ACRO

Association pour le Contrôle de la Radioactivité dans l'Ouest
Laboratoire indépendant d'analyse de la radioactivité
Association loi 1901 SIRET : 950 369 868 00027 APE : 7120B
138 rue de l'Eglise – 14200 HEROUVILLE-SAINT-CLAIR
Tél. : (+33) 2.31.94.35.34 Fax : (+33) 2.31.94.85.31
Email : acro-laboratoire@wanadoo.fr
www.acro.eu.org

Surveillance radioécologique réalisée autour de la centrale nucléaire de Gravelines

Bilan des résultats 2014

Commentaires et mise en perspective

RAP150306(01)_GVL2014_v3

Edition du 05/10/2015

Commission Locale d'Information de Gravelines

Pour :

La Commission Locale d'Information de la centrale nucléaire de Gravelines,

SECRETARIAT DE LA CLI
Rue du Pont de Pierre
BP 10094
59820 GRAVELINES

DEMANDE	
Mission	Surveillance radioécologique autour de la centrale nucléaire de Gravelines
Demandeur	**Commission Locale d'Information de Gravelines**

REALISATION	
Association pour le Contrôle de la Radioactivité dans l'Ouest (ACRO) 138 rue de l'Eglise 14200 HEROUVILLE SAINT CLAIR tél. : 02.31.94.35.34 / fax : 02.31.94.85.31	
Responsables Scientifiques	P. BARBEY, D. BOILLEY, M. JOSSET
Auteur	A. BERNOLLIN
Prélèvements	A. BERNOLLIN, D. DOLIGNON, G. ROUGIER
Traitement des échantillons	E. DUNAND, D. DOLIGNON, G. ROUGIER
Analyses de radioactivité	de radioactivité : M. JOSSET, A. BERNOLLIN, E. DUNAND, G. ROUGIER

DOCUMENT		
Date d'édition	05 octobre 2015	
Identification	**RAP150306(01)_GVL2014_v3**	
Version n°	03	
Pages (nombre)	35 (annexes comprises)	
Objet	Rapport d'étude	
Paramètres	Eléments radioactifs :	Tritium, Cobalt-60, Ruthénium-106, Argent -110m, Iode-129, Iode-131, Césium-134, Césium-137, Américium-241, Béryllium-7, Potassium-40, Plomb-210, Radium-226, Uranium-235
	Lieu(x) :	Région de Gravelines (59)

REMARQUE(S) PARTICULIERE(S)	
	Cette version (v3) du rapport annule et remplace la version précédente (v2). Le changement de version concerne les graphiques de résultats des sédiments, en pages 20 et 21.
de l'A.C.R.O. :	LA REPRODUCTION DU DOCUMENT N'EST AUTORISEE QUE SOUS LA FORME DE FAC-SIMILE PHOTOGRAPHIQUE INTEGRAL.

Sommaire

Glossaire : 4

A – Introduction 5

B – Plan d'échantillonnage 5

C – Cartographie des prélèvements effectués. 7

D – Commentaires de résultats 9

D1 – préambule : contexte hydrologique côtier du CNPE de Gravelines et termes sources 9

D2 – Radioactivité artificielle dans les algues 10

D3 - Radioactivité artificielle dans les mollusques 11

D4 - Radioactivité artificielle dans les sédiments marins 12

D5 - Radioactivité dans les eaux de mer (tritium) 13

D6 - Radioactivité artificielle dans le domaine terrestre – les denrées alimentaires/légumes 14

D7 - Radioactivité artificielle dans le domaine terrestre – environnement 14

E. Evolution entre 2010 et 2014. 16

F. Comparaison avec les données ACRO du suivi du littoral normand. 17

G. Conclusion 23

ANNEXES 24

ANNEXE 1/4 Origine des principaux éléments radioactifs artificiels observés dans l'environnement 25

ANNEXE 2/4 DETAILS DES RESULTATS 26

ANNEXE 3/4 METROLOGIE 33

ANNEXE 4/4 QUALIFICATIONS DU LABORATOIRE 35

Glossaire :

CLI : Commission Locale d'Information

CNPE : Centre Nucléaire de Production d'Electricité

INB : Installation nucléaire de Base

RNME : Réseau National de Mesure de la Radioactivité de l'Environnement

A – Introduction

Pour la seconde fois, la Commission Locale d'Information de la centrale nucléaire de Gravelines a confié une surveillance indépendante des niveaux de radioactivité dans l'environnement à l'ACRO. Initié en 2010, ce travail a donc été renouvelé sur l'année 2014.
La démarche de travail adoptée s'appuie sur l'expérience du laboratoire de l'ACRO dans ce domaine, acquise notamment grâce à son Observatoire Citoyen de la Radioactivité dans l'Environnement, étendu aux 600 km du littoral normand, ainsi que sur les normes en vigueur et les pratiques usuelles pour la constitution de bilans de référence.
Si les répercussions des rejets du CNPE de Gravelines sont l'objet principal de cette surveillance, celle-ci ne fait pour autant pas abstraction d'autres contributions éventuelles, telles que les rejets d'autres installations, comme les centrales nucléaires françaises et anglaises des côtes de la Manche, les usines de retraitement AREVA-NC dans La Hague et des retombées anciennes des essais de la bombe atomique et de la catastrophe de Tchernobyl.

B – Plan d'échantillonnage

Le plan d'échantillonnage décrit ci-dessous a été conçu en collaboration entre les membres de la CLI et des représentants du laboratoire de l'ACRO, essentiellement basé sur celui établi en 2010 afin de faciliter la comparaison spatio-temporelle.

Etendue géographique :
Cette surveillance radioécologique est basée sur le suivi du milieu marin d'une part, et du milieu terrestre d'autre part.
Sur le littoral, le suivi principal concerne trois sites localisés de part et d'autre du CNPE : le chenal de l'Aa (commune de Grand-Fort Philippe), la Jetée des Huttes (commune de Gravelines) et la Digue du Clipon (commune de Loon-Plage) ; cf. figure 1.
Comme lors de la précédente surveillance, le site de Cap Gris Nez – suivi par l'ACRO dans le cadre de son Observatoire Citoyen de la Radioactivité – constitue ici un point de référence. Il renseigne sur les niveaux du marquage de l'environnement par les éléments radioactifs lorsque les eaux de la Manche entrent en Mer du Nord, mais hors de l'influence directe des rejets du CNPE de Gravelines.
Enfin, des investigations ont été conduites sur deux autres sites : Bray-Dunes et Oostende (Belgique), afin d'évaluer l'étendue du marquage en éléments radioactifs à plus grande distance du site nucléaire de Gravelines.

En milieu terrestre, trois lieux distincts ont fait l'objet de prélèvements. Il s'agit du collège Pierre et Marie CURIE de Gravelines ; des « Jardins de Cocagne » de la ville de Gravelines et de la Jetée des Huttes.

Analyses effectuées :
Deux types d'éléments radioactifs ont été recherchés lors de cette surveillance :

- les radionucléides émetteurs gamma dans les échantillons solides,
- le tritium (hydrogène radioactif) dans les eaux.

Pour ce faire, deux systèmes d'analyse ont été utilisés. Il s'agit de la spectrométrie gamma dans le premier cas, et de l'analyse bêta en scintillation liquide dans le second. Toutes les analyses ont été effectuées au sein du laboratoire de l'ACRO.

Nature des échantillons collectés :
Afin d'apprécier les niveaux de perturbation radiologique des écosystèmes étudiés, différents indicateurs biologiques (faune et flore) et inertes (sédiments) sont retenus pour la recherche des radionucléides émetteurs gamma. En milieu marin il s'agit d'**algues brunes** du genre *Fucus*[1], de **mollusques** (moules et patelles), de **sédiments** (vases et/ou sable).

[1] L'espèce dominante sur la zone du suivi est *Fucus vesiculosus*. Deux autres espèces du même genre ont été prélevées soit pour comparaison avec le suivi ACRO des côtes normandes, soit par absence ponctuelle de *F. vesiculosus* : il s'agit de *F. serratus* et *F.ceranoides*.

En milieu terrestre, les indicateurs choisis ont été le **couvert végétal** (herbe et mousses terrestres), le **sol** et différentes variétés de **légumes cultivés** (cf. figure 1).

Dans le cas du tritium (hydrogène radioactif), seules les **eaux** (eaux **de mer** et eaux **de pluie**) sont analysées du fait de la physico-chimie de cet élément.

Fréquence d'intervention :
Deux campagnes de prélèvements ont été organisées au cours de l'année 2014, à la fois pour le milieu marin et pour le milieu terrestre. Cette fréquence semestrielle est le minimum permettant d'apprécier une possible variabilité des niveaux de radioactivité. Les périodes retenues ont été les grandes marées d'équinoxe des mois d'avril et d'octobre, car elles permettent l'accès à des espèces, comme les algues brunes, qui vivent fixées sur les niveaux les plus bas de l'estran, et que seules les grandes marées laissent émerger.
Pour les prélèvements en milieu terrestre, les campagnes ont également eu lieu en avril et octobre.

Démarche de travail :
Lors de l'élaboration initiale en 2010, un des objectifs de ce travail était de permettre aux membres de la CLI, notamment de la commission sécurité des populations, de participer aux différentes étapes de ce travail et ainsi, d'intégrer un processus collectif d'élaboration et de réalisation d'une action de surveillance de l'environnement.

En 2014, nous avons choisi de reconduire la plupart des champs étudiés quatre ans plutôt. C'est pourquoi nous avons conservé l'essentiel des stations de prélèvement, dont le choix avait été arrêté après discussion avec plusieurs membres de la commission autour des différentes utilisations du milieu naturel par la population (loisirs et/ou activités professionnelles), et après un repérage sur le terrain confirmant la présence des indicateurs nécessaires.
Comme en 2010, lors des deux campagnes de prélèvement, plusieurs membres de la commission se sont portés volontaires pour participer à la collecte des échantillons.

Cette démarche, basée sur une collaboration étroite avec les membres de la CLI, a permis une bonne adaptation de la surveillance aux réalités du terrain et aux besoins locaux. En outre, elle facilite l'appropriation des connaissances, puisque celles-ci sont coproduites avec les principaux acteurs concernés (associations locales, riverains, etc.).

L'appui de l'équipe scientifique du laboratoire de l'ACRO a été assuré lors de chaque campagne de prélèvement, notamment en ce qui concerne les aspects techniques (formation aux techniques de prélèvement, identification des indicateurs pertinents, respects des normes qualité) et de la logistique (matériel de prélèvement, référencement, stockage et rapatriement des échantillons au laboratoire).

En outre, à la demande de la CLI, des interventions ont été menées avec le collège de Gravelines afin de permettre aux élèves de s'initier par la pratique aux techniques liées à la surveillance, du prélèvement à l'analyse.

Prélèvements du 08/10/2014 sur la digue du Clipon avec un membre de la CLI

Prélèvements du 09/10/2014 à Grand Fort Philippe / Chenal de l'Aa, avec les élèves du collège Pierre et Marie CURIE

C – Cartographie des prélèvements effectués.

Figure 1 : Localisation des sites de prélèvement autour du CNPE de Gravelines et nature des échantillons.

