Laboratoire indépendant d'analyse de la radioactivité
Association loi 1901 SIRET : 950 369 868 00027 APE : 7120B
Association pour le Contrôle de la Radioactivité dans l'Ouest
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
N°TVA : FR 62 950 369 868

RAPPORT

RAP100622(T2)-CYC-v1

Suivi radiologique de l'environnement des installations du GIP CYCERON de Caen

Année 2010

Résultats 2ème trimestre

Période du 09/04/10 au 12/07/10

Feuille qualité

DEMANDE	
Mission	Surveillance radiologique de l'environnement du GIP CYCERON – 2ème trimestre 2010. 1er volet : Suivi des émetteurs gamma dans les échantillons biologiques 2ème volet : Mesures intégrées du rayonnement ambiant (débit de dose) 3ème volet : Cartographie du rayonnement gamma ambiant 4ème volet : Contrôle des niveaux de radioactivité des effluents liquides (semestriel)
Demandeur	**GIP CYCERON** Bd Henri Becquerel – BP 5229 14074 CAEN Cedex 5
Commande	N°10FC1416 du 02/03/10

REALISATION		
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		
Responsable Scientifique	P. BARBEY, M.JOSSET	
Auteur(s)	A.BERNOLLIN, A.MIGEON	
Prélèvements	M.JOSSET, A.MIGEON, E.DUNAND	
Mesures *in situ*	M.JOSSET, A.MIGEON	
Traitement des échantillons	E.DUNAND	
Analyses	de radioactivité :	A. BERNOLLIN, E. DUNAND, A.MIGEON

DOCUMENT	
Date d'édition	4/10/10
Identification	**RAP100622(T1)CYC_v1**
Version n°	01
Pages (nombre)	15 (annexes comprises)
Objet	Matériels et Méthodes, Détails des résultats.
Mots-clés	radioactivité, rayonnement gamma ambiant, débit de dose, recherche médicale, cyclotron, Calvados
Paramètres	éléments radioactifs : ^{24}Na, ^{46}Sc, ^{52}Mn, ^{54}Mn, ^{55}Co, ^{56}Co, ^{57}Co, ^{58}Co, ^{60}Co, ^{57}Ni, ^{65}Zn, ^{82}Br, ^{122}Sb, ^{124}Sb, ^{123}I, ^{131}Ba, ^{133}Ba, ^{137}Cs, ^{153}Sm, ^{152}Eu, ^{234}Th, ^{212}Pb, ^{40}K, ^{7}Be.
	physico-chimiques : néant
	lieu(x) : Caen (14)

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

	Auteur	Vérificateur	Responsable Scientifique
Date	4/10/10	4/10/10	4/10/10
Visa			
NOM	Aurélie MIGEON	Antoine BERNOLLIN	Mylène JOSSET

Suivi radiologique de l'environnement des installations du GIP CYCERON – année 2010.

RESULTATS DE LA CAMPAGNE D'ANALYSES DU 2ème TRIMESTRE 2010

Période du 09/04/2010 au 12/07/10

Introduction

Depuis 2005, l'exploitant du GIP Cycéron a mis en place un plan de surveillance radiologique de l'environnement de ses installations comprenant les données suivantes :

- Mesures de radioactivité sur des indicateurs biologiques représentatifs
- Mesures de débit de dose dans l'environnement proche des installations en fonctionnement.

L'ACRO a été sollicitée fin 2003 pour la réalisation d'un Bilan radiologique de l'environnement terrestre des installations du GIP Cycéron dans le cadre d'un projet d'extension des installations. Elle s'est vue confier la mise en place de cette surveillance radiologique pour les années 2005 à 2010. Le but premier est de fournir des éléments d'appréciation quant à l'impact de ces installations sur le milieu environnant et les personnes. Cette évaluation participe à la conduite opérationnelle de la radioprotection et permet de s'assurer du respect des seuils réglementaires imposés à l'exploitant du GIP.

L'organisation générale de la surveillance pour l'année 2010 est toujours basée sur la mise en place d'un programme annuel, prenant en compte l'exposition externe et le marquage de l'environnement.

Ainsi, l'ACRO a établi le plan suivant, découpé en quatre volets distincts :

- 1er volet : **Mesures de radioactivité (émetteurs gamma) dans des échantillons biologiques**
- 2ème volet : **Mesure de dosimétrie ambiante intégrée (rayonnement gamma)**
- 3ème volet : **Evaluation de l'exposition ambiante ponctuelle par cartographie du rayonnement gamma ambiant.**
- 4ème volet : **Contrôle des effluents avant rejet dans le réseau collectif d'assainissement**

L'ensemble des trois premiers volets sera traité dans chacune des communications trimestrielles. Le volet relatif aux effluents liquides sera traité semestriellement. Chacune des communications rapportera à la fois les moyens d'études et les résultats des différentes analyses et mesures *in situ*.

Rappel du contexte

Dans le cadre du fonctionnement normal de l'installation, des rejets d'effluents radioactifs gazeux sont effectués régulièrement, principalement par le biais d'émissaires constitués par deux cheminées d'une hauteur d'environ 10 m par rapport au sol. L'une concerne les manipulations opérées au sein du bâtiment B139 (chimie chaude) alors que l'autre s'intéresse à la production de radionucléides à l'aide d'un cyclotron. Si les radionucléides fabriqués, que sont l'^{15}O, le ^{11}C et le ^{18}FDG, ont une période physique inférieure à 2h, d'autres produits d'activation mais de période physique beaucoup plus longue sont également formés (leur création est involontaire) et peuvent coexister dans les rejets atmosphériques avec les radionucléides classiques de courtes périodes.

Au cours du bilan radioécologique 2003 ainsi que du suivi 2005 à 2009, les analyses faites par spectrométrie gamma sur des échantillons d'herbe, n'ont révélé aucun marquage[1] durable de l'environnement (c'est à dire décelable sur une période égale ou supérieure à 8 jours) du site du GIP CYCERON en relation avec le fonctionnement normal des installations.

[1] à des niveaux significatifs et par des radionucléides émetteurs gamma

Toutefois, suite aux différentes cartographies du rayonnement gamma ambiant du site, réalisées au cours de ces quatre années, des variations ont été mises en évidence – de manière fluctuante - en plusieurs endroits des 3 ha du GIP Cycéron. Le relâchement de radionucléides dans l'atmosphère avec les effluents gazeux et le rayonnement de sources radioactives situées à l'intérieur des bâtiments (dans la salle de synthèse notamment) sont les deux principales causes à considérer.

