

# ACRO

ASSOCIATION POUR LE CONTRÔLE  
DE LA RADIOACTIVITÉ DANS L'OUEST

2012/2013

## Etude des niveaux de radioactivité dans les environs de la rade de Brest

Etude réalisée à la demande de la **Commission d'Information** auprès des sites d'exploitation des installations nucléaires des ports militaires de Brest et de l'Île Longue

DEMANDE	
Mission	Etude des niveaux de radioactivité dans les environs de la rade de Brest
Demandeur	Commission d'Information auprès des sites d'exploitation des installations nucléaires des ports militaires de Brest et de l'Ile Longue.

REALISATION	
ACRO – Association pour le Contrôle de la Radioactivité dans l'Ouest 138, rue de l'Eglise 14200 HEROUVILLE SAINT CLAIR tél. : 02.31.94.35.34 / fax : 02.31.94.85.31	
Auteurs : G. PIGREE, A. MIGEON, M. JOSSET.	

DOCUMENT	
Date d'édition	10/06/2013
Version	V1
Identification	RAP130515-CIB-v1
Pages (nombre)	36 (hors annexe)

REMARQUE PARTICULIERE	
<b>Rapport final</b>	

# Sommaire

<i>Introduction</i> .....	5
<i>Articulation du rapport</i> .....	6
<i>Remerciements</i> .....	6
<b>Contexte</b> .....	<b>7</b>
<i>Les « INBS » militaires en rade de Brest et leurs rejets</i> .....	7
<i>La surveillance radiologique réglementaire de l’environnement</i> .....	8
Aspects généraux .....	8
Plan de surveillance du LASEM de Brest.....	9
<b>Synthèse / Conclusion</b> .....	<b>10</b>
<b>1. Campagne de mesure des niveaux de radioactivité dans les environs de la rade de Brest</b> .....	<b>12</b>
1.1. <i>Moyens et méthodes</i> .....	12
1.1.1. Milieu marin.....	13
1.1.1.1. Situation géographique : .....	13
1.1.1.2. Matrices et analyses : .....	13
1.1.1.3. Synthèse .....	15
1.1.2. Milieu terrestre .....	16
1.1.2.1. Situation géographique .....	16
1.1.2.2. Matrices et analyses .....	16
1.1.2.3. Synthèse .....	18
1.1.3. Penfeld .....	19
1.1.3.1. Situation géographique .....	19
1.1.3.2. Matrices et analyses .....	19
1.1.3.3. Synthèse .....	19
1.2. <i>Résultats de mesures - commentaires</i> .....	20
1.2.1. Le milieu marin .....	20
1.2.1.1. La faune (mollusques).....	20
1.2.1.2. La flore .....	20
1.2.1.3. Les sédiments .....	21
1.2.1.4. Eau de mer.....	22
1.2.1.5. Synthèse .....	23
1.2.2. Le milieu terrestre.....	24
1.2.2.1. L’eau de pluie .....	24
1.2.2.2. Le couvert végétal .....	24
1.2.2.3. Le sol.....	24
1.2.2.4. Synthèse .....	25
1.2.3. <i>La Penfeld</i> .....	26
1.2.3.1. Les sédiments .....	26
1.2.3.2. L’eau .....	26
1.2.3.3. Synthèse .....	27
<b>2. Evolution de la radioactivité artificielle sur 10 ans</b> .....	<b>28</b>

2.1.	<i>Avant propos</i> .....	28
2.2.	<i>Sédiments marins, césium-137 et cobalt-60</i> .....	29
2.3.	<i>Flore marine (les fucus vésiculeux), iode-131</i> .....	30
2.4.	<i>Huîtres, argent 110 métastable</i> .....	31
2.5.	<i>Eau de mer, tritium</i> .....	33
2.6.	<i>Milieu terrestre, carbone-14</i> .....	33
2.7.	<i>Eau de pluie, tritium et émetteurs gamma artificiels</i> .....	34
2.8.	<i>Couvert végétal, émetteurs gamma artificiels</i> .....	35
	<b>Annexes</b> .....	<b>36</b>

## Introduction

Plusieurs diagnostics ont été entrepris sous l'égide du programme RADE ou du contrat de Baie dans la perspective de restaurer et garantir la qualité des eaux et des milieux, notamment de la grande rade de Brest.

En 2003, l'un de ces diagnostics qu'est le travail engagé par l'ACRO pour le compte de Brest Métropole Océane [BMO] a notamment produit des informations sur les niveaux de la radioactivité dans les environs des ports militaires de Brest et de l'Île Longue. A cette occasion, les constats (et méthodes) ont été croisés avec ceux dressés par le LASEM de Brest en charge, de longue date, de la surveillance réglementaire de l'environnement des installations de la Marine Nationale. Ce travail a constitué une forme d'analyse dite « contradictoire » de la situation radiologique autour des installations militaires.

Dix ans plus tard, les membres de la commission d'information auprès des installations nucléaires des ports militaires de Brest ont souhaité faire procéder à une nouvelle analyse contradictoire des niveaux de la radioactivité de l'environnement, en marge de la surveillance réglementaire exercée par le LASEM de Brest. En réponse, un appel à propositions a été organisé en 2012 par les services de la Marine Nationale et l'ACRO a répondu à celui-ci.

Pour éclairer la commission d'information, l'ACRO a dégagé deux axes de travail complémentaires :

### **D'une part, la réalisation d'une campagne de mesures à partir de prélèvements effectués dans les milieux terrestres et maritimes.**

*L'objectif a d'abord été de mettre à jour les données obtenues en 2003, lesquelles concernaient le milieu maritime aux abords des installations militaires, et pour cela d'investiguer dix ans plus tard les mêmes lieux et matrices.*

*Puis, considérant les limites de la précédente étude, l'objectif a été d'étendre la caractérisation, principalement au milieu terrestre.*

*La démarche retenue s'est appuyée sur l'expérience acquise par le laboratoire de l'ACRO et sur les pratiques habituelles et codifiées pour la constitution des bilans de référence autour d'installations nucléaires. La caractérisation a porté sur des indicateurs biologiques et inertes réputés de longue date, et a très largement fait appel à des mesures par spectrométrie gamma, une technique d'analyse qui permet de doser simultanément de nombreux radionucléides parmi lesquels on retrouve de nombreux éléments pouvant être rejetés par les installations militaires concernées. Enfin, prélèvements et analyses ont été exécutés dans le respect des normes et sous agréments.*

### **D'autre part, la restitution de l'évolution des niveaux de la radioactivité artificielle au cours des dix dernières années.**

*L'objectif a été de préciser de quelle manière ont pu évoluer les niveaux de la radioactivité artificielle autour des installations militaires entre 2002 et 2012, notamment entre les deux études réalisées par l'ACRO.*

*Ce travail s'est appuyé sur les résultats obtenus par le LASEM de Brest, dans le cadre de la surveillance réglementaire qu'il exerce pour le compte de la Marine Nationale. Compte tenu de l'existence de plusieurs dizaines de milliers de données, l'approche a été circonscrite à des lieux, matrices et radionucléides jugés intéressants. A cette occasion, les niveaux de tritium et de carbone-14 dans l'environnement des installations militaires ont été rapportés.*

## Articulation du rapport

Après un rappel succinct de l'activité nucléaire militaire en rade de Brest et de l'organisation de la surveillance réglementaire, en particulier du travail exercé par le LASEM de Brest, le rapport s'articule en deux parties :

**Dans la première partie**, les moyens mobilisés par l'ACRO pour mesurer la radioactivité dans l'environnement concerné sont décrits et les résultats obtenus commentés; le détail des résultats figure en annexe.

**Dans la seconde partie**, l'évolution de la radioactivité artificielle au cours des dix dernières années est présentée à l'aide de profils créés à partir de données issues de la surveillance réglementaire.

## Remerciements

Nous tenons à remercier :

Le Président et les membres de la commission d'information à l'initiative de ce travail.

Le Capitaine de Corvette Stéphane QUERE, chef du bureau de sécurité nucléaire de CECLANT,

Le pharmacien en chef Valérie TREGUER, chef du LASEM, le pharmacien en chef Catherine CADOT, chef du LASEM/LSR pour leur accueil et la mise à disposition des moyens nautiques nécessaire à effectuer les prélèvements au large et tout particulièrement l'équipage du Palangrin II, Maitre Frank ARZEL, Maitre David ROUDAUT et Second Maitre Romain CAUCHY.

L'équipe du LASEM qui s'est montrée particulièrement disponible : M. Guy ROSEC et M. Olivier SENECHAL (laboratoire de mesures), Mme Magali MENEULT et Mme Christine TANGUY (radiochimistes), M. Jean-Jacques MENEZ, M. Philippe MEVEL, M. Daniel HABASQUE (équipe de prélèvement terrestre).

## Contexte

---

### Les « INBS » militaires en rade de Brest et leurs rejets

Siège de la force océanique stratégique (FOST) – composante sous-marine des forces nucléaires -, la grande rade de Brest accueille les deux sites nucléaires du ministère de la Défense, constitués par la base opérationnelle de l'Île Longue et par la base navale de Brest, dans lesquels sont respectivement conduits au profit des sous-marins nucléaires lanceurs d'engins (SNLE) les opérations d'entretien, de maintenance ainsi que de préparation au déploiement pour leur mission de dissuasion, d'une part, et les arrêts techniques majeurs, d'autre part. Le port militaire de Brest peut accueillir également les forces navales de l'OTAN en relâche et apporter son soutien aux autres bâtiments militaires français à propulsion nucléaire, en escale.

Pour réaliser ces opérations d'entretien, plusieurs installations nucléaires de base dites « secrètes » (INBS)<sup>1</sup>, relevant du ministre de la Défense, réparties entre la base opérationnelle de l'Île Longue située dans la presqu'île de Crozon et la base navale de Brest, sont exploitées par la Marine Nationale.

**La base de l'Île Longue**, port base des sous-marins nucléaires lanceurs d'engins (SNLE) français, abrite à la fois l'INBS zone pyrotechnie - où sont réalisés les assemblages finaux des armes nucléaires - et l'INBS zone bassins – où sont réalisées les opérations d'entretien des SNLE.

**La base navale de Brest**, port d'escale et d'entretien, abrite actuellement deux INBS, dont principalement celle du bassin n°8, zone dans laquelle est réalisée l'entretien majeur de SNLE ou de sous-marin nucléaire d'attaque (SNA). La seconde INBS dans laquelle était réalisé jadis l'entretien des SNLE d'ancienne génération, est partiellement démantelée et ne comporte plus aujourd'hui que l'installation individuelle « module de servitude de l'AMIP », à partir de laquelle il est autorisé de réaliser les rejets d'effluents gazeux concertés.

Bien que dites « secrètes », les INBS sont soumises à un régime d'autorisation. Néanmoins, celui-ci n'est pas publié au journal officiel de la République Française compte tenu du caractère sensible des activités qui s'y déroulent.

S'agissant des rejets dans l'environnement, la pratique a toujours été soumise à autorisation. Depuis la parution du Décret n°2007-758 du 10 mai 2007, les demandes d'autorisation de rejets liquides et gazeux et de prélèvements d'eau (DARPE) des INBS sont instruites selon les modalités définies dans l'article R1333-51-1 du code de la défense, et seules les modifications susceptibles d'accroître de manière significative les effets des rejets donnent lieu à enquête publique.

Pour la grande rade de Brest, les autorisations en vigueur au 1<sup>er</sup> septembre 2008 étaient les suivantes<sup>2</sup> :

- Décision 306 DEF/CM.2/CD du 26/01/1994 (non publiée) pour le port de Brest
- Décret DEFX0711019D du 13/02/2008 (non publié) pour la base de l'Île Longue

---

<sup>1</sup> Compte tenu des activités qui y sont conduites et des quantités de matières nucléaires mises en œuvre, les installations nucléaires de Brest et de l'Île Longue sont catégorisées Installations Nucléaires de Base (INB). Elles sont classées Secrètes par décision du Premier Ministre car les opérations qui y sont réalisées justifient une protection particulière contre la prolifération nucléaire, la malveillance ou la divulgation d'informations classifiées. Les périmètres de ces installations sont présentés sur des plans de situation déposés auprès du délégué à la sûreté et à la radioprotection pour les activités et installations intéressant la Défense (DSND), du Secrétariat Général de la Défense et la Sécurité Nationale (SGDSN) et de l'Etat Major des Armées (EMA).

<sup>2</sup> D'après la réponse en date du 9-sept-2008 du DSND à la saisine du Haut Comité pour la Transparence et l'Information sur la Sécurité Nucléaire sur le thème du suivi radio-écologique des INB et de la gestion des anciens sites d'entreposage de déchets.  
[http://www.hctisn.fr/article.php?id\\_article=39&var\\_recherche=3-reponse\\_dsnd](http://www.hctisn.fr/article.php?id_article=39&var_recherche=3-reponse_dsnd)

Ces dernières années, les effluents gazeux comportent principalement du tritium et des isotopes radioactifs de l'iode, et les installations du port de Brest ne contribueraient qu'accessoirement puisqu'il n'y a eu aucun rejet en 2011<sup>3</sup>. Quant aux rejets en mer, ils concernent au moins le tritium. En 2010, 1 GBq (1,07 E+09 Bq) ont été déversés<sup>4</sup>. Pour comparaison, la centrale nucléaire de Flamanville a rejeté la même année 49 400 GBq.

## La surveillance radiologique réglementaire de l'environnement

### Aspects généraux

---

Un parallèle avec l'article 4.2.3 de l'arrêté du 7 février 2012 – *fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base* - permet de définir les objectifs contemporains de la surveillance radiologique réglementaire de l'environnement autour des INBS, lesquels sont de :

- *contribuer à la connaissance de l'état radiologique et radio-écologique de l'environnement de l'installation, et de son évolution ;*
- *contribuer à vérifier que l'impact de l'installation sur la santé et l'environnement, notamment les produits alimentaires, est conforme à l'étude d'impact (ndlr : adossée à la demande d'autorisation de rejets - DARPE) ;*
- *détecter le plus précocement possible une élévation anormale de la radioactivité ;*
- *s'assurer de l'absence de dysfonctionnement de l'installation, entre autres par le contrôle des nappes d'eaux souterraines.*

Pour y parvenir, la Marine nationale dispose de deux types de structures jouant des rôles complémentaires, comme l'expliquent messieurs Donald Jaskierowicz et Stéphane Quéré dans leur article consacré au sujet et paru dans la revue Contrôle de l'ASN en juillet 2010 :

- *des laboratoires d'analyses de surveillance et d'expertise de la marine (LASEM) [...]. Ces laboratoires assurent une surveillance opérationnelle et réglementaire de l'environnement dans les domaines radiologique, chimique et physicochimique. Ils sont plus particulièrement chargés de l'élaboration et de la réalisation des programmes de surveillance radiologique des différents ports.*
- *des services de surveillance radiologique (SSR) pour les ports [...] et un service de protection radiologique du site de l'Île Longue (SPRS). [...] ces services assurent la permanence de la surveillance radiologique de l'environnement et interviennent immédiatement en cas d'événement [...].*

Pour chaque INBS de la Marine, le plan de surveillance est élaboré en tenant compte des spécificités du site et de son environnement, et fait l'objet d'une approbation par l'autorité de synthèse, puis par le DSND (Délégué à la Sûreté Nucléaire et à la radioprotection pour les activités et installations intéressant la Défense).

Après validation les résultats du volet réglementaire de la surveillance sont communiqués au Réseau National de Mesures de la radioactivité de l'environnement (RNM), et le public peut les consulter à l'adresse : <http://www.mesure-radioactivite.fr/public/>

---

<sup>3</sup> Compte-rendu de la réunion du 20 septembre 2012 de la commission d'information auprès des sites d'exploitation des installations nucléaires des ports militaires de Brest et de l'Île Longue. <http://www.ppi.brestilo.pref.gouv.fr/fre/Reunion-du-20-septembre-2012>

<sup>4</sup> <http://livre-blanc-tritium.asn.fr/fichiers/Synthese-inventaire-tritium.pdf>



## Plan de surveillance du LASEM de Brest

---

Le plan global de surveillance élaboré par le LASEM de Brest répond incontestablement aux objectifs contemporains de la surveillance de l'environnement.

Programme d'envergure, il intègre des prélèvements et des analyses en divers points de la rade et du bassin versant, prenant en compte les différents milieux (atmosphérique, terrestre et marin) et usages.

Puis il repose sur une stratégie d'échantillonnage, notamment en terme de nature de matrice, lieux et fréquence, particulièrement adaptée pour tenter de sérier au mieux l'état radio-écologique de l'environnement et son évolution, ainsi que l'incidence des activités nucléaires sur la chaîne alimentaire, particulièrement sur les ressources biologiques marines autour desquelles il existe un fort enjeu en rade.

Cette stratégie, plus particulièrement la fréquence d'échantillonnage retenue pour certaines matrices clés, s'avère également pensée pour détecter le plus précocement possible une élévation anormale de la radioactivité, un dysfonctionnement des installations.

Ces objectifs sont confortés par une politique en matière de sensibilité des analyses qui permet de déceler de très faibles niveaux de radioactivité comme en témoignent les données disponibles sur le Réseau National de Mesures de la radioactivité de l'environnement.

Au rang des aspects singuliers qui donnent de la résonance à la surveillance de l'environnement exercée par le LASEM de Brest, on notera (de façon non exhaustive) :

- *L'analyse de plancton, base de nombreux réseaux trophiques, nourriture des coquillages filtreurs*
- *L'analyse d'humus, milieu d'échanges, substrat nutritif pour les végétaux supérieurs*
- *L'analyse d'ajoncs, plus particulièrement de l'extrémité de ceux-ci, pour appréhender l'accumulation des radioéléments durant la période de pousse*
- *L'analyse régulière de fruits et légumes, de nombreux coquillages et poissons pour appréhender les éventuels retours à l'homme par la chaîne alimentaire*
- *L'analyse des eaux de pluie après passage sur résine échangeuse d'ions pour appréhender les radioéléments métalliques à l'état de traces véhiculés avec l'atmosphère.*
- *Etc.*

## Synthèse / Conclusion

---

La rade de Brest regroupe à ce jour quatre installations nucléaires dites secrètes (INBS), exploitées par la Marine nationale et réparties entre la base navale de Brest et la base opérationnelle de l'Île Longue. Comme pour les autres installations du même type, il existe des rejets dans l'environnement, encadrés sur le plan réglementaire, pouvant comporter des éléments à caractère radioactif.