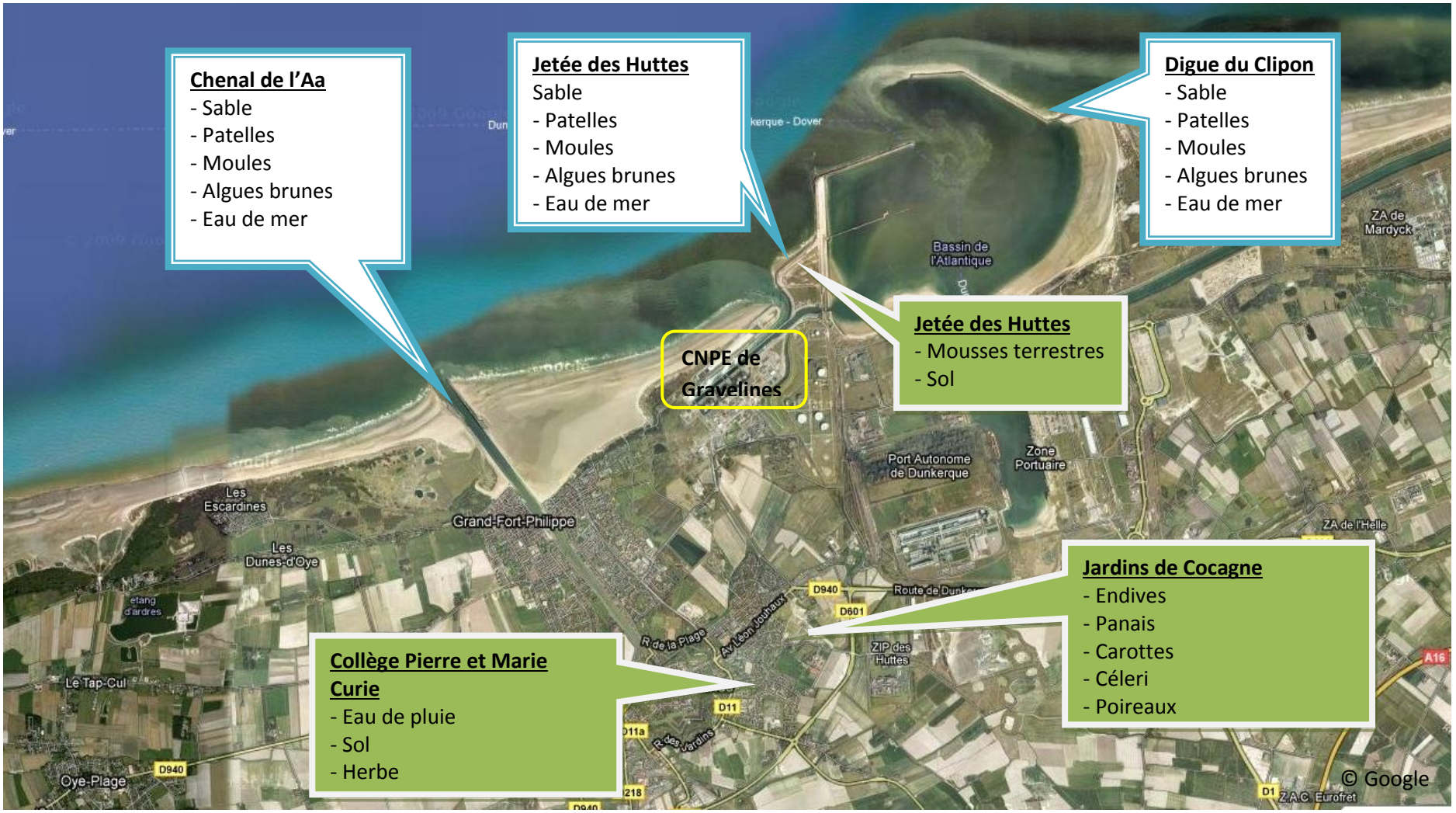
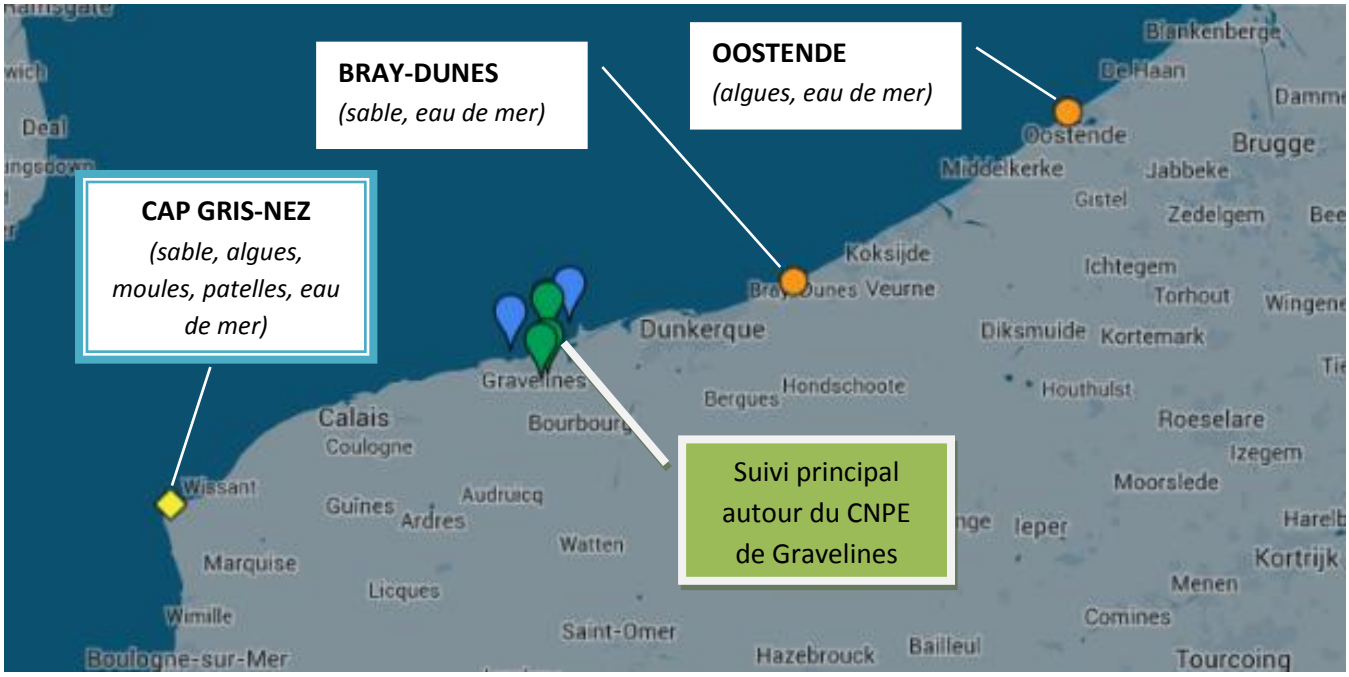


Figure 2 : Localisation des sites de prélèvement « Référence » et « Investigations ».



D – Commentaires de résultats

D1 – préambule : contexte hydrologique côtier du CNPE de Gravelines et termes sources

Le CNPE de Gravelines est implanté sur le littoral de la Côte d'Opale, sur la commune de Gravelines, à la limite des départements du Pas de Calais et du Nord. La courantologie principale de cette zone entraîne les masses d'eau d'Ouest en Est, depuis la Manche vers la Mer du Nord. La Côte d'Opale est ainsi influencée, en plus des rejets du CNPE de Gravelines, par les rejets des installations nucléaires côtières françaises que sont AREVA-NC dans la Hague et les CNPE de Flamanville, Paluel et Penly, ainsi que ceux des centrales situées sur la côte sud de la Grande-Bretagne (centrale de Dungeness). Dans une moindre mesure, l'influence de la mer d'Irlande existe (site de Sellafield), même si ces eaux contournent généralement la Grande-Bretagne par le Nord.

Pour la Manche, le plus gros contributeur en termes d'émission d'éléments radioactifs en milieu marin sont les usines de retraitement d'Areva-NC. Certains des isotopes radioactifs, selon leur forme physico-chimique, pourront cheminer avec les masses d'eaux depuis la pointe de la Manche jusqu'à la Mer du Nord.

La circulation des eaux en Manche se fait essentiellement le long des côtes françaises. Des éléments comme le tritium ou l'antimoine-125, rejetés à la Hague et qui suivent les masses d'eau, se retrouvent environ 120 jours plus tard dans le Pas de Calais.[2]

D'autres isotopes, comme le cobalt-60, le ruthénium-106 ou l'iode-129 sont plus rapidement fixés aux sédiments ou aux espèces vivantes. Leur concentration dans l'eau diminue alors à mesure que l'on s'éloigne de la pointe de la Hague.

Ainsi, parmi les différents radionucléides observés dans l'environnement à proximité de la centrale EDF de Gravelines, tous ne proviennent pas de la même source d'émission. Certains sont spécifiques des usines de retraitement du combustible, comme l'iode-129. La plupart des autres peuvent provenir d'un mélange des rejets des différentes INB[3] côtières, mais dans des proportions généralement difficiles à évaluer. Les retombées atmosphériques (accidents et bombes) contribuent également aux niveaux observés, dans le cas du césium-137 en particulier.

[2] HDR de Pascal Bailly du Bois ; IRSN – 2013. Mémoire d'habilitation à diriger des recherches, Dispersion des radionucléides dans les mers du nord-ouest de l'Europe : observations et modélisation.

[3] Installation Nucléaire de Base

D2 – Radioactivité artificielle dans les algues

Les algues prélevées et analysées appartiennent à la famille des algues brunes, du genre *Fucus.* La principale espèce présente est le *Fucus vesiculosus* (varech vésiculeux), mais deux autres espèces ont également été prélevées, soit par défaut soit pour comparaison ; il s'agit de *Fucus serratus* (varech denté) et de *Fucus ceranoides*.

Tableau 1 : résultats de mesure des émetteurs gamma dans les algues prélevées en avril et octobre 2014.

ALGUES Bq/kg sec	Date	CAP GRIS NEZ (varech vésiculeux)	CAP GRIS NEZ (varech denté)	CHENAL DE L'AA (varech vésiculeux)	JETEE DES HUTTES (varech vésiculeux)	OOSTENDE (Fucus ceranoides)	Origine
COBALT-60	Avril	<	<	<	**0,63** ± 0,32	-	*CNPE Gravelines + retraitement*
	Octobre	<	<	<	<	<	
IODE-129	Avril	**5,8** ± 0,9	**5,8** ± 0,9	**5,7** ± 0,6	**5,6** ± 1,0	-	*Retraitement AREVA-NC*
	Octobre	**7,2** ± 0,9	-	**8,8** ± 1,2	**2,4** ± 0,6	**4,8** ± 0,7	
IODE-131	Avril	<	<	<	<	-	*Médecine nucléaire*
	Octobre	<	<	<	<	**1,9** ± 0,7	
CESIUM-137	Avril	<	<	**0,46** ± 0,24	<	-	*INB côtières + retombées atmosphériques*
	Octobre	<	<	**0,90** ± 0,44	<	<	

LEGENDE : « **<** » = inférieur à la limite de détection / « **-** » = non prélevé.

L'iode-129 est détecté dans tous les échantillons prélevés au cours de l'année entre Cap Gris Nez et Oostende (Belgique). Les activités sont comprises entre 2,4 et 8,8 Bq/kg sec. Il n'est pas étonnant de détecter cet isotope de manière systématique, puisque l'activité industrielle de retraitement des combustibles irradiés d'Areva-NC dans la Hague, induit, dans le choix technologique actuel de cet exploitant, le rejet fréquent d'effluents liquides radioactifs (1,3 TBq [4] d'iodes radioactifs au total pour l'année 2012).

Les variations observées d'un semestre à l'autre pour une même station, ou entre les stations, n'appellent pas de commentaire particulier. Les activités observées sont du même ordre de grandeur et assez homogènes.

Le cobalt-60 a été mis en évidence dans les seules algues de la jetée des huttes au mois d'avril 2014. Parmi les trois stations étudiées, c'est la plus proche de l'émissaire de rejets du CNPE de Gravelines ; on peut donc a priori attribuer la présence de cet isotope aux rejets d'effluents liquides de la centrale. En effet, même si l'influence des usines de retraitement ne peut totalement être écartée, selon Bailly du Bois (HDR 2013), la quasi-totalité (86%) du cobalt-60 rejeté par AREVA-NC dans la Hague se fixerait sur les sédiments et les espèces vivantes avant d'arriver en mer du Nord. De plus, ce radionucléide n'est pas mis en évidence au Cap Gris Nez.

Le césium-137 a été mis en évidence dans deux échantillons sur huit, à la station du Chenal de l'Aa uniquement et lors des deux prélèvements d'avril et d'octobre. Les activités détectées sont faibles : moins de 1 Bq/kg sec. L'origine précise de cet isotope est plus délicate à déterminer, compte tenu d'apports anciens (essais nucléaires atmosphériques, Tchernobyl…) en plus des rejets actuels des installations. S'agissant d'une incorporation dans du matériel biologique vivant, les activités observées aujourd'hui dans les algues sont le reflet d'un marquage récent des masses d'eau dû aux rejets liquides des installations ou à une

[4] TBq ou Téra-Becquerel, soit 10^{12} Bq (mille milliards de Bq).

remise en suspension de sédiments plus anciens déjà marqués. De par leur localisation en bout d'estuaire de l'Aa, ces algues subissent la double influence de l'eau douce transportant du césium-137 déposé sur les sols et lessivé lors des précipitations et, celle de l'eau de mer transportant le césium-137 rejeté par les installations nucléaires côtières.

L'iode-131 a été détecté uniquement dans les algues brunes prélevées à Oostende (Belgique), à une concentration assez faible (1,9 Bq/kg sec). Etant donné la localisation du lieu de prélèvement – au centre de la ville d'Oostende, sur la côte – il est vraisemblable que ce marquage soit dû aux rejets des centres hospitaliers de la ville.

D3 - Radioactivité artificielle dans les mollusques

Deux espèces de mollusques ont été prélevées : des patelles du genre *Patella sp.* et des moules du genre *Mytilus edulis.*

L'intérêt de prélever deux espèces différentes de mollusques sur des stations identiques tient à la complémentarité des informations apportées par chacune des espèces. Les patelles donnent une information à visée « environnementale » alors que les moules renseignent sur l'aspect « denrées alimentaires ». D'autre part, les voies d'incorporation des radionucléides sont différentes entre les moules qui sont des filtreurs, et les patelles qui sont des brouteurs de micro-algues ; ce qui peut expliquer les différences de concentration dans les individus.

Tableau 2 : résultats de mesure des émetteurs gamma dans les patelles prélevées en avril et octobre 2014.

PATELLES Bq/kg frais	Date	CAP GRIS NEZ	CHENAL DE L'AA	JETEE DES HUTTES	DIGUE DU CLIPON	Origine
COBALT-60	Avril	<	<	**0,42** ± 0,11	<	*CNPE Gravelines + retraitement*
	Octobre	<	<	<	<	
ARGENT-110m	Avril	<	**0,19** ± 0,06	**0,95** ± 0,15	<	*CNPE Gravelines*
	Octobre	<	<	**0,42** ± 0,09	<	

LEGENDE : « **<** » = inférieur à la limite de détection / « **-** » = non prélevé.

Tableau 3 : résultats de mesure des émetteurs gamma dans les moules prélevées en avril et octobre 2014.

MOULES Bq/kg frais	Date	CAP GRIS NEZ	CHENAL DE L'AA	JETEE DES HUTTES	DIGUE DU CLIPON	Origine
COBALT-60	Avril	<	<	**0,40** ± 0,11	<	*CNPE Gravelines + retraitement*
	Octobre	<	<	<	<	
ARGENT-110m	Avril	<	<	**0,27** ± 0,11	<	*CNPE Gravelines*
	Octobre	<	<	<	<	

LEGENDE : « **<** » = inférieur à la limite de détection / « **-** » = non prélevé.

Dans les patelles, bioindicateur habituellement prélevé dans le cadre du suivi effectué par l'ACRO, le cobalt-60 et l'argent -110m ont été mis en évidence sur les sites de la Jetée des Huttes et du Chenal de l'Aa. Etant donné la proximité immédiate de la centrale de Gravelines, le marquage observé est vraisemblablement dû aux rejets du site EDF ; et de la même manière que pour les algues, le cobalt-60 n'est pas détecté au Cap Gris Nez.

