Laboratoire indépendant d'analyse de la radioactivité
Association loi 1901 SIRET : 950 369 868 00027 APE : 743B
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 d'analyses

RAP080725(T2)-CYC-v1
Hérouville-Saint-Clair, le 23/09/2008

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

Année 2008

Résultats 2ème trimestre

Période du 18/04/08 au 17/07/08

Feuille qualité

DEMANDE	
Mission	Surveillance radiologique de l'environnement du GIP CYCERON – 2ème trimestre 2008. 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
Demandeur	**GIP CYCERON** Bd Henri Becquerel – BP 5229 14074 CAEN Cedex 5
Commande	N°08FC0380 du 08/07/08

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

DOCUMENT	
Date d'édition	23/09/08
Identification	**RAP080725(T2)CYC_v1**
Version n°	01
Pages (nombre)	16 (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, ^{60}Co, ^{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	23.09.2008	le 27/09/08	03 novembre 2008
Visa			
NOM	A. BERNOLLIN	M. JOSSET	Pierre BARBEY

Suivi radiologique de l'environnement des installations du GIP CYCERON – année 2008.

RESULTATS DE LA CAMPAGNE D'ANALYSES DU 2ème TRIMESTRE 2008

Période du 18/04/2008 au 17/07/2008

Introduction

A la demande de l'Inspection des Installations Classées et sous contrôle de l'Autorité de Sureté Nucléaire, l'exploitant du GIP Cycéron a du mettre en place en 2005, un plan de surveillance radiologique de l'environnement de ses installations comprenant, *a minima*, 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 ayant 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, 2006 et 2007. Le but premier étant 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.

La présente étude constitue la poursuite, pour l'année 2008, de cette surveillance radiologique des installations.

C'est donc sur les bases du suivi 2005, ainsi que sur la connaissance et l'expérience du laboratoire dans ce domaine, que l'ACRO a établi le plan suivant, découpé en trois 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.**

L'ensemble de ces trois volets sera traité dans chacune des communications trimestrielles, rapportant 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 2007, 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.

Toutefois, suite à la cartographie du rayonnement gamma ambiant du site, réalisée dans le même temps, des variations ont été mises en évidence – de manière fluctuante - en plusieurs endroits des 3 ha du GIP Cycéron. Les deux principales causes à considérer, hormis la présence du local à déchets radioactifs, sont

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

le relâchement de radionucléides dans l'atmosphère avec les effluents gazeux et le rayonnement de sources radioactives situées à l'intérieur des bâtiments, salle de synthèse notamment.

Ainsi, en regard de ces résultats, il apparaît nécessaire, dans le cadre de la surveillance régulière de l'environnement d'une installation telle que le GIP Cycéron, de reconduire à la fois l'évaluation des répercussions directes des activités sur le rayonnement gamma ambiant, de même que l'utilisation du couvert végétal comme bioindicateur des dépôts de particules radioactives se réalisant à proximité des installations, étant donné son rôle d'interface privilégiée entre le milieu atmosphérique et le milieu terrestre (sols), [figure 1].

Définition des moyens

a) Mesures de radioactivité : émetteurs gamma sur échantillons biologiques

Objectif

L'approche consiste en la surveillance des niveaux des radionucléides émetteurs gamma présents dans le compartiment biologique de l'environnement du GIP Cycéron et caractéristiques de l'environnement et du fonctionnement 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.

Les radionucléides présentés dans les tableaux de résultats sont d'abord les radionucléides d'origine naturelle tels que ^{7}Be, ^{40}K et les produits de filiation appartenant aux chaînes de l'^{238}U et du ^{232}Th.

Concernant la recherche des radionucléides artificiels, l'approche retenue auparavant (depuis 2003) était basée essentiellement sur des données bibliographiques recensant les produits issus de l'activation des bétons des enceintes des cyclotrons.
A partir du troisième trimestre 2006, l'approche bénéficie du retour d'expérience relatif à l'analyse qualitative (par spectrométrie gamma) du système de filtration de la casemate du cyclotron du GIP, effectuée lors du remplacement de celui-ci en avril 2006. Un certain nombre de radionucléides mis en évidence lors de cette analyse n'étaient pas, jusqu'à présent, recherchés, la liste des produits d'activation pris en compte a donc été étendue ; elle comporte les radionucléides suivants : ^{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.