Mise en place de longue date (2003), la commission d'information auprès des sites d'exploitation des installations nucléaires des ports militaires de Brest et de l'Île Longue, notamment constituée d'élus locaux et de représentants associatifs, a la possibilité d'interroger, d'échanger avec la Marine nationale et de faire réaliser des études et expertises avec pour mission principale l'information du public.

Ce travail répond à la demande de ses membres qui souhaitent bénéficier d'une analyse contradictoire des niveaux de la radioactivité artificielle de l'environnement des installations militaires. Il s'articule en deux parties, distinctes mais complémentaires, visant à connaître la situation radioécologique actuelle dans la rade de Brest et ses environs, ainsi que la tendance observée au cours des dix dernières années.

La première partie s'apparente à des mesures faites essentiellement par spectrométrie gamma, à partir de prélèvements effectués dans les milieux terrestres et marins, mais aussi dans la Penfeld, du 17 au 19 septembre 2012, simultanément à une période de forts coefficients de marée. Elle contribue à mettre à jour le volet maritime d'un précédent état des lieux dressé en 2003 par nos soins. De cette manière, une comparaison dans le temps est possible.

La seconde partie comporte l'examen de nombreuses données issues de la surveillance réglementaire exercée par le LASEM de Brest pour le compte de la Marine nationale. Elle traite des matrices et radionucléides qui avaient conduit à mettre en exergue de la radioactivité artificielle en 2003, du tritium en général, du carbone-14 en milieu terrestre, et de l'incidence des rejets atmosphériques, notamment des conséquences observables à la suite de l'accident nucléaire survenu en 2011 au Japon.

**Pour le volet marin**, préalablement à l'étude d'indicateurs environnementaux – qui ont la propriété de concentrer sélectivement les pollutions – des mesures ont été réalisées directement sur l'eau de mer. Les résultats montrent que ni le tritium, ni les radionucléides artificiels émetteurs gamma ne sont décelables en septembre 2012 au-delà des limites de détection associées aux méthodes d'analyses employées. Pour le tritium, ce constat est également valable ces dernières années comme en attestent les données de la surveillance réglementaire.

Concernant les mollusques, des huîtres développées en certains points de la rade ont été analysées. Dans la continuité des travaux de 2003, une attention particulière a été accordée à l'argent-110 métastable, mis en évidence à l'époque dans la totalité des échantillons investigués, à des teneurs variant de 0,7 à 3,9 Bq/kg sec. En septembre 2012, aucun des échantillons ne témoigne de la présence de ce radioélément, ni de la présence d'autres radionucléides artificiels émetteurs gamma. Comme les données de la surveillance réglementaire le démontrent, l'argent radioactif ne s'observe plus dans les huîtres depuis fin 2004.

Pour les autres mollusques analysés, patelles et coquilles Saint-Jacques, la situation en septembre 2012 n'est pas différente. Aucun radionucléide artificiel émetteur gamma n'est mis en évidence. Dans le cas des patelles, un même constat avait déjà été dressé en 2003.

Concernant la flore marine, des algues brunes, de l'espèce des *fucus serratus*, développées en plusieurs endroits de la rade ont été analysées. Dans la continuité des travaux de 2003, une attention particulière a été accordée à l'iode-131 mis en évidence à l'époque dans les eaux brestoises, dans la limite de 8,2±1,7 Bq/kg sec. En septembre 2012, aucun des échantillons analysés ne témoigne de la présence d'iode radioactif, ni de la présence significative d'autres radionucléides artificiels émetteurs gamma. Pour autant, de l'iode-131 reste fréquemment décelable dans la Penfeld, en amont des installations nucléaires, comme en attestent les données

de la surveillance réglementaire. Dans les fucus vésiculeux de Kervallon, le LASEM de Brest a relevé jusqu'à 500 Bq/kg sec au cours des dix dernières années. Cette situation n'est pas unique. On observe également l'iode-131, au voisinage des grandes agglomérations, dans les milieux aquatiques qui reçoivent les eaux résiduaires traitées ou non. Les pratiques de radiodiagnostic ou de radiothérapie par injection d'une molécule marquée à l'iode radioactif explique ce constat, y compris dans la Penfeld.

Concernant les masses sédimentaires prélevées le long des côtes et dans la rade abri, leur analyse par spectrométrie gamma met en évidence un seul radionucléide artificiel en 2012, du césium-137 dans la limite de 2,7 Bq/kg sec. Qualitativement, cette situation n'est pas différente de celle relevée en 2003, et n'est pas non plus différente de celle observée ces dernières années le long des côtes dans des endroits non perturbés par les rejets industriels. Dans la rade de Brest, le césium-137 trouverait essentiellement ses origines dans les retombées des tirs atomiques aériens et des accidents nucléaires passés. Quantitativement, les teneurs observées sont très faibles, et celles-ci tendraient à diminuer avec le temps comme le suggère l'écart en valeur avec les résultats de 2003.

**Pour le volet terrestre**, préalablement à l'étude du couvert végétal et des sols, les précipitations du moment ont été analysées à partir d'un échantillon constitué, en septembre 2012, dans les conditions de la surveillance réglementaire de la base navale de Brest. Un second échantillon a été prélevé en mai 2013. Les résultats obtenus pas nos soins montrent que ni le tritium, ni les radionucléides artificiels émetteurs gamma ne sont décelables. D'après la surveillance réglementaire, il en est de même ces dernières années autour de l'Île Longue et dans le périmètre de la base navale de Brest si on fait abstraction des résultats des mois de mars et avril 2011 qui témoignent des retombées consécutives à l'accident nucléaire de Fukushima.

Concernant les sols prélevés sous influence des émissaires de rejets gazeux, leur analyse par spectrométrie gamma met en évidence un seul radionucléide artificiel en 2012, du césium-137 dans la limite de 11,4 Bq/kg sec. Qualitativement et quantitativement cette situation n'est pas très différente de celle relevée ailleurs sur le territoire métropolitain, dans des endroits non perturbés par les rejets industriels. Le césium-137 trouverait essentiellement ses origines dans les retombées des tirs atomiques aériens et des accidents nucléaires passés.

Quant au couvert végétal, aucun des prélèvements effectués à différents endroits sous influence des émissaires de rejets gazeux ne témoigne de la présence d'iode radioactif, ni de la présence significative d'autres radionucléides artificiels émetteurs gamma. L'examen des données de la surveillance réglementaire des dix dernières années permet d'avancer que cette situation n'a pas été différente par le passé, sauf au moment de l'accident nucléaire de Fukushima. Comme ailleurs, de l'iode-131 et des césium-134 et 137 ont été observés temporairement, en mars et en avril 2011.

Pour finir, on notera que les contrôles effectués par le LASEM de Brest pour sérier depuis 2004 les niveaux en carbone-14 en milieu terrestre ne mettent pas en évidence d'excès, ni dans les environs de Brest, ni au voisinage des installations de l'Île Longue. Exprimés par kilogramme de carbone, les teneurs en carbone-14 correspondent globalement à la valeur (235 Bq de C-14/kg de C) qui sert de référence ces dernières années pour caractériser les niveaux dans les végétaux terrestres, dans des endroits non perturbés.

**En conclusion**, il ressort des analyses que la situation radioécologique observée en septembre 2012, et plus généralement ces dernières années, en rade de Brest et le long des côtes, n'est pas très différente de celle couramment observée ailleurs, sur le territoire métropolitain, dans des endroits non perturbés par les rejets industriels. L'argent 110 métastable ne s'observe plus dans les mollusques du genre des filtreurs, et ce depuis fin 2004. En mars/avril 2011, l'élévation des niveaux de la radioactivité artificielle dans les eaux de pluie et le couvert végétal est la conséquence des retombées de l'accident nucléaire survenu au Japon. Dans la Penfeld, la présence fréquente d'iode-131 est la conséquence de pratiques médicales. Cette situation n'est pas unique, elle s'observe encore couramment au voisinage de grandes agglomérations.

# 1. Campagne de mesure des niveaux de radioactivité dans les environs de la rade de Brest

---

L'étude radioécologique menée pour le compte de la Commission d'Information auprès des installations nucléaires des ports militaires de Brest, a pour objectif d'évaluer les niveaux de radioactivité dans l'environnement dans les environs de la rade.

Dans cette perspective, il est tenu compte des activités nucléaires militaires présentes dans la rade de Brest (stationnement et entretien des bâtiments à propulsion nucléaire). Il est également pris en considération, d'autres contributions, notamment les pratiques mettant en œuvre des sources dite « non scellées » (recherche, médecine, enseignement...).

En 2003, l'ACRO a établi pour le compte de la Communauté Urbaine de Brest, un « état des lieux » de la radioactivité du bassin versant et de la rade de Brest<sup>5</sup>.

Dix 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.

## 1.1. Moyens et méthodes

Une campagne de prélèvements environnementaux a été organisée simultanément à une période de forts coefficients de marée, du 17 au 19 septembre 2012.

En rade, le long des côtes, les prélèvements marins ont été obtenus au cours d'une pêche à pied durant les basses mers de forts coefficients. Les prélèvements terrestres (couvert végétal, sol) ont été effectués hors périodes de pluie, dans des endroits dégagés.

Pour effectuer les prélèvements en rade « abri » et au large, des moyens nautiques ont été mis à disposition par la Marine nationale.

L'équipe de l'ACRO a été accompagnée sur tous les sites de prélèvement par une équipe du LASEM et chaque échantillon prélevé a été doublé. L'analyse de tous les échantillons prélevés au cours de cette campagne de prélèvement fera l'objet d'une comparaison entre les deux laboratoires.

---

<sup>5</sup> ACRO, 2003, « Etat des lieux » de la radioactivité du bassin versant et de la rade de Brest dans le cadre du contrat de Baie. <http://www.acro.eu.org/rapportCUB03.pdf>

### 1.1.1. Milieu marin

---

#### 1.1.1.1. Situation géographique :

Les lieux investigués correspondent à ceux étudiés en 2003 lors d'une précédente étude. Aussi, sept endroits ont d'abord été examinés:

- (M1) les abords de Brest dans la rade abri
- (M2) l'estuaire de l'Elorn, entre la plage du Moulin Blanc et l'anse de Kerhuon
- (M3) la pointe de l'Armorique, à l'Auberlac'h
- (M4) la baie de Plougastel-Daoulas, à Rostiviec
- (M5) l'estuaire de l'Aulne, vers Landevennec
- (M6) les abords de l'Ile-Longue, du Fret à Rostellec
- (M7) l'anse de Morgat, en Baie de Douarnenez

Différence notable avec la précédente étude, des coquilles Saint-Jacques ont été prélevées. Cette nouvelle station de prélèvement est dénommée M0 et située en rade de Brest.

L'intérêt de ce maillage est de couvrir la rade dans son ensemble et de témoigner également des contributions indépendantes des activités nucléaires militaires situées en rade. C'est pourquoi des prélèvements ont été réalisés le long des côtes de la baie de Douarnenez ou dans les estuaires de l'Aulne et de l'Elorn.

#### 1.1.1.2. Matrices et analyses :

La situation radioécologique du milieu est évaluée grâce à l'association de matrices environnementales inertes (sédiments) ou biologiques (végétaux aquatiques, mollusques...). L'eau est également étudiée (contrairement à l'état des lieux de 2003).

- Les matrices inertes : les sédiments :



**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.

#### Prélèvement :

Le long des côtes, le prélèvement est réalisé par l'intermédiaire d'une pelle et seule la couche sédimentaire supérieure est prélevée (0-5mm d'épaisseur environ) par raclage. Dans la rade abri, les prélèvements sont réalisés à bord d'une embarcation nautique par l'intermédiaire d'une pince Van Veen. L'échantillon est ensuite conditionné dans un récipient plastique à usage unique et à fermeture hermétique et placé au frais.

#### Analyse :

Pour chacun des échantillons prélevés, la **mesure d'émetteurs gamma** (artificiels et naturels) est réalisée. Une **analyse granulométrique** est également effectuée sur chaque échantillon. Cette technique permet de classer et quantifier la population de chaque type de grain en fonction de son diamètre. Les sédiments les plus fins ayant tendance à fixer plus facilement les polluants par adsorption, l'analyse granulométrique aide à comparer les résultats de façon spatio-temporelle.

- Les matrices biologiques : la faune et la flore (algues, huîtres, patelles, noix de Saint Jacques)

**Les matrices biologiques** ont la capacité d'intégrer, mais également de concentrer les pollutions. Ainsi, la teneur d'un contaminant dans l'animal ou la plante peut être supérieure à celle observée dans le milieu.

Les matrices choisies répondent à des critères de disponibilité sur la quasi-totalité des sites de prélèvements. Il s'agit de bio-indicateurs régulièrement utilisés dans le cadre d'études radioécologiques. La diversité des prélèvements sur un même site permet potentiellement d'observer un large panel de contaminants. En effet, ces espèces biologiques ont des affinités sélectives avec des radio-isotopes.



Figure A Algues brunes (*fucus serratus*), patelles (*patella sp.*), coquilles Saint Jacques (*pecten maximus*)

#### Prélèvement :

Le prélèvement est réalisé conformément aux normes NF M 60 780-1 relative au guide général pour l'établissement des programmes d'échantillonnage (bioindicateurs) et NF M 60 780-7 relative au guide général pour l'établissement des programmes d'échantillonnage de bioindicateurs en milieu marin.

Les algues brunes sont collectées manuellement en plusieurs points de leur zone de répartition, généralement située sur le bas estran.

Les patelles et les huîtres sont collectées à la main en plusieurs points de leur zone de répartition, généralement représentée par la zone de balancement des marées (étage médiolittoral).

Les coquilles Saint Jacques sont prélevées par dragage lors d'une pêche en mer à bord de l'embarcation de la Marine Nationale, le Palangrin II.

#### Analyse :

Pour chacun des échantillons prélevés, une **mesure des émetteurs gamma** (artificiels et naturels) est réalisée sur échantillon sec. Des mesures sont également réalisées sur échantillons frais afin d'observer potentiellement des radio-isotopes à vie courte.

- L'eau

**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...

#### Prélèvement :

En règle générale, chaque conteneur est rincé plusieurs fois avec l'eau à prélever et rempli jusqu'à débordement pour éviter la présence de bulles d'air.

#### Analyse :

Pour chacun des échantillons d'eau prélevé, une **mesure par spectrométrie gamma** est réalisée sur le sel après évaporation complète de l'échantillon. Ce protocole permet d'atteindre des limites de détection relativement basses.

L'**analyse du tritium** (hydrogène radioactif) est également systématiquement effectuée après distillation et porte sur le distillat (dans le respect de la norme NF ISO 9698).

### 1.1.1.3. Synthèse

Tableau 1 Détail des prélèvements effectués en rade de Brest au cours de la campagne de septembre 2012

<b>M0</b>	48°20.228'N	4°31.448'W	Rade	le long de la pointe des espagnols	19/09/2012, de 12h00 à 14h00	coquilles St Jacques
	48°22.170'N	4°30.416'W		Point A05	19/09/2012, 10h10	sédiments
<b>M1</b>	48°22.407'N	4°29.640'W	Rade Abri	Point B05	19/09/2012, 10h00	sédiments
	48°21.853'N	4°30.809'W		Point EPI3	19/09/2012, 16h00	eau de mer algues
<b>M2</b>	48°23.60'N	4°24.86'W	Estuaire de l'Elorn	Moulin Blanc	17/09/2012, 12h45	patelles algues
	48°23.96'N	4°22.52'W		Le Gué Fleuri		sédiments
	48°20.320'N	4°24.463'W		Saint Adrien		sédiments eau de mer
<b>M3</b>	48°20.219'N	4°24.803'W	Plougastel Daoulas	L'Auberlach'	17/09/2012, 13h30	patelles huîtres algues
	48°20.893'N	4°19.715'W		Port de Rostiviec	sédiments	
<b>M4</b>	48°20.830'N	4°19.885'W	Rostiviec	Plage de Rostiviec	19/09/2012, 14h00	patelles huîtres algues
	48°17.672'N	4°16.118'W		Port Maria	sédiments	
<b>M5</b>	48°17.590'N	4°15.875'W	Landevennec	Landevennec	18/09/2012, 14h00	patelles algues
	48°17.512'N	4°31.325'W		Rostellec	18/09/2012, 13h15	sédiments eau de mer
	48°17.447'N	4°30.948'W		Proximité Ile Longue	Anse du Frêt	18/09/2012, 12h00
<b>M6</b>	48°17.447'N	4°30.948'W	Proximité Ile Longue	Anse du Frêt	18/09/2012, 12h00	patelles huîtres algues
	48°13.409'N	4°30.034'W		Port de Morgat	18/09/2012, 11h45	sédiments
<b>M7</b>	48°13.744'N	4°25.888'W	Référence, Anse de Morgat	Pointe de l'Aber	18/09/2012, 13h00	eau de mer patelles algues

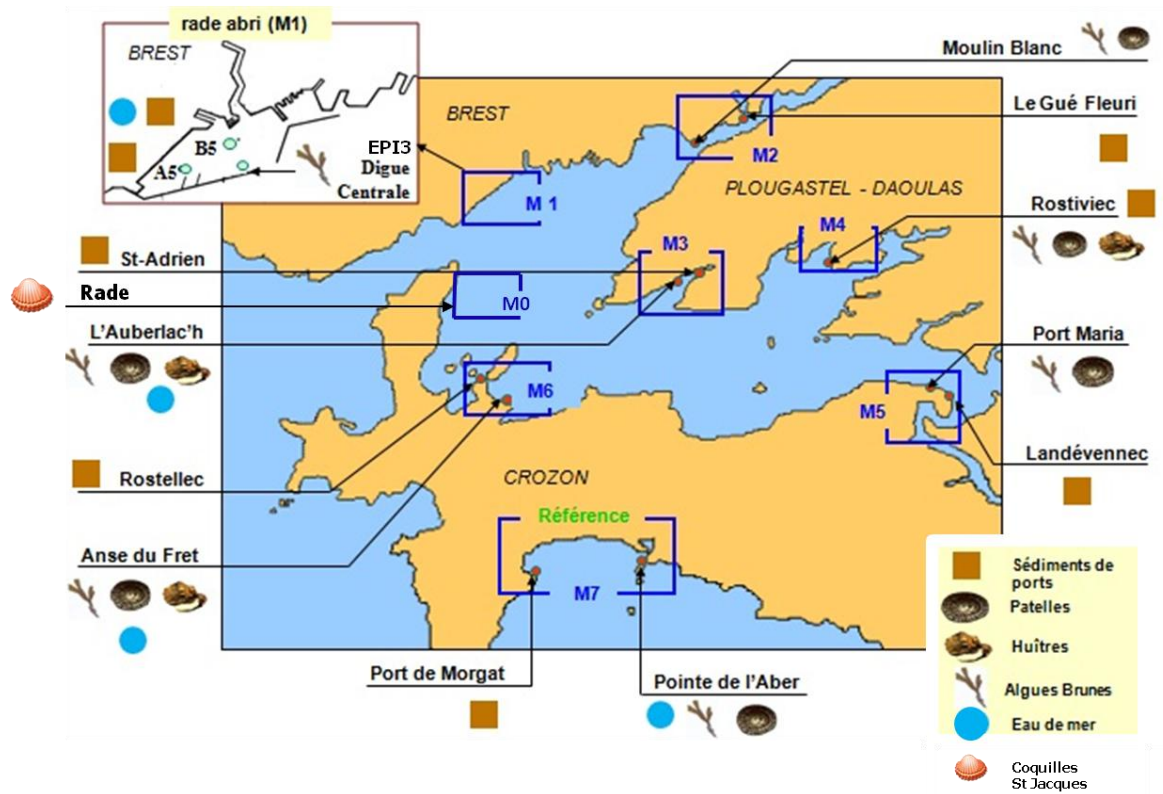


Figure B Localisation et nature des prélèvements effectués en rade de Brest - campagne de septembre 2012

## 1.1.2. Milieu terrestre

### 1.1.2.1. Situation géographique

Pour étudier les conséquences des rejets gazeux des installations nucléaires présentes en rade de Brest, trois sites de prélèvements ont été investigués. Tous sont situés potentiellement sous influence, à une distance inférieure à 4 kilomètres par rapports aux émissaires de rejets gazeux supposés des installations militaires :

- (T1) à proximité immédiate de l'arsenal de Brest, à quelques centaines de mètres, dans les jardins de Kerbonne à Brest. Un autre site, (T1'), situé à proximité, a été choisi pour des raisons techniques sur le toit du LCA.
- (T2) à la pointe de l'Armorique, en direction de Plougastel-Daoulas, soit à environ 4 kilomètres au nord-est de la base de l'île longue
- (T3) dans les environs de la base de l'île longue, à environ 2 kilomètres au sud-ouest vers Rostellec. Un autre site, (T3'), situé à proximité, a été choisi pour des raisons techniques relatives au prélèvement d'eau de pluie.