A cela s'ajoute la réorganisation interne du bâtiment du GIP Cycéron. Les abords immédiats de la casemate du cyclotron ont en effet été modifiés afin d'alimenter à terme le site des Laboratoires Cyclopharma (radio-pharmaceutiques). Cette évolution devrait avoir pour conséquence une augmentation de la production de radio-isotopes par le cyclotron.

Ainsi, en regard de ces informations et dans le cadre d'une surveillance régulière, il convient de poursuivre l'évaluation de l'exposition ambiante ponctuelle et intégrée autour de l'installation du GIP Cycéron. Etant donné son rôle d'interface privilégiée entre le milieu atmosphérique et le milieu terrestre (sols), le couvert végétal sera utilisé comme bioindicateur des dépôts de particules radioactives se réalisant à proximité des installations [figure 1].

Définition des moyens

a) Mesures de radioactivité : émetteurs gamma sur échantillons biologiques

Objectif

L'approche consiste en la surveillance des radionucléides émetteurs gamma présents dans le compartiment biologique de l'environnement du GIP Cycéron. Ces émetteurs sont caractéristiques de l'environnement et du fonctionnement correct des installations. D'une manière générale, l'intérêt porte sur les radionucléides ayant une période physique suffisamment longue pour induire un marquage durable de l'environnement.

Dans un premier temps, les radionucléides présentés dans les tableaux de résultats sont d'origine naturelle : ^{7}Be, ^{40}K et produits de filiation appartenant aux chaînes de l'^{238}U et du ^{232}Th.

Concernant la recherche des radionucléides artificiels, l'approche retenue depuis 2003 était basée sur des données bibliographiques recensant les produits issus de l'activation des bétons des enceintes des cyclotrons.
A partir du troisième trimestre 2006, le retour d'expérience relatif à l'analyse qualitative (par spectrométrie gamma) du système de filtration de la casemate du cyclotron du GIP à parmi d'élargir le panel des produits d'activation à rechercher. La liste a donc été étendue : ^{24}Na, ^{46}Sc, ^{60}Co, ^{65}Zn, ^{82}Br, ^{122}Sb, ^{124}Sb, ^{123}I, ^{131}Ba, ^{133}Ba, ^{137}Cs, ^{153}Sm, ^{152}Eu. De la même manière, six isotopes supplémentaires ont été ajoutés à cette liste suite à l'analyse effectuée sur de l'eau enrichie ainsi que sur une pièce plastique contaminée lors de la synthèse des radio-isotopes: ^{52}Mn, ^{54}Mn, ^{55}Co, ^{56}Co, ^{57}Co, ^{58}Co et ^{57}Ni. Un récapitulatif des éléments recherchés est présenté en page 6.

Localisation et Nature des prélèvements

La distribution géographique des sites de prélèvements tient compte, à la fois des potentialités qu'offre le site et de l'intensité estimée des dépôts (secs et humides) relatifs aux émissions gazeuses de l'installation.

La zone de prélèvements concerne les 3 hectares du campus Jules HOROWITZ où est implanté le GIP CYCERON en raison de l'existence théorique de dépôts plus importants qu'ailleurs.

Les évaluations faites à l'aide du code GASCON[2] (et notamment les coefficients de transferts atmosphériques (CTA) obtenus pour différents endroits) suggèrent que c'est à moins de 100m de l'installation que la dilution des gaz rejetés est la moins importante. Tenant compte du cadastre, c'est donc sur les 3 hectares du campus où est implanté le GIP CYCERON que la situation devrait être la plus pénalisante en termes d'exposition.

[2] Voir dossier d'enquête publique déposé par CYCERON, version du 17 juin 2003.

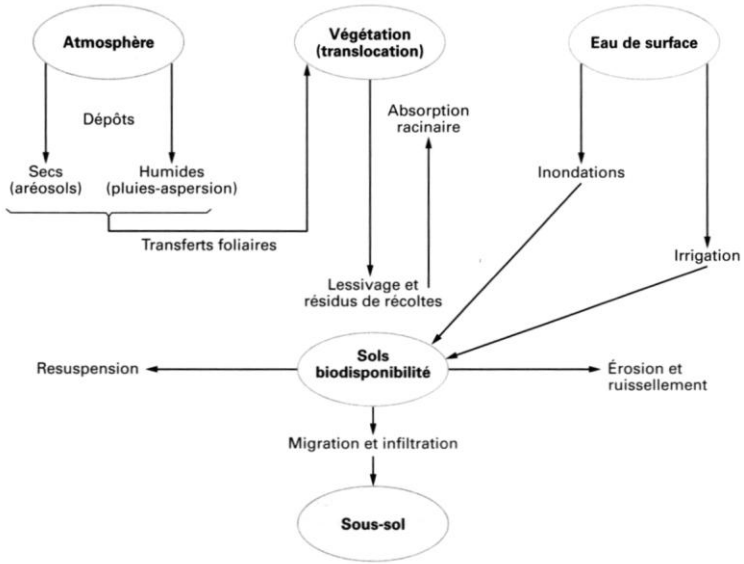
Note : Jusqu'en avril 2009, l'accès au campus par le public était possible, tout un chacun pouvant circuler librement à proximité des bâtiments constituant l'installation. Depuis cette date, seules les personnes travaillant sur le site ou autorisées, auront la possibilité de se rendre sur ces 3 ha du campus.

Pour cette étendue, l'échantillonnage concerne quatre points distincts situés sur une même zone, à savoir, l'environnement immédiat des bâtiments du GIP CYCERON dans la limite de 100 m autour des émissaires de rejets gazeux.
Considérant la rose des vents mais également l'absence de trajectoires résiduelles d'écoulements d'air, 4 endroits distincts ont été retenus et sont distribués à partir de la direction des vents dominants (SO) avec un pas d'environ 90° par rapport à ce même axe.
Tenant compte des contraintes d'urbanisation passées et en prévision de celles à venir, certaines des stations initialement choisies on du être déplacées. Aussi, les lieux de prélèvements (notés de A à D) se situent à environ 75±15 m des cheminées.

Le bioindicateur principal retenu pour cette zone (périmètre de 100 mètres autour des installations) est le **couvert végétal (herbe)**.

Dans le but d'apporter des informations complémentaires sur la qualité de l'environnement autour des installations et, en fonction des potentialités offertes par l'environnement du GIP au long de l'année, deux prélèvements supplémentaires d'indicateurs biologiques atmosphériques (champignons, lichens…) sont prévus.