Les concentrations en argent-110m sont comprises entre 0,19 et 0,95 Bq/kg frais ; celles du cobalt-60 entre 0,40 et 0,42 Bq/kg frais.

Dans les moules, à la différence du suivi effectué au cours de l'année 2010 où elles n'avaient révélé la présence d'aucun isotope radioactif artificiel, les deux isotopes (cobalt-60 et argent-110m) ont été détectés dans les moules prélevées à la Jetée des Huttes en avril 2014. Les activités observées, comprises entre 0,2 et 0,4 Bq/kg frais, sont faibles, mais il est important de les souligner puisqu'il s'agit d'une espèce consommable et consommée.

D4 - Radioactivité artificielle dans les sédiments marins

L'essentiel du front de mer de la zone couverte par la surveillance radioécologique est constitué de sables. Seule la station du Chenal de l'Aa a permis de faire un prélèvement de vases, en raison de l'apport de particules terrigènes (provenant des sols lessivés) par l'Aa.

Trois isotopes radioactifs artificiels ont été relevés dans certains des 11 échantillons analysés : cobalt-60, césium-137 et américium-241. Le cobalt-60 et le césium-137 peuvent provenir de la centrale nucléaire de Gravelines, mais aussi des usines de retraitement d'AREVA-NC dans la Hague (ainsi que pour le ^{137}Cs, des retombées anciennes des essais nucléaires atmosphériques et de celles de l'accident de Tchernobyl), tandis que l'américium-241 peut avoir comme origine les retombées des essais nucléaires et les rejets radioactifs marins des usines de retraitement des combustibles nucléaires usés opéré sur le site d'AREVA-NC.

Tableau 4 : résultats de mesure des émetteurs gamma dans les sédiments et les vases prélevés en avril et octobre 2014.

SEDIMENTS Bq/kg sec	Date	CAP GRIS NEZ *(sables)*	CHENAL DE L'AA *(sables)*	CHENAL DE L'AA *(vases)*	JETEE DES HUTTES *(sables)*	DIGUE DU CLIPON *(sables)*	BRAY-DUNES *(sables)*	Origine
COBALT-60	Avril	<	<	**0,78** ± 0,13	<	<	-	*CNPE Gravelines (retraitement)*
	Oct	<	<	**2,17** ± 0,25	<	<	<	
CESIUM-137	Avril	**0,16** ± 0,07	**0,15** ± 0,09	**1,30** ± 0,20	**0,17** ± 0,10	<	-	*CNPE, Retraitement, Retombées anciennes*
	Oct	**0,14** ± 0,07	<	**3,06** ± 0,35	<	<	**0,21 ± 0,12**	
AMERICIUM-241	Avril	<	<	**0,76** ± 0,29	<	<	-	*Retraitement, Retombées anciennes*
	Oct	<	<	**1,77** ± 0,36	<	<	<	

LEGENDE : « **<** » = inférieur à la limite de détection / « **-** » = non prélevé.

Le césium-137 est présent sur tous les sites, de Cap Gris Nez jusqu'à Bray-Dunes, à l'exception des sables de la Digue du Clipon. De par ses multiples origines possibles et des niveaux assez faibles et homogènes, il est difficile d'attribuer sa présence à l'une ou l'autre des sources en particulier. Aujourd'hui, le césium-137 est l'isotope radioactif artificiel le plus couramment rencontré dans l'environnement.

Dans le cas de la Digue du Clipon, l'absence de tout isotope artificiel peut être reliée au fait que ce site a été modifié entre le suivi de 2010 et celui de 2014, pour permettre l'implantation du port méthanier. L'Ancien site de prélèvement a été totalement ensablé. On peut donc penser qu'il s'agit de sable importé d'une zone où le marquage par le césium-137 était quasi-nul, soit, s'il s'agit de sable local, qu'une couche exempte de contamination est venue recouvrir les anciens sables.

Le cobalt-60 et l'américium-241 ont été mis en évidence dans les seules vases du Chenal de l'Aa, lors des deux semestres. Plus que la localisation, c'est vraisemblablement la granulométrie fine des vases qui favorise la fixation de ces isotopes radioactifs.

Pour chaque isotope, la concentration mesurée en octobre est supérieure à celle observée en avril 2014. Cette différence peut vraisemblablement s'expliquer par la proportion de particules fines qui est plus importante dans l'échantillon prélevé en octobre, par rapport à celui prélevé en avril. En effet, la granulométrie est un facteur important de modulation des concentrations des radionucléides dans les sédiments.

D5 - Radioactivité dans les eaux de mer (tritium)

Le tritium est de l'hydrogène radioactif. C'est un émetteur bêta pur. Le tritium mesuré ici est sous forme d'eau tritiée : il remplace un atome d'hydrogène dans une molécule d'eau, l'eau tritiée est noté HTO. On parle également de "tritium libre" car ce tritium n'est pas lié à une molécule organique.

Tableau 5 : résultats de mesure du tritium libre (HTO) dans les eaux de mer prélevées en avril et octobre 2014.

EAU DE MER Bq/l	Date	CAP GRIS NEZ	CHENAL DE L'AA	JETEE DES HUTTES	DIGUE DU CLIPON	BRAY-DUNES	OOSTENDE	Origine
TRITIUM (HTO)	Avril	<	<	**6,6** ± 3,0	<	-	-	*CNPE Gravelines (retraitement)*
	Oct	<	<	**6,8** ± 3,2	<	<	<	

LEGENDE : « **<** » = inférieur à la limite de détection / « **-** » = non prélevé.

L'analyse par scintillation liquide des eaux de mer a révélé deux valeurs significatives en tritium libre (sous forme d'eau tritiée, notée HTO) sur le site de la Jetée des Huttes en avril et octobre 2014, respectivement 6,6 et 6,8 Bq par litre d'eau de mer. Le tritium est (sur un plan quantitatif) le principal élément radioactif qui entre dans la composition des effluents liquides d'une centrale nucléaire, il est donc probable qu'une partie du marquage observé de l'eau de mer soit dû aux rejets du CNPE de Gravelines, notamment vu la proximité du point de prélèvement par rapport au point de rejet.

Cependant, on ne peut totalement écarter l'influence des rejets des usines AREVA-NC dans la Hague et des autres installations nucléaires. En effet, le tritium est un élément conservatif, c'est-à-dire qu'une fois sous forme d'eau tritiée (HTO), il interagit peu avec les compartiments minéral, animal et végétal mais va suivre le

mouvement des masses d'eaux. Les fortes activités en tritium rejetées à la pointe de la Hague expliquent qu'on puisse tracer cet isotope jusque sur la côte d'Opale[5].

Cette multiplicité des sources d'émissions à travers toute la Manche font que le tritium est détectable en n'importe quel point de cette mer[6]. Le fait que l'ACRO ne mentionne que deux valeurs significatives est dû à l'aspect ponctuel de nos prélèvements, qui n'intègrent pas le tritium dans le temps. D'autre part, le seuil de décision de nos appareils de mesure étant de 3 Bq/l, nous ne pouvons mettre en évidence les faibles concentrations relevées par l'exploitant lors de sa surveillance bimensuelle (voir site www.mesure-radioactivite.fr).

Pour rappel, le tritium est un isotope radioactif qui a également une origine naturelle ; sa concentration dans l'eau de mer en surface est voisine de 0,2 Bq/litre, en dehors de toute influence industrielle. Ainsi, une activité telle qu'observée à la Jetée des Huttes peut paraître faible, elle représente néanmoins plus de trente fois le niveau naturel de cet isotope.

D6 - Radioactivité artificielle dans le domaine terrestre – les denrées alimentaires/légumes

Les analyses ont porté sur cinq légumes différents : poireaux, céleri, endives, panais et carottes, tous cultivés en plein champ. Les prélèvements ont été effectués simultanément aux campagnes sur le littoral, en avril et en octobre. Hormis pour les poireaux où l'échantillon entier a été analysé, c'est la fraction « racine » qui a été retenue pour les autres.

Aucune de ces six analyses n'a mis en évidence la présence d'éléments radioactifs artificiels émetteurs gamma dans ces légumes.

Tableau 6 : résultats de mesure des émeteurs gamma dans les légumes prélevés en avril et octobre 2014.

LEGUMES Bq/kg frais	Date	POIREAUX *(entier)*	CELERI *(racine)*	ENDIVES *(racine)*	PANAIS *(racine)*	CAROTTES *(racine)*
Radionucléides artificiels	Avril	<	-	-	-	-
	Oct	<	<	<	<	<

LEGENDE : « **<** » = inférieur à la limite de détection / « **-** » = non prélevé.

D7 - Radioactivité artificielle dans le domaine terrestre – environnement

A la Jetée des Huttes :

Les analyses ont porté sur deux échantillons prélevés sur la Jetée des Huttes (versant sud). Ce site très dégagé est situé à environ un kilomètre des réacteurs nucléaires.

Le premier échantillon correspond à l'horizon (0 à 2 cm) constitué d'un mélange de mousses terrestres rases, de racines et de sol ; quant au second, il correspond à la couche de terre comprise entre 2 et 12 cm de profondeur.

[5] L'émissaire de rejet d'AREVA-NC est prépondérant vis-à-vis des autres sources d'émission que sont les centrales nucléaires côtières normandes (Flamanville, Paluel et Penly) et britanniques.

[6] Pascal Bailly du Bois, 2013.

Tableau 7 : résultats de mesure des émetteurs gamma dans les échantillons terrestres prélevés à la Jetée des Huttes en avril et octobre 2014.

TERRESTRE (1/2) Bq/kg sec	Date	JETEE DES HUTTES *(horizon 0 à -2cm)*	JETEE DES HUTTES *(horizon -2cm à -12cm)*	Origine
CESIUM-137	Avril	**1,05** ± 0,31	**0,81** ± 0,28	Retombées anciennes, CNPE

Un seul isotope radioactif artificiel gamma a été mis en évidence dans les deux échantillons, il s'agit du césium-137. Il peut trouver son origine dans les rejets aériens du CNPE de Gravelines, mais provient vraisemblablement des dépôts atmosphériques des essais nucléaires, voire de leur remise en suspension. En effet, le site est assez sec et sableux, propice aux mouvements des particules minérales avec le vent.

Tableau 8 : résultats de mesure des émetteurs gamma et du tritium dans les échantillons terrestres prélevés au collège de Gravelines en avril et octobre 2014.

TERRESTRE (2/2) Bq/kg sec	Date	COLLEGE DE GRAVELINES *(herbe)*	COLLEGE DE GRAVELINES *(sol : horizon 0 à -10cm)*	COLLEGE DE GRAVELINES *(eau de pluie)*	Origine
CESIUM-137	octobre	<	**2,24** ± 0,37		Retombées, CNPE
TRITIUM (HTO)	octobre			<	

LEGENDE : « **<** » = inférieur à la limite de détection / « **-** » = non prélevé.

Herbe : aucun isotope artificiel n'est détecté.

Sol : un seul isotope radioactif artificiel a été mis en évidence dans l'échantillon de terre du collège, il s'agit du césium-137, quantifié à 2,24 ± 0,37 Bq/kg sec. Ce radionucléide peut provenir des retombées atmosphériques des essais atomiques et des retombées de l'accident de Tchernobyl.

Eau de pluie : une analyse par scintillation liquide a été conduite sur un échantillon d'eau de pluie, il s'agit de l'eau récoltée au collège de Gravelines par les élèves le 9 octobre 2014. L'analyse donne un résultat pour le tritium total (HTO) inférieur à la limite de détection (environ 7 Bq/l).

E. Evolution entre 2010 et 2014.

D'un point de vue qualitatif, les radionucléides identifiés dans les différents indicateurs sont les mêmes que ceux identifiés en 2010. D'une part, on observe ceux caractéristiques des différentes installations nucléaires (usines de retraitement, centrales nucléaires), d'autre part, ceux ayant été disséminés dans l'environnement lors des tirs de l'arme atomique et de l'accident de Tchernobyl. Le seul isotope mis en évidence en 2014 et que nous n'avions pas observé en 2010 est l'iode-131 à Oostende. Bien qu'ayant lui aussi plusieurs origines possibles, il semble provenir ici des services de médecine nucléaire. Un prélèvement effectué à Oostende par l'ACRO en octobre 2012 avait déjà mis en évidence de l'iode-131 dans les algues brunes.

D'un point de vue quantitatif, les activités mesurées dans les différents échantillons sont globalement du même ordre de grandeur avec celles constatées en 2010.

Dans les patelles, cobalt-60 et argent -110m sont inférieurs à 1,0 Bq/kg frais.

Dans les sédiments, cobalt-60, césium-137 et américium-241 restent inférieurs à 5 Bq/kg sec.

Il existe toutefois des variations puisque les moules prélevées en 2010 n'avaient révélé la présence d'aucun isotope artificiel, tandis qu'en 2014, du cobalt-60 et de l'argent-110m ont été mis en évidence sur le site de la Jetée des Huttes uniquement, le plus proche de l'émissaire de rejets du CNPE de Gravelines.

Enfin, dans le cas des algues brunes, on peut donc considérer qu'il n'y pas eu de variation significative des activités en iode-129 entre 2010 et 2014 compte tenu des importantes variations des niveaux d'activité des rejets d'effluents liquides chaque mois.

Dans les échantillons du milieu terrestre, seul le césium-137 a été détecté dans les sols (entre 0,8 et 2,2 Bq/kg sec) en 2010 et 2014.