### 1.1.2.2. Matrices et analyses

- Le couvert végétal



Figure C Prélèvement de couvert végétal – septembre 2012 – station T2, en face de l'Île Longue.

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.

#### Prélèvement :

**Le prélèvement du couvert végétal** est réalisé conformément aux normes NF M 60 780-1 relative au guide général pour l'établissement des programmes d'échantillonnage (bioindicateurs) et NF M 60 780-5 relative au guide général pour l'établissement des programmes d'échantillonnage de bioindicateurs en milieu terrestre.

Les sites choisis sont placés dans des zones relativement homogènes et dégagées. Les prélèvements n'ont pas été réalisés par temps de pluie.



Les parties aériennes de l'écosystème herbacé (feuilles et tiges), situées au-delà de 2 cm au dessus du sol, sont prélevées par l'intermédiaire de ciseaux. Un quadrat d'1 m<sup>2</sup> est utilisé comme surface étalon. L'échantillon est ensuite placé dans un sac plastique perforé puis placé au frais avant traitement.

Analyse :

Pour chaque échantillon de couvert végétal prélevé, une **mesure par spectrométrie gamma** est réalisée rapidement, sur échantillon frais afin de pouvoir observer éventuellement des éléments radioactifs à vie courte.

- L'eau de pluie

Prélèvement :

Les prélèvements d'eau de pluie sont réalisés pendant plusieurs jours à l'aide d'un collecteur de 0,5 m<sup>3</sup> (ce dispositif a été mis à notre disposition par la Marine Nationale).

Analyse :

Pour chaque échantillon d'eau de pluie prélevé, une **mesure des émetteurs gamma** ainsi que la **mesure du tritium** est réalisée (sur échantillon filtré).

- Le sol



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.

Enfin, l'érosion et le lessivage des sols ont une incidence sur le niveau de radioactivité artificielle du milieu aquatique.

*Figure D Prélèvement de sol - réalisé simultanément au prélèvement de couvert végétal - septembre 2012*

Prélèvement :

**Le prélèvement de sol** est réalisé conformément aux normes NF ISO 18589-1 relative au mesurage de la radioactivité dans l'environnement \_ Sol\_ Partie 1 : Lignes directrices générales et définitions et NF ISO 18589-2 relative au mesurage de la radioactivité dans l'environnement \_ Sol\_ Partie 2 : Lignes directrices pour la sélection de la stratégie d'échantillonnage et le prétraitement des échantillons.

Ces prélèvements sont réalisés complémentaires aux prélèvements de couvert végétal.

L'approche retenue pour les prélèvements de sol est l'approche uniforme. Pour chacun des prélèvements, la profondeur prélevée (10 cm hors mât) est la même indépendamment des caractéristiques du sol (distribution généralement non homogène des différentes couches de matières, présence de racines). Le mât (parties végétales situées de 1 cm au dessus du sol et 2 cm en dessous du sol) est retiré.

Le sol est prélevé par l'intermédiaire d'une pelle préalablement nettoyée. Le mât est ensuite retiré avec un couteau in situ. L'échantillon est ensuite placé dans un sac plastique hermétique puis placé au frais avant traitement.

Analyse :

Pour chacun des échantillons prélevés, une **mesure des émetteurs gamma** (artificiels et naturels) sera réalisée sur échantillon sec.

### 1.1.2.3. Synthèse

Tableau 2 Détail des prélèvements effectués dans le domaine terrestre au cours de la campagne de septembre 2012

<b>T1</b>	48°22.567'N	4°30.734'W	Brest	Les jardins de Kerbonne	17/09/2012, 10h40	<b>couvert végétal sol</b>
	48°22.567'N	4°30.734'W		Toit du LSA (T1')	du 1er au 18/09/2013	<b>eau de pluie</b>
<b>T2</b>	48°19.695'N	4°27.091'W	Pointe de l'Armorique		17/09/2012, 15h45	<b>couvert végétal sol</b>
<b>T3</b>	48°17.392'N	4°30.860'W	Presqu'île de Crozon	Le Frêt	18/09/2012, 11h00	<b>couvert végétal sol</b>
	48°16.700'N	4°32.460'W		Kerberlivit (T3')	-	<b>eau de pluie</b>

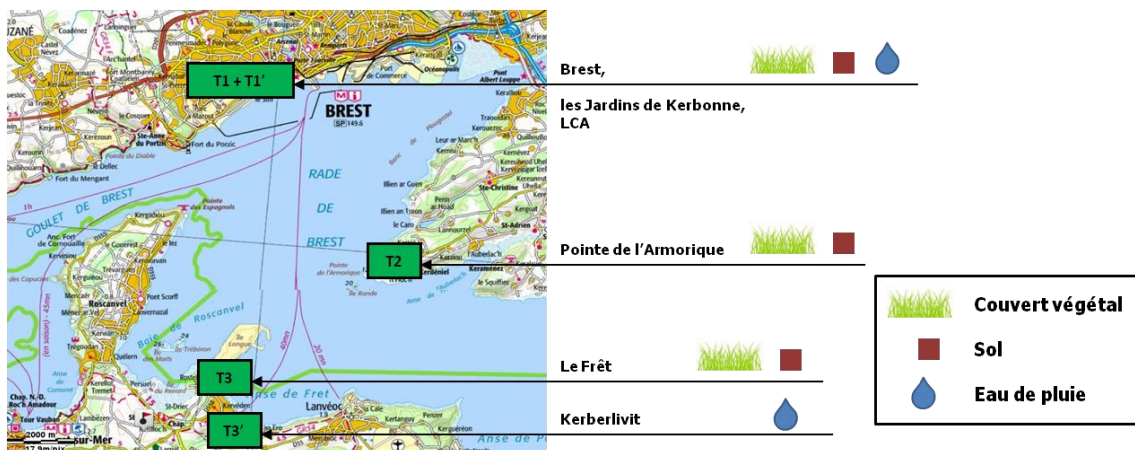


Figure E Localisation et nature des prélèvements effectués dans le domaine terrestre – campagne de septembre 2012

### 1.1.3. Penfeld

#### 1.1.3.1. Situation géographique

Pour étudier au moins qualitativement les conséquences des rejets urbains, deux zones de prélèvements ont été choisies dans cette rivière, en amont (D2) et en aval (D1) de la station d'épuration. Toutes deux correspondent à une zone de mélange entre eau douce et eau de mer.

#### 1.1.3.2. Matrices et analyses

Aux endroits étudiés, des sédiments et de l'eau (ayant un caractère saumâtre) ont été prélevés.

##### Prélèvement :

En aval de la station d'épuration, les échantillons ont été collectés depuis une embarcation nautique, le Palangrin II, comme usuellement pour les besoins de la surveillance réglementaire. Pour les sédiments, une pince Van Veen a été employée et l'eau a été pompée.

Plus en amont, à l'endroit localisé D2, les échantillons ont été collectés depuis la rive à l'aide d'une perche télescopique équipée selon les besoins d'un flacon ou d'un cône en inox.

##### Analyse :

Tous les échantillons ont été analysés par spectrométrie gamma après séchage dans le cas des sédiments, et après concentration par évaporation dans le cas des eaux. S'agissant en partie d'eau de mer, l'évaporation a été réalisée jusqu'à obtention de sel.

Dans le cas des eaux, le tritium a également été dosé après distillation. Les résultats concernent donc la forme libre (HTO).

#### 1.1.3.3. Synthèse

Tableau 3 détail des prélèvements réalisés le long de la Penfeld au cours de la campagne de septembre 2012

<b>D1</b>	48°23.658'N	4°29.961'W	Penfeld Aval STEP	-	19/09/2012, 9h00	<b>eau saumâtre sédiments</b>
<b>D2</b>	48°23.759'N	4°30.720'W	Penfeld Amont STEP	Kervallon	19/09/2012, 10h30	<b>eau saumâtre sédiments</b>

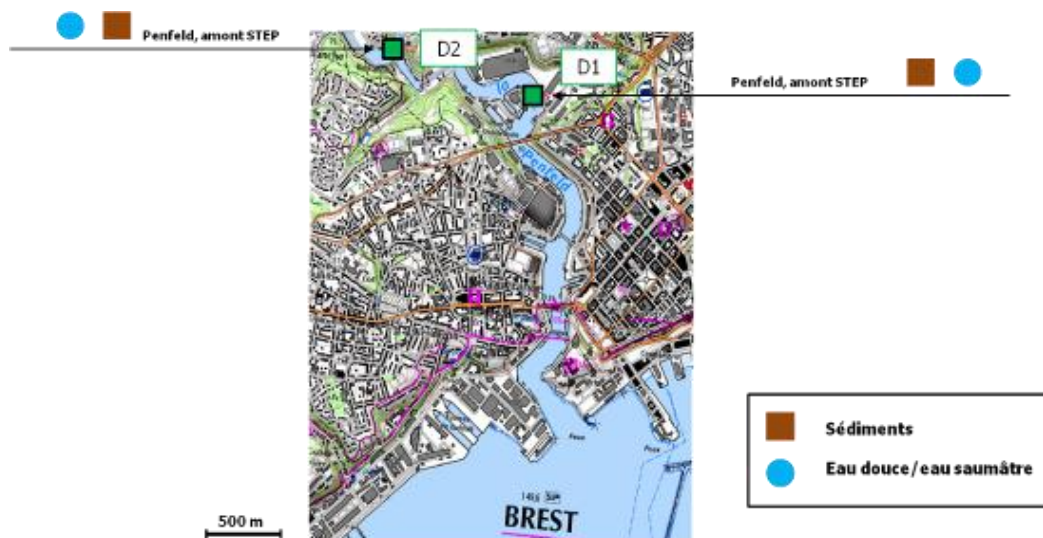


Figure F Localisation et nature des prélèvements effectués le long de la Penfeld - campagne de septembre 2012

## 1.2. Résultats de mesures - commentaires

L'intégralité et le détail des résultats de mesure sont présentés dans les annexes A1 à A6.

### 1.2.1. Le milieu marin

---

#### 1.2.1.1. La faune (mollusques)

Trois types de mollusques sont collectés : des patelles (*patella sp*), des huîtres sauvages (*crassostrea gigas*) ainsi que des coquilles Saint Jacques (*pecten maximus*). Les bio-indicateurs concentrent sélectivement les radionucléides. Par conséquent, choisir plusieurs variétés permet potentiellement d'observer un plus large panel de contaminants.

Les patelles, compte tenu de leur caractère ubiquiste, sont échantillonnées sur la quasi-totalité des sites de prélèvement de la rade de Brest (à l'exception de la rade abri) ainsi que dans la baie de Douarnenez (point de référence).

Les gisements d'huîtres sauvages sont plus restreints. Elles sont prélevées en 3 points : anse de l'Auberlac'h (M3), anse du Fret (M6) et dans la baie de Daoulas (M4).

Les coquilles Saint Jacques sont pêchées, en bateau, dans la rade. L'analyse de ce bio-indicateur n'a pas été effectuée en 2003.

Tous ces bio-indicateurs sont analysés sur échantillon sec par spectrométrie gamma. La totalité des résultats d'analyse est présentée dans les annexes A1, A2 et A3.

- **Radioactivité naturelle**

Les radionucléides naturels fréquemment rencontrés dans les mollusques sont le potassium-40 ( $^{40}\text{K}$ ) et le béryllium-7 ( $^7\text{Be}$ ).

Le potassium-40 est présent dans tous ces échantillons avec des teneurs qui varient de  $296\pm 32$  Bq/kg sec (patelles) à  $489\pm 45$  Bq/kg sec (noix de Saint Jacques).

Le béryllium-7 est décelé uniquement dans les patelles (4/6) avec des activités qui fluctuent de  $25\pm 9$  à  $42\pm 15$  Bq/kg sec.

Tous ces radioéléments sont présents dans les échantillons à des teneurs habituellement rencontrées dans l'environnement et similaires aux niveaux relevés lors de l'étude de 2003.

- **Radioactivité artificielle**

Aucun radionucléide artificiel n'est décelé dans la faune analysée.

En 2003, de l'argent-110 métastable ( $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ) avait été détecté dans les huîtres, à des niveaux variant entre 0,7 et 3,9 Bq/kg de matière sèche. En 2012, ce radio-isotope n'est pas observé au-delà des limites de détection (de 0,8 à 1,2 Bq/kg de matière sèche).

#### 1.2.1.2. La flore

Les algues brunes collectées appartiennent à l'espèce *fucus serratus*. On trouve cette espèce sur la quasi-totalité des côtes de la rade. Des prélèvements ont également pu être réalisés dans la baie de Douarnenez ainsi que dans la digue centrale de l'arsenal de Brest.

Tous les échantillons ont été analysés à l'état sec. Des analyses supplémentaires visant à observer éventuellement des éléments radioactifs à vie courte ont également été réalisées pour deux échantillons (Point M1, prélèvement réalisé sur la digue centrale de la rade abri et M6, point situé à proximité de l'Île Longue).

Toutes les analyses réalisées (par spectrométrie gamma) sont présentées dans l'annexe A4.

- **Radioactivité naturelle**

Les deux radionucléides naturels majoritairement rencontrés sont le potassium-40 ( $^{40}\text{K}$ ) et le béryllium-7 ( $^7\text{Be}$ ).

Le potassium-40 est présent dans tous les échantillons à des teneurs comprises entre  $920\pm 80$  et  $1600\pm 140$  Bq/kg sec.

Le béryllium-7 est détecté dans un échantillon à une activité de  $22,9\pm 2,9$  Bq/kg sec. Pour les autres échantillons, les limites de détection associées sont de l'ordre de la vingtaine de Becquerel.

Tous ces radioéléments sont présents dans les échantillons à des teneurs habituellement rencontrées dans l'environnement et similaires aux niveaux relevés lors de l'étude de 2003.

- **Radioactivité artificielle**

Un seul radionucléide artificiel est observé. Il s'agit du césium-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ), radionucléide dont la période physique est de 30 ans. Il est détecté en un point de prélèvement M5 au niveau de l'estuaire de l'Aulne avec une activité mesurée de  $0,60\pm 0,27$  Bq/kg sec. Il n'est pas mesuré au niveau du point de référence (M7).

Ce radio-isotope n'avait pas été détecté au cours de la campagne de 2003. Il est ponctuellement observé dans les algues prélevées en Normandie avec des activités de l'ordre du becquerel par kilogramme de matière sèche.

L'iode-131, détecté au cours de la campagne de 2003 n'est pas observé dans les échantillons analysés en frais.

### 1.2.1.3. Les sédiments

Les sédiments ont été prélevés en 7 points de la rade de Brest. Un point de prélèvement a été choisi dans la baie de Douarnenez afin de servir de référence. Tous ces sites sont préférentiellement placés dans des zones de calme hydrodynamique (dans les ports essentiellement). La sédimentation des particules les plus fines y est en effet plus importante. La fraction échantillonnée s'apparente par conséquent plus facilement à de la vase qu'à du sable.

Les résultats des analyses par spectrométrie gamma sont présentés dans le tableau 10 de l'annexe A.

- **Radioactivité naturelle :**

La radioactivité naturelle est essentiellement liée au potassium-40 ( $^{40}\text{K}$ ) et aux éléments appartenant aux chaînes de l'uranium-238 ( $^{238}\text{U}$ ) et du thorium-232 ( $^{232}\text{Th}$ ).

Le potassium-40 est présent dans les échantillons prélevés dans la rade de Brest avec des activités comprises entre  $273\pm 25$  et  $538\pm 49$  Bq/kg sec.

Le béryllium-7 est détecté dans un échantillon seulement à une activité de  $14,6\pm 4,1$  Bq/kg sec. Les limites de détection associées pour les autres échantillons sont comprises en 14 et 32 Bq/kg sec.

La chaîne de l'uranium-238 semble à l'équilibre pour tous les échantillons prélevés dans la rade avec des activités de chaîne de l'ordre de 30 Bq/kg.

On note néanmoins un excès en plomb-210 dans les deux échantillons prélevés (de l'ordre de 80 et 70 Bq/kg d'excès respectivement pour les points A05 et B05) dans la zone M1 dans la rade-abri.