Figure 1 : processus d'échanges des radionucléides dans le milieu terrestre[3].



b) Dosimétrie ambiante intégrée

Objectif

Evaluer l'impact des installations sur le milieu et les personnes en termes d'exposition externe.

Dispositif

La dosimétrie sera assurée par un dispositif comprenant une chambre d'ionisation associée à une électret (système E-perm) enfermé dans un sachet de protection, en plastique étanche, pour éviter notamment, la contribution du gaz radon. La durée d'intégration est fixée à un trimestre et

[3] FOURNIER (L.) – Radioécologie, origine des radioéléments. Collection Techniques de l'Ingénieur. Ed. 2002.

la dose annuelle est calculée à partir du cumul des doses trimestrielles. La sensibilité du dispositif est de 10 µGy pour une dose moyenne mensuelle estimée à environ 60 µGy dans le Calvados d'après le réseau Téléray. Une telle sensibilité permet de connaître la contribution liée aux activités du GIP CYCERON avec un bon niveau de confiance.

Localisation

Les sites de pose des dispositifs intégrateurs sont identiques à ceux choisis pour les prélèvements d'herbe, c'est à dire quatre points distincts (A, B, C & D) distribués à partir de la direction des vents dominants (NE) avec un pas d'environ 90° par rapport à ce même axe.
Les résultats obtenus sont comparés à ceux obtenus dans les mêmes conditions opératoires sur le site du laboratoire ACRO (dispositif T, comme « témoin ») situé à plus de 3 kilomètres des installations nucléaires que compte l'agglomération caennaise.
Les dispositifs sont renouvelés chaque trimestre ainsi que dans l'éventualité d'un aléa technique imposant de connaître l'exposition gamma (i.e. suite à un incident lié à des rejets gazeux).

c) Evaluation de l'exposition ambiante ponctuelle

Objectif

L'approche consiste à vérifier, lors d'une phase d'activité du cyclotron et de production de molécules marquées, le niveau d'exposition dû au rayonnement gamma à l'extérieur des bâtiments. On cherche ainsi à mettre en évidence toute augmentation du rayonnement ambiant, laquelle pourrait avoir comme origine possible :

- une accumulation localisée de radionucléides, déposés ou en suspension dans l'air, à la suite de rejets d'effluents gazeux ;
- l'existence de source(s) d'irradiation en lien avec certaines zones des bâtiments.

Ainsi, l'étendue concernée par les investigations a été définie de manière à intégrer la totalité des 3 ha du campus Jules HOROWITZ où est implanté le GIP CYCERON car il s'agit de la zone la plus sensible aux dépôts atmosphériques[4].
Deux parcours sont alors effectués, l'un à l'aplomb des bâtiments, l'autre, aux limites cadastrales du GIP. En fonction des aménagements effectués sur le campus (nouveaux bâtiments), les parcours peuvent être amenés à être modifiés d'un trimestre sur l'autre.

Appareillage

L'évaluation repose sur la mise en œuvre *in situ* d'un appareil portatif adapté à la détection des rayonnements gamma, en l'occurrence le DG5 de Novelec. Cet appareil est basé sur l'utilisation d'un capteur à scintillation plastique et d'une électronique à microcontrôleur effectuant l'acquisition et l'interprétation des mesures selon le principe de l'information quantifiée (brevet CEA). L'information délivrée est exprimée en chocs/seconde (c/s) et se réfère au nombre de rayonnements gamma détectés dès lors que leur énergie est supérieure à 50 keV.
Son utilisation est complétée par l'emploi d'un second appareillage de marque APVL (sonde de détection d'irradiation ambiante NBR type FHZ 672 E-10 équipée d'un radiamètre FH 40 G-L10). Cet ensemble permet la détection de sources d'irradiation photon artificielle dans des champs d'irradiation naturelle non homogène et l'expression de débits de dose, le tout sur une gamme d'irradiation très large (entre 1 nSv/h et 100 mSv/h) et avec un temps de réponse très bref. Cet équipement permet la mesure de débit de dose pour des photons à partir de 30 keV.

Méthodologie

Du fait de la rapidité d'acquisition du DG5 et de la fiabilité de la mesure, il n'est pas procédé à des mesures statiques en plusieurs endroits selon un maillage prédéfini (cas de figure habituel) mais à un balayage selon des parcours étudiés de manière à fournir des grandeurs représentatives pour la totalité de la zone étudiée.
En parallèle, et sur les mêmes zones, des gammes de débit de dose sont notées à partir de l'ensemble sonde+radiamètre.

A chaque fois que le seuil fixé par l'un des appareils est dépassé, l'approche consiste d'une part à évaluer la superficie concernée, d'autre part, à noter la valeur la plus forte enregistrée et enfin, à évaluer la durée de cette exposition.

[4] D'après l'évaluation faite à l'aide du code GASCON (voir dossier d'enquête publique déposé par CYCERON, version du 17 juin 2003).

Afin d'apprécier les écarts en s'affranchissant des fluctuations du bruit de fond, les résultats sont tous exprimés en pourcentage du seuil de discrimination (SD) ou mouvement propre de l'appareil. Ainsi, toute valeur strictement supérieure au SD témoigne d'une situation radiologique jugée atypique et une valeur de +100% du SD représente approximativement une valeur double de celle du bruit de fond.
Le seuil de discrimination correspond, pour chaque nature de sol différente (terre *vs* bitume), à la plus forte valeur obtenue lors de mesures statiques effectuées en des endroits non influencés par les activités du GIP CYCERON et similaires en terme de composante radiologique. Ainsi, un nouveau SD est déterminé au préalable à chaque parcours : l'un à partir d'une surface bitumée (revêtement représentatif de la majeure partie de l'aplomb des bâtiments), l'autre à partir d'une surface enherbée représentative de la majeure partie du parcours aux limites cadastrales du GIP.

d) Contrôle des niveaux de radioactivité avant rejet dans le réseau d'assainissement

Contrôle des effluents :

Objectif :

Evaluer les niveaux de radioactivité (émetteurs gamma et tritium) dans les effluents liquides, lesquels sont prélevés au niveau des deux postes de relevage du GIP Cycéron.

Ce volet du contrôle répond à l'Arrêté du 23 juillet 2008 relatif à la gestion des effluents contaminés par les radionucléides.

