	< 0,2	< 2,0
129 I	16. 10 <sup>16</sup> ans	< 0,3	< 0,7	< 0,3
131 I	8,0 jours	-	< 0,9	< 1,2
134 Cs	2,1 ans	< 0,3	< 0,2	< 1,6
137 Cs	30,0 ans	< 0,3	< 0,3	< 1,6
154 Eu	8,6 ans	< 0,3	< 0,2	< 1,2
241 Am	437,7 ans	< 0,3	< 0,4	< 1,2
241 Am	437,7 ans	< 0,3	< 0,4	< 0,4
<b>Radionucléides NATURELS</b>				
234 Th	Ch. 238U	-	-	-
226 Ra max	235U-238U	< 8	< 7	< 30
214 Pb (= 226Ra min)	Ch. 238U	< 0,8	< 0,8	< 3,2
214 Bi	Ch. 238U	< 0,9	< 0,7	< 4,0
210 Pb	Ch. 238U	< 5	< 6	< 20
228 Ac	Ch. 232Th	< 5	< 1,2	< 10
212 Pb	Ch. 232Th	< 0,5	< 0,5	< 2,5
235 U	Ch. 235U	< 2	< 1,2	< 6
40 K	1,3 10 <sup>9</sup> ans	118 ± 11	42 ± 0,6	< 40
7 Be	53,2 jours	< 5	< 2	< 52
7 Be	53,2 jours	< 5	< 2	< 52
<b>RESULTATS DES AUTRES ANALYSES (RADIOACTIVITE &amp; PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES)</b>				
n° d'enregistrement interne	120913-CSA-05	120913-CSA-06		120913-CSA-08
Ech. analysée	POLLEN	MIEL		MIEL
<b>Paramètre</b>	unité			
Hydrogène(H)	% massique	7,34%	7,12%	7,18%
<b>Tritium lié (OBT)</b>	<b>Bq/kg sec</b>	<b>1,05 ± 0,06</b>	<b>0,12 ± 0,02</b>	<b>0,20 ± 0,03</b>

### **3 Matériel, méthodes et expression pour les analyses par spectrométrie gamma et du tritium dans les eaux.**

#### **3.1 Matériel & méthode**

---

##### **3.1.1 Mesure gamma**

La mesure des émetteurs gamma est effectuée à l'ACRO avec une spectrométrie gamma Ortec de type N équipée d'un château de plomb d'épaisseur 10 cm, d'un analyseur « DSPEC » (système d'acquisition numérique) et d'un détecteur au germanium hyper pur de type N (Ortec), d'efficacité 32%, monté dans un cryostat vertical.

La plage d'énergie prise en référence s'étend de 27 à 2000 keV. L'efficacité de référence du détecteur est déterminée à l'aide d'une source liquide multi-radionucléides et d'une source liquide de <sup>133</sup>Ba en tenant compte des phénomènes de sommation de coïncidences qui existent avec ce radionucléide. Les sources employées sont des solutions étalons certifiées.

L'autoabsorption en rapport avec la densité de l'échantillon est prise en compte pour des énergies supérieures à 59 keV selon la méthode semi-empirique basée sur l'assimilation du détecteur à un point. Néanmoins, pour des énergies inférieures à 100 keV, l'autoatténuation dépend de la composition de l'échantillon et les résultats sont donc à considérer avec prudence (<sup>241</sup>Am et <sup>234</sup>Th), particulièrement pour des énergies inférieures à 59 keV du fait de l'absence de correction (<sup>210</sup>Pb).

Pour les échantillons conditionnés en boîte cylindrique de 61 cm<sup>3</sup>, l'approche métrologique est différente. Les efficacités sont obtenues à partir de standards AIEA reconnues (minéral et biologique). Aucune correction d'autoabsorption n'est réalisée.

La bibliothèque de données nucléaires utilisée pour la spectrométrie gamma est celle communiquée par le Bureau National de Métrologie : NUCLEIDE-LARA (version 2010).

##### **3.1.2 Mesure du tritium dans l'eau**

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

Les géométries de comptage employées sont des fioles en polyéthylène bas bruit de fond anti-statique (référence 6000477) distribuées par la société Perkin Elmer.

L'étalonnage est effectué à l'aide d'une solution HTO certifiée et tient compte de l'affaiblissement lumineux (Quenching). Dans tous les cas, cet ensemble est déterminé pour une matrice analogue à celle des échantillons à mesurer. La fenêtre de comptage utilisée pour le mesurage de l'activité volumique du tritium s'étend de 0 à 6,5 keV. Le mouvement propre (ou bruit de fond) est déterminé à l'aide de l'eau de source minérale naturelle « des Abatilles ».

#### **3.2 Expression des résultats**

---

Seules les activités supérieures au seuil de décision sont exprimées ; on se réfère alors à la note technique LNHB/04-13 du 28 avril 2004 pour l'expression des résultats significatifs.

Dans le cas contraire, la limite de détection LD précédée du signe " < " est rapportée. Lorsqu'il n'est pas possible de déterminer une activité massique ou volumique (ou une limite de détection) de manière satisfaisante, les données chiffrées sont remplacées par « - ». La mention « nr » indique que le radionucléide n'a pas été recherché.

L'activité de chaque radionucléide présent dans l'échantillon est exprimée en becquerel (Bq) par kilogramme de matière sèche (kg sec), kilogramme de matière fraîche (kg frais) ou par litre (L) s'il s'agit de liquide. Le résultat est suivi de son incertitude absolue calculée selon la norme NF ENV 13005 (méthode du GUM) pour un intervalle de confiance de 95%. Les limites caractéristiques (seuil de décision, limite de détection) sont calculés selon la norme NF ISO 11929 avec un risque  $\alpha=\beta=2,5\%$ .

Enfin, toute activité exprimée et limite de détection sont rapportées au jour de prélèvement.

## 4 Matériel, méthodes et expression pour les mesures d'irradiation externe (débit de dose)

### 4.1 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. 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.



#### 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 portable à main comme le radiamètre FH40G-L10 seul.

### 4.2 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 60 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 de 60s.

**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 (même appareillage).**