Localisation et Nature des prélèvements

La distribution géographique des sites de prélèvements présentée ci-dessous, tient compte, à la fois des potentialités qu'offre le site, de son accessibilité par le public et de l'intensité estimée des dépôts.

Les prélèvements effectués pour cette surveillance se répartissent sur deux zones distinctes qui ont comme similitude d'être concernées par les dépôts atmosphériques (secs et humides) relatifs aux émissions gazeuses de l'installation.

- **La première étendue concerne les 3 hectares du campus Jules HOROWITZ où est implanté le GIP CYCERON en raison de l'accessibilité du lieu par le public et de l'existence (théorique) de dépôts plus importants qu'ailleurs**.
  Bien que des restrictions d'usage existent, ce campus est accessible au public tous les jours ouvrés de la semaine entre 8h et 18h. En conséquence, tout un chacun peut accéder librement à un moment de la journée au campus à proximité des bâtiments constituant l'installation. C'est pourquoi, ces 3 hectares de campus ne peuvent être classés comme faisant partie de l'installation.
  Par 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.

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 (NE) avec un pas d'environ 90° par rapport à ce même axe . Tenant compte des contraintes d'urbanisation, il n'a pas été possible de prélever à une même distance des émissaires de rejets (cheminées). Aussi, les lieux de prélèvements (notés de A à D) se situent à environ 75±15 m des cheminées.

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

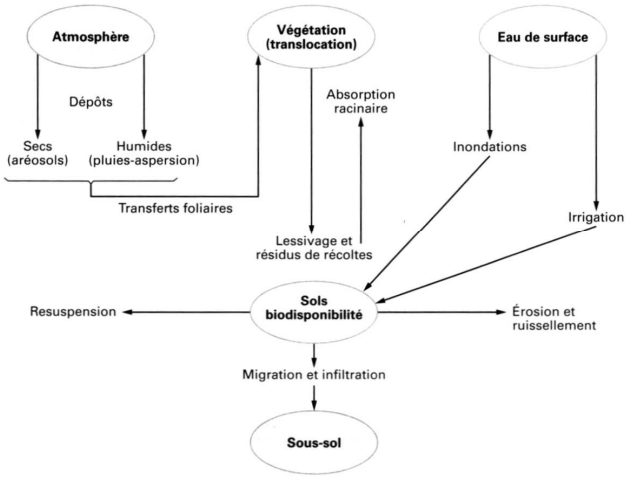
Remarque : en fonction des potentialités offertes par l'environnement du GIP au long de l'année, il est laissé à l'appréciation de l'ACRO d'effectuer un ou plusieurs prélèvements supplémentaires d'indicateurs biologiques (2007 : prélèvement de champignons) dans le but d'apporter des informations complémentaires sur la qualité de l'environnement autour des installations.

- **La seconde étendue concerne la zone agricole située au nord des émissaires de rejets gazeux en raison de son utilisation à des fins de production de denrées alimentaires**.
  Le plateau sur lequel est implanté le GIP CYCERON était anciennement utilisé pour des activités agricoles. Avec l'urbanisation grandissante de ces dernières décennies, il ne subsiste plus que des terres agricoles au Nord de l'installation.
  S'il n'y a apparemment plus d'élevage, les observations *in situ* confirment en revanche l'exploitation de terrains (proches de l'installation) à des fins de culture, notamment celle du maïs. En conséquence, il existe des potentialités d'atteinte à l'homme par la contamination de denrées entrant dans la chaîne alimentaire.

  Pour cette étendue, l'échantillonnage concerne une seule zone ; la parcelle exploitée située la plus proche du GIP CYCERON, en l'occurrence à environ 300 m au Nord-Nord-Est de l'installation.