2 échantillons seront analysés au cours de l'année 2010. Les prélèvements seront effectués par le laboratoire départemental Frank DUNCOMBE.

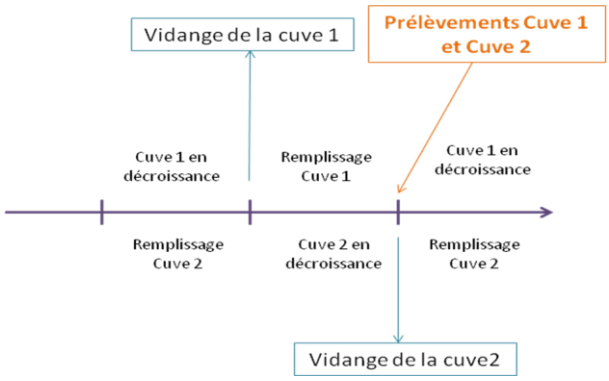
Contrôle des cuves de décroissance

Objectif :

Evaluer les niveaux de radioactivité (émetteurs gamma et tritium) dans les cuves de décroissance avant leur rejet dans le réseau d'assainissement.

Le GIP CYCERON est équipé de deux cuves dont la gestion hebdomadaire est schématisée sur la figure 2 ci-dessous. On effectuera au même instant (après homogénéisation de la cuve) 2 prélèvements :
- un prélèvement dans la cuve qui doit être mise en décroissance.
- un prélèvement dans la cuve qui va être rejetée dans le réseau d'assainissement (qui a déjà été placée en décroissance pendant une semaine)

Figure 2 : Principe de gestion des deux cuves de décroissance du GIP CYCERON



Evolution de la liste des radionucléides gamma recherchés dans les échantillons biologiques et/ou effluents.

En regard du type de radionucléides produits et utilisés sur site, ainsi que du retour d'expérience des différentes analyses conduites à la demande du GIP, la liste des radionucléides pris en compte lors des analyses est régulièrement mise à jour.
Ce fut le cas une première fois en 2006 lors de l'analyse du filtre de la casemate du cyclotron puis, plus récemment, fin 2009, lors de l'analyse sur de l'eau enrichie ainsi que sur une pièce plastique contaminée lors de la synthèse des radio-isotopes.

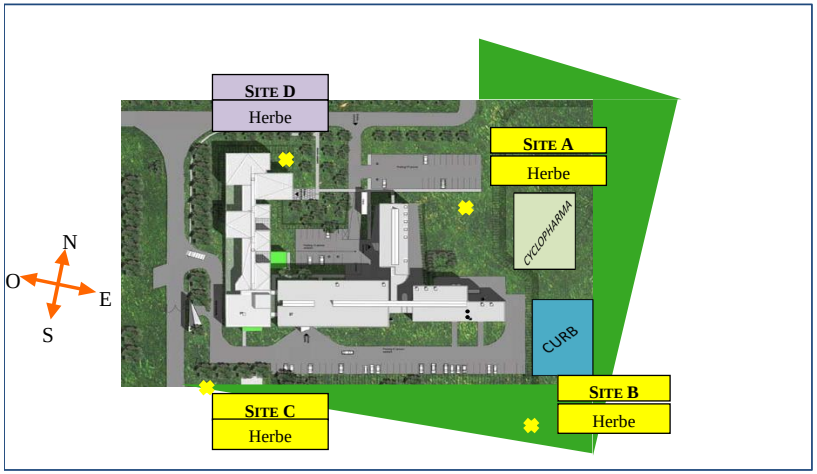
Cette liste sera alors prise en compte lors des prochaines analyses par spectrométrie gamma conduites sur les échantillons biologiques comme sur les effluents.

	Radionucléide	Période radioactive	
	Emetteurs gamma		
Radionucléides artificiels (produits d'activation)	24 Na : sodium 24	14,96 h	Identifiés lors de l'analyse du filtre de la casemate du cyclotron.
	46 Sc : scandium 46	83,8 j	
	60 Co : cobalt 60	5,3 ans	
	65 Zn : zinc 65	244,15 j	
	82 Br : brome 82	1,47 j	
	122 Sb : antimoine 122	2,7 j	
	124 Sb : antimoine 124	60,2 j	
	123 I : iode 123	13,21 h	
	137 Cs : césium 137	30,0 ans	
	131 Ba : baryum 131	11,5 j	
	133 Ba : baryum 133	10,57 ans	
	153 Sm : samarium 153	1,9 j	
	152 Eu : europium 152	13,4 ans	
	52 Mn : manganèse 52	5.59 j	Identifiés lors de l'analyse de l'eau enrichie et de la QMA de purification des ions 18F.
	54 Mn : manganèse 54	312.13 j	
	55 Co : cobalt 55	17.5 h	
	56 Co : cobalt 56	77.3 j	
	57 Co :cobalt 57	271.79 j	
	58 Co : cobalt 58	70,86 j	
	57 Ni : nickel 57	36 h	
Radionucléides naturels	40 K : potassium 40	1,3 10^9 ans	
	7 Be : béryllium 7	53,2 jours	
	Emetteurs bêta		
	Tritium total	12,3 ans	

RESULTATS

1er Volet : Mesures gamma sur échantillons biologiques
COUVERT VEGETAL

LOCALISATION DES SITES DE PRELEVEMENTS



OBSERVATIONS :

Conformément au cahier des charges, l'analyse des niveaux de radioactivitésdans le couvert végétal du campus Horowitz s'effectue à partir d'un échantillon composite (ou échantillon moyen) obtenu par homogénisation et dans la même proportion des sous-échantillons prélevés sur chacun des sites A, B, C, et D.

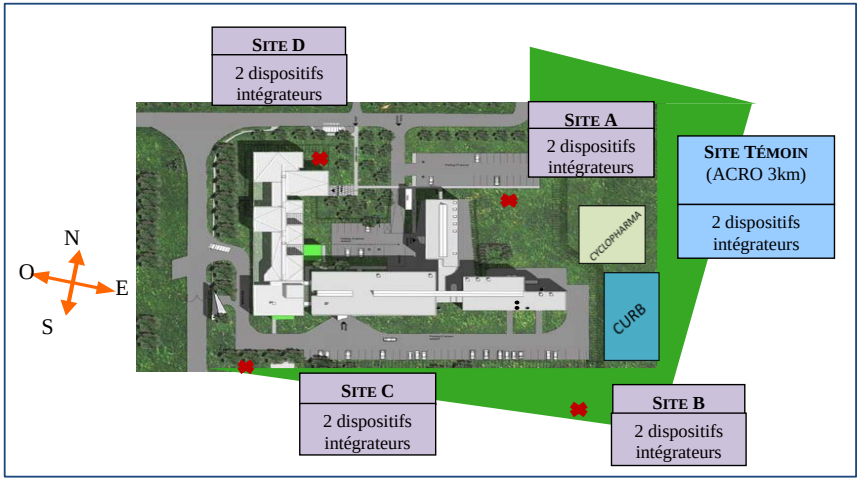
Dans le cas présent, compte tenu de l'impossibilité d'effectuer un prélèvement sur les sites A et D, **l'échantillon analysé est composé uniquement des sous échantillons issus des sites B et C**.