La chaîne du thorium-232 semble également à l'équilibre séculaire pour tous les échantillons prélevés dans la rade avec des activités de chaîne comprises entre 20 et 50 Bq/kg sec.

En regard des valeurs obtenues à la station de référence, on constate que les sédiments en rade contiennent plus de radioactivité naturelle. Les différences de granulométrie des échantillons tendent à expliquer ces écarts. En effet, les sédiments prélevés dans l'Anse de Morgat (point M7), ont une teneur en particules fines plus faible.

- **Radioactivité artificielle**

Le seul radionucléide artificiel détecté est le césium-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ). Il est présent dans l'ensemble des échantillons prélevés dans la rade de Brest avec des valeurs comprises entre  $0,48 \pm 0,30$  et  $2,69 \pm 0,37$  Bq/kg sec. Il n'est pas mis en évidence au-delà de la limite de détection dans l'échantillon de référence ( $0,29$  Bq/kg sec).

Il semblerait que la granulométrie des échantillons tend à expliquer les différences. Les échantillons dont les activités en césium-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ) sont les plus élevées sont ceux qui présentent les pourcentages en particules fines les plus importants (tableau A6).

En 2003, les activités mesurées (y compris dans l'échantillon de référence) étaient du même ordre de grandeur, avec globalement la même distribution, mais étaient légèrement plus élevées. Cette diminution globale en 10 ans est probablement à imputer à la diminution de l'activité du césium-137 par décroissance radioactive.

#### **1.2.1.4. Eau de mer**

Quatre prélèvements d'eau de mer ont été réalisés au cours de cette campagne. Trois sont situés dans la rade de Brest et un point est placé dans la baie de Douarnenez (point de référence M7).

Deux types d'analyses ont été réalisés sur ces échantillons.

Une mesure par spectrométrie gamma, réalisée après filtration et évaporation totale de l'eau de l'échantillon, donc sur un échantillon de sel.

Une mesure du tritium libre est réalisée après distillation totale de l'échantillon.

Les résultats d'analyse sont présentés dans le tableau A7 de l'annexe 1.

- **Radioactivité naturelle :**

Seul le potassium-40 ( $^{40}\text{K}$ ) est détecté dans ces échantillons. Les teneurs rencontrées fluctuent entre  $11,1 \pm 1,5$  Bq/L et  $12,7 \pm 1,9$  Bq/L.

Ces valeurs sont cohérentes avec l'activité du potassium-40 ( $^{40}\text{K}$ ) régulièrement évaluée dans l'eau de mer.

- **Radioactivité artificielle :**

Aucun émetteur artificiel gamma n'est observé au-delà de la limite de détection associée à la méthode de mesure.

- **Cas du tritium :**

Dans l'eau de mer, le tritium est naturellement présent à des activités inférieures à 1 Bq/L.

Dans les échantillons analysés, le tritium n'est pas observé au-delà de la limite de détection associée à la méthode de mesure ( $< 7$  Bq/L).

**1.2.1.5. Synthèse**

Tableau 4 Synthèse des teneurs (Bq/kg sec) en radionucléides émetteurs gamma des échantillons collectés le long des côtes de la rade de Brest (algues, patelles, huîtres, noix de Saint Jacques, sédiments) et synthèse des teneurs (Bq/L) en radionucléides émetteurs gamma et tritium des échantillons d'eau de mer collectés.

radionucléide	période	Algues brunes <i>fucus serratus</i> min-max fréquence	Patelles <i>patella sp</i> min-max fréquence	Huîtres <i>crassostrea gigas</i> min-max fréquence	Noix de Saint Jacques min-max fréquence	Sédiments vasières, ports min-max fréquence	Eau de mer min-max fréquence
<b>Radionucléides artificiels émetteurs gamma</b>							
Cobalt-57	271,8 jours	<0,35 (0/6)	<0,6 (0/5)	<0,47 (0/3)	<0,36 (0/1)	<0,5 (0/7)	<0,034 (0/3)
Cobalt-58	70,8 jours	<2,0 (0/6)	<3,3 (0/5)	<3,0 (0/3)	<1,5 (0/1)	<2,3 (0/7)	<0,22 (0/3)
Cobalt-60	5,3 ans	<0,6 (0/6)	<1,3 (0/5)	<1,0 (0/3)	<0,9 (0/1)	<0,6 (0/7)	<0,09 (0/3)
Argent-108m	438 ans	<0,38 (0/6)	<1,0 (0/5)	<0,7 (0/3)	<0,6 (0/1)	<0,5 (0/7)	<0,044 (0/3)
Argent-110m	250 jours	<0,7 (0/6)	<1,4 (0/5)	<1,2 (0/3)	<0,9 (0/1)	<0,8 (0/7)	<0,09 (0/3)
Iode-131	8 jours	<4,1 (0/2)	-	-	-	-	-
Césium-134	2,1 ans	<0,49 (0/6)	<1,3 (0/5)	<1,0 (0/3)	<0,8 (0/1)	<0,5 (0/7)	<0,07 (0/3)
Césium-137	30,0 ans	<b>0,6 (1/6)</b>	<1,4 (0/5)	<1,0 (0/3)	<0,9 (0/1)	<b>0,48 - 2,69 (7/7)</b>	<0,08 (0/3)
Europium-154	8,6 ans	<0,5 (0/6)	<1,0 (0/5)	<0,7 (0/3)	<0,7 (0/1)	<0,9 (0/7)	<0,06 (0/3)
Américium-241	437,7 ans	<0,7 (0/6)	<1,3 (0/5)	<0,9 (0/3)	<0,9 (0/1)	<1,3 (0/7)	<0,046 (0/3)
<b>Radionucléides naturels émetteurs gamma</b>							
Thorium-234	Ch. 238U	-	-	-	-	22-43 (7/7)	-
Protactinium-234m	Ch. 238U	-	-	-	-	58 (1/7)	-
Radium-226 (max)	Ch. 238U	-	-	-	-	43-60 (7/7)	-
Plomb-214	Ch. 238U	-	-	-	-	18,4-28,2 (7/7)	-
Plomb-210	Ch. 238U	-	-	-	-	27-100 (7/7)	-
Actinium-228	Ch. 232Th	-	-	-	-	24,5-47 (7/7)	-
Plomb-212	Ch. 232Th	-	-	-	-	24,9-48,5 (7/7)	-
Uranium-235 (max)	Ch. 235U	-	-	-	-	1,7-2,8 (3/7)	-
Potassium-40	1,3. 10 <sup>9</sup> ans	920-1600 (6/6)	296-399 (5/5)	336-360 (3/3)	489 (1/1)	273-538 (7/7)	11,5-12,7 (3/3)
Beryllium-7	53,2 jours	22,9 (1/6)	25-42 (3/5)	<35 (0/3)	<15 (0/1)	14,6 (1/7)	<2,8 (0/3)
<b>Radionucléides émetteur bêta pur</b>							
Tritium	12 ans	-	-	-	-	-	<7 (0/3)

Note: lorsqu'aucune valeur significative n'est enregistrée pour un radionucléide, c'est la limite de détection la plus élevée qui est rapportée

## 1.2.2. Le milieu terrestre

---

### 1.2.2.1. L'eau de pluie

Deux échantillons d'eau de pluie ont été analysés : le premier, représentatif des précipitations de septembre 2012 sur la base navale de Brest et le second, prélevé à Kerberlivit à proximité de l'anse du Frêt, représentatif des précipitations d'une partie du mois de mai 2013.

Une analyse de tritium et par spectrométrie gamma a été réalisée.

- **Radioactivité naturelle :**

Aucun émetteur naturel gamma n'est observé au-delà de la limite de détection associée à la méthode de mesure pour l'échantillon analysé.

- **Radioactivité artificielle :**

Aucun émetteur artificiel gamma n'est observé au-delà de la limite de détection associée à la méthode de mesure pour l'échantillon analysé.

- **Cas du tritium**

Dans les échantillons analysés, le tritium n'est pas observé au-delà de la limite de détection associée à la méthode de mesure ( $< 7$  Bq/L).

### 1.2.2.2. Le couvert végétal

Trois échantillons de couvert végétal ont été prélevés.

Les analyses ont été réalisées par spectrométrie gamma sur échantillon frais afin d'observer d'éventuels émetteurs gamma de courte période.

Les résultats de mesures sont présentés dans le tableau A11.

- **Radioactivité naturelle :**

Les deux radionucléides naturels rencontrés systématiquement sont le potassium-40 ( $^{40}\text{K}$ ) et le béryllium-7 ( $^7\text{Be}$ ).

Le potassium-40 ( $^{40}\text{K}$ ) est présent dans tous les échantillons à des teneurs comprises entre  $440\pm 50$  et  $1080\pm 120$  Bq/kg sec.

Le béryllium-7 est détecté dans tous les échantillons à des activités variant de  $131\pm 23$  Bq/kg sec à  $250\pm 27$  Bq/kg sec.

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

- **Radioactivité artificielle :**

Aucun émetteur artificiel gamma n'est observé au-delà de la limite de détection associée à la méthode de mesure.

### 1.2.2.3. Le sol

Trois échantillons de sol ont été prélevés simultanément au prélèvement de couvert végétal.

Les analyses ont été réalisées par spectrométrie gamma sur échantillon sec. Les résultats de mesures sont présentés dans le tableau A12.



• **Radioactivité naturelle :**

La radioactivité naturelle est essentiellement liée au potassium-40 (<sup>40</sup>K) et aux éléments appartenant aux chaînes de l'uranium-238 (<sup>238</sup>U) et du thorium-232 (<sup>232</sup>Th).

Le potassium-40 est présent dans les échantillons prélevés dans la rade de Brest avec des activités comprises entre 410±39 et 650±60 Bq/kg sec.

La chaîne de l'uranium-238 semble à l'équilibre pour tous les échantillons prélevés dans la rade avec des activités de chaîne de l'ordre de 50 Bq/kg.

La chaîne du thorium-232 semble également à l'équilibre pour tous les échantillons prélevés dans la rade avec des activités de chaîne comprises entre 40 et 80 Bq/kg sec.

• **Radioactivité artificielle**

Le seul radionucléide artificiel détecté est le césium-137 (<sup>137</sup>Cs). Il est présent dans l'ensemble des échantillons prélevés avec des valeurs comprises entre 3,83±0,49 et 11,4±1,2 Bq/kg sec.

**1.2.2.4. Synthèse**

radionucléide	période	Eau <i>Eau de pluie</i> min-max fréquence	Sol min-max fréquence	Couvert végétal min-max fréquence
<b>Radionucléides artificiels émetteurs gamma</b>				
Cobalt-57	271,8 jours	<0,11 (0/2)	<1,0 (0/3)	<2,0 (0/3)
Cobalt-58	70,8 jours	<0,19 (0/2)	<6 (0/3)	<4,1 (0/3)
Cobalt-60	5,3 ans	<0,11 (0/2)	<1,8 (0/3)	<4,5 (0/3)
Argent-108m	438 ans	<0,9 (0/2)	<1,3 (0/3)	<3,5 (0/3)
Argent-110m	250 jours	<0,12 (0/2)	<2,4 (0/3)	<3,8 (0/3)
Iode-131	8 jours	<4,5 (0/2)	-	-
Césium-134	2,1 ans	<0,11 (0/2)	<1,8 (0/3)	<4,2 (0/3)
Césium-137	30,0 ans	<0,11 (0/2)	<b>3,83-11,4</b> <b>(3-3)</b>	<4,3 (0/3)
Europium-154	8,6 ans	<0,12 (0/2)	<1,5 (0/3)	<4,4 (0/3)
Américium-241	437,7 ans	<0,13 (0/2)	<2,1 (0/3)	<4,5 (0/3)
<b>Radionucléides naturels émetteurs gamma</b>				
Thorium-234	Ch. 238U	-	28-51 (3/3)	-
Protactinium-234m	Ch. 238U	-	53 (1/3)	-
Radium-226 (max)	Ch. 238U	-	61-92 (3/3)	-
Plomb-214	Ch. 238U	-	29,4-44,5 (3/3)	-
Plomb-210	Ch. 238U	-	43-79 (3/3)	-
Actinium-228	Ch. 232Th	-	43,7-85 (3/3)	-
Plomb-212	Ch. 232Th	-	43,0-78 (3/3)	-
Uranium-235 (max)	Ch. 235U	-	<7 (0/3)	-
Potassium-40	1,3. 10 <sup>9</sup> ans	<3,4 (0/2)	410-650 (3/3)	440-1080 (3/3)
Beryllium-7	53,2 jours	<b>0,28</b> (1/2)	<70 (0/3)	131-250 (3/3)
<b>Radionucléides émetteur bêta pur</b>				
Tritium	12 ans	<7 (0/2)	-	-

Note: lorsqu'aucune valeur significative n'est enregistrée pour un radionucléide, c'est la limite de détection la plus élevée qui est rapportée

## 1.2.3. La Penfeld

### 1.2.3.1. Les sédiments

Deux échantillons de sédiments ont été prélevés dans la Penfeld en amont et en aval de la station d'épuration.

Les analyses ont été réalisées par spectrométrie gamma sur échantillons séchés. Les résultats de mesures sont présentés dans le tableau A8.

- **Radioactivité naturelle**

Tous les radionucléides naturels recherchés en routine ont été détectés.

La radioactivité naturelle est essentiellement liée au potassium-40 ( $^{40}\text{K}$ ), au béryllium-7 ( $^7\text{Be}$ ) et aux éléments appartenant aux chaînes de l'uranium-238 ( $^{238}\text{U}$ ) et du thorium-232 ( $^{232}\text{Th}$ ).

Le potassium-40 ( $^{40}\text{K}$ ) est présent dans les deux échantillons prélevés à des activités de  $650\pm 60$  et  $440\pm 40$  Bq/kg sec.

Le béryllium-7 ( $^7\text{Be}$ ) est détecté dans les deux échantillons à des activités de  $34\pm 14$  et  $36\pm 5$  Bq/kg sec.

On note un excès en plomb-210 ( $^{210}\text{Pb}$ ) dans les deux échantillons prélevés (de l'ordre de 200 et 100 Bq/kg d'excès respectivement pour les points aval et amont).

- **Radioactivité artificielle**

Le seul radionucléide artificiel détecté est le césium-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ). Il est présent à des activités de  $2,85\pm 0,44$  et  $2,21\pm 0,36$  Bq/kg sec.

### 1.2.3.2. L'eau

Deux échantillons d'eau ont été prélevés. Une mesure par spectrométrie gamma, réalisée après filtration et évaporation totale de l'eau de l'échantillon (résidu sec).

Une mesure du tritium libre est réalisée après distillation totale de l'échantillon.

Ces résultats d'analyse sont présentés dans le tableau en annexe A9.

- **Radioactivité naturelle :**

Seul le potassium-40 est détecté dans ces échantillons. Les teneurs rencontrées sont  $9,1\pm 1,5$  Bq/L et  $7,8\pm 0,9$  Bq/L.

- **Radioactivité artificielle :**

Aucun émetteur artificiel gamma n'est observé au-delà de la limite de détection associée à la méthode de mesure.

- **Cas du tritium :**

Dans les échantillons analysés, le tritium n'est pas observé au-delà de la limite de détection associée à la méthode de mesure ( $< 7$  Bq/L).

### 1.2.3.3. Synthèse

Tableau 5 Synthèse des teneurs (Bq/kg sec) en radionucléides émetteurs gamma des échantillons de sédiments collectés le long de la Penfeld et synthèse des teneurs (Bq/L) en radionucléides émetteurs gamma et tritium des échantillons d'eau saumâtre collectés

radionucléide	période	Sédiments vasières, ports min-max fréquence	Eau saumâtre min-max fréquence
<b>Radionucléides artificiels émetteurs gamma</b>			
Cobalt-57	271,8 jours	<0,49 (0/2)	<0,026 (0/2)
Cobalt-58	70,8 jours	<2,0 (0/2)	<0,16 (0/2)
Cobalt-60	5,3 ans	<0,6 (0/2)	<0,07 (0/2)
Argent-108m	438 ans	<0,43 (0/2)	<0,044 (0/2)
Argent-110m	250 jours	<0,7 (0/2)	<0,07 (0/2)
Iode-131	8 jours	-	-
Césium-134	2,1 ans	<0,6 (0/2)	<0,05 (0/2)
Césium-137	30,0 ans	<b>2,21-2,85</b> (2/2)	<0,06 (0/2)
Europium-154	8,6 ans	<0,8 (0/2)	<0,048 (0/2)
Américium-241	437,7 ans	<1,1 (0/2)	<0,25 (0/2)
<b>Radionucléides naturels émetteurs gamma</b>			
Thorium-234	Ch. 238U	49-78 (2/2)	-
Protactinium-234m	Ch. 238U	55-93 (2/2)	-
Radium-226 (max)	Ch. 238U	92-116 (2/2)	-
Plomb-214	Ch. 238U	35,9-41,0 (2/2)	-
Plomb-210	Ch. 238U	162-270 (2/2)	-
Actinium-228	Ch. 232Th	31,7-37,0 (2/2)	-
Plomb-212	Ch. 232Th	38,2-43,2 (2/2)	-
Uranium-235 (max)	Ch. 235U	4,2-5,0 (2/2)	-
Potassium-40	1,3. 10 <sup>9</sup> ans	440-650 (2/2)	7,8-9,1 (2/2)
Beryllium-7	53,2 jours	34-36 (2/2)	<1,8 (0/2)
<b>Radionucléides émetteur bêta pur</b>			
Tritium	12 ans	-	<7 (0/2)

Note: lorsqu'aucune valeur significative n'est enregistrée pour un radionucléide, c'est la limite de détection la plus élevée qui est rapportée

## 2. Evolution de la radioactivité artificielle sur 10 ans

---

### 2.1. Avant propos

En complément de l'étude menée, il a été jugé intéressant de retracer l'évolution de la radioactivité artificielle au cours de ces dix dernières années, et de préciser notamment la situation radiologique entre les deux diagnostics réalisés par l'ACRO, le premier ayant eu lieu en 2003.

Dans cette perspective, l'ACRO a sollicité de la Marine Nationale la mise à disposition de données provenant de la surveillance réglementaire que le LASEM de Brest exerce de longue date. Du fait de l'existence de plusieurs dizaines de milliers de données et de l'objectif de ce travail, l'approche a été circonscrite.