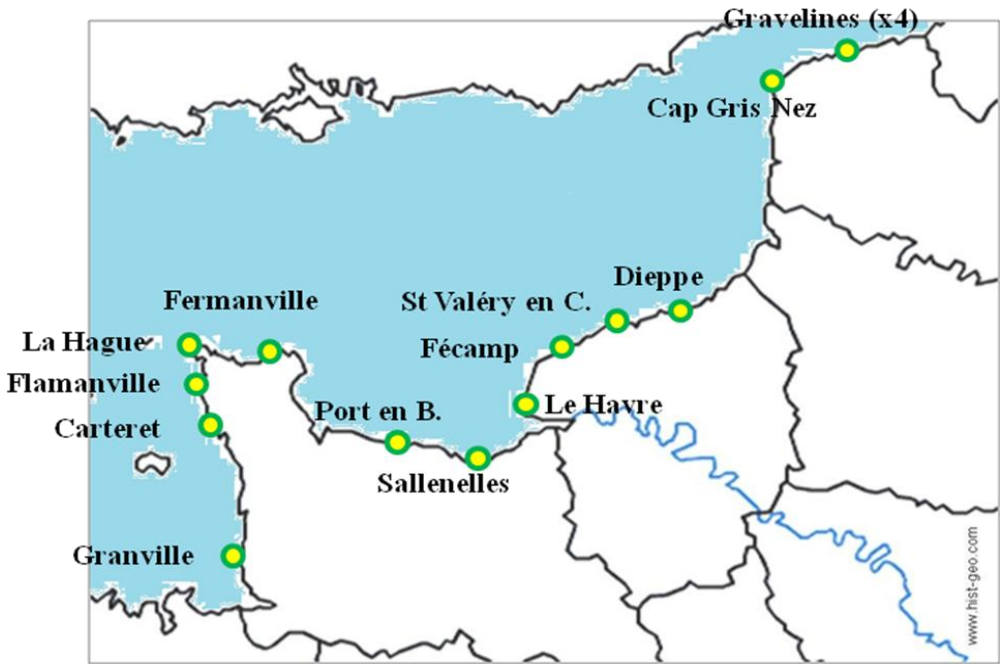
Dans les légumes cultivés dans les Jardins de Cocagne de la ville de Gravelines, aucune contamination n'a été décelée au cours des deux années 2010 et 2014.

D'un point de vue géographique, nous n'avons pas mis en évidence de différence significative concernant la répartition des radionucléides entre les différentes stations de prélèvement entre 2010 et 2014. Sur le littoral, une légère dilution des isotopes en provenance de la Manche (iode-129) semble s'opérer entre les sites de Cap Gris Nez et celui d'Oostende, distants entre eux d'une centaine de kilomètres. Concernant les isotopes caractéristiques des réacteurs de Gravelines (cobalt-60 et argent-110m) leur localisation reste circonscrite à la zone proche autour du site nucléaire.

F. Comparaison avec les données ACRO du suivi du littoral normand.

L'ACRO effectue une surveillance des niveaux de radioactivité du littoral normand depuis plusieurs années (cf. figure 3), ce qui nous a permis de dresser des profils d'évolution dans le temps et dans l'espace pour différents radionucléides. Nous présentons ici des éléments de comparaison permettant de replacer les résultats issus des suivis effectués en 2010 et 2014 sur la côte d'Opale dans un contexte plus général.

Figure 3 : Carte de la répartition géographique des stations du suivi environnemental marin de l'ACRO et de la CLI de Gravelines.

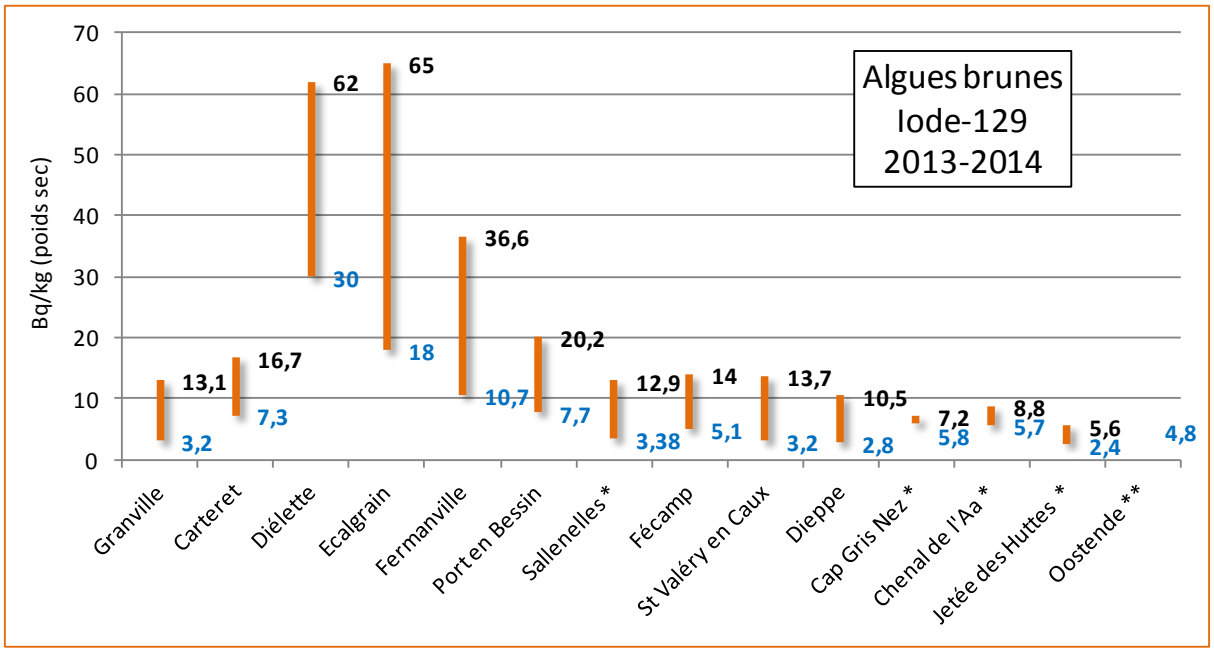


ALGUES BRUNES

Parmi les nombreux radionucléides surveillés dans le cadre de l'Observatoire Citoyen de la Radioactivité dans l'Environnement par l'ACRO, l'iode-129 et le cobalt-60 possèdent une répartition géographique caractéristique des rejets des usines d'AREVA la Hague. En effet, on observe un profil le long des côtes qui caractérise très bien l'impact local des rejets des usines de retraitement, qui ensuite s'estompe progressivement avec la distance et dans le sens des courants marins (d'Ouest en Est).

Concernant les niveaux en iode-129 dans les algues brunes, les données acquises par l'ajout des stations de la côte d'Opale en 2010, a permis de prolonger le profil et de confirmer sa répartition spatiale (figure 4).

Figure 4 : Activités minimales et maximales en **iode-129** dans les algues brunes observées en 2013-2014 pour le littoral normand et en 2014 pour la côte d'Opale.

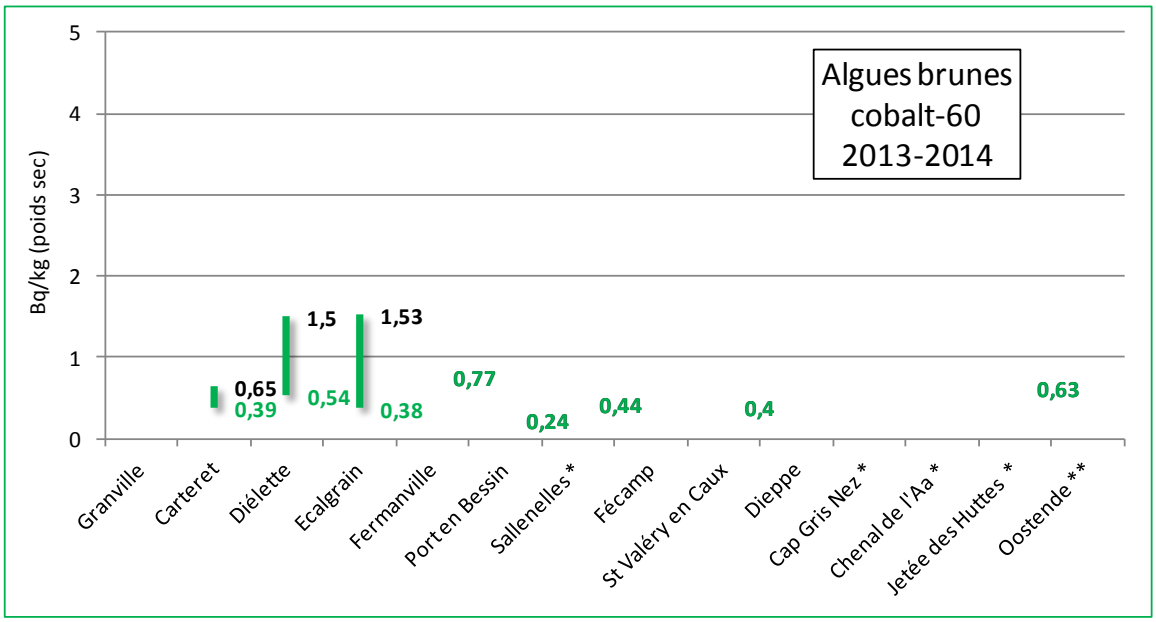


Remarque : les algues brunes prélevées sont de l'espèce *Fucus serratus*, sauf pour les sites marqués d'un (*) où il s'agit de *F. vesiculosus* et (**) pour *F. ceranoides.*

En revanche, dans le cas du cobalt-60, le profil géographique, qui peut sembler similaire à celui de l'iode-129, laisse apparaître un possible impact des centrales de Paluel et Penly en Normandie et de la centrale nucléaire de Gravelines dans le marquage radioactif du littoral (figure 5).

En effet, on observe une diminution progressive des activités dans les algues depuis la Hague (Ecalgrain) jusqu'à Saint-Valéry en Caux, avant de détecter de nouveau cet isotope juste au droit de la centrale nucléaire de Gravelines, sur la Jetée des Huttes.

Figure 5 : Activités minimales et maximales en **cobalt-60** dans les algues brunes observées en 2013-2014 pour le littoral normand et la côte d'Opale.



Remarque : les algues brunes prélevées sont de l'espèce *Fucus serratus*, sauf pour les sites marqués d'un (*) où il s'agit de *F. vesiculosus* et (**) pour *F. ceranoides.*

MOLLUSQUES

Moules
Dans le cadre de l'Observatoire Citoyen de l'ACRO, seules les patelles sont prélevées ; nous n'avons donc pas d'élément de comparaison en ce qui concerne les moules. Les données disponibles sont celles obtenues en 2010 par l'ACRO ainsi que celles consultables sur le site du Réseau national de mesures de la radioactivité dans l'environnement, données IRSN principalement.

Patelles
Dans le cadre du suivi du littoral de l'ACRO, de **l'argent-110m** a été révélé par le passé sur le site de St-Valéry en Caux jusqu'en septembre 2005 et, sa détection réduite géographiquement révélait en partie l'influence des rejets des CNPE de Paluel et de Penly.

L'activité maximale en argent-110m a été observée à la Jetée des Huttes [0,95(±0,15) Bq/kg frais ; avril 2014], elle est significativement supérieure à celles observées à St-Valéry en Caux en 2005 [0,21(±0,06) et 0,17(±0,07) Bq/kg frais]. La distance entre le site de prélèvement et l'émissaire de rejet peut expliquer cette différence de concentration, St-Valéry en Caux étant à 5km de Paluel et à 40km de Penly. Le nombre de réacteurs est aussi un paramètre influent.

Les deux autres radionucléides artificiels régulièrement mis en évidence dans les patelles du littoral normand sont le cobalt-60 et le couple ruthénium/rhodium-106. Le ^{106}Ru/Rh est rejeté essentiellement par les usines de retraitement et sa détection est circonscrite aux patelles des sites proches du cap de la Hague. En revanche, le ^{60}Co est également rejeté par les centrales nucléaires en fonctionnement ; sa détection est étendue à l'ensemble des côtes des départements de la Manche et du Calvados.

En Haute-Normandie, seules les patelles de St-Valéry en Caux ont révélé un marquage au cobalt-60 en septembre 2008, montrant l'influence possible des rejets des CNPE de Paluel et Penly.

Les niveaux en cobalt-60 dans les patelles de la côte d'Opale, pour le site de Gravelines, étaient de 0,03(±0,02) Bq/kg frais (EDF, avril 2009). En 2012, elles ne révélaient pas de cobalt60 (inférieur à la limite de détection). En 2014, l'ACRO met en évidence du cobalt-60 au niveau de le Jetée des Huttes [0,42(±0,11) Bq/kg frais].

SEDIMENTS MARINS

Comme pour la plupart des radionucléides artificiels mis en évidence dans les indicateurs de l'environnement, le césium-137 provient en partie des rejets des usines de retraitement du combustible nucléaire. Or, le césium-137 ayant été fortement rejeté dans l'atmosphère lors des essais nucléaires atmosphériques et de l'accident de Tchernobyl, il est retrouvé dans presque tous les sols et sédiments de l'hémisphère nord. C'est pourquoi sa répartition géographique n'est plus centrée autour de la Hague, mais plutôt modulée par les apports terrigènes (lessivage des bassins versants). Les concentrations en césium-137 les plus importantes sont alors souvent observées à proximité des estuaires, comme c'est le cas au Havre, estuaire de la Seine.