Le bioindicateur retenu pour la zone située hors cadastre (parcelle agricole) est fonction de la culture effectuée au moment des prélèvements. Le **maïs et/ou le blé** semblent être les cultures prédominantes de cette parcelle.

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



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

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 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 à l'intérieur 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].

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.

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.

[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).

A chaque fois que le seuil fixé est dépassé, l'approche consiste à évaluer la superficie concernée et à noter la valeur la plus forte enregistrée par le DG5, puis à procéder à une mesure de débit de dose à l'aide d'un compteur Geiger compensé en énergie (6150 AD6 de saphymo) dont le seuil bas est fixée à 0,1 µSv/h.

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). 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.

Dans le cas d'une **terre de remblai**, les valeurs oscillant généralement entre 70 et 102 chocs/seconde, **le seuil de discrimination (ou valeur de référence) a été fixé à 102 c/s.**

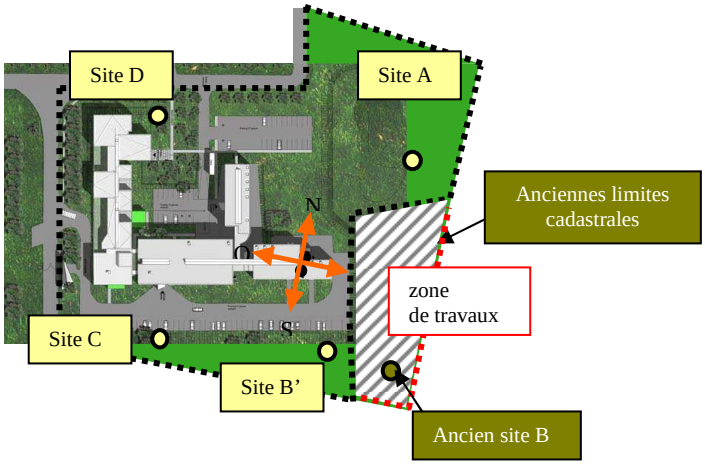
Dans le cas d'une **voirie bitumée**, les valeurs oscillant entre 80 et 142 chocs/seconde, le **seuil de discrimination (ou valeur de référence) a été fixé à 142 c/s.**

Evolutions / Modifications effectuées depuis 2007 :

Modification temporaire des limites cadastrales du GIP :

En raison des travaux de construction débutés en juillet 2007, une zone du campus initialement surveillée est actuellement inaccessible. Il s'agit du quart Sud-Est, où se trouvait le site d'étude B. Celui-ci a donc été remplacé par le site B', localisé à environ 20 m à l'Ouest du point B.
Ce changement de position concerne deux volets de la surveillance : l'intégration passive de la dose et les prélèvements de couvert végétal. Quant à l'évaluation des répercussions directes aux limites cadastrales du GIP, le parcours se trouve également modifié le temps des travaux.

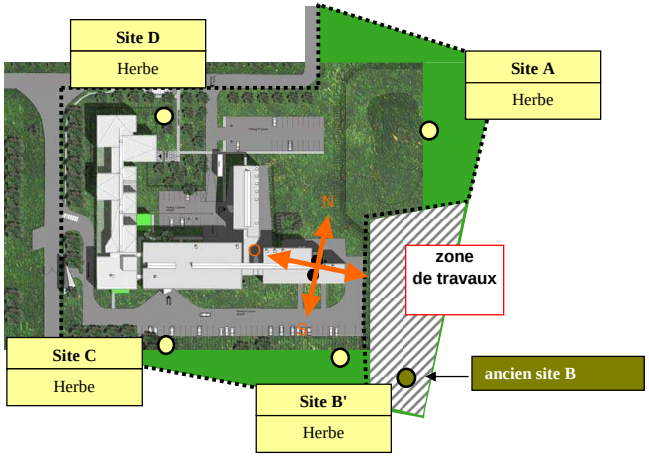
Schéma des limites cadastrales du GIP Cycéron et des sites d'étude pendant la phase de travaux :