Les résultats ne mettent en évidence la présence d'aucun radionucléide artificiel à des niveaux significatifs dans le couvert végétal.
Les éléments naturels mentionnés dans le tableau ci-contre sont présents à des activités couramment observées dans des environnements non influencés par des activités nucléaires.

ECHANTILLON		
Dénomination		**couvert végétal**
Catégorie / espèce		herbe
PRELEVEMENT		
Date		22/06/2010
Localisation		pelouse
Station (code)		**Echantillon moyen**
Distance / emissaire		70 m
Site		Campus Horowitz
Département		14
COMPTAGE		
n° d'enregistrement		100622-CYC-01
n° de manipulation		6312
Géométrie (en cc)		300
Masse échantillon analysée (g)		150
Age de l'échantillon (jours)		1
Age du conditionnement (jours)		1
Fraction analysée		fraiche
Psec / Pfrais		22,9%
Facteur de concentration		-
Densité analysée		0,50
EXPRESSION DES RESULTATS		
Date de référence		22/06/2010
Unité		Bq/kg sec
Emetteurs gamma artificiels		
24 Na : sodium 24	14,96 h	< 4
46 Sc : scandium 46	83,8 j	< 0,8
52Mn: manganèse 52	5,59j	< 1
54Mn: manganèse 54	312,13j	< 0,7
55Co: cobalt 55	17,5h	< 4
56Co: cobalt 56	77,3j	< 0,7
57Co: cobalt 57	271,79j	< 0,4
57Ni: nickel 57	36h	< 2
58Co: cobalt 58	70,86j	< 0,7
60 Co : cobalt 60	5,3 ans	< 0,8
65 Zn : zinc 65	244,15 j	< 2
82 Br : brome 82	1,47 j	< 2
122 Sb : antimoine 122	2,7 j	< 2
124 Sb : antimoine 124	60,2 j	< 0,8
123 I : iode 123	13,21 h	< 2
137 Cs : césium 137	30,0 ans	< 0,8
131 Ba : baryum 131	11,5 j	< 2
133 Ba : baryum 133	10,57 ans	< 0,8
153 Sm : samarium 153	1,9 j	< 2
152 Eu : europium 152	13,4 ans	< 2
Emetteurs gamma naturels		
234 Th	Ch. 238U	-
226 Ra (max)	Ch. 238U	-
214 Pb	Ch. 238U	-
228 Ac	Ch. 232Th	-
212 Pb	Ch. 232Th	12,7 ± 1,7
212Bi	Ch. 232Th	15,4 ± 5,3
40 K	1,3 10^9 ans	177 ± 25
7 Be	53,2 jours	23,1 ± 4,2

2nd Volet : Mesures de dosimétrie ambiante intégrée
DEBIT DE DOSE MOYEN & DOSE CUMULEE

LOCALISATION DES SITES DE MESURE



OBSERVATIONS :

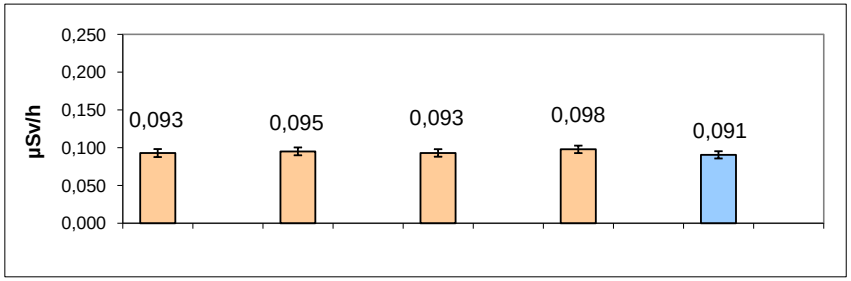
En raison de la fin des aménagements effectués sur le campus, le point A a été rapproché des bâtiments du GIP le 09/04/2010, tel que précisé sur le schéma ci-dessus.

Au cours de ce second trimestre (94 jours d'intégration), l'exposition maximale a été relevée au point D. Le débit de dose moyen correspondant est de 0,098 µGy /h ce qui représente un écart de +7,7% par rapport au site témoin.

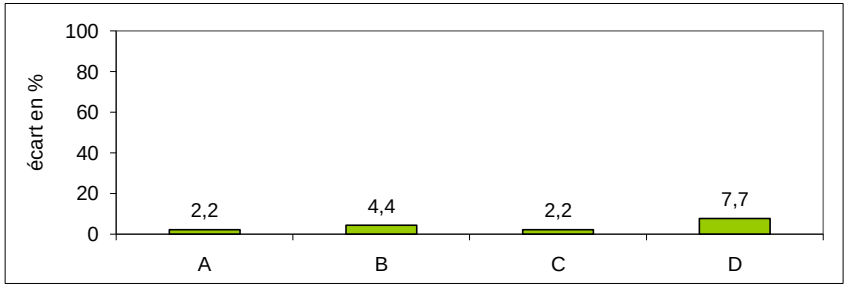
La situation reste sensiblement comparable à celle observée au cours des trimestres précédents.