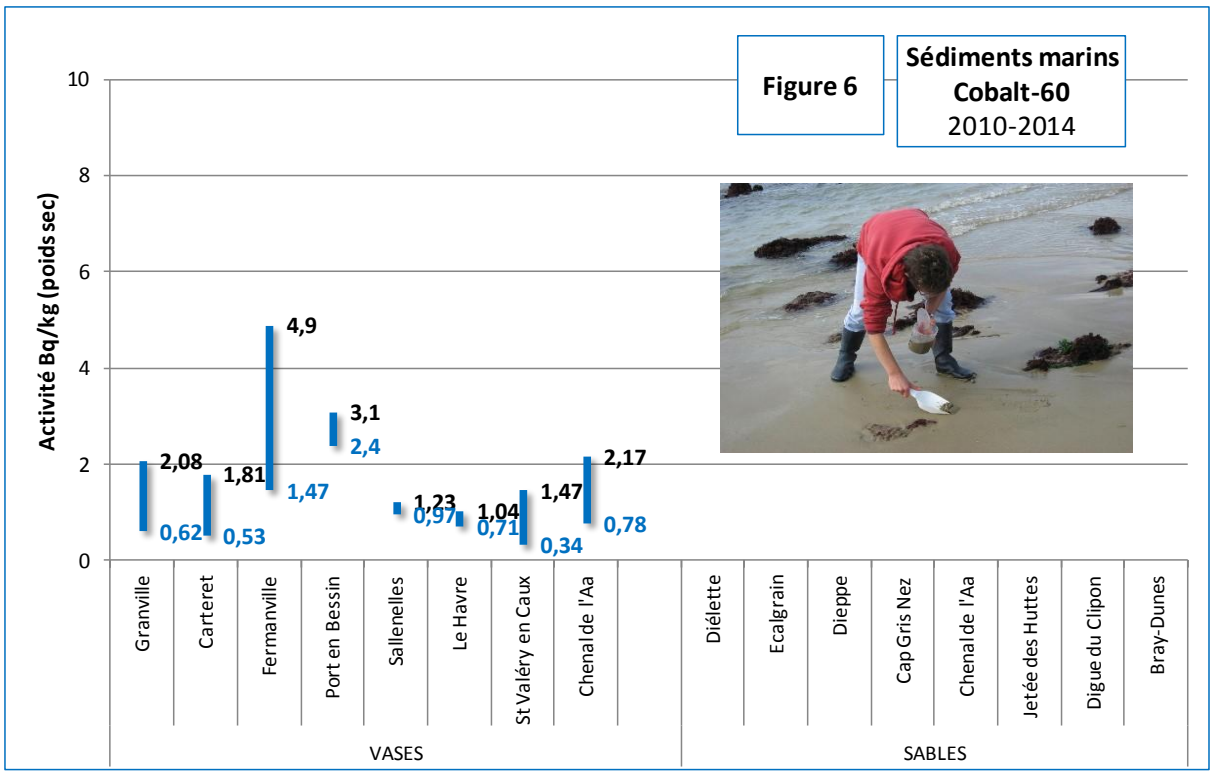
Le second paramètre pouvant influencer la contamination des sédiments est leur granulométrie (distribution des particules de différentes tailles). Les vases, qui contiennent plus de particules fines que les sables de plage, présenteront généralement des concentrations en radionucléides plus importantes que ces derniers.

Les graphiques ci-après, présentent les profils côtiers en **cobalt-60, césium-137** et en **américium-241** réalisés d'une part pour les vases, d'autre part pour les sables.

On voit clairement sur ces figures, que les sables concentrent qualitativement et quantitativement moins les éléments radioactifs par rapport aux vases. Cela confirme l'importance du choix du site de prélèvement et notamment la nature des sédiments qui peuvent y être prélevés.

Le site du Chenal de l'Aa, est le seul site à avoir bénéficié d'un double prélèvement de vases et de sable, rendu possible par sa nature même de zone d'estuaire. Le sable de cette station présente des activités en césium-137 supérieures au reste du littoral de la Côte d'Opale, en raison des apports de particules sédimentaires marquées, et transportées par l'Aa.

Figures 6, 7 et 8 : Activités minimales et maximales en **cobalt-60, césium-137** et **américium-241** observées dans les sédiments sur la période 2010-2014 sur le littoral normand et la côte d'Opale.



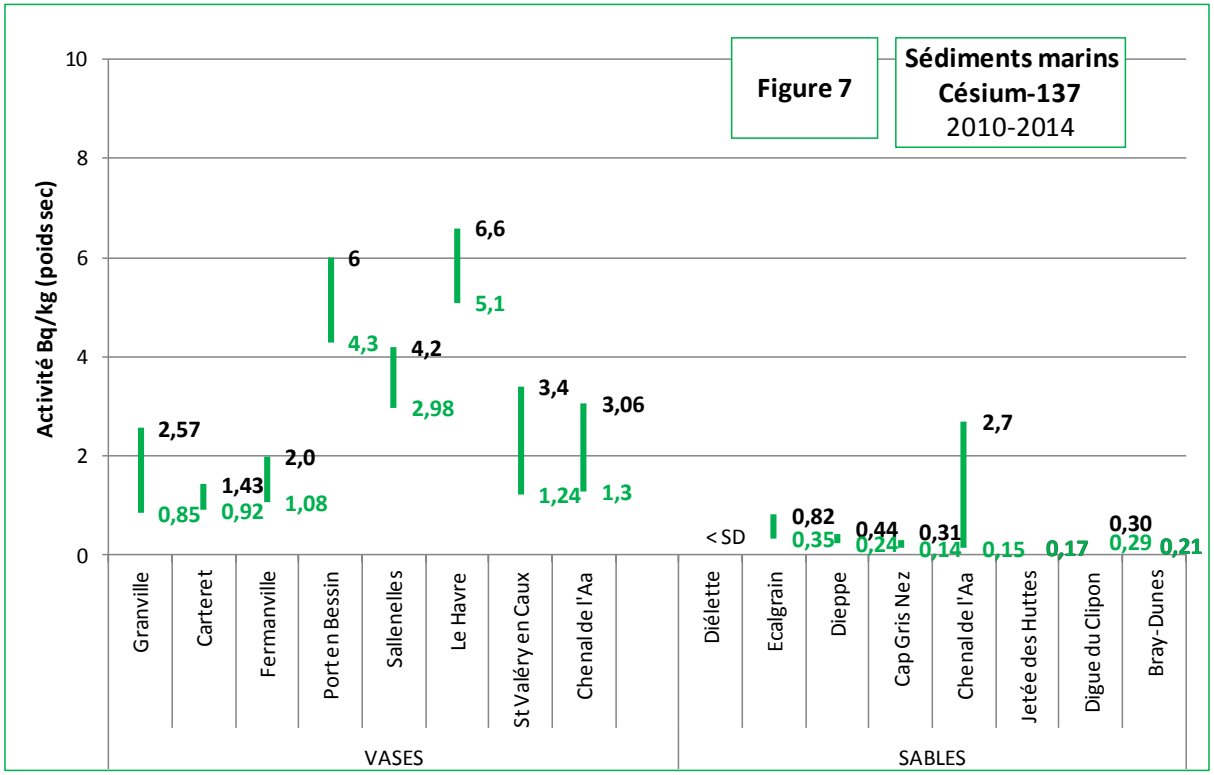
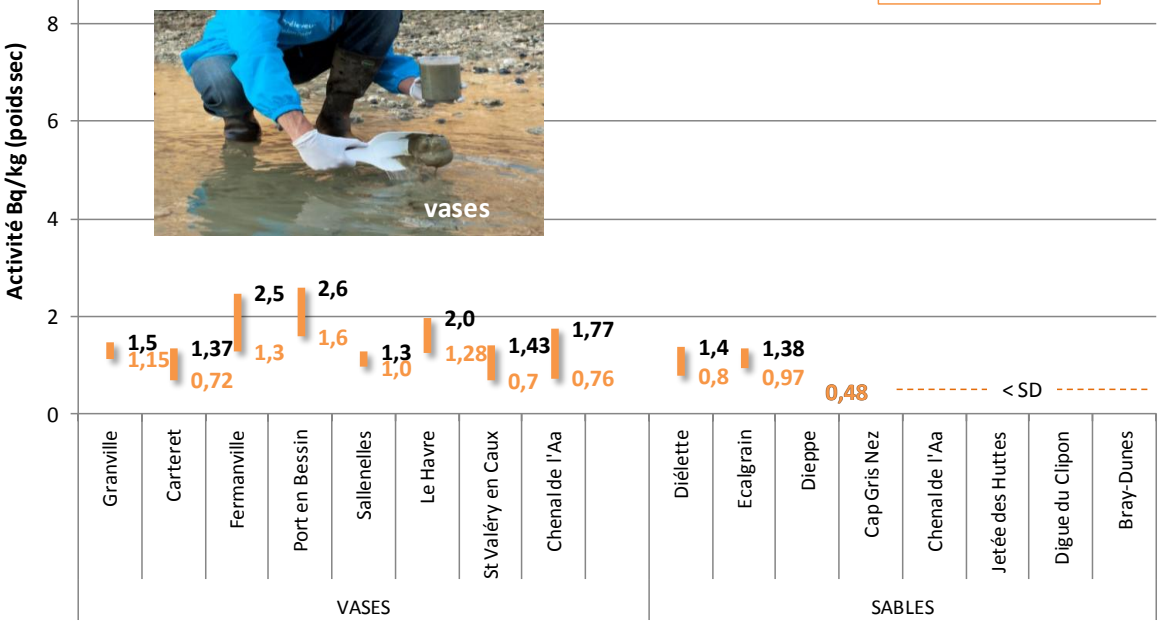


Figure 8

Sédiments marins
Américium-241
2010-2014



EAU DE MER

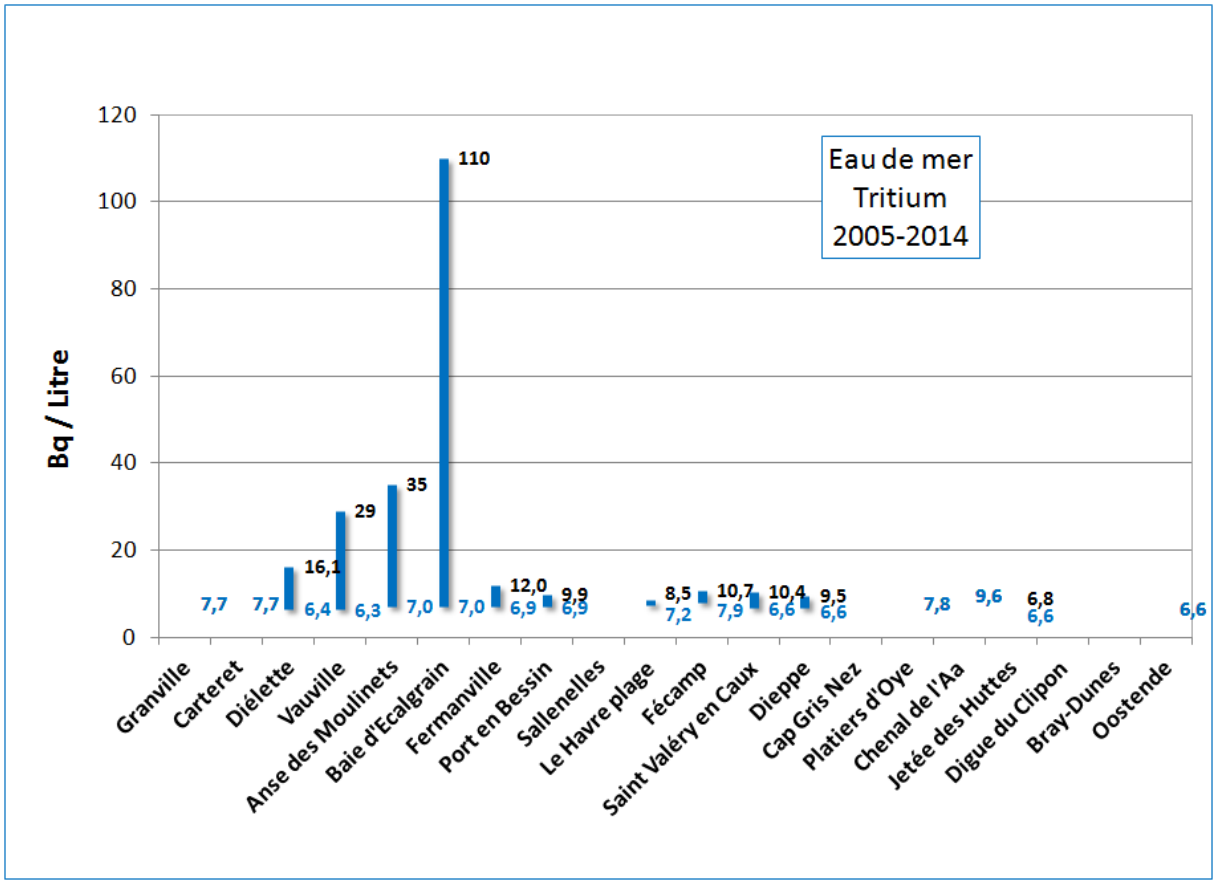
Les usines de retraitement d'AREVA la Hague étant le principal contributeur de la pollution de l'eau de mer par le tritium, on retrouve le profil géographique de contamination caractéristique du littoral normand (voir figure 9). Non seulement la région de la Hague présente les activités les plus importantes, mais la fréquence de détection est également supérieure à la plupart des autres stations. Avec une fréquence de prélèvement mensuelle sur certaines stations de la pointe de la Hague, le tritium est presque systématiquement détecté. Or l'échantillon d'eau n'est représentatif que de l'instant du prélèvement (à la différence des indicateurs biologiques et inertes qui concentrent et accumulent les polluants avec le temps), ce qui indique une contamination quasiment permanente de l'eau de mer dans un rayon de quelques dizaines de kilomètres autour du cap de la Hague.

Au-delà d'une certaine distance, la contribution des rejets de la Hague diminue grâce à la dilution, mais celle des centrales nucléaires côtières apparaît, comme en témoignent les concentrations en tritium dans l'eau de mer prélevée entre Fécamp et Dieppe.

Sur la côte d'Opale, du tritium a été détecté sur les stations des Platiers d'Oye et du Chenal de l'Aa au premier trimestre 2010 puis, en 2014, uniquement à la Jetée des Huttes (avril et octobre). Les valeurs observées [respectivement 7,8 (±3,1) ; 9,6 (±3,2) ; 6,3 (±3,0) et 6,8 (±3,0) Bq/L] sont du même ordre de grandeur que celles observées dans le cadre de l'Observatoire citoyen de l'ACRO en Haute-Normandie.