Une première sélection s'est opérée en tenant compte des matrices et radionucléides qui avaient conduit à mettre en exergue de la radioactivité artificielle au cours du diagnostic de 2003. C'est pourquoi, sont traités successivement du cas :

- ↳ *du césium-137 et du cobalt-60 dans les sédiments, au voisinage des installations militaires*
- ↳ *de l'iode-131 dans les algues brunes, principalement dans les eaux brestoises*
- ↳ *de l'argent-110 métastable dans les huîtres, aux lieux habituels de surveillance*

Dans le but d'éclairer les membres de la CI sur les niveaux de tritium et de carbone-14 dans l'environnement des installations militaires, une seconde sélection a été opérée pour retracer :

- ↳ *les niveaux du tritium dans les eaux de mer, au voisinage des installations militaires*
- ↳ *les niveaux du carbone-14 en milieu terrestre, aux lieux habituels de surveillance*
- ↳ *les niveaux du tritium dans les eaux de pluie, au voisinage des installations militaires*

Enfin, l'accident nucléaire survenu en 2011 à Fukushima (Japon) ayant eu une incidence conjoncturelle sur les niveaux de la radioactivité artificielle de l'environnement, une troisième sélection a été opérée en tenant compte des matrices impactées par cet évènement. C'est pourquoi, sont traités successivement du cas :

- ↳ *des radionucléides artificiels émetteurs gamma dans les eaux de pluie, notamment dans les environs de l'Ile Longue et de Brest*
- ↳ *des radionucléides artificiels émetteurs gamma dans le couvert végétal, notamment dans les environs de l'Ile Longue et de Brest*

## 2.2. Sédiments marins, césium-137 et cobalt-60

L'eau transporte toutes sortes de matières en suspension (MES), fines particules minérales ou organiques insolubles comme par exemple des fragments de végétaux, provenant de l'érosion des sols, du lessivage des surfaces, etc. Par gravitation, ces matières vont se déposer dans les fonds aquatiques et contribuer à la formation de sédiments. D'un milieu aquatique à l'autre, la taille et la quantité de ces particules varient. On trouvera par exemple des sédiments avec une granulométrie fine dans les zones de calme hydrodynamique comme les lacs, les réservoirs, les ports...

Par ailleurs, les sédiments sont aussi le siège de divers processus de rétention des éléments traces présents dans l'eau. Et les rejets de toutes sortes peuvent contribuer à augmenter le niveau de pollution, notamment par suite 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.

Compte tenu que les sédiments conservent en partie la mémoire des pollutions, ils constituent de ce fait un réservoir pouvant alimenter par la suite des transferts, pouvant contribuer à la contamination de maillons de la chaîne alimentaire comme par exemple les huîtres ou les coquilles Saint-Jacques.

Dans ce contexte, la Marine Nationale s'assure tous les mois de la qualité radiologique des sédiments à six endroits différents de la grande rade, plus particulièrement aux mêmes endroits où est vérifiée la qualité radiologique des eaux de mer. Dans tous les cas, le LASEM procède à la recherche de nombreux radionucléides émetteurs bêta-gamma comme le césium-137, le cobalt-60, etc.

- **Résultats pour ces dix dernières années**

Dans la rade abri et de part et d'autre de l'Île Longue, lieux étudiés, on note avant tout la présence systématique de césium-137 dans la limite de 4,9 Bq/kg sec. Du cobalt-60 est aussi observé aux trois endroits, dans la limite de 1,3 Bq/kg sec, mais de manière très épisodique, préférentiellement au début des années 2000.

Globalement, les niveaux sont très faibles.

Concernant le césium-137, on observe nettement une tendance à la baisse dans la rade abri, laquelle serait visiblement corrélée à la décroissance nucléaire de cet isotope. Ailleurs, dans l'anse du Fret et la baie de Roscanvel, cette tendance est moins évidente. Dans tous les cas, les niveaux sont relativement stables depuis 2005/2006, de l'ordre de 1 Bq/kg sec.

Si la présence de cobalt-60 trouve ses origines dans des rejets industriels passés, l'essentiel, voire la quasi-totalité, du césium-137 provient quant à lui des retombées des tirs nucléaires atmosphériques qui ont très largement contaminés l'hémisphère nord où s'est déroulé la plupart d'entre eux.

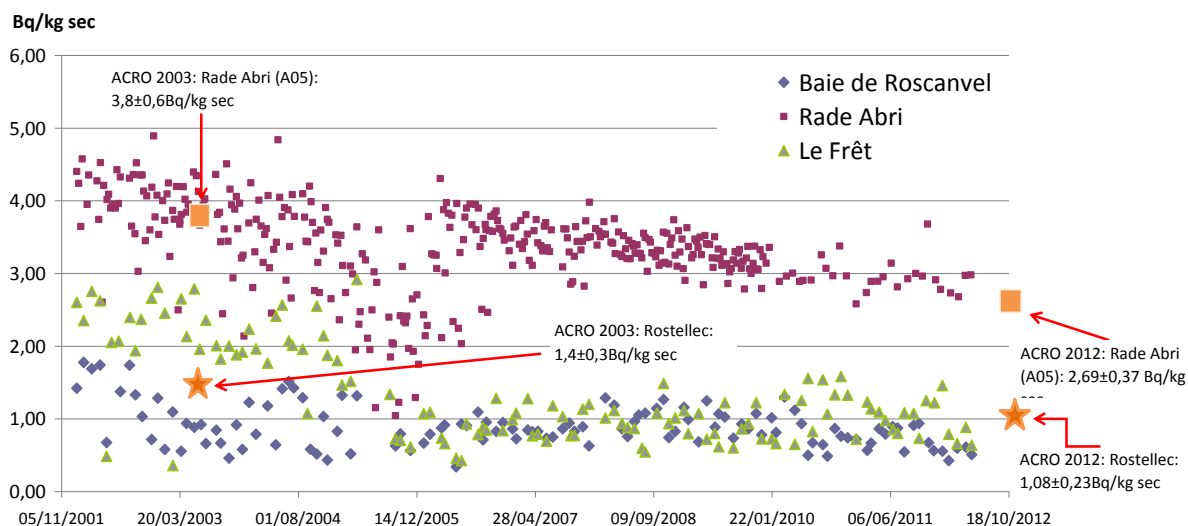
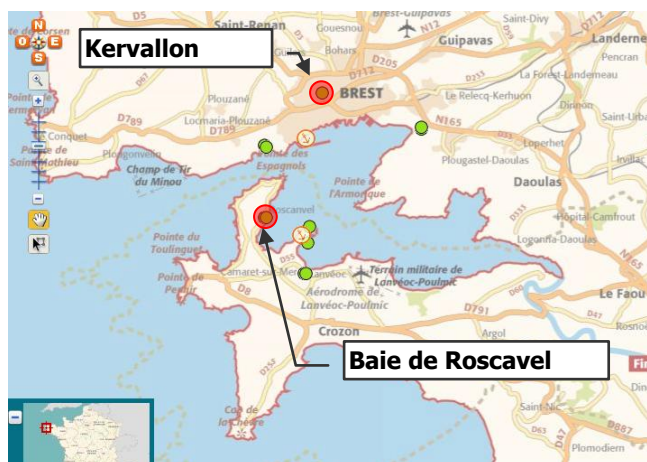


Figure G : Teneur (Bq/kg sec) en césium-137 dans les sédiments collectés chaque mois dans la rade abri et l'anse du Fret, entre janv.-2002 et mai-2012, et comparaison avec les résultats de l'ACRO pour des lieux voisins. Source : Marine Nationale – LASEM de Brest.

## 2.3. Flore marine (les fucus vésiculeux), iode-131

Parmi les éléments de la flore marine ayant la capacité d'accumuler des éléments présents à l'état de trace dans l'eau, les algues brunes du genre des fucus sont des bio-indicateurs employées de longue date pour les besoins de la surveillance radiologique. En tant qu'organisme vivant fixé, les fucus rendent compte d'évènements locaux, plus récents que les sédiments. Ils présentent en outre l'avantage de faciliter la surveillance des niveaux d'iode radioactif en raison de leur capacité à accumuler cet élément chimique ; un facteur de concentration de plus de 10 000 est généralement avancé.

Pour les besoins de la surveillance radiologique de la Marine Nationale, le LASEM prélève des fucus serratus ou fucus vesiculosus selon les endroits, selon la portion d'estran découverte, à rythme bimestriel ou trimestriel en fonction des lieux. Systématiquement, le LASEM procède à la recherche de nombreux radionucléides émetteurs bêta-gamma comme le césium-137, le cobalt-60, l'iode-131 ou l'iode-129, etc.



Parmi les radionucléides recherchés, l'attention s'est portée sur l'iode-131, un isotope radioactif de l'iode de très courte période (8 jours). Ce choix découle des constats dressés antérieurement, en 2003, qui soulignaient la présence de ce radionucléide artificiel en grande rade.

Dans ce contexte, les abords de la base navale de Brest ont été examinés, plus particulièrement la portion de la Penfeld située en amont des installations portuaires, donc hors de l'influence directe de celle-ci. Pour compléter, les résultats obtenus dans la baie de Roscavel ont été pris en considération et la teneur en césium-137 est rapportée.

- **Résultats pour ces dix dernières années**

Dans le Fucus vésiculeux, on note avant tout la présence assez fréquente d'iode-131 dans la Penfeld en amont des installations militaires du port de Brest. Dans les conditions de la surveillance, les teneurs observées au cours de ces dix dernières années s'étendent jusqu'à 500 Bq/kg sec. Pour autant, elles n'ont pas excédé la plupart du temps 32 Bq/kg sec (66% des observations).

La présence d'iode radioactif demeure principalement localisée dans les eaux brestoises. Dans la baie de Roscavel il n'est pas significativement observé.

Cette situation n'est pas unique. On note généralement la présence d'iode-131, au voisinage des grandes agglomérations, dans les milieux aquatiques qui reçoivent les eaux résiduaires traitées ou non. L'ACRO a déjà dressé ce constat sur le bassin versant Seine-Normandie et il est arrivé que de l'iode-131 soit observé dans des endroits très excentrés. Les pratiques de radiodiagnostic ou de radiothérapie par injection d'une molécule marquée à l'iode radioactif explique ce constat, y compris dans la Penfeld. Après injection, une partie de l'iode administré s'élimine par les voies naturelles, particulièrement avec les urines, et ne tardent donc pas à rejoindre le milieu naturel. Néanmoins cette situation tend à disparaître. Les établissements hospitaliers se sont équipés au fil des années de cuves de rétention permettant l'élimination par décroissance de l'iode radioactif contenu dans les effluents. Et la plupart des examens sont aujourd'hui réalisés avec du technétium-99 métastable qui disparaît totalement après seulement quelques jours, ce qui n'est pas le cas avec l'iode-131.

Concernant le césium-137, il est observé à l'état de trace, visiblement à l'échelle de la grande rade puisqu'on note sa présence autant dans la Penfeld que dans la baie de Roscanvel. Ce constat n'est pas différent de celui dressé ailleurs et ce césium radioactif trouve avant tout ses origines dans les retombées des tirs nucléaires atmosphériques et des accidents industriels d'envergure.

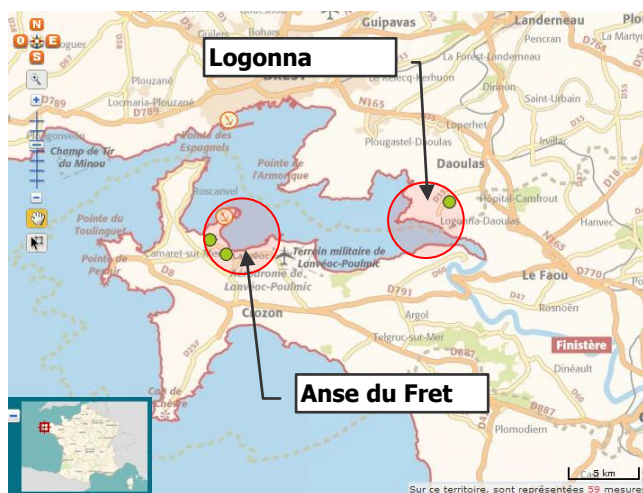
Tableau 6 : valeurs minimales, maximales et médianes (exprimées en Bq /kg sec) des teneurs en iode-131 et césium-137 mesurées dans des algues brunes (de l'espèce *fucus vesiculosus*) collectées à intervalle de temps régulier, entre 2002 et 2012, dans la Penfeld en amont des installations militaires portuaires de Brest (à Kervallon) et dans la baie de Roscanvel ; source Marine Nationale – LASEM de Brest.

	Penfeld (Kervallon)		Baie de Roscanvel	
	Iode-131	Césium-137	Iode-131	Césium-137
Nb mesures et période	43 mesures [fév.-02 à mai-12]		28 mesures [déc.-03 à mars-12]	
Nb valeurs significatives	21 (soit 49%)	6 (soit 14%)	0 (soit 0%)	11 (soit 39%)
MIN – MAX (Bq/kg sec)	0,9 – 496	0,30 – 0,55	–	0,25 – 0,51
Valeur médiane (Bq/kg sec)	13,2	0,42	–	0,33

## 2.4. Huîtres, argent 110 métastable

Parmi les mollusques, les filtreurs du genre de l'huître sont réputés de longue date pour leur capacité d'accumulation de nombreux métaux, y compris radioactif. Leur régime alimentaire fait que les huîtres y ont accès plus facilement dès lors que les métaux sont adsorbés sur les particules en suspension dans l'eau ou fixés par le phytoplancton qui leur sert de nutriment. Dans les deux cas, l'argent, tout particulièrement l'argent radioactif 110 métastable présente une très forte affinité, laquelle se traduit *in fine* dans le cas des filtreurs par un facteur de concentration d'environ 40 000.

Dans ce contexte, la Marine Nationale vérifie régulièrement le niveau de contamination de nombreux mollusques comme les huîtres ou les coquilles Saint-Jacques dont l'exploitation est, par ailleurs, un enjeu économique majeur pour la région. Concernant les huîtres, des prélèvements sont organisés à la fois aux abords de l'Île Longue (à l'anse du Fret) et dans l'estuaire de l'Aulne (à Logonna) à un rythme qui a évolué au fil du temps et qui est aujourd'hui semestriel. Systématiquement, le LASEM procède à la recherche de nombreux radionucléides émetteurs bêta-gamma comme le césium-137, le cobalt-60, l'argent 110m, etc.



L'attention s'est portée sur l'argent 110 métastable, un isotope radioactif de l'argent d'une période de 250 jours.

Ce choix découle des constats dressés antérieurement, en 2003, qui soulignaient la présence de ce radionucléide artificiel en grande rade, notamment au voisinage de l'Île Longue, en rapport avec les rejets d'effluents radioactifs pratiqués par les installations de la Marine.

Par la suite, les résultats provenant des contrôles effectués dans l'anse du Fret ont été examinés. Ceux provenant des environs de Logonna sont également pris, et la teneur en césium-137 est précisée.

• Résultats pour ces dix dernières années

Dans les huîtres, on note la présence d'argent 110m uniquement au voisinage des installations de l'Île Longue, dans l'anse du Fret, de manière épisodique puisque ce radionucléide n'est décelable qu'entre août 2002 et juillet 2004. Les niveaux mesurés sont globalement très faibles, ils n'excèdent pas  $2,45 \pm 0,37$  Bq/kg sec.

Jamais le césium-137 n'est mis en évidence, ni à Logonna, ni dans l'anse du Fret. Les teneurs sont toutes inférieures à la limite de détection, de l'ordre de 0,5 Bq/kg sec dans les conditions opératoires.

Ce constat est en accord avec celui dressé par l'ACRO<sup>6</sup> à la même époque. En 2003, de l'argent 110m avait été mis en évidence dans les huîtres collectées à l'Auberlach', à Rostiviec et, principalement, au Frêt dans la limite de  $3,9 \pm 0,7$  Bq/kg sec. Plus tard, une diminution des concentrations avait également été observée. Pour mémoire, l'évaluation sanitaire faite à l'époque par nos soins, et relative à la consommation de ces huîtres, montrait un impact particulièrement faible.

Tableau 7 : valeurs minimales, maximales et médianes (exprimées en Bq/kg sec) des teneurs en argent-110 métastable et césium-137 mesurées dans des huîtres collectées à intervalle de temps régulier, entre 2002 et 2012, dans la grande rade à l'anse du Fret et Logonna ; source Marine Nationale – LASEM de Brest.

	Anse du Fret		Logonna	
	Argent 110m	Césium-137	Argent 110m	Césium-137
Nb mesures et période	38 mesures [janv.-02 à janv.-12]		36 mesures [fév.-02 à avr.-12]	
Nb valeurs significatives	8 (soit 21%)	0 (soit 0%)	0 (soit 0%)	0 (soit 0%)
MIN – MAX (Bq/kg sec)	0,31 – 2,45	–	–	–
Valeur médiane (Bq/kg sec)	–	–	–	–

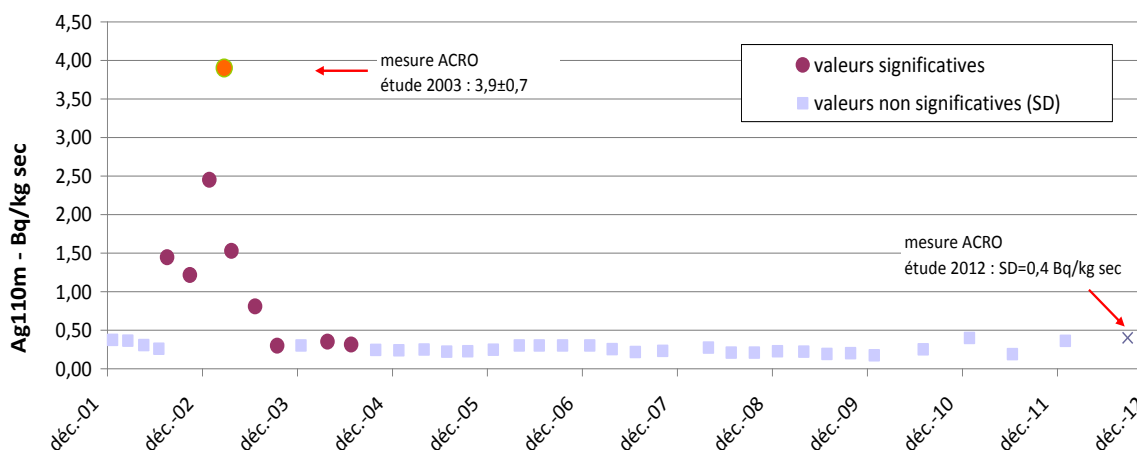


Figure H : Teneur (Bq/kg sec) en argent 110 métastable (110mAg) dans les huîtres prélevées dans l'anse du Fret entre janv. 2002 et janv. 2012. Source Marine Nationale – LASEM de Brest.