	2nd TRIMESTRE 2010 — Période du 09/04/10 au 12/07/10 (94 jours d'intégration)				
Localisation des dispositifs intégrateurs	Site A	Site B	Site C	Site D	Site Témoin
DEBIT DE DOSE MOYEN (µSv/h ou µGy/h)	0,093 ± 0,005	0,095 ± 0,005	0,093 ± 0,005	0,098 ± 0,005	0,091 ± 0,005
DOSE CUMULEE sur la période d'intégration (mGy)	0,210 ± 0,011	0,215 ± 0,011	0,210 ± 0,011	0,221 ± 0,011	0,204 ± 0,010
DOSE CUMULEE depuis le 14/01/10 (mGy)	0,422 ± 0,022	0,423 ± 0,021	0,412 ± 0,021	0,426 ± 0,022	0,397 ± 0,020

DEBIT DE DOSE MOYEN MESURE SUR CHAQUE SITE (µSv/h)



ECART (%) AU DEBIT DE DOSE DU SITE TEMOIN

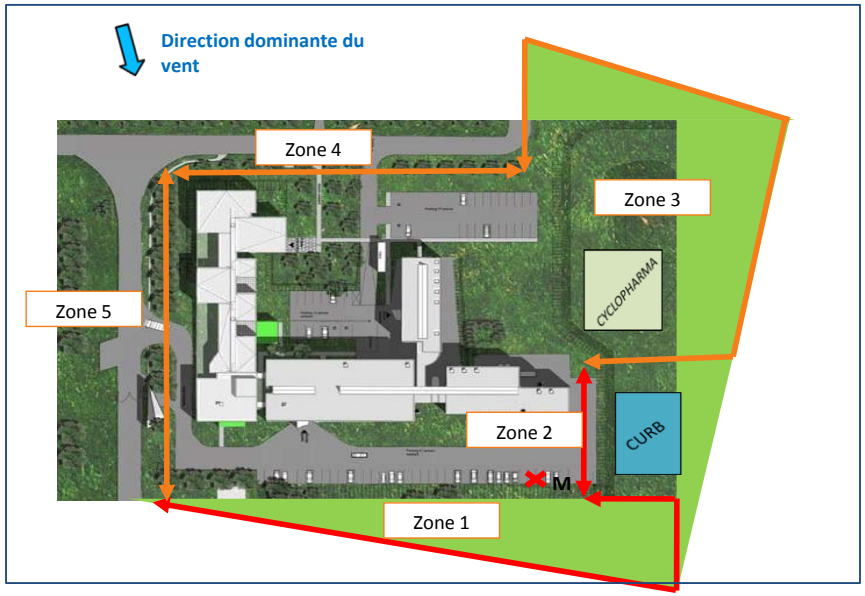


3ème Volet : Evaluation de l'exposition ambiante ponctuelle

RAYONNEMENT GAMMA AMBIANT

DETAIL DU PARCOURS DE MESURE EFFECTUE

LIMITES CADASTRALES DU SITE



OBSERVATIONS :

Le parcours le long des limites cadastrales du site a été effectué le mardi 22 juin 2010 à partir de 14h pendant la production de Carbone 11 (irradiation de la cible à partir de 13h30 et synthèse à 13h50).

Des niveaux significatifs ont été observés dans la zone 1 (350 chocs/s) et dans la zone 2 (185 chocs/s). Une valeur maximale a été relevée au point M (600choc/s) à 14h13. Le débit de dose correspondant est de 0.2µSv/h. A 15H08, les niveaux mesurés ne sont plus significatifs.

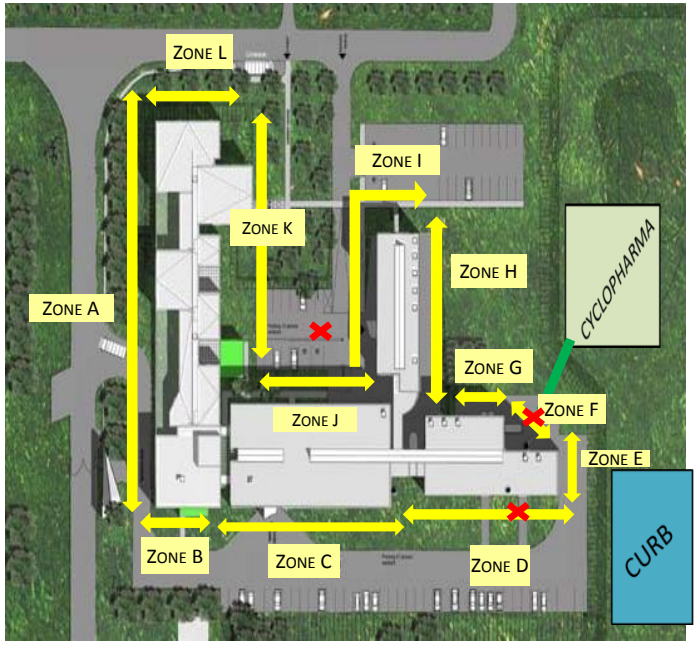
2ème TRIMESTRE 2010		Campagne du 22 juin 2010		
Valeur de référence ou seuil de discrimination (terre de remblai) :		**98**	(chocs/seconde)	
Mesure en limite cadastrale				
Zone	Heure	Mesure (chocs/seconde)		
		Mini	**Maxi**	**% du SD**
Zone 1	**14h05**	**85**	**350**	**257,1**
Zone 2	**14h15**	**106**	**185**	**88,8**
Zone 3	14h17	73	102	4,1
Zone 4	14h21	83	113	15,3
Zone 5	14h25	82	114	16,3

3ème Volet : Evaluation de l'exposition ambiante ponctuelle

RAYONNEMENT GAMMA AMBIANT

DETAIL DU PARCOURS DE MESURE EFFECTUE

APLOMB DES BATIMENTS



OBSERVATIONS:

Le parcours à l'aplomb des bâtiments du GIP a été effectué le mardi 22 juin 2010 pendant la production de Carbone 11 (phase de synthèse).

Des niveaux significatifs ont été observés dans les zones D, F et J, sur lesquelles ont respectivement été mesuré 197, 185 et 445 chocs/s. La valeur maximale a été relevée en un point proche du parcours de la zone J (660choc/s) à 14h31. Le débit de dose

2ème TRIMESTRE 2010	Campagne du 22 juin 2010	
Valeur de référence ou seuil de discrimination (voirie bitumée) :	**125**	(coups/seconde)
Valeur de référence ou seuil de discrimination (terre de remblai) :	**98**	(coups/seconde)

Mesure en limite cadastrale

Zone	Heure	Mesure (coups/seconde) Mini	Maxi	% du SD
Zone A	15h02	94	125	27,6
Zone B	14h27	94	105	7,1
Zone C	14h28	84	114	16,3
Zone D	**14h31**	**91**	**197**	**101,0**
Zone E	14h37	102	110	-12,0
Zone F	**14h40**	**96**	**185**	**48,0**
Zone G	14h42	117	126	0,8
Zone H	14h43	88	112	14,3
Zone I	14h45	108	139	11,2
Zone J	**14h47**	**185**	**445**	**256,0**
Zone K	14h59	102	134	7,2
Zone L	15h01	104	120	22,4

ANNEXES

ANNEXE 1 : Matériel et méthodes

Les méthodes citées ci-après sont employées dans le respect des recommandations de la série de normes AFNOR NF M60-780 relatives aux techniques d'échantillonnage d'indicateurs de l'environnement ainsi qu'à leur préparation et à leur conservation.