Même si les rejets tritiés en provenance de la Hague sont prépondérants, on peut raisonnablement penser que la contribution des rejets du CNPE de Gravelines peut expliquer une part du marquage observé. Le fait que seule la station de la Jetée des Huttes soit marquée en tritium parmi toutes les stations autour de Gravelines, va également dans ce sens ; les courants côtiers et les marées effectuant un brassage suffisamment rapide pour diluer les rejets.

Figure 9 : Activités minimales et maximales en **tritium** de l'eau de mer observées sur la période 2005-2014 pour le littoral normand ; comparées aux valeurs observées entre 2010 et 2014 pour la côte d'Opale.



G. Conclusion

Le suivi radioécologique conduit en 2014 autour de la centrale nucléaire de Gravelines permet de compléter les données acquises suite au suivi de 2010, ainsi que celles disponibles par le biais des surveillances réglementaires et de l'Observatoire Citoyen mis en place par l'ACRO. Ce dernier, étendu à l'ensemble du littoral normand, présente une continuité géographique intéressante pour le suivi spatial et temporel des radionucléides présents sur les côtes de la Manche et de la Mer du Nord.

Six radionucléides artificiels émetteurs gamma (^{60}Co, ^{110m}Ag, ^{129}I, ^{131}I, ^{137}Cs, ^{241}Am) et un émetteur béta pur, le tritium (^{3}H) ont été mis en évidence dans l'environnement proche de Gravelines, grâce à la complémentarité des échantillons prélevés. En effet, du fait d'affinités préférentielles entre des indicateurs (espèces animales, végétales et sédiments) et certains radionucléides, il est nécessaire d'assurer à la fois une diversification des prélèvements et des méthodes d'analyse, pour établir le bilan le plus complet possible.

Les résultats obtenus confirment la répartition dans l'espace et dans le temps des principaux radionucléides artificiels couramment observés le long du littoral de la Manche. Ainsi, le profil géographique de l'iode-129 (isotope rejeté par les usines d'AREVA la Hague) habituellement observés sur les côtes normandes, se prolonge jusqu'aux sites de la côte d'Opale de manière tout à fait régulière, c'est-à-dire avec une diminution des concentrations dans le sens des principaux courants marins et avec la distance aux usines de retraitement des combustibles irradiés de la pointe de la Manche.

Toutefois, l'influence probable des rejets de la centrale de Gravelines a été mise en évidence dans certains échantillons. Les bioindicateurs habituels (algues et patelles) et plus spécifiques (moules) prélevés à proximité de l'installation, ont révélé la présence d'argent-110m et de cobalt-60, caractéristiques des rejets d'un CNPE. Il en est de même pour le tritium (hydrogène radioactif) qui a été mis en évidence dans les eaux à proximité du site nucléaire de Gravelines.

Les radionucléides recherchés dans cette étude (émetteurs gamma et tritium libre) représentent un large éventail des principaux radionucléides rejetés par les différentes installations nucléaires. Dans l'objectif de compléter ce premier bilan, certains autres isotopes relâchés par les CNPE, pourraient être ajoutés à la liste ; c'est le cas d'éléments (émetteurs béta pur) comme le carbone-14 et la fraction organiquement liée du tritium qui, de par leur nature, se substituent aux atomes de carbone et d'hydrogène stables, et entrent dans la composition de la matière organique et donc de la vie.

Enfin, les ateliers menés en partenariat avec la CLI et le collège Pierre et Marie Curie, ont permis de sensibiliser les élèves d'une classe aux notions et enjeux de la surveillance de la radioactivité dans l'environnement. Ils ont notamment pu participer à une campagne de prélèvements au sein du collège ainsi que sur le littoral.

ANNEXES

ANNEXE 1 : Origine des principaux éléments radioactifs artificiels observés dans l'environnement

ANNEXE 2 : DETAILS DES RESULTATS 2014

1er semestre : 5 pages

2nd semestre : 2 pages

ANNEXE 3 : METROLOGIE

ANNEXE 4 : QUALIFICATIONS DU LABORATOIRE

ANNEXE 1/4

Origine des principaux éléments radioactifs artificiels observés dans l'environnement

Eléments radioactifs	Origine(s)	Période radioactive
Cobalt-60	Retraitement /centrales /arsenal	5,3 ans
Ruthénium-Rhodium-106	Retraitement	373 jours
Argent -110m	Retraitement /centrales /arsenal	250 jours
Iode-129	Retraitement	$1,6\ 10^{7}$ ans
Iode -131	Retraitement /centrales /arsenal/médecine nucléaire	8 jours
Césium-137	Retraitement /centrales /arsenal /retombées atmosphériques passées	30 ans
Américium-241	Retraitement / retombées atmosphériques passées	438 ans
Tritium (3H)	Retraitement /centrales /arsenal/déchets	12,3 ans
Carbone 14	Retraitement /centrales /arsenal /retombées atmosphériques passées	5730 ans

ANNEXE 2/4
DETAILS DES RESULTATS

RESULTATS GAMMA - 1er SEMESTRE 2014

Algues brunes / Côte d'Opale

Identification de l'échantillon					
n° d'enregistrement interne		140415-OCR-01	140415-OCR-02	140415-OCR-05	140415-OCR-11
Catégorie		**algue brune**	**algue brune**	**algue brune**	**algue brune**
Dénomination ou [Genre - espèce]		*Fucus vesiculosus*	*Fucus serratus*	*Fucus vesiculosus*	*Fucus vesiculosus*
Prélèvement					
Date		15-avr-14	15-avr-14	16-avr-14	16-avr-14
Code de station		CGN	CGN	GFP	HUT
Nom du cours d'eau / mer / Océan …		Mer du Nord	Mer du Nord	Mer du Nord	Mer du Nord
Lieu (commune) ou site		**Cap Gris Nez**	**Cap Gris Nez**	Grand Fort Philippe	**Jetée de Huttes**
Département		59	59	59	59
Localisation		plage	plage	**Chenal de l'Aa**	pied de digue
distance / émissaire				2,5 km	1 km
Comptage					
n° de manipulation		**v2-1152**	**v2-1155**	**7767**	**v2-1151**
Géométrie (en cc)		61	61	61	61
Masse de l'échantillon (g sec)		61,3	59,3	58,1	54,4
Temps de comptage actif (s)		205589	399172	399033	138772
âge de l'échantillon (jours)		10	15	14	8
âge du conditionnement (jours)		1	5	5	2
Psec / Pfrais		15,8%	20,2%	13,7%	18,8%
Fraction analysée		entière	entière	entière	entière
Etat du conditionnement		sec	sec	sec	sec
Densité analysée		1,00	0,97	0,95	0,89
Expression des résultats					
Date de référence		15/04/14	15/04/14	16/04/14	16/04/14
Unité		Bq.kg^{-1} sec	Bq.kg^{-1} sec	Bq.kg^{-1} sec	Bq.kg^{-1} sec
RADIONUCLEIDES ARTIFICIELS					
Cobalt-57	271,8 jours	< 0,23	< 0,17	< 0,24	< 0,3
Cobalt-58	70,8 jours	< 0,8	< 0,6	< 0,8	< 1,0
Cobalt-60	5,3 ans	< 0,8	< 0,6	< 0,8	**0,63 ± 0,32**
Ruthénium-Rhodium-106	373 jours	< 12	< 8	< 12	< 15
Argent-110m	250 jours	< 0,7	< 0,45	< 0,7	< 0,9
Iode-129	15,7 10^{6} ans	**5,8 ± 0,9**	**5,8 ± 0,9**	**5,7 ± 0,6**	**5,6 ± 1,0**
Iode-131	8,0 jours	< 1,1	< 1,3	< 2,0	< 1,2
Césium-134	2,1 ans	< 0,7	< 0,43	< 0,6	< 0,9
Césium-137	30,0 ans	< 0,7	< 0,48	**0,46 ± 0,24**	< 1,0
Europium-154	8,6 ans	< 0,5	< 0,34	< 0,48	< 0,7
Américium-241	437,7 ans	< 0,7	< 0,47	< 0,6	< 0,9
RADIONUCLEIDES "*NATURELS*"					
40 K	1,3 10^{9} ans	1073 ± 80	1020 ± 70	1430 ± 120	1070 ± 80
7 Be	53,2 jours	< 5	5,6 < 2	-	< 7

RESULTATS GAMMA - 1er SEMESTRE 2014

Mollusques / Côte d'Opale

Identification de l'échantillon							
n° d'enregistrement interne		140415-OCR-06	140415-OCR-07	140415-OCR-12	140415-OCR-13	140415-OCR-19	140415-OCR-20
Catégorie		Mollusque	Mollusque	Mollusque	Mollusque	Mollusque	Mollusque
Dénomination ou [Genre - espèce]		**patelles**	**moules**	**patelles**	**moules**	**patelles**	**moules**
Prélèvement							
Date		16-avr-14	16-avr-14	16-avr-14	16-avr-14	17-avr-14	17-avr-14
Code de station		GFP	GFP	CLI	CLI	CLI	CLI
Nom du cours d'eau / mer / Océan …		Mer du Nord	Mer du Nord	Mer du Nord	Mer du Nord	Mer du Nord	Mer du Nord
Lieu (commune) ou site		Gd Fort Philippe	Gd Fort Philippe	**Jetée des Huttes**	**Jetée des Huttes**	**Digue du Clipon**	**Digue du Clipon**
Département		59	59	59	59	59	59
Localisation		**Chenal de l'Aa**	**Chenal de l'Aa**	Digue face Nord	Digue face Nord	pied de digue	pied de digue
distance / émissaire		3,5 km	3,5 km	1 km	1 km	10 km	10 km
Comptage							
n° de manipulation		**v2-1163**	**v2-1179**	**7780**	**7790**	**v2-1169**	**v2-1172**
Géométrie (en cc)		61	61	61	61	61	61
Masse de l'échantillon (g sec)		51,4	45,6	54	54	57,2	46,1
Temps de comptage actif (s)		178126	117634	117419	116074	228081	228296
âge de l'échantillon (jours)		27	57	36	36	36	43
âge du conditionnement (jours)		1	13	2	2	3	3
Psec / Pfrais		22,2%	-	21,0%	21,0%	22,0%	-
Fraction analysée		chair	chair	chair	chair	entière	chair
Etat du conditionnement		sec	sec	sec	sec	sec	sec
Densité analysée		0,84	0,75	0,89	0,89	0,94	0,76
Expression des résultats							
Date de référence		16/04/14	16/04/14	16-avr-14	16-avr-14	17/04/14	17-avr-14
Unité		Bq.kg^{-1} frais	Bq.kg^{-1} frais	Bq.kg^{-1} frais	Bq.kg^{-1} frais	Bq.kg^{-1} frais	Bq.kg^{-1} frais
RADIONUCLEIDES ARTIFICIELS							
Cobalt-57	271,8 jours	< 0,06	< 0,09	< 0,11	< 0,13	< 0,07	< 0,06
Cobalt-58	70,8 jours	< 0,22	< 0,40	< 0,36	< 0,5	< 0,20	< 0,24
Cobalt-60	5,3 ans	< 0,20	< 0,27	**0,44 ± 0,11**	**0,42 ± 0,11**	< 0,16	< 0,18
Ruthénium-Rhodium-106	373 jours	< 3,1	< 4,4	< 5	< 6	< 2,7	< 3,1
Argent-110m	250 jours	**0,19 ± 0,06**	< 0,24	**1,00 ± 0,16**	**0,29 ± 0,11**	< 0,16	< 0,18
Iode-129	15,7 10^{6} ans	< 0,22	< 0,29	< 0,3	< 0,29	< 0,18	< 0,22
Iode-131	8,0 jours	< 1,3	nr	< 5	nr	< 2,2	< 5
Césium-134	2,1 ans	< 0,16	< 0,22	< 0,27	< 0,29	< 0,13	< 0,16
Césium-137	30,0 ans	< 0,18	< 0,22	< 0,29	< 0,31	< 0,16	< 0,18
Europium-154	8,6 ans	< 0,13	< 0,18	< 0,20	< 0,24	< 0,11	< 0,13
Américium-241	437,7 ans	< 0,18	< 0,22	< 0,24	< 0,29	< 0,13	< 0,18
RADIONUCLEIDES "*NATURELS*"							
40 K	1,3 10^{9} ans	71 ± 6	86 ± 7	53 ± 6	86 ± 8	59,5 ± 4,7	73 ± 6
7 Be	53,2 jours	3,6 ± 0,9	< 3,3	2,9 ± 1,3	< 4,4	< 1,6	< 2,0