<sup>6</sup> <http://www.rade-brest.fr/VIPRR91/interligo.Web.Front/front.aspx?SectionId=99&PubliId=757&controller=viewpublication>



## 2.5. Eau de mer, tritium

La Marine Nationale s'assure tous les mois de la qualité radiologique de l'eau de mer à six endroits différents de la grande rade, notamment au voisinage des installations portuaires de la base navale de Brest - dans la rade abri - et au voisinage des installations de l'Île Longue dans l'anse du Fret. En plus de rechercher de nombreux radionucléides émetteurs bêta-gamma, le LASEM procède au dosage spécifique du tritium (HTO), un radionucléide très mobile dans l'environnement et qui entre dans le champ de l'autorisation de rejets.

Parmi les radionucléides recherchés, l'attention s'est portée sur le tritium, un élément généralement décelable dans les masses d'eau au voisinage des installations nucléaires compte tenu qu'il est présent en proportion notable dans les rejets liquides radioactifs industriels.

- **Résultats pour les contrôles du tritium depuis 2010**

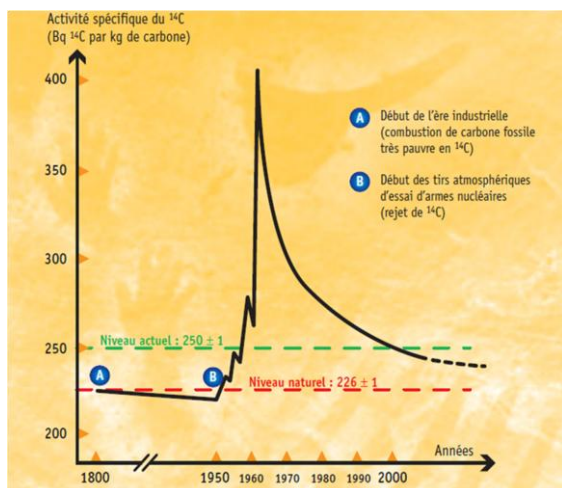
Pour les lieux étudiés que sont la rade abri et l'anse du Fret, le tritium est recherché depuis mars 2010. Le recours à de l'instrumentation bas bruit de fond permet au LASEM d'organiser une surveillance assez performante, qui se traduit par une sensibilité (LD) comprise entre 3 et 4 Bq/L en routine.

Pour la période mentionnée, aucun résultat significatif n'est noté et la situation est donc semblable à ce qu'il en est ailleurs, hors de l'influence de rejets radioactifs industriels.

## 2.6. Milieu terrestre, carbone-14

Le carbone-14 est un des isotopes radioactifs du carbone. Sa période radioactive est de 5734 ans, et peut de ce fait s'accumuler. Le devenir de ce radionucléide dépend de sa forme chimique. Sous forme de  $^{14}\text{CO}_2$ , il se comporte comme le gaz carbonique et s'incorpore aux végétaux par photosynthèse au cours du processus biologique de fabrication de la matière organique.

S'il existe une production naturelle permanente, par suite de l'interaction des rayons cosmiques avec les atomes d'azote présents dans la stratosphère et la troposphère, pour autant le **carbone-14** est également produit par l'homme depuis l'avènement de l'arme nucléaire, c'est-à-dire depuis que l'homme crée des réactions nucléaires. Les tirs atomiques aériens ont particulièrement accru le niveau de carbone-14 dans l'environnement - à l'échelle planétaire - comme en témoigne la figure ci-après. Depuis, l'utilisation de l'énergie nucléaire à des fins de production électrique (ou de propulsion) représente la principale source d'émission, particulièrement dans le cas où les combustibles usés sont retraités. Enfin, l'emploi de molécules marquées au carbone-14 pour les besoins de la recherche contribue aussi à augmenter le stock.



Il est admis de comparer dans le temps, l'espace et entre espèces les résultats dès lors qu'ils sont exprimés en Becquerel de carbone-14 par kilogramme de carbone (Bq C-14/kg de C). On parle dans ce cas de l'activité spécifique du carbone-14. Hors influence, cette activité spécifique est assez homogène d'une matrice biologique à l'autre. **Elle est actuellement de l'ordre de 235 Bq/kg de carbone** (référence 2009). Avant les premiers essais nucléaires atmosphériques et l'entrée dans l'ère industrielle, elle était de 226 Bq/ kg de carbone. Cette activité spécifique 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.

Figure I : 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

Dans ce contexte, la Marine Nationale procède depuis 2004 au contrôle des niveaux de carbone-14 dans les environs de Brest (Guipavas) et de l’Ile Longue (Zorn et Kerberlivit). De l’herbe, des ajoncs, du lait, des laitues et des fruits et légumes de saisons sont examinés.

Sauf pour les fruits et légumes de saisons, l’approche consiste à soumettre à l’analyse un échantillon représentatif des fractions collectées chaque mois au cours d’une année.

Systématiquement, les teneurs en carbone-14 et en carbone total sont déterminées. De cette manière, la Marine Nationale peut suivre l’évolution de l’activité spécifique du carbone-14 à l’endroit visé et mener des comparaisons avec ce qu’il en est ailleurs, dans des lieux non influencés par exemple, dans la limite de l’incertitude associée aux résultats (de l’ordre de 20 à 30%).

- **Résultats pour les contrôles effectués entre 2004 et 2011**

Prises dans l’ensemble, les données obtenues dans les environs de l’Ile Longue sont très semblables à celles enregistrées à Guipavas, aux abords de Brest. Et la situation radiologique n’est donc pas différente entre les deux endroits.

Cette situation n’est pas non plus très différente de ce qu’il en est, ailleurs, sur le territoire national, dans des endroits non perturbés, compte tenu que les activités spécifiques mesurées (cf. tableau ci-dessous) sont finalement assez semblables à la valeur qui sert de référence ces dernières années (235 Bq de C-14 par kg de carbone).

*Tableau 8 : moyenne (et écart type) des activités spécifiques du carbone-14 (Bq C-14 par kg de C) mesurées chaque année, entre 2004 et 2011, dans différentes matrices biologiques collectées dans les environs de Brest et de l’Ile Longue ; source Marine Nationale – LASEM de Brest.*

	Environs de l’Ile Longue		Environs de Brest
	Le ZORN	KERBERLIVIT	GUIPAVAS
SALADE		275 ± 28	279 ± 43
HERBE	239 ± 41		235 ± 29
AJONCS	246 ± 30		249 ± 25
LAIT		244 ± 49	254 ± 43

## 2.7. Eau de pluie, tritium et émetteurs gamma artificiels

En se formant les gouttes d’eau emprisonnent les aérosols et précipitent ceux contenus dans la masse d’air située entre le sol et les nuages. A cette occasion, les gaz solubles peuvent être captés. Ce « lessivage » de l’atmosphère entraîne des dépôts humides, lesquels pourront renforcer le niveau de la radioactivité des sols.

C’est pourquoi la Marine Nationale surveille étroitement la qualité radiologique des eaux de pluie, notamment dans les environs de l’Ile Longue et de la base navale de Brest, où existent potentiellement des rejets gazeux radioactifs. Les analyses sont faites sur un échantillon représentatif des précipitations du mois écoulé, et de très nombreux radionucléides émetteurs bêta-gamma sont systématiquement recherchés comme le césium-137, l’iode-131 ou le béryllium-7 (naturel). Le tritium est également dosé.

- **Résultats pour ces dix dernières années**

Durant ces dix dernières années, aux endroits évoqués, le tritium et les radionucléides bêta-gamma artificiels ne sont pas décelables dans les précipitations sauf :

Suite à l’accident nucléaire de Fukushima (Japon), de l’iode-131 est mesuré fin mars 2011. La teneur peut atteindre 1,5±0,5 Bq/L dans les précipitations collectées durant la journée du 29 et du 30 mars. Au terme de la collecte du mois d’avril, du césium-137 est également observé dans

la limite de 0,05 Bq/L. Ce constat est cohérent avec celui dressé ailleurs en France, à la même époque, par l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire par exemple.

Au début des années 2000, sur la base navale de Brest, l'entreposage de plaques radio-luminescentes donne lieu à la présence de tritium dans l'atmosphère, au voisinage du dispositif de collecte des eaux de pluies. C'est pourquoi du tritium est décelé à cet endroit, le LASEM mesure jusqu'à 35 Bq/L. Par la suite, l'entreposage est organisé de manière différente, le conditionnement de ces objets radioactifs est amélioré, et le tritium n'est plus détectable dans les précipitations à partir de juillet 2004 – voir figure ci-dessous.

*Nota : Le tritium a été largement utilisé dans la fabrication des panneaux d'affichage et instruments de navigation car il rend le phosphore (par ex.) luminescent sans apport de lumière extérieure.*

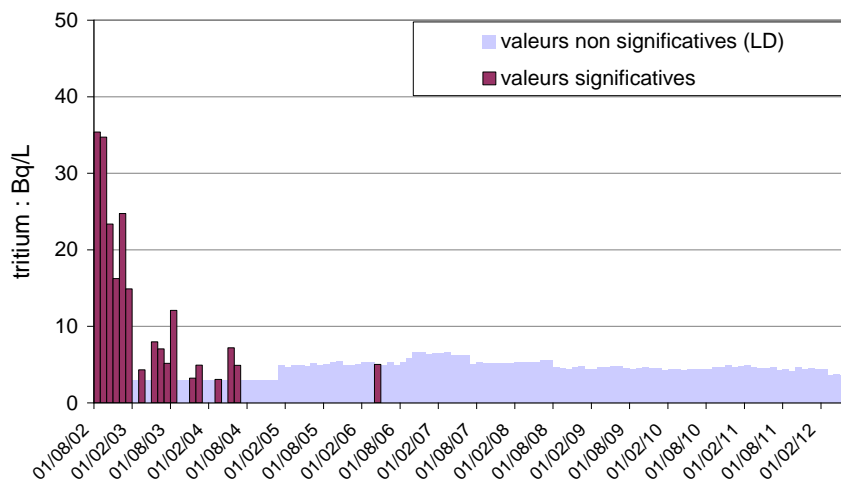


Figure J : Teneur (Bq/L) en tritium dans les eaux de pluie collectées entre le premier et dernier jour de chaque mois à la base navale de Brest [station Base protégée], entre le 01/08/2012 et le 30/06/2012.  
Source : Marine Nationale – LASEM de Brest.

## 2.8. Couvert végétal, émetteurs gamma artificiels

Le contrôle du couvert végétal permet en général de sérier les dépôts et/ou les transferts depuis le sol à intervalle de temps régulier. Il aide également à prédire le niveau de contamination de la chaîne alimentaire, notamment du lait et des légumes à feuilles.

Dans ce contexte, la Marine Nationale procède très régulièrement depuis 2003 à l'analyse de couvert végétal provenant de six endroits différents, notamment des environs de l'Île Longue, au lieu dit le Zorn. Les analyses sont faites sur un échantillon prélevé chaque mois, et de très nombreux radionucléides émetteurs bêta-gamma sont systématiquement recherchés comme le césium-137, l'iode-131 ou le béryllium-7 (naturel). Depuis 2004, le carbone-14 est également mesuré à Guipavas et au Zorn ; l'approche et les résultats sont discutés dans le chapitre consacré au carbone-14.

- **Résultats pour ces neuf dernières années**

Jamais les contrôles - entrepris depuis neuf ans - ne témoignent de la présence de radionucléides bêta-gamma artificiels, sauf ponctuellement au moment de l'accident de Fukushima (Japon).

Dans le couvert végétal prélevé en avril 2011 dans les environs de Brest, comme au sud de l'Île Longue, le LASEM observe de l'iode-131 dans la limite de 8,75 Bq/kg sec et du césium-137 ou 134 dans la limite de 1,4 Bq/kg sec. Pour comparaison, l'ACRO, qui a organisé un suivi des dépôts radioactifs sur le territoire national durant la même période, a mesuré dans des herbes du Puy-de-Dôme, à Pessac, jusqu'à 30,4 Bq/kg sec d'iode-131 et jusqu'à 4,6 Bq/kg sec de césium-134 ou 137.

# Annexes

---

## Matrices biologiques : faune (mollusques)

**Tableau A1** : Teneurs (Bq/kg sec) en radionucléides émetteurs gamma dans les patelles (*patella sp*) collectées le long des côtes de la rade de Brest et dans la baie de Douarnenez (référence M7) – septembre 2012

**Tableau A2** : Teneurs (Bq/kg sec) en radionucléides émetteurs gamma dans les huîtres (*crassostrea gigas*) collectées le long des côtes de la rade de Brest – septembre 2012

**Tableau A3** : Teneurs (Bq/kg sec) en radionucléides émetteurs gamma dans un échantillon de Noix de Saint Jacques (*pecten maximus*) collecté dans la rade de Brest

## Matrices biologiques : flore (algues brunes)

**Tableau A4** : Teneurs (Bq/kg sec) en radionucléides émetteurs gamma dans les algues brunes (*fucus serratus*) collectées le long des côtes de la rade de Brest et dans la Baie de Douarnenez (référence M7) – septembre 2012

## Matrice inertes : les sédiments

**Tableau A5** : Teneurs (Bq/kg sec) en radionucléides émetteurs dans les sédiments collectés dans les ports de la grande rade de Brest et dans la Baie de Douarnenez (référence M7) – septembre 2012

**Tableau A6** : Synthèse (exprimée en % de masse) des caractéristiques granulométriques des sédiments collectés dans la rade abri et dans la baie de Douarnenez – septembre 2012

## Matrice eau

**Tableau A7**: Teneurs (Bq/L) en radionucléides émetteurs gamma et en tritium dans l'eau de mer collectés en rade de Brest et dans la baie de Douarnenez (référence M7) – septembre 2012

## Matrice inertes : les sédiments

**Tableau A8** : Teneurs (Bq/kg sec) en radionucléides émetteurs gamma dans les sédiments collectés dans la Penfeld – septembre 2012

## Matrice eau

**Tableau A9** : Teneurs (Bq/L) en radionucléides émetteurs gamma dans les eaux collectés dans la Penfeld - mesure du tritium – septembre 2012

## Matrice eau: eau de pluie

**Tableau A10** : Teneurs (Bq/L) en radionucléides émetteurs gamma et en tritium dans des échantillons d'eau de pluie collectés à proximité des installations nucléaires de la rade de Brest – septembre 2012/mai 2013

## Couvert végétal

**Tableau A11** Teneurs (Bq/kg sec) en radionucléides émetteurs gamma dans des échantillons de couvert végétal prélevés à proximité des installations nucléaires de la rade de Brest – septembre 2012

## Sol

**Tableau A12** Teneurs (Bq/kg sec) en radionucléides émetteurs gamma dans des échantillons de sol prélevés à proximité des installations nucléaires de la rade de Brest – septembre 2012

Tableau A1 Teneurs (Bq/kg sec) en radionucléides émetteurs gamma dans les patelles (*patella sp*) collectées le long des côtes de la rade de Brest et dans la baie de Douarnenez (référence) – septembre 2012

IDENTIFICATION DES ECHANTILLONS							
n° d'enregistrement interne		120920-CIB-10	120920-CIB-05	120920-CIB-31	120920-CIB-25	120920-CIB-17	120920-CIB-22
Catégorie		Mollusques	Mollusques	Mollusques	Mollusques	Mollusques	Mollusques
Dénomination ou [Genre - espèce]		Patelles	Patelles	Patelles	Patelles	Patelles	Patelles
Prélèvement							
Date		17-sept-12	17-sept-12	19-sept-12	18-sept-12	18-sept-12	18-sept-12
Code de station		<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>M5</b>	<b>M6</b>	<b>M7</b>
Lieu (commune) ou site		Estuaire de l'Elorn	Plougastel Daoulas	Rostiviec	Landevennec	Proximité Ile Longue	Anse de Morgat
Département		29	29	29	29	29	29
Localisation (détail)		Moulin Blanc	L'Auberlac'h	Plage de Rostiviec	Landevennec	Anse du Frêt	Pointe de l'Aber
Coordonnées	Latitude	48°23.600'N	48°20.219'N	48°20.830'N	48°17.590'N	48°17.447'N	48°13.744'N
	Longitude	4°24.860'W	4°24.803'W	4°19.885'W	4°15.875'W	4°30.948'W	4°25.888'W
EXPRESSION DES RESULTATS							
Date de référence		17-sept-12	17-sept-12	19-sept-12	18-sept-12	18-sept-12	18-sept-12
Unité		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		<b>7407</b>	<b>7343</b>	<b>7390</b>	<b>7391</b>	<b>7337</b>	<b>7389</b>
Temps de comptage actif (s)		223736	106044	233661	118067	85842	166232
Géométrie (en cc)		61	61	61	61	61	61
Masse de l'échantillon conditionné (g)		43,7	48,6	37,7	47,7	50,2	49,6
âge de l'échantillon (jours)		123	52	102	106	42	101
âge du conditionnement (jours)		95	24	75	79	15	73
Psec / Prais		27,8%	24,4%	26,1%	26,7%	25,7%	25,0%
Fraction analysée		chair	chair	chair	chair	chair	chair
Etat du conditionnement		sec	sec	sec	sec	sec	sec
Densité analysée		0,79	0,80	0,62	0,78	0,82	0,81
Radionucléides ARTIFICIELS							
57 Co	271,8 jours	< 0,49	< 0,5	< 0,5	< 0,6	< 0,5	< 0,45
58 Co	70,8 jours	< 3,0	< 1,9	< 2,8	< 3,3	< 1,9	< 2,4
60 Co	5,3 ans	< 1,0	< 1,3	< 1,1	< 1,2	< 1,2	< 1,0
108m Ag	418 ans	< 0,7	< 0,9	< 0,8	< 0,9	< 1,0	< 0,7
110m Ag	250 jours	< 1,2	< 1,2	< 1,2	< 1,4	< 1,4	< 1,2
131 I	8,0 jours	nr	nr	nr	nr	nr	nr
134 Cs	2,1 ans	< 1,0	< 1,2	< 1,1	< 1,2	< 1,3	< 1,0
137 Cs	30,0 ans	< 1,0	< 1,2	< 1,1	< 1,3	< 1,4	< 1,0
154 Eu	8,6 ans	< 0,7	< 1,0	< 0,8	< 0,9	< 1,0	< 0,8
241 Am	437,7 ans	< 0,9	< 1,2	< 1,1	< 1,2	< 1,3	< 1,0
Radionucléides NATURELS							
40 K	1,3 10 <sup>9</sup> ans	351 ± 34	296 ± 32	399 ± 39	315 ± 33	323 ± 35	300 ± 30
7 Be	53,2 jours	< 36	38 ± 10	42 ± 15	< 35	25 ± 9	31 ± 14