RESULTATS

1er Volet : Mesures gamma sur échantillons biologiques
COUVERT VEGETAL

LOCALISATION DES SITES DE PRELEVEMENTS



OBSERVATIONS :

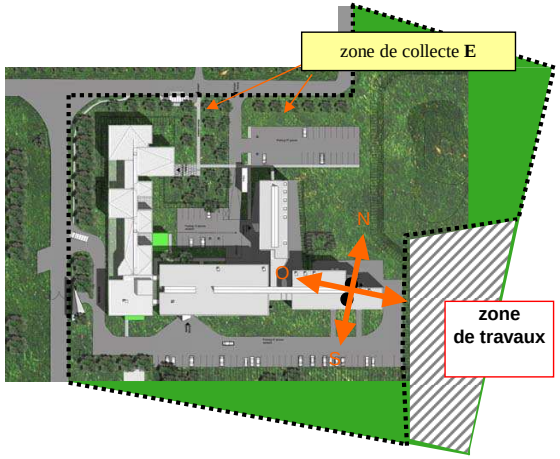
Les prélèvements ont eu lieu consécutivement à une phase de production de FDG par le cyclotron, le mardi 22 juillet.

Les résultats ne mettent pas en évidence de différence entre les quatre sites A, B', C ou D, ni ne révèlent la présence de radionucléides artificiels à des niveaux significatifs dans le couvert végétal.

ECHANTILLON					
Dénomination		**couvert végétal**	**couvert végétal**	**couvert végétal**	**couvert végétal**
Catégorie / espèce		herbe	herbe	herbe	herbe
PRELEVEMENT					
Date		22/07/2008	22/07/2008	22/07/2008	22/07/2008
Localisation		pelouse	pelouse	pelouse	pelouse
Station (code)		**A**	**B**	**C**	**D**
Distance / emissaire		70 m	70 m	70 m	80 m
Site		Campus Horowitz	Campus Horowitz	Campus Horowitz	Campus Horowitz
Département		14	14	14	14
COMPTAGE					
n° d'enregistrement		220708-CYC-01	220708-CYC-02	220708-CYC-03	220708-CYC-04
n° de manipulation		5805	5806	5808	5807
Géométrie (en cc)		500	500	500	500
Masse d'échantillon conditionnée (g)		250	81,3	184	200
Age de l'échantillon (jours)		0,3	1	2	1,3
Age du conditionnement (jours)		0	1	0	1
Etat du conditionnement		frais	frais	frais	frais
Fraction analysée		parties aériennes	parties aériennes	parties aériennes	parties aériennes
Psec / Pfrais		31%	33%	32%	36%
Facteur de concentration		-	-	-	-
Densité analysée		0,50	0,50	0,37	0,40
EXPRESSION DES RESULTATS					
Date de référence		22/07/2008	22/07/2008	22/07/2008	22/07/2008
Unité		Bq/kg sec	Bq/kg sec	Bq/kg sec	Bq/kg sec
Emetteurs gamma artificiels					
24 Na : sodium 24	14,96 h	< 5	< 10	< 36	< 16
46 Sc : scandium 46	83,8 j	< 2	< 4	< 3	< 3
60 Co : cobalt 60	5,3 ans	< 3	< 4	< 3	< 3
65 Zn : zinc 65	244,15 j	< 5	< 7	< 6	< 6
82 Br : brome 82	1,47 j	< 4	< 6	< 9	< 6
122 Sb : antimoine 122	2,7 j	< 4	< 5	< 6	< 5
124 Sb : antimoine 124	60,2 j	< 2	< 3	< 3	< 3
123 I : iode 123	13,21 h	< 3	< 8	< 30	< 12
137 Cs : césium 137	30,0 ans	< 3	< 4	< 3	< 3
131 Ba : baryum 131	11,5 j	< 4	< 6	< 5	< 5
133 Ba : baryum 133	10,57 ans	< 3	< 4	< 3	< 3
153 Sm : samarium 153	1,9 j	< 4	< 7	< 8	< 6
152 Eu : europium 152	13,4 ans	< 6	< 8	< 6	< 7
Emetteurs gamma naturels					
234 Th	Ch. 238U	-	-	-	-
234m Pa	Ch. 238U	-	-	-	-
226 Ra (max)	Ch. 238U	-	-	-	-
214 Pb	Ch. 238U	-	-	-	-
228 Ac	Ch. 232Th	-	-	-	-
212 Pb	Ch. 232Th	-	-	-	-
40 K	1,3 10^9 ans	500 ± 71	459 ± 75	542 ± 76	548 ± 79
7 Be	53,2 jours	161 ± 23	193 ± 31	282 ± 37	130 ± 21