(nr) Non recherché

RESULTATS GAMMA - 1er SEMESTRE 2014

Sediments / Côte d'Opale

Identification de l'échantillon						
n° d'enregistrement interne		140415-OCR-03	140415-OCR-07	140415-OCR-09	140415-OCR-14	140415-OCR-22
Catégorie		sédiment	sédiment	sédiment	sédiment	sédiment
Dénomination ou [Genre - espèce]		***sables***	***sables***	***vases***	***sables***	***sables***
Prélèvement						
Date		15-avr-14	15-avr-14	16-avr-14	16-avr-14	17-avr-14
Code de station		CGN	GFP	GFP	HUT	CLI
Nom du cours d'eau / mer / Océan …		Mer du Nord	Mer du Nord	Mer du Nord	Mer du Nord	Mer du Nord
Lieu (commune) ou site		**Cap Gris Nez**	Gd Fort Philippe	Gd Fort Philippe	**Huttes**	**Clipon**
Département		59	59	59	59	59
Localisation		plage	**Chenal de l'Aa**	**Chenal de l'Aa**	jetée face Nord	milieu de la digue
distance / émissaire			2,5 km	3,5 km	1 km	4 km
Comptage						
n° de manipulation		**v2-1177**	**v2-1158**	**7793**	**7775**	**7800**
Géométrie (en cc)		500	500	500	500	500
Masse de l'échantillon (g sec)		823,5	779,3	707,1	819,3	801,5
Temps de comptage actif (s)		115421	141692	141704	115226	141822
âge de l'échantillon (jours)		55	21	61	27	62
âge du conditionnement (jours)		4	0	4	1	12
Psec / Pfrais		-	80,5%	54,7%	82,3%	80,2%
Fraction analysée		< 2mm	< 2mm	< 2mm	< 2mm	< 2mm
Etat du conditionnement		sec	sec	sec	sec	sec
Densité analysée		1,65	1,56	1,41	1,64	1,60
Expression des résultats						
Date de référence		15/04/14	15/04/14	16/04/14	16/04/14	17/04/14
Unité		$Bq.kg^{-1}$ sec	$Bq.kg^{-1}$ sec	$Bq.kg^{-1}$ sec	$Bq.kg^{-1}$ sec	$Bq.kg^{-1}$ sec
RADIONUCLEIDES ARTIFICIELS						
Cobalt-57	271,8 jours	< 0,13	< 0,5	< 0,20	< 0,16	< 0,17
Cobalt-58	70,8 jours	< 0,28	< 2	< 0,44	< 0,30	< 0,40
Cobalt-60	5,3 ans	< 0,22	< 1	**0,78 ± 0,13**	< 0,26	< 0,25
Ruthénium-Rhodium-106	373 jours	< 3,2	< 11	< 5	< 4,4	< 4,4
Argent-110m	250 jours	< 0,19	< 0,7	< 0,29	< 0,23	< 0,19
Iode-129	$15,7\ 10^{6}$ ans	< 1,0	< 2	< 0,9	< 0,9	< 0,8
Iode-131	8,0 jours	nr	nr	nr	< 2	nr
Césium-134	2,1 ans	< 0,17	< 0,6	< 0,25	< 0,23	< 0,22
Césium-137	30,0 ans	**0,16 ± 0,07**	**0,15 ± 0,09**	**1,30 ± 0,20**	**0,17 ± 0,10**	< 0,25
Europium-154	8,6 ans	< 0,24	< 1	< 0,38	< 0,33	< 0,31
Américium-241	437,7 ans	< 0,37	< 0,6	**0,76 ± 0,29**	< 0,48	< 0,46
RADIONUCLEIDES "*NATURELS*"						
40 K	$1,3\ 10^{9}$ ans	206 ± 15	229 ± 17	239 ± 21	226 ± 19	270 ± 23
7 Be	53,2 jours	-	< 3,2	21,5 ± 3,3	-	-

(nr) Non recherché

RESULTATS GAMMA - 1er SEMESTRE 2014

Milieu terrestre : Sol (Huttes) / Légumes (Jardins de Cocagne de Gravelines)

Identification de l'échantillon				
n° d'enregistrement interne		140415-OCR-18	140415-OCR-16	140415-OCR-17
Catégorie		légumes	sol + couvert végétal	sol + couvert végétal
Dénomination ou [Genre - espèce]		***poireaux***	***horizon 0-2cm***	***horizon -2-12cm***
Prélèvement				
Date		16-avr-14	16-avr-14	16-avr-14
Code de station		GVL	HUT	HUT
Nom du cours d'eau / mer / Océan …		-	Mer du Nord	Mer du Nord
Lieu (commune) ou site		**Gravelines**	**Huttes**	**Huttes**
Département		59	59	59
Localisation		Jardins de Cgne	derrière jetée	derrière jetée
distance / émissaire			1 km	1 km
Comptage				
n° de manipulation		**v2-1176**	**7833**	**7836**
Géométrie (en cc)		61	61	61
Masse de l'échantillon (g sec)		25,1	85,3	93,6
Temps de comptage actif (s)		315792	235099	172788
âge de l'échantillon (jours)		51	114	117
âge du conditionnement (jours)		0	14	18
Psec / Pfrais		14,7%	90,8%	94,4%
Fraction analysée		entière	< 2mm	< 2mm
Etat du conditionnement		sec	sec	sec
Densité analysée		0,41	1,40	1,53
Expression des résultats				
Date de référence		16/04/14	16/04/14	16/04/14
Unité		Bq.kg^{-1} sec	Bq.kg^{-1} sec	Bq.kg^{-1} sec
RADIONUCLEIDES ARTIFICIELS				
Cobalt-57	271,8 jours	< 0,44	< 0,28	< 0,30
Cobalt-58	70,8 jours	< 1,9	**1,1 ± 0,7**	< 1,7
Cobalt-60	5,3 ans	< 1,2	< 0,6	< 0,6
Ruthénium-Rhodium-106	373 jours	< 22	< 12	< 12
Argent-110m	250 jours	< 1,1	< 0,7	< 0,8
Iode-129	15,7 10^{6} ans	< 1,5	< 0,7	< 0,7
Iode-131	8,0 jours	< 0,8	nr	nr
Césium-134	2,1 ans	< 1,1	< 0,6	< 0,6
Césium-137	30,0 ans	< 1,1	**1,05 ± 0,31**	**0,81 ± 0,28**
Europium-154	8,6 ans	< 0,9	< 0,45	< 0,48
Américium-241	437,7 ans	< 1,1	< 0,5	< 0,6
RADIONUCLEIDES "*NATURELS*"				
40 K	1,3 10^{9} ans	730 ± 50	249 ± 23	250 ± 23
7 Be	53,2 jours	< 15	-	-

(nr) Non recherché

RESULTATS TRITIUM - 1er SEMESTRE 2014

Eau de mer / Côte d'Opale

Identification de l'échantillon				
n° d'enregistrement interne	140415-OCR-04	140415-OCR-10	140415-OCR-15	140415-OCR-22
Identification demandeur	CLI de Gravelines	CLI de Gravelines	CLI de Gravelines	CLI de Gravelines
Catégorie	eau	eau	eau	eau
Dénomination ou [Genre - espèce]	***eau de mer***	***eau de mer***	***eau de mer***	***eau de mer***
Prélèvement				
Date	15-avr-14	15-avr-14	16-avr-14	17-avr-14
Code de station	CGN	GFP	HUT	CLI
Nom du cours d'eau / mer / Océan …	Mer du Nord	Mer du Nord	Mer du Nord	Mer du Nord
Lieu (commune) ou site	**Cap Gris Nez**	Gd Fort Philippe	**Huttes**	**Clipon**
Département	59	59	59	59
Localisation	plage	**Chenal de l'Aa**	jetée face Nord	milieu de la digue
distance / émissaire		2,5 km	1 km	4 km
Comptage				
n° de manipulation	**MM01**	**MM02**	**MM03**	**MM04**
Géométrie (en cc)	20	20	20	20
Masse de l'échantillon (g)	10	10	10	10
Date de référence	15/04/14	15/04/14	16/04/14	17/04/14
Unité	Bq.l-1	Bq.l-1	Bq.l-1	Bq.l-1
TRITIUM				
3H 12,3 ans	< 6	< 6	**6,6 ± 3,0**	< 6

2nd semestre 2014 (1/3) : informations relatives aux échantillons et aux comptages par spectrométrie gamma des échantillons solides.

n° d'enregistrement	catégorie	dénomination	date prélèvement	code station	lieu, commune ou site	département	localisation	état du conditionnement	Psec / Pfrais (%)	fraction analysée	géometrie utilisée (ml)	mase de l'échantillon (g)	densité	n° de manipulation	date d'analyse	age de l'échantillon (j)	temps de comptage (s)
141008-GVL-01	algue	Fucus vesiculosus	07/10/2014	CGN	Cap Gris Nez	62	plage	sec	19,10%	entière	61	48,7	0,80	7877	17/10/14	10	223227
141008-GVL-06	algue	Fucus vesiculosus	08/10/2014	HUT	Jetée des Huttes	59	plage	sec	17,30%	entière	61	51	0,84	7875	15/10/14	7	169495
141008-GVL-17	algue	Fucus ceranoides	08/10/2014	OOS	Oostende	Belgique	plage	sec	16,00%	entière	61	46,6	0,76	v2-1247	17/10/14	9	227112
141008-GVL-24	algue	Fucus vesiculosus	09/10/2014	GFP	Grand Fort Phillipe	59	Chenal de l'Aa	sec	18,80%	entière	61	47,9	0,79	v2-1245	15/10/14	6	171713
141008-GVL-02	mollusque	patelles	07/10/2014	CGN	Cap Gris Nez	62	plage	sec	24,20%	chair	61	46,5	0,76	v2-1286	10/12/14	64	172237
141008-GVL-07	mollusque	patelles	08/10/2014	HUT	Jetée des Huttes	59	plage	sec	24,70%	chair	61	46,9	0,77	v2-1285	08/12/14	61	172604
141008-GVL-11	mollusque	patelles	08/10/2014	CLI	Digue du Clipon	59	plage	sec	23,50%	chair	61	47,7	0,78	v2-1284	25/12/14	78	227800
141008-GVL-25	mollusque	patelles	09/10/2014	GFP	Grand Fort Phillipe	59	Chenal de l'Aa	sec	23,70%	chair	61	49,8	0,82	7916	08/12/14	60	167469
141008-GVL-03	mollusque	moules	07/10/2014	CGN	Cap Gris Nez	62	plage	sec	20,60%	chair	61	49,8	0,82	7914	03/12/14	57	168357
141008-GVL-08	mollusque	moules	08/10/2014	HUT	Jetée des Huttes	59	plage	sec	30,00%	chair	61	54,9	0,90	v2-1280	28/11/14	51	228459
141008-GVL-12	mollusque	moules	08/10/2010	CLI	Digue du Clipon	59	plage	sec	31,00%	chair	61	52,7	0,86	7912	28/11/14	51	221605
141008-GVL-26	mollusque	moules	09/10/2014	GFP	Grand Fort Phillipe	59	Chenal de l'Aa	sec	27,20%	chair	61	50,8	0,83	v2-1282	03/12/14	55	172039
141008-GVL-04	sédiments	sable de plage	07/10/2014	CGN	Cap Gris Nez	62	plage	sec	79,90%	< 2 mm	500	812	1,62	1268	17/11/14	41	141116
141008-GVL-09	sédiments	sable de plage	08/10/2014	HUT	Jetée des Huttes	59	plage	sec	80,30%	< 2 mm	500	800,2	1,60	7918	10/12/14	63	90431
141008-GVL-13	sédiments	sable de plage	08/10/2014	CLI	Digue du Clipon	59	plage	sec	94,00%	< 2 mm	500	793,4	1,59	v2-1283	05/12/14	58	31119
141008-GVL-15	sédiments	sable de plage	08/10/2014	BRY	Bray-Dunes	59	plage	sec	80,80%	< 2 mm	500	792,6	1,59	v2-1258	03/11/14	26	84318
141008-GVL-27	sédiments	sable de plage	09/10/2014	GFP	Grand Fort Phillipe	59	Chenal de l'Aa	sec	84,00%	< 2 mm	500	769,2	1,54	7900	19/11/14	41	87242
141008-GVL-28	sédiments	vase	09/10/2014	GFP	Grand Fort Phillipe	59	Chenal de l'Aa	sec	40,00%	< 2 mm	500	561,1	1,12	7898	17/11/14	39	136937
141008-GVL-19	fruit_légume	poireau	08/10/2014	Jardins de Cocagne	Gravelines	59	jardin	frais	8,80%	entière	500	383,5	0,77	v2-1241	10/10/14	2	227393
141008-GVL-20	fruit_légume	céleri	08/10/2014	Jardins de Cocagne	Gravelines	59	jardin	sec	10,40%	racine	61	35,5	0,58	v2-1255	29/10/14	21	116108
141008-GVL-21	fruit_légume	endive	08/10/2014	Jardins de Cocagne	Gravelines	59	jardin	sec	25,80%	racine	61	46,9	0,77	v2-1263	10/11/14	33	174032
141008-GVL-22	fruit_légume	panais	08/10/2014	Jardins de Cocagne	Gravelines	59	jardin	sec	24,80%	racine	61	43,8	0,72	7886	29/10/14	21	114813
141008-GVL-23	fruit_légume	carotte	08/10/2014	Jardins de Cocagne	Gravelines	59	jardin	sec	11,60%	racine	61	50,1	0,82	v2-1260	05/11/14	28	173785
141008-GVL-30	couvert_végétal	herbe	09/10/2014	Collège GVL	Gravelines	59	pelouse	frais	15,60%	feuille	500	250	0,50	7873	10/10/14	1	224713
141008-GVL-31	sol	sol 0-10 cm	09/10/2014	Collège GVL	Gravelines	59	pelouse	sec	83,70%	< 200 µm	61	79,3	1,30	v2-1264	12/11/14	34	175692

2nd semestre 2014 (2/3) : synthèse des résultats de mesure des émetteurs gamma dans les échantillons solides.