Tableau A2 Teneurs (Bq/kg sec) en radionucléides émetteurs gamma dans les huîtres (*crassostra gigas*) collectées le long des côtes de la rade de Brest – septembre 2012

IDENTIFICATION DES ECHANTILLONS				
n° d'enregistrement interne	120920-CIB-06	120920-CIB-32	120920-CIB-18	
Catégorie	Mollusques	Mollusques	Mollusques	
Dénomination ou [Genre - espèce]	Huîtres	Huîtres	Huîtres	
Prélèvement				
Date	17-sept-12	19-sept-12	18-sept-12	
Code de station	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>M6</b>	
Lieu (commune) ou site	Plougastel Daoulas	Rostiviec	Proximité Ile Longue	
Département	29	29	29	
Localisation (détail)	L'Auberlac'h	Plage de Rostiviec	Anse du Frêt	
Coordonnées	Latitude	48°20.219'N	48°20.830'N	48°17.447'N
	Longitude	4°24.803'W	4°19.885'W	4°30.948'W

EXPRESSION DES RESULTATS				
Date de référence	17-sept-12	19-sept-12	18-sept-12	
Unité	Bq/kg sec	Bq/kg sec	Bq/kg sec	

RESULTATS DES ANALYSES PAR SPECTROMETRIE GAMMA				
Comptage				
n° de manipulation	7344	7416	7339	
Temps de comptage actif (s)	224099	149000	245947	
Géométrie (en cc)	61	61	61	
Masse de l'échantillon conditionné (g)	55,6	54,7	51,5	
âge de l'échantillon (jours)	53	129	45	
âge du conditionnement (jours)	24	102	17	
Psec / Pfrais	23,4%	21,6%	22,6%	
Fraction analysée	chair	chair	chair	
Etat du conditionnement	sec	sec	sec	
Densité analysée	0,91	0,90	0,84	
Radionucléides ARTIFICIELS				
57 Co	271,8 jours	< 0,31	< 0,47	< 0,31
58 Co	70,8 jours	< 1,2	< 3,0	< 1,1
60 Co	5,3 ans	< 0,7	< 1,0	< 0,8
108m Ag	418 ans	< 0,6	< 0,7	< 0,6
110m Ag	250 jours	< 0,8	< 1,2	< 0,8
131 I	8,0 jours	nr	nr	nr
134 Cs	2,1 ans	< 0,7	< 1,0	< 0,8
137 Cs	30,0 ans	< 0,8	< 1,0	< 0,8
154 Eu	8,6 ans	< 0,6	< 0,7	< 0,6
241 Am	437,7 ans	< 0,7	< 0,9	< 0,8
Radionucléides NATURELS				
40 K	1,3 10 <sup>9</sup> ans	336 ± 32	360 ± 35	359 ± 34
7 Be	53,2 jours	< 11	< 35	< 10

Tableau A3 Teneurs (Bq/kg sec) en radionucléides émetteurs gamma dans un échantillon de Noix de Saint Jacques (*pecten maximus*) collecté dans la rade de Brest

IDENTIFICATION DES ECHANTILLONS		
n° d'enregistrement interne	120920-CIB-40	
Catégorie	Mollusques Noix de Saint Jacques	
Dénomination ou [Genre - espèce]	Jacques	
Prélèvement		
Date	19-sept-12	
Code de station	M0	
Lieu (commune) ou site	Rade de Brest	
Département	29	
Localisation (détail)	le long de la pointe des Espagnols	
Coordonnées (point de départ)	Latitude	48°20.228'N
	Longitude	4°31.448'W

EXPRESSION DES RESULTATS	
Date de référence	19-sept-12
Unité	Bq/kg sec

RESULTATS DES ANALYSES PAR SPECTROMETRIE $\gamma$		
Comptage		
n° de manipulation	7358	
Temps de comptage actif (s)	224290	
Géométrie (en cc)	61	
Masse de l'échantillon conditionné (g)	49,5	
âge de l'échantillon (jours)	65	
âge du conditionnement (jours)	38	
Psec / Pfrais	18,7%	
Fraction analysée	chair	
Etat du conditionnement	sec	
Densité analysée	0,81	
Radionucléides ARTIFICIELS		
57 Co	271,8 jours	< 0,36
58 Co	70,8 jours	< 1,5
60 Co	5,3 ans	< 0,9
108m Ag	418 ans	< 0,6
110m Ag	250 jours	< 0,9
131 I	8,0 jours	nr
134 Cs	2,1 ans	< 0,8
137 Cs	30,0 ans	< 0,9
154 Eu	8,6 ans	< 0,7
241 Am	437,7 ans	< 0,9
Radionucléides NATURELS		
40 K	1,3 10 <sup>9</sup> ans	489 ± 45
7 Be	53,2 jours	< 15

Tableau A4 Teneurs (Bq/kg sec) en radionucléides émetteurs gamma dans les algues brunes (*fucus serratus*) collectées le long des côtes de la rade de Brest et dans la Baie de Douarnenez (référence M7) – septembre 2012

IDENTIFICATION DES ECHANTILLONS							
n° d'enregistrement interne	120920-CIB-39	120920-CIB-11	120920-CIB-07	120920-CIB-30	120920-CIB-24	120920-CIB-15	120920-CIB-21
Catégorie	Algues	Algues	Algues	Algues	Algues	Algues	Algues
Dénomination ou [Genre - espèce]	Fucus serratus	Fucus serratus	Fucus serratus	Fucus serratus	Fucus serratus	Fucus serratus	Fucus serratus
Prélèvement							
Date	19-sept-12	17-sept-12	17-sept-12	19-sept-12	18-sept-12	18-sept-12	18-sept-12
Code de station	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>M5</b>	<b>M6</b>	<b>M7</b>
Lieu (commune) ou site	Rade abri	Estuaire de l'Elorn	Plougastel Daoulas	Rostiviec	Landevennec	Proximité Ile Longue	Anse de Morgat
Département	29	29	29	29	29	29	29
Localisation (détail)	Point EPI3	Moulin Blanc	L'Auberlac'h	Plage de Rostiviec	Landevennec	Anse du Frêt	Pointe de l'Aber
Lambert II étendu X (km)	48°21.853'N	48°23.600'N	48°20.219'N	48°20.830'N	48°17.590'N	48°17.447'N	48°13.744'N
Lambert II étendu Y (km)	4°30.809'W	4°24.860'N	4°24.803'W	4°19.885'W	4°15.875'W	4°30.948'W	4°25.888'N

EXPRESSION DES RESULTATS							
Date de référence	19-sept-12	17-sept-12	17-sept-12	19-sept-12	18-sept-12	18-sept-12	18-sept-12
Unité	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	<b>7417</b>	<b>7418</b>	<b>7310</b>	<b>7427</b>	<b>7426</b>	<b>7411</b>	<b>7425</b>	
Temps de comptage actif (s)	86351	97673	137506	86718	84475	81072	86883	
Géométrie (en cc)	500	500	500	500	500	500	500	
Masse de l'échantillon conditionné (g)	428,9	446,3	447,0	443,3	449,1	473,7	437,1	
âge de l'échantillon (jours)	131	134	19	140	140	127	139	
âge du conditionnement (jours)	115	116	1	124	123	110	122	
Psec / Pfrais	18,7%	23,9%	25,1%	20,7%	18,1%	26,6%	21,2%	
Fraction analysée	entière	entière	entière	entière	entière	entière	entière	
Etat du conditionnement	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	
Densité analysée	0,86	0,89	0,89	0,89	0,90	0,94	0,87	
Radionucléides ARTIFICIELS								
57 Co	271,8 jours	< 0,34	< 0,31	< 0,19	< 0,32	< 0,35	< 0,30	< 0,33
58 Co	70,8 jours	< 1,7	< 1,6	< 0,45	< 1,8	< 2,0	< 1,5	< 1,8
60 Co	5,3 ans	< 0,6	< 0,6	< 0,43	< 0,5	< 0,6	< 0,5	< 0,6
108m Ag	418 ans	< 0,38	< 0,33	< 0,27	< 0,36	< 0,38	< 0,34	< 0,36
110m Ag	250 jours	< 0,7	< 0,6	< 0,34	< 0,6	< 0,7	< 0,6	< 0,6
131 I	8,0 jours	< 8 (*)	nr	< 1,6	nr	< 4,1 (**)	nr	nr
134 Cs	2,1 ans	< 0,49	< 0,43	< 0,32	< 0,45	< 0,49	< 0,43	< 0,46
137 Cs	30,0 ans	< 0,5	< 0,48	< 0,40	< 0,48	<b>0,60 ± 0,27</b>	< 0,47	< 0,5
154 Eu	8,6 ans	< 0,5	< 0,47	< 0,39	< 0,50	< 0,5	< 0,48	< 0,5
241 Am	437,7 ans	< 0,6	< 0,6	< 0,47	< 0,6	< 0,7	< 0,6	< 0,6
Radionucléides NATURELS								
40 K	1,3 10 <sup>9</sup> ans	1410 ± 130	1170 ± 100	1140 ± 100	1040 ± 90	1600 ± 140	920 ± 80	1100 ± 100
7 Be	53,2 jours	< 20	< 19	22,9 ± 2,9	< 21	< 23	< 17	< 22

(\*) : Résultat obtenu sur comptage frais, 4 jours après le prélèvement (manip 7297)

(\*\*) : Résultat obtenu sur comptage frais, 5 jours après prélèvement (manip 7299)



Tableau A5 teneurs (Bq/kg sec) en radionucléides émetteurs gamma dans les sédiments collectés dans les ports de la grande rade de Brest et dans la Baie de Douarnenez (référence M7) – septembre 2012

IDENTIFICATION DES ECHANTILLONS									
n° d'enregistrement interne	120920-CIB-38	120920-CIB-37	120920-CIB-12	120920-CIB-03	120920-CIB-29	120920-CIB-26	120920-CIB-19	120920-CIB-20	
Catégorie	Sédiments	Sédiments	Sédiments	Sédiments	Sédiments	Sédiments	Sédiments	Sédiments (sable)	
Dénomination ou [Genre - espèce]	Superficiels	Superficiels	Superficiels	Superficiels	Superficiels	Superficiels	Superficiels	Superficiels	
Prélèvement									
Date	19-sept-12	19-sept-12	17-sept-12	17-sept-12	19-sept-12	18-sept-12	18-sept-12	18-sept-12	
Code de station	M1	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	
Lieu (commune) ou site	Rade abri	Rade abri	Estuaire de l'Elorn	Plougastel Daoulas	Rostiviec	Landevennec	Proximité Ile Longue	Anse de Morgat	
Département	29	29	29	29	29	29	29	29	
Localisation (détail)	Point A05	Point B05	Le Gué Fleuri	Saint Adrien	Port de Rostiviec	Port Maria	Rostellec	Port de Morgat	
Coordonnées	Latitude	48°22.170'N	48°22.407'N	48°23.960'N	48°20.320'N	48°20.893'N	48°17.672'N	48°17.512'N	48°13.409'N
	Longitude	4°30.416'W	4°29.640'W	4°22.520'N	4°24.463'W	4°19.715'W	4°16.118'W	4°31.325'W	4°30.034'W
EXPRESSION DES RESULTATS									
Date de référence	19-sept-12	19-sept-12	17-sept-12	17-sept-12	19-sept-12	18-sept-12	18-sept-12	18-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	
RESULTATS DES ANALYSES PAR SPECTROMETRIE GAMMA									
Comptage									
n° de manipulation	7434	7399	7442	7444	7333	7440	7441	7439	
Temps de comptage actif (s)	83531	83177	50821	57165	45159	83132	88314	88932	
Géométrie (en cc)	500	500	500	500	500	500	500	500	
Masse de l'échantillon conditionné (g)	570,9	558,6	572,4	533,8	598,4	599,1	621,4	742,5	
âge de l'échantillon (jours)	147	113	158	160	37	155	156	154	
âge du conditionnement (jours)	119	80	128	130	4	126	127	125	
Psec / Pfrais	39,9%	46,0%	54,0%	60,8%	50,7%	63,1%	66,3%	76,0%	
Fraction analysée	<2mm	<2mm	<2mm	<2mm	<2mm	<2mm	<2mm	<2mm	
Etat du conditionnement	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	sec	
Densité analysée	1,14	1,12	1,14	1,07	1,20	1,20	1,24	1,49	
Radionucléides ARTIFICIELS									
57 Co	271,8 jours	< 0,38	< 0,34	< 0,5	< 0,49	< 0,43	< 0,35	< 0,38	< 0,27
58 Co	70,8 jours	< 1,6	< 1,1	< 2,3	< 2,3	< 0,8	< 1,5	< 1,6	< 1,1
60 Co	5,3 ans	< 0,43	< 0,44	< 0,6	< 0,6	< 0,6	< 0,40	< 0,41	< 0,29
108m Ag	418 ans	< 0,33	< 0,32	< 0,44	< 0,41	< 0,5	< 0,31	< 0,31	< 0,23
110m Ag	250 jours	< 0,6	< 0,5	< 0,8	< 0,8	< 0,6	< 0,49	< 0,6	< 0,37
131 I	8,0 jours	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr	nr
134 Cs	2,1 ans	< 0,42	< 0,39	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,39	< 0,40	< 0,29
137 Cs	30,0 ans	<b>2,69 ± 0,37</b>	<b>2,04 ± 0,32</b>	<b>1,10 ± 0,32</b>	<b>0,48 ± 0,30</b>	<b>0,88 ± 0,36</b>	<b>1,15 ± 0,24</b>	<b>1,08 ± 0,23</b>	< 0,29
154 Eu	8,6 ans	< 0,6	< 0,5	< 0,8	< 0,7	< 0,9	< 0,5	< 0,6	< 0,39
241 Am	437,7 ans	< 0,8	< 0,8	< 1,1	< 1,0	< 1,3	< 0,8	< 0,8	< 0,6
Radionucléides NATURELS									
234 Th 63 kev	Ch. 238U	35 ± 13	33 ± 13	29,6 ± 12	25 ± 11	43 ± 17	22 ± 9	27 ± 11	5,4 ± 3,6
234m Pa	Ch. 238U	-	58 ± 29	-	-	-	-	-	-
226 Ra max	235U-238U	56 ± 7	52 ± 7	60 ± 8	48 ± 7	75 ± 10	43 ± 6	50 ± 7	16,7 ± 3,8
214 Pb (= 226Ra min)	Ch. 238U	21,6 ± 2,2	20,3 ± 2,1	27,6 ± 2,9	18,4 ± 2,0	28,2 ± 3,0	20,5 ± 2,1	20,1 ± 2,1	8,5 ± 1,0
210 Pb	Ch. 238U	100 ± 11	91 ± 10	41 ± 7	39 ± 7	50 ± 9	37 ± 6	27 ± 5	3,9 ± 3,7
228 Ac	Ch. 232Th	27,3 ± 3,1	23,7 ± 2,8	30,1 ± 3,6	31,4 ± 3,7	47 ± 5	24,5 ± 2,8	36,1 ± 3,4	10,2 ± 1,4
212 Pb	Ch. 232Th	28,2 ± 2,5	26,0 ± 2,3	32,4 ± 2,9	32,3 ± 2,9	48,5 ± 4,3	24,9 ± 2,2	37,0 ± 3,3	10,1 ± 1,0
235 U max	Ch. 235U	2,0	1,8	1,9	1,7	2,7	1,3	1,7	0,5
40 K	1,3 10 <sup>9</sup> ans	527 ± 47	465 ± 42	448 ± 41	386 ± 36	538 ± 49	273 ± 25	429 ± 39	146 ± 14
7 Be	53,2 jours	< 21	< 14	< 32	< 32	14,6 ± 4,1	< 21	< 23	< 16

Tableau A6 synthèse (exprimée en % de masse) des caractéristiques granulométriques des sédiments collectés dans la rade abri et dans la baie de Douarnenez – septembre 2012

<b>IDENTIFICATION DES ECHANTILLONS</b>									
n° d'enregistrement interne		120920-CIB-38	120920-CIB-37	120920-CIB-12	120920-CIB-03	120920-CIB-29	120920-CIB-26	120920-CIB-19	120920-CIB-20
Catégorie		Sédiments	Sédiments	Sédiments	Sédiments	Sédiments	Sédiments	Sédiments	Sédiments (sable)
Dénomination ou [Genre - espèce]		Superficiels	Superficiels	Superficiels	Superficiels	Superficiels	Superficiels	Superficiels	Superficiels
<b>Prélèvement</b>									
Date		19-sept-12	19-sept-12	17-sept-12	17-sept-12	19-sept-12	18-sept-12	18-sept-12	18-sept-12
Code de station		<b>M1</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>M5</b>	<b>M6</b>	<b>M7</b>
Lieu (commune) ou site		Rade abri	Rade abri	Estuaire de l'Elorn	Plougastel Daoulas	Rostiviec	Landevennec	Proximité Ile Longue	Anse de Morgat
Département		29	29	29	29	29	29	29	29
Localisation (détail)		Point A05	Point B05	Le Gué Fleuri	Saint Adrien	Port de Rostiviec	Port Maria	Rostellec	Port de Morgat
Coordonnées	Latitude	48°22.170'N	48°22.407'N	48°23.960'N	48°20.320'N	48°20.893'N	48°17.672'N	48°17.512'N	48°13.409'N
	Longitude	4°30.416'W	4°29.640'W	4°22.520'N	4°24.463'W	4°19.715'W	4°16.118'W	4°31.325'W	4°30.034'W
<b>EXPRESSION DES RESULTATS</b>									
Argile	0 à 2 µm	8,02%	7,99%	2,99%	2,40%	3,13%	2,99%	1,64%	0,79%
Limons fins	2 à 20 µm	56,26%	42,99%	29,74%	28,02%	33,20%	29,50%	16,79%	1,15%
Limons grossiers	20 à 50 µm	20,10%	15,15%	20,00%	21,77%	26,86%	16,45%	11,98%	1,20%
Sables fins	50 à 200 µm	15,66%	28,16%	44,30%	34,80%	34,97%	24,14%	39,39%	61,04%
Sables grossiers	0,2 à 2mm	0,00%	6,39%	3,96%	13,04%	1,81%	26,90%	30,19%	35,80%