L'analyse des niveaux de radioactivité gamma et tritium dans les effluents liquides est effectuée conformément à la réglementation relative à la gestion des effluents contaminés par les radionucléides (Arrêté du 23 juillet 2008).

A) Méthodologie employée pour le prélèvement des échantillons biologiques

Pour l'ensemble des prélèvements effectués, une même ligne méthodologique a été observée :

- Le renseignement, pour chaque échantillon, d'une fiche comprenant entre autre, la date, l'heure, la position GPS, les conditions météorologiques et les caractéristiques physiques de l'échantillon.
- Le conditionnement immédiat de l'échantillon sous sachet en polyéthylène individuel référencé.
- La conservation des échantillons au laboratoire à 4°C en attente de traitement et de conditionnement (le temps d'attente n'excédant pas 48h).

Le couvert végétal (herbe) : un prélèvement manuel est effectué pour chacun des quatre points et la surface prise en référence s'étend sur 1 m2 (quadrat). A l'intérieur de cette zone, l'ensemble du couvert végétal est prélevé. La fraction prélevée de cet indicateur concerne uniquement la partie aérienne des plants, le mat étant écarté. Aucune différenciation d'espèces n'est effectuée.

Les autres indicateurs atmosphériques (lichens, champignons) : le prélèvement est effectué manuellement et de manière à obtenir un échantillon représentatif de la zone de répartition de l'espèce.

B) Méthodologie employée pour le traitement des échantillons biologiques

Le couvert végétal (herbe) : aucun traitement n'est appliqué, les brins de chaque station sont coupés afin qu'ils n'excèdent pas une longueur de 5 cm. Une aliquote de 62,5 g représentative de chaque échantillon est alors retenue, afin de réaliser un échantillon moyen des quatre sites, d'une masse de 250 g, conditionné en géométrie de type SG 500, d'un volume utile de 500 ml, pour comptage en spectrométrie gamma. A l'issue de l'analyse, l'échantillon est desséché à 60°C afin de déterminer le rapport Poids sec / Poids frais.

Les autres indicateurs (lichens, champignons…) : en fonction de la quantité récoltée, il est soit procédé à un comptage à frais des échantillons, soit à leur séchage à 60°C en étuve ventilée. Dans ce cas, le résidu sec est ensuite réduit en poudre et homogénéisé puis conditionné en géométrie adaptée au comptage par spectrométrie gamma.

C) Matériel employé pour les mesures in situ

Détecteur gamma portatif DG5 de NOVELEC
Il s'agit d'un détecteur à scintillateur organique associé à un photomultiplicateur sensible au rayonnement gamma ambiant. La réponse donnée en coups par seconde (c/s) traduit le nombre de rayonnement détecté sans tenir compte de leur énergie dès lors que celle-ci est supérieure au seuil de détection (50 keV).

Sonde NBR FHZ 672 E10 + Radiamètre FH40GL-10 d'APVL
Il s'agit d'une sonde à scintillation (*scintillateur organique et scintillateur NaI*) avec photomultiplicateur intégré, destinée à la mesure de débits d'équivalents de dose gamma et X. La gamme de mesure de débit de dose s'étend de 0,001µSv/h à 100mSv/h ; la gamme de mesure de dose, de 100 nSv à 1 Sv et la gamme d'énergie, de 30 keV à 1,5 MeV.

D) Méthodologie employée pour le prélèvement des échantillons d'effluents liquides

Le prélèvement des échantillons d'effluents liquides est assuré par le laboratoire départemental d'analyse, lequel achemine à l'ACRO les échantillons directement dès la fin du prélèvement. Celui-ci est effectué sur une période de 8 heures au moyen d'un dispositif automatique de pompage, permettant de récolter un échantillon moyen sur l'ensemble de la journée.

E) Méthodologie employée pour le prélèvement des échantillons de cuves de décroissance

Un dispositif d'homogénéisation par air comprimé est activé avant le prélèvement sur chacune des cuves de décroissance. Un système de pompage manuel permet ensuite de récupérer 500ml d'échantillon à l'intérieur de chaque cuve.

F) Méthodologie employée pour le traitement des échantillons d'effluents liquides et des cuves de décroissance

Après homogénéisation énergique, l'échantillon initial est placé au repos pendant douze heures, temps nécessaire à la sédimentation à gravité unitaire.

- Une aliquote de 500 ml d'eau résiduaire ainsi décantée, est ensuite prélevée par pipetage puis conditionnée dans une géométrie de comptage de 500 cm3 (type SG500) adaptée à la mesure par spectrométrie gamma.

G) Analyse par spectrométrie gamma

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

La plage d'énergie prise en référence s'étend de 20 à 2000 keV pour l'analyse qualitative et de 60 à 2000 keV pour l'analyse quantitative, hormis dans le cas de l'iode-129. L'atténuation due à la densité de l'échantillon est prise en compte pour des énergies supérieures à 60 keV et les facteurs correctifs sont déterminés par calcul par la méthode semi-empirique basée sur l'assimilation du détecteur à un point. Néanmoins, pour des énergies inférieures à 100 keV, les phénomènes d'auto-atténuation en rapport avec la composition intrinsèque de l'échantillon sont généralement prépondérants. Aussi, les résultats pour les radionucléides émetteurs gamma de faible énergie (<100 keV) sont à considérer avec prudence (234Th).

L'efficacité de référence du détecteur pour la plage d'énergie prise en référence est déterminée à l'aide d'une source liquide multi-radionucléide et d'une source liquide de ^{133}Ba en tenant compte des phénomènes de sommation de coïncidences qui existent avec ce radionucléide. Les sources employées sont des solutions étalons certifiées. Les flacons utilisés pour la spectrométrie gamma sont en polyéthylène translucide de type SG500 ou SG50 jaugés d'un volume utile de 500 ml ou 50 ml.