n° d'enregistrement	dénomination	unité	57 Co	58 Co	60 Co	106 Ru-Rh	110m Ag	129 I	131 I	134 Cs	137 Cs	154 Eu	241 Am	40 K	7 Be
141008-GVL-01	Fucus vesiculosus	Bq.kg-1 sec	< 0,38	< 1,1	< 1,1	< 18	< 1,0	7,2 ± 1,0	< 2,0	< 1,0	< 1,1	< 0,8	< 1,0	1030 ± 90	37 ± 6
141008-GVL-06	Fucus vesiculosus	Bq.kg-1 sec	< 0,42	< 1,2	< 1,3	< 20	< 1,1	2,4 ± 0,6	< 1,7	< 1,1	< 1,3	< 0,9	< 1,2	1330 ± 110	13,1 ± 4,9
141008-GVL-17	Fucus ceranoides	Bq.kg-1 sec	< 0,28	< 0,9	< 1,0	< 14	< 0,8	4,8 ± 0,7	1,9 ± 0,7	< 0,8	< 0,9	< 1,1	< 0,8	1310 ± 92	11,4 ± 3,5
141008-GVL-24	Fucus vesiculosus	Bq.kg-1 sec	< 0,31	< 1,0	< 1,1	< 16	< 0,6	8,8 ± 1,2	< 1,1	< 0,8	0,90 ± 0,44	< 0,7	< 0,9	1140 ± 80	14,8 ± 3,7
141008-GVL-02	patelles	Bq.kg-1 frais	< 0,09	< 0,36	< 0,24	< 4,0	< 0,22	< 0,23	< 0,45	< 0,19	< 0,21	< 0,16	< 0,20	68 ± 6	8,1 ± 1,7
141008-GVL-07	patelles	Bq.kg-1 frais	< 0,08	< 0,35	< 0,25	< 4,0	0,42 ± 0,09	< 0,23	nr	< 0,20	< 0,21	< 0,15	< 0,20	75 ± 6	3,0 ± 1,4
141008-GVL-11	patelles	Bq.kg-1 frais	< 0,07	< 0,28	< 1,8	< 3,0	< 0,18	< 0,19	nr	< 0,16	< 0,17	< 0,12	< 0,16	69 ± 6	2,7 ± 1,0
141008-GVL-25	patelles	Bq.kg-1 frais	< 0,11	< 0,43	< 0,28	< 5	< 0,29	< 0,21	nr	< 0,24	< 0,27	< 0,20	< 0,25	76 ± 7	< 4,2
141008-GVL-03	moules	Bq.kg-1 frais	< 0,09	< 0,35	< 0,21	< 4,1	< 0,25	< 0,17	nr	< 0,21	< 0,22	< 0,17	< 0,21	26,8 ± 3,8	< 3,3
141008-GVL-08	moules	Bq.kg-1 frais	< 0,07	< 0,03	< 0,22	< 3,4	< 0,19	< 0,2	nr	< 0,17	< 0,18	< 0,14	< 0,18	66 ± 5	< 2,4
141008-GVL-12	moules	Bq.kg-1 frais	< 0,11	< 0,41	< 0,26	< 5	< 0,29	< 0,22	nr	< 0,27	< 0,28	< 0,22	< 0,26	69 ± 7	-
141008-GVL-26	moules	Bq.kg-1 frais	< 0,09	< 0,34	< 0,24	< 3,6	< 0,21	< 0,24	nr	< 0,20	< 0,20	< 0,15	< 0,20	61 ± 5	< 2,8
141008-GVL-04	sable de plage	Bq.kg-1 sec	< 0,11	< 0,22	< 0,19	< 2,8	< 0,16	< 0,10	nr	< 0,15	0,14 ± 0,07	< 0,21	< 0,33	153 ± 12	< 1,9
141008-GVL-09	sable de plage	Bq.kg-1 sec	< 0,22	< 0,5	< 0,31	< 6	< 0,32	< 1,1	nr	< 0,29	< 0,30	< 0,39	< 0,6	234 ± 21	< 5
141008-GVL-13	sable de plage	Bq.kg-1 sec	< 0,26	< 0,6	2,22 ± 0,13	< 7	< 0,40	< 0,22	nr	< 0,36	< 0,35	< 0,48	< 0,8	259 ± 22	< 7
141008-GVL-15	sable de plage	Bq.kg-1 sec	< 0,15	< 0,27	< 0,27	< 4,0	< 0,21	< 1,3	nr	< 0,21	0,21 ± 0,12	< 0,30	< 0,5	202 ± 15	< 2,3
141008-GVL-27	sable de plage	Bq.kg-1 sec	< 0,19	< 0,40	< 0,29	< 6	< 0,29	< 0,9	nr	< 0,27	< 0,29	< 0,37	< 0,07	231 ± 20	< 3,5
141008-GVL-28	vase	Bq.kg-1 sec	< 0,22	< 0,44	2,17 ± 0,25	< 6	< 0,32	< 0,9	nr	< 0,30	3,06 ± 0,35	< 0,43	1,77 ± 0,36	342 ± 30	51 ± 5
141008-GVL-19	poireau	Bq.kg-1 frais	< 0,09	< 0,19	< 0,24	< 3,2	< 0,18	< 0,32	< 0,20	< 0,18	< 0,19	< 0,19	< 0,23	138 ± 11	2,8 ± 0,8
141008-GVL-20	céleri	Bq.kg-1 frais	< 0,05	< 0,18	< 0,17	< 2,6	< 0,14	< 0,17	< 0,6	< 0,13	< 0,14	< 0,11	< 0,12	139 ± 11	< 1,3
141008-GVL-21	endive	Bq.kg-1 frais	< 0,09	< 0,31	< 0,27	< 4,0	< 0,21	< 0,25	< 2,7	< 0,21	< 0,22	< 0,16	< 0,21	149 ± 11	< 2,2
141008-GVL-22	panais	Bq.kg-1 frais	< 0,15	< 0,45	< 0,38	< 7	< 0,36	< 0,31	< 1,8	< 0,34	< 0,38	< 0,29	< 0,37	200 ± 80	< 3,5
141008-GVL-23	carotte	Bq.kg-1 frais	< 0,040	< 0,13	< 0,12	< 1,6	< 0,09	< 0,12	< 0,8	< 0,09	< 0,11	< 0,07	< 0,10	126 ± 10	< 0,9
141008-GVL-30	herbe	Bq.kg-1 sec	< 1,2	< 2,5	< 2,6	< 44	< 2,3	< 3,0	< 2,7	< 2,4	< 2,6	< 2,6	< 2,7	780 ± 80	395 ± 37
141008-GVL-31	sol 0-10 cm	Bq.kg-1 sec	< 0,21	< 0,7	< 0,6	< 10	< 0,6	< 0,7	< 7	< 0,5	2,24 ± 0,37	< 0,41	< 0,6	271 ± 21	< 6

2nd semestre 2014 (3/3) : Synthèse des résultats de mesure du tritium libre (HTO) dans l'eau de mer.

n° d'enregistrement	catégorie	dénomination	date prélèvement	code station	lieu, commune ou site	département	fraction analysée	n° de manipulation	unité	Tritium (HTO)
141008-GVL-05	eau	eau de mer	07/10/2014	CGN	Cap Gris Nez	59	distillat	OE03	Bq.l-1	< 6
141008-GVL-10	eau	eau de mer	08/10/2014	HUT	Jetée des Huttes	59	distillat	OE04	Bq.l-1	6,8 ± 3,2
141008-GVL-14	eau	eau de mer	08/10/2014	CLI	Digue du Clipon	59	distillat	OE05	Bq.l-1	< 6
141008-GVL-16	eau	eau de mer	08/10/2014	BRY	Bray-Dunes	59	distillat	OE06	Bq.l-1	< 6
141008-GVL-18	eau	eau de mer	08/10/2014	OOS	Oostende	Belgique	distillat	OE07	Bq.l-1	< 6
141008-GVL-24	eau	eau de mer	09/10/2014	GFP	Chenal de l'Aa	59	distillat	OE08	Bq.l-1	< 6
141008-GVL-32	eau	eau de pluie	09/10/2014	Collège GVL	Gravelines	59	filtrat	OE09	Bq.l-1	< 6

ANNEXE 3/4
METROLOGIE

Dosage des radionucléides par spectrométrie gamma	
TRAITEMENT	L'échantillon traité (séchage, tamisage) est homogénéisé. Une aliquote représentative est prélevée pour être conditionnée dans une géométrie de comptage adaptée à la mesure par spectrométrie gamma.
MATERIEL	**Voie 1 : Spectrométrie gamma Ortec de type N** comprenant : un blindage en plomb d'épaisseur 10 cm, un système d'acquisition numérique (DSPEC), un détecteur au germanium hyperpur coaxial d'efficacité 32% monté dans un cryostat vertical. **Voie 2 : Spectrométrie gamma Itech de type P** (fenêtre mince) comprenant : un blindage en plomb d'épaisseur 10 cm, un système d'acquisition numérique (Orion), un détecteur au germanium hyperpur coaxial d'efficacité 42% monté dans un cryostat vertical. La plage d'énergie prise en référence s'étend de 27 à 2000 keV pour les deux voies. **Les conteneurs utilisés sont des géométries d'un volume utile de 61 ml.**
GRANDEUR	La grandeur déterminée est l'activité en becquerel (Bq) par kilogramme de matière (kg).
EXPRESSIONS DES RESULTATS	
EN GENERAL	Les mesures sont réalisées avec des géométries identiques à celles des sources de référence et concernent les radionucléides émetteurs gamma présentant une ou plusieurs raies d'émission sur la plage d'énergie prise en référence. Parmi l'ensemble des radionucléides évoqués précédemment, seuls les plus caractéristiques sont présentés dans les tableaux de résultats en l'absence de demande spécifique par le client. Dans tous les cas, le tableau fait état, au minimum, de tous les radionucléides artificiels détectés. Seules les activités supérieures au seuil de décision de la chaîne d'analyse sont exprimées. Dans le cas contraire, et pour les seuls radionucléides mentionnés, la limite de détection –LD- (ou plus petite activité décelable) précédée du signe " **<** " est rapportée. Lorsqu'il n'est pas possible de déduire une limite de détection de manière satisfaisante, les données chiffrées sont remplacées par " **-** ". Lorsqu'un radionucléide mentionné n'a pas été recherché, la mention « non recherché » (**nr**) est rapportée. L'activité de chaque radioélément présent dans l'échantillon est exprimée en becquerel par kilogramme brut (Bq / kg sec), suivi de son incertitude absolue calculée pour un intervalle de confiance de 95% (k=2). Toute activité exprimée, y compris la limite de détection, est rapportée à la date de référence indiquée dans les tableaux de résultats.

Dosage du tritium par scintillation liquide	
TRAITEMENT	L'échantillon d'eau brute est soit filtrée à 0,45µm (eau douce non chargée) soit distillée à sec (eau de mer).
MATERIEL	Le dosage du tritium s'effectue avec une chaîne de spectrométrie bêta à scintillation liquide, modèle TRI-CARB 2250CA de Packard. Le dispositif est réfrigéré en permanence à l'aide d'un groupe froid. La salle des analyses est climatisée. Les géométries de comptage employées sont des fioles en polyéthylène (référence 6001095) distribuées par la société Perkin Elmer. L'étalonnage est effectué à l'aide d'une solution HTO certifiée et tient compte de l'affaiblissement lumineux (Quenching). Dans tous les cas, cet ensemble est déterminé pour une matrice analogue à celle des échantillons à mesurer. La fenêtre de comptage utilisée pour le mesurage de l'activité volumique du tritium s'étend de 0 à 6,5 keV. Le mouvement propre (ou bruit de fond) est déterminé à l'aide de l'eau de source minérale naturelle « des Abatilles ».
GRANDEUR	La grandeur déterminée est l'activité en becquerel (Bq) par litre (L) ou activité volumique. Elle est suivie de son incertitude absolue calculée pour un intervalle de confiance de 95% (k=2). Seules les activités volumiques supérieures au seuil de décision de la chaîne d'analyse sont exprimées. Lorsqu'un (ou plusieurs) radioélément(s) émetteur(s) bêta a (ont) été détecté(s) mais ne peut être quantifié correctement, la mention « Identifié Non Quantifié » (INQ) est rapportée. Toute activité exprimée, y compris la limite de détection, est rapportée à la date de fin de prélèvement.

ANNEXE 4/4
QUALIFICATIONS DU LABORATOIRE

INFORMATIONS CONCERNANT LE LABORATOIRE	
CAPACITES METROLOGIQUES	Actuellement, le laboratoire de l'ACRO offre la possibilité de mesurer le radon dans l'air, le tritium (HTO) dans les eaux et les radionucléides émetteurs gamma, quelle que soit la matrice. D'autres mesures sont en cours de développement. Les méthodes d'analyses sont conformes aux normes existantes ainsi qu'aux exigences organisationnelles et techniques fixées par la norme ISO/CEI 17025.
AGREMENTS	
A ce jour, le laboratoire dispose d'agréments délivrés par l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) pour la mesure de la radioactivité dans différentes matrices et pour la mesure du gaz radon :	
Décision DEP-DEU-2014-028255	- Mesure des radioéléments émetteurs gamma de forte et moyenne énergies et de faible énergie dans les matrices de type biologique (validité décembre 2018)
Décision CODEP-DEU-2015-024369	- Mesure des radioéléments émetteurs gamma de forte, moyenne énergie (>100 keV) et de faible énergie (<100KeV) dans les eaux (validité 30 décembre 2015)
Décision CODEP-DEU-2011-031763	- Mesure des radioéléments émetteurs gamma de forte, moyenne énergie (>100 keV) et de faible énergie (<100KeV) dans les sols. (validité 30 juin 2016)
Décision CODEP-DEU-2015-024340	- Mesure du tritium dans l'eau (validité 30 juin 2019) - Isotopes de U ; Isotopes de Th ; 226Ra, 228Ra et descendants ; 228Ra et descendants et uranium pondéral dans les sols. (validité au 30 juin 2020)
Décision CODEP-DIS-N°2011-038822	- Mesure de l'activité volumique du radon dans les lieux ouverts au public – niveau 1 ; option A (validité septembre 2016)
INTERCOMPARAISONS	
L'aptitude du laboratoire est vérifiée chaque année depuis 1997 dans le cadre des campagnes annuelles d'intercomparaisons organisées par l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN). D'une manière générale, les intercomparaisons portent sur des matières de références certifiées et concernent plus d'une trentaine de laboratoires en France.	