Tableau A7 Teneurs (Bq/L) en radionucléides émetteurs gamma et en tritium dans l'eau de mer collectés en rade de Brest et dans la baie de Douarnenez (référence M7) – septembre 2012

IDENTIFICATION DES ECHANTILLONS					
n° d'enregistrement interne		120920-CIB-36	120920-CIB-04	120920-CIB-16	120920-CIB-23
Catégorie		eau	eau	eau	eau
Dénomination ou [Genre - espèce]		Eau de mer	Eau de mer	Eau de mer	Eau de mer
Prélèvement					
Date		19-sept-12	17-sept-12	18-sept-12	18-sept-12
Code de station		M1	M3	M6	M7
Lieu (commune) ou site		Rade abri	Plougastel Daoulas	Proximité Ile Longue	Anse de Morgat
Département		29	29	29	29
Localisation (détail)		Point B05	L'Auberlac'h	Anse du Frêt	Pointe de l'Aber
Coordonnées	Latitude	48°22.407'N	48°20.219'N	48°17.447'N	48°13.744'N
	Longitude	4°29.640'W	4°24.803'W	4°30.948'W	4°25.888'N

EXPRESSION DES RESULTATS					
Date de référence		19-sept-12	17-sept-12	18-sept-12	18-sept-12
Unité		Bq/L	Bq/L	Bq/L	Bq/L

RESULTATS DES ANALYSES PAR SPECTROMETRIE GAMMA					
Comptage					
n° de manipulation		V20301	V20299	7443	V20302
Temps de comptage actif (s)		165281	169804	150475	233513
Géométrie (en cc)		50	50	50	50
Masse de l'échantillon conditionné (g)		1322,3	1413,7	1281,6	1322,8
âge de l'échantillon (jours)		100	98	158	103
âge du conditionnement (jours)		0	3	0	2
Psec / Prais		-	-	-	-
Fraction analysée		sel	sel	sel	sel
Etat du conditionnement		sec	sec	sec	sec
Densité analysée		1,02	1,07	0,96	1,03
Radionucléides ARTIFICIELS					
57 Co	271,8 jours	< 0,034	< 0,03	< 0,029	< 0,028
58 Co	70,8 jours	< 0,22	< 0,19	< 0,22	< 0,18
60 Co	5,3 ans	< 0,09	< 0,08	< 0,05	< 0,07
106 Ru-Rh(*)	373 jours	< 1,4	< 1,3	< 1,1	< 1,2
108m Ag	418 ans	< 0,044	< 0,04	< 0,039	< 0,04
110m Ag	250 jours	< 0,09	< 0,08	< 0,07	< 0,08
131 I	8,0 jours	nr	nr	nr	nr
134 Cs	2,1 ans	< 0,07	< 0,06	< 0,05	< 0,06
137 Cs	30,0 ans	< 0,08	< 0,07	< 0,05	< 0,07
154 Eu	8,6 ans	< 0,06	< 0,05	< 0,042	< 0,05
241 Am	437,7 ans	< 0,33	< 0,29	< 0,046	< 0,27
Radionucléides NATURELS					
40 K	1,3 10 <sup>9</sup> ans	11,5 ± 1,9	12,7 ± 1,9	12,3 ± 1,2	11,1 ± 1,5
7 Be	53,2 jours	< 1,6	< 1,4	< 2,8	< 1,4

RESULTATS DES ANALYSES PAR SCINTILLATION LIQUIDE					
n° de manipulation		KX08	KX03	KX04	KX05
fraction analysée		distillat	distillat	distillat	distillat
Paramètre					
Tritium libre (HTO)	12,3 ans	< 7	< 7	< 7	< 7

Tableau A8 Teneurs (Bq/kg sec) en radionucléides émetteurs gamma dans les sédiments collectés dans la Penfeld- septembre 2012

<b>IDENTIFICATION DES ECHANTILLONS</b>			
n° d'enregistrement interne		120920-CIB-35	120920-CIB-27
Catégorie		Sédiments	Sédiments
Dénomination ou [Genre - espèce]		Superficiels	Superficiels
<b>Prélèvement</b>			
Date		19-sept-12	18-sept-12
Code de station		<b>D1</b>	<b>D2</b>
Lieu (commune) ou site		Penfeld aval STEP	Penfeld amont STEP
Département		29	29
Localisation (détail)			
Coordonnées	Latitude	48°23.658'N	48°23.759'N
	Longitude	4°29.961'W	4°30.720'W
<b>EXPRESSION DES RESULTATS</b>			
Date de référence		19-sept-12	18-sept-12
Unité		Bq/kg sec	Bq/kg sec
<b>RESULTATS DES ANALYSES PAR SPECTROMETRIE <math>\gamma</math></b>			
<b>Comptage</b>			
n° de manipulation		<b>7431</b>	<b>7342</b>
Temps de comptage actif (s)		70346	82962
Géométrie (en cc)		500	500
Masse de l'échantillon conditionné (g)		489,3	453,5
âge de l'échantillon (jours)		144	49
âge du conditionnement (jours)		92	21
Psec / Pfrais		33,2%	31,0%
Fraction analysée		<2mm	<2mm
Etat du conditionnement		sec	sec
Densité analysée		0,98	0,91
<b>Radionucléides ARTIFICIELS</b>			
57 Co	271,8 jours	< 0,49	< 0,35
58 Co	70,8 jours	< 2,0	< 0,7
60 Co	5,3 ans	< 0,6	< 0,49
108m Ag	418 ans	< 0,43	< 0,40
110m Ag	250 jours	< 0,7	< 0,5
131 I	8,0 jours	nr	nr
134 Cs	2,1 ans	< 0,6	< 0,46
137 Cs	30,0 ans	<b>2,85 ± 0,44</b>	<b>2,21 ± 0,36</b>
154 Eu	8,6 ans	< 0,8	< 0,7
241 Am	437,7 ans	< 1,1	< 1,0
<b>Radionucléides NATURELS</b>			
234 Th 63 kev	Ch. 238U	78 ± 28	49 ± 18
234m Pa	Ch. 238U	55 ± 39	93 ± 36
226 Ra max	235U-238U	116 ± 12	92 ± 10
214 Pb (= 226Ra mir)	Ch. 238U	35,9 ± 3,6	41,0 ± 4,1
210 Pb	Ch. 238U	270 ± 27	162 ± 17
228 Ac	Ch. 232Th	<b>37,0 ± 4,1</b>	<b>31,7 ± 3,6</b>
212 Pb	Ch. 232Th	43,2 ± 3,9	38,2 ± 3,4
235 U max	Ch. 235U	<b>4,6</b>	<b>2,9</b>
40 K	1,3 10 <sup>9</sup> ans	650 ± 60	440 ± 40
7 Be	53,2 jours	34 ± 14	36 ± 5

Tableau A9 Teneurs (Bq/L) en radionucléides émetteurs gamma dans les eaux collectés dans la Penfeld - mesure du tritium – septembre 2012

IDENTIFICATION DES ECHANTILLONS			
n° d'enregistrement interne	120920-CIB-34	190920-CIB-28	
Catégorie	Eau	Eau	
Dénomination ou [Genre - espèce]	Eau saumâtre	Eau saumâtre	
Prélèvement			
Date	19-sept-12	19-sept-12	
Code de station	D1	D2	
Lieu (commune) ou site	Penfeld aval STEP	Penfeld amont STEP	
Département	29	29	
Localisation (détail)			
Coordonnées	Latitude	48°23.658'N	48°23.759'N
	Longitude	4°29.961'W	4°30.720'W

EXPRESSION DES RESULTATS			
Date de référence	19-sept-12	19-sept-12	
Unité	Bq/L	Bq/L	

RESULTATS DES ANALYSES PAR SPECTROMETRIE GAMMA			
Comptage			
n° de manipulation	V20300	7456	
Temps de comptage actif (s)	201748	172151	
Géométrie (en cc)	50	50	
Masse de l'échantillon conditionné (g)	1483,3	2105,4	
âge de l'échantillon (jours)	98	170	
âge du conditionnement (jours)	5	44	
Psec / Pfrais	-	-	
Fraction analysée	sel	sel	
Etat du conditionnement	sec	sec	
Densité analysée	1,13	1,10	
Radionucléides ARTIFICIELS			
57 Co	271,8 jours	< 0,026	< 0,017
58 Co	70,8 jours	< 0,16	< 0,13
60 Co	5,3 ans	< 0,07	< 0,031
106 Ru-Rh(*)	373 jours	< 1,1	< 0,65
108m Ag	418 ans	< 0,034	< 0,022
110m Ag	250 jours	< 0,07	< 0,039
131 I	8,0 jours	nr	nr
134 Cs	2,1 ans	< 0,05	< 0,030
137 Cs	30,0 ans	< 0,06	< 0,028
154 Eu	8,6 ans	< 0,048	< 0,024
241 Am	437,7 ans	< 0,25	< 0,026
Radionucléides NATURELS			
40 K	1,3 10 <sup>9</sup> ans	9,1 ± 1,5	7,8 ± 0,9
7 Be	53,2 jours	< 1,2	< 1,8

RESULTATS DES ANALYSES PAR SCINTILLATION LIQUIDE			
n° de manipulation	KX07	KX06	
fraction analysée	distillat	distillat	
Paramètre			
T3	12,3 ans	< 7	< 7

Tableau A10 Teneurs(Bq/L) en radionucléides émetteurs gamma et en tritium dans des échantillons d'eau de pluie collectés à proximité des installations nucléaires de la rade de Brest-septembre 2012 - mai 2013

<b>IDENTIFICATION DES ECHANTILLONS</b>			
n° d'enregistrement interne	120920-CIB-33	120920-CIB-44	
Catégorie	Eau	Eau	
Dénomination ou [Genre - espèce]	Eau de pluie	Eau de pluie	
<b>Prélèvement</b>			
Date	du 1er au 19/09/2012	du 6 au 13/05/13	
Code de station	T1'	T3'	
Lieu (commune) ou site	Arsenal de Brest	Kerberlivit	
Département	29	29	
Localisation (détail)			
Coordonnées	Latitude	48°22.567'N	48°16.700'N
	Longitude	4°30.734'W	4°32.460'W
<b>EXPRESSION DES RESULTATS</b>			
Date de référence	19-sept-12	13-mai-13	
Unité	Bq/L	Bq/L	
<b>RESULTATS DES ANALYSES PAR SPECTROMETRIE GAMMA</b>			
<b>Comptage</b>			
n° de manipulation	<b>7361</b>	<b>7545</b>	
Temps de comptage actif (s)	171465	169255	
Géométrie (en cc)	500	500	
Masse de l'échantillon conditionné (g)	1042,4	5047,9	
âge de l'échantillon (jours)	70	16	
âge du conditionnement (jours)	1	0	
Psec / Pfrais	-	-	
Fraction analysée	filtrée et concentrée	filtrée et concentrée	
Etat du conditionnement	-	-	
Densité analysée	1,02	1,00	
<b>Radionucléides ARTIFICIELS</b>			
57 Co	271,8 jours	< 0,11	< 0,012
58 Co	70,8 jours	< 0,19	< 0,024
60 Co	5,3 ans	< 0,11	< 0,020
108m Ag	418 ans	< 0,09	< 0,019
110m Ag	250 jours	< 0,12	< 0,021
131 I	8,0 jours	< 4,5	< 0,8
134 Cs	2,1 ans	< 0,11	< 0,021
137 Cs	30,0 ans	< 0,11	< 0,023
154 Eu	8,6 ans	< 0,12	< 0,025
241 Am	437,7 ans	< 0,13	< 0,027
<b>Radionucléides NATURELS</b>			
40 K	1,3 10 <sup>9</sup> ans	< 3,9	< 0,8
7 Be	53,2 jours	< 2,1	0,28 ± 0,11
<b>RESULTATS DES ANALYSES PAR SCINTILLATION LIQUIDE</b>			
n° de manipulation		KZ03	LN02
fraction analysée		filtrée	filtrée
<b>Paramètre</b>			
Tritium libre (HTO)	12,3 ans	< 7	< 7

Tableau A11 Teneurs (Bq/kg sec) en radionucléides émetteurs gamma dans des échantillons de couvert végétal prélevés à proximité des installations nucléaires de la rade de Brest – septembre 2012

IDENTIFICATION DES ECHANTILLONS			
n° d'enregistrement interne	120920-CIB-01	120920-CIB-08	120920-CIB-13
Catégorie	végétaux	végétaux	végétaux
Dénomination ou [Genre - espèce]	herbe	herbe	herbe
Prélèvement			
Date	17-sept-12	17-sept-12	18-sept-12
Code de station	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
Lieu (commune) ou site	Brest	Pointe de l'Armorique	Presqu'île de Crozon
Département	29	29	29
Localisation (détail)	Les jardins de Kerbonne	-	Kerberlivit
Lambert II étendu X (km)	48°22.567'N	48°19.695'N	48°16.700'N
Lambert II étendu Y (km)	4°30.734'W	4°27.091'W	4°32.460'W

EXPRESSION DES RESULTATS			
Date de référence	17-sept-12	17-sept-12	18-sept-12
Unité	Bq/kg sec	Bq/kg sec	Bq/kg sec

RESULTATS DES ANALYSES PAR SPECTROMETRIE GAMMA				
Comptage				
n° de manipulation	<b>7295</b>	<b>7296</b>	<b>7298</b>	
Temps de comptage actif (s)	60318	52392	52058	
Géométrie (en cc)	500	500	500	
Masse de l'échantillon conditionné (g)	250	180	250	
âge de l'échantillon (jours)	3	4	5	
âge du conditionnement (jours)	0	1	2	
Psec / Pfrais	15,9%	43,9%	18,5%	
Fraction analysée	aérienne	aérienne	aérienne	
Etat du conditionnement	frais	frais	frais	
Densité analysée	0,50	0,36	0,50	
Radionucléides ARTIFICIELS				
57 Co	271,8 jours	< 2,0	< 1,0	< 1,9
58 Co	70,8 jours	< 3,9	< 2,2	< 4,1
60 Co	5,3 ans	< 4,5	< 2,1	< 4,3
106 Ru-Rh(*)	373 jours	< 72	< 40	< 70
108mAg	418 ans	< 3,5	< 1,8	< 3,1
110m Ag	250 jours	< 3,8	< 2,0	< 3,7
131 I	8,0 jours	< 5	< 2,7	< 6
134 Cs	2,1 ans	< 4,2	< 2,0	< 3,8
137 Cs	30,0 ans	< 4,3	< 2,4	< 4,1
154 Eu	8,6 ans	< 4,4	< 2,2	< 4,0
241 Am	437,7 ans	< 4,5	< 2,4	< 4,4
Radionucléides NATURELS				
40 K	1,3 10 <sup>9</sup> ans	970 ± 110	440 ± 50	1080 ± 120
7 Be	53,2 jours	205 ± 30	250 ± 27	131 ± 23

Tableau A12 Teneurs (Bq/kg sec) en radionucléides émetteurs gamma dans des échantillons de sol prélevés à proximité des installations nucléaires de la rade de Brest – septembre 2012

IDENTIFICATION DES ECHANTILLONS			
n° d'enregistrement interne	120920-CIB-02	120920-CIB-09	120920-CIB-14
Catégorie	sols	sols	sols
Dénomination ou [Genre - espèce]			
Prélèvement			
Date	17-sept-12	17-sept-12	18-sept-12
Code de station	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
Lieu (commune) ou site	Brest	Pointe de l'Armorique	Presqu'île de Crozon
Département	29		29
Localisation (détail)	Les jardins de Kerbonne	-	Kerberlivit
Lambert II étendu X (km)	48°22.567'N	48°19.695'N	48°16.700'N
Lambert II étendu Y (km)	4°30.734'W	4°27.091'W	4°32.460'W

EXPRESSION DES RESULTATS			
Date de référence	17-sept-12	17-sept-12	18-sept-12
Unité	Bq/kg sec	Bq/kg sec	Bq/kg sec

RESULTATS DES ANALYSES PAR SPECTROMETRIE GAMMA				
Comptage				
n° de manipulation	<b>7415</b>	<b>7423</b>	<b>7428</b>	
Temps de comptage actif (s)	74543	69520	51421	
Géométrie (en cc)	500	61	500	
Masse de l'échantillon conditionné (g)	483,8	51,0	407,0	
âge de l'échantillon (jours)	130	139	142	
âge du conditionnement (jours)	9	18	22	
Psec / Pfrais	86,1%	85,8%	80,6%	
Fraction analysée	<200µm	<200µm	<200µm	
Etat du conditionnement	sec	sec	sec	
Densité analysée	0,97	0,84	0,81	
Radionucléides ARTIFICIELS				
57 Co	271,8 jours	< 0,46	< 1,0	< 0,6
58 Co	70,8 jours	< 1,8	< 6	< 2,5
60 Co	5,3 ans	< 0,5	< 1,8	< 0,7
106 Ru-Rh(*)	373 jours	< 12	< 38	< 15
108m Ag	418 ans	< 0,43	< 1,3	< 0,6
110m Ag	250 jours	< 0,7	< 2,4	< 1,0
131 I	8,0 jours	nr	nr	nr
134 Cs	2,1 ans	< 0,5	< 1,8	< 0,7
137 Cs	30,0 ans	<b>3,83 ± 0,49</b>	<b>11,3 ± 1,6</b>	<b>11,4 ± 1,2</b>
154 Eu	8,6 ans	< 0,7	< 1,5	< 0,9
241 Am	437,7 ans	< 1,1	< 2,1	< 1,3
Radionucléides NATURELS				
234 Th 63 kev	Ch. 238U	43 ± 16	51 ± 21	28 12
234m Pa	Ch. 238U	53 ± 35	-	-
226 Ra max	235U-238U	92 ± 11	68 ± 16	61 ± 10
214 Pb (= 226Ra min)	Ch. 238U	44,5 ± 4,4	43 ± 5	29,4 3,2
210 Pb	Ch. 238U	43 ± 7	79 ± 13	58 9
228 Ac	Ch. 232Th	43,7 ± 4,7	85 ± 11	54 6
212 Pb	Ch. 232Th	43,0 ± 3,8	78 ± 7	53,6 4,8
235 U max	Ch. 235U	2,7	1,4	1,8
40 K	1,3 10 <sup>9</sup> ans	580 ± 50	650 ± 60	410 ± 39
7 Be	53,2 jours	< 22	< 70	< 34