- **MESURE DES EMETTEURS GAMMA**

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

- **LE CAS DU ^{226}RA**

Le radium 226, produit de filiation de l'uranium 238, est généralement mêlé à l'uranium dans les matières naturelles. Le calcul de l'activité du 226Ra seul, par spectrométrie gamma, est alors difficile. La mesure se fait sur une seule raie, de taux d'émission faible, qui interfère avec une raie de l'uranium 235 de taux d'émission fort. Une seule valeur de 226Ra est rapportée. Il s'agit de la valeur dite « maximale » (226Ra max) dans l'hypothèse où le radium est seul. Dans l'hypothèse où le radium est associé à de l'uranium naturel en proportion isotopique normale (238U/235U=21) et sous réserve d'équilibre séculaire pour la famille de l'uranium-238, la teneur en radium-226 peut être déduite en multipliant la valeur 226Ra (max) par un facteur de 0,556. Ce facteur est calculé à partir des caractéristiques nucléaires données pour les isotopes de l'uranium par P. Galle dans Toxiques nucléaires (1982) et de celles communiquées par le Bureau National de Métrologie dans la Bibliothèque NUCLEIDE-LARA (version 2000).

Tableau 1 *: radionucléides émetteurs gamma caractéristiques rapportés dans les tableaux de résultats et leur(s) énergie(s) utilisée(s) pour les calculs de la limite de détection et de l'activité massique ou volumique.*

Radionucléide	Energie (keV) pour le calcul de la Ld	Energie(s) (keV) pour le calcul de l'activité	Observation(s)
Radionucléides artificiels			
^{24}Na	1368,6	1368,6	Produit d'activation
^{46}Sc	889,2	889,2 – 1120,5	Produit d'activation
^{52}Mn	935,52	744,2- 935.5	Produit d'activation
^{54}Mn	834,8	834,8	Produit d'activation
^{55}Co	931,5	931,5	Produit d'activation
^{56}Co	846,76	846,8-1238,3	Produit d'activation
^{57}Co	122,06	122,06	Produit d'activation
^{57}Ni	1377,6	127,3-1377,6	Produit d'activation
^{58}Co	810,8	810,8	Produit d'activation
^{60}Co	1332,5	1173,2 – 1332,5	Produit d'activation
^{65}Zn	1115,5	1115,5	Produit d'activation
^{82}Br	776,5	776,5 – 554,3	Produit d'activation
^{122}Sb	564,1	564,1 – 692,8	Produit d'activation
^{124}Sb	602,7	602,7 – 1690,9	Produit d'activation
^{123}I	158,9	158,9	Produit d'activation
^{137}Cs	661,7	661,7	Produit de fission
^{131}Ba	496,3	496,3 – 123,8	Produit d'activation
^{133}Ba	356	356 – 81,0	Produit d'activation
^{153}Sm	103,1	103,1	Produit d'activation
^{152}Eu	121,8	344,3 – 778,9 – 1408	Produit d'activation
Radionucléides naturels			
^{234}Th	-	63,3	Atténuation (due à la composition) non retenue
^{234m}Pa	1001	1001	
^{226}Ra	-	186,2	Voir « le cas du 226Ra »
^{214}Pb	-	351,9 – 295,2 – 242	
^{228}Ac	-	911,2 – 969 – 338,3	
^{212}Pb	-	238,6	
^{40}K	-	1460,8	
^{7}Be	477,6	477,6	

ANNEXE 2 : Intercomparaisons et qualifications techniques

1. Références normatives

- NF M60 série 780 Énergie nucléaire – Mesure de la radioactivité dans l'environnement – Bioindicateurs ; Parties 0 à 5 ; mars 2001.

Bibliographie :

- Spectrométrie gamma appliquée aux échantillons de l'environnement. Editions TEC&DOC. 238 pages. Octobre 2002.
- Les radioisotopes en recherche biologique - Détection et radioprotection. G. SIMONNET. Editions Masson, 1994.
- NUCLEIDE-LARA (version de juillet 2000) : bibliothèque de données nucléaires utilisée pour la spectrométrie gamma communiquée par le Bureau National de Métrologie.

2. Agréments / Intercomparaisons

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

Ci-dessous, la liste des intercomparaisons récentes auxquelles à participé le laboratoire de l'ACRO.

Demandeur	ASN	Arrêtés du 17 octobre 2003 et du 27 juin 2005 portant organisation d'un réseau national de mesures de la radioactivité de l'environnement	
Organisateur	Institut de Radioprotection et de Sureté Nucléaire	Service de Traitement des échantillons et de métrologie pour l'environnement	
Matrice de l'échantillon	Code exercice interlaboratoires	Radionucléides mesurés avec succès	Année
Eau	93SH300	3H (tritium)	2008
Algue marine	74AL300	40K, 60Co, 129I, 125Sb, 137Cs	2004
Eau	76EE300	60Co, 134Cs, 137Cs, 241Am	2005
Sol naturel	82SL300	40K, 137Cs	2006
Biologique (feuilles)	91V300	60Co, 134Cs, 137Cs, 109Cd et 40K	2006
Sédiments lacustre	96SL300	Isotopes uranium et thorium, 226Ra, 228Ra, 210Pb, 212Pb	2009
Eau	95EE300	22Na, 65Zn, 106Rh, 134Cs, 137Cs, 241Am	2009
Sol	105SL300	241Am, 134Cs, 137Cs, 60Co, 57Co	2010

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

Décision n°DEP-DEU-0704-2009 du 8/12/09 De l'Autorité de Sûreté Nucléaire	- Mesure des radioéléments émetteurs gamma de forte, moyenne énergie (>100kev) et de faible énergie (<100kev) dans les matrices de type biologique (validité juin 2014) - Mesure du tritium dans les eaux (validité juin 2014)
Décision n°CODEP-DIS-024-087 du 5 mai 2010 de l'Autorité de Sûreté Nucléaire	- Mesure de l'activité volumique du radon dans des bâtiments, y compris des bâtiments souterrains et établissements thermaux (validité septembre 2011)
Décision n°CODEP-DEU-2010-031543 du 15/06/10 de l'Autorité de Sureté Nucléaire	- Mesure des radioéléments émetteurs gamma de forte, moyenne énergie (>100 keV) et de faible énergie (<100KeV) dans les eaux (validité juin 2015). - Isotopes de U dans les matrices de type "sol". - Isotopes de Th dans les matrices de type "sol". - 226Ra et descendants dans les matrices de type "sol". - 228Ra et descendants dans les matrices de type "sol". - U pondéral dans les matrices de type "sol".