1er Volet : Mesures gamma sur échantillons biologiques
CHAMPIGNONS

LOCALISATION DES SITES DE PRELEVEMENTS



OBSERVATIONS :

Des champignons présents sur la pelouse en zone Nord du campus ont fait l'objet d'un prélèvement lors de la campagne de prélèvements du couvert végétal du 22 juillet 2008. Il s'agit de deux familles distinctes : Lepiotiacées et Bolétacées.

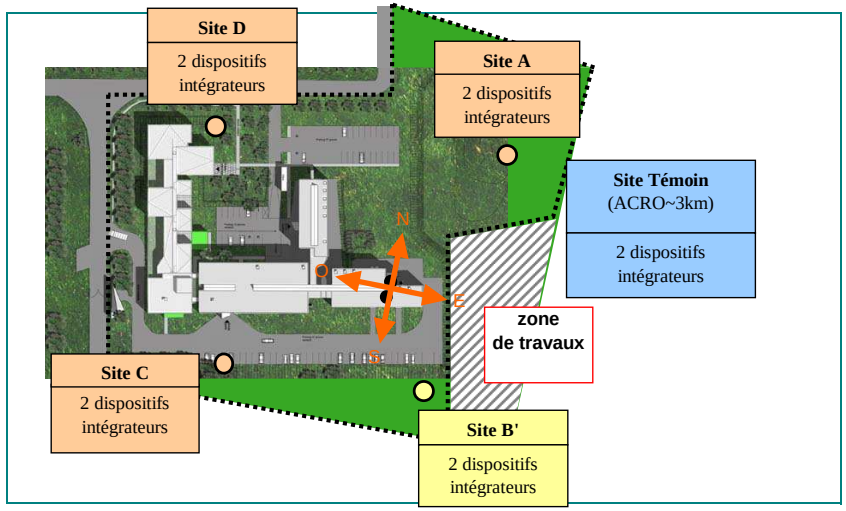
Les résultats ne mettent pas en évidence la présence de radionucléides artificiels à des niveaux significatifs dans cet échantillon de champignons.

ECHANTILLON		
Dénomination		**Champignons**
Catégorie / espèce		*Lepiotiacées - Boletacées*
PRELEVEMENT		
Date		22/07/2008
Localisation		Zone Nord
Station (code)		**E**
Distance / emissaire		70 m
Site		Campus HOROWITZ
Département		14
COMPTAGE		
n°d'enregistrement		220708-CYC-05
n°de manipulation		5804
Géométrie (en cc)		500
Masse échantillon analysée (g)		293
Age de l'échantillon (jours)		0
Age du conditionnement (jours)		0
Etat du conditionnement		frais
Fraction analysée		entière
Psec / Pfrais		-
Facteur de concentration		-
Densité analysée		0,58
EXPRESSION DES RESULTATS		
Date de référence		22-juil-08
Unité		Bq/kg sec
Emetteurs gamma artificiels		
24 Na : sodium 24	14,96 h	< 12
46 Sc : scandium 46	83,8 j	< 10
60 Co : cobalt 60	5,3 ans	< 10
65 Zn : zinc 65	244,15 j	< 25
82 Br : brome 82	1,47 j	< 12
122 Sb : antimoine 122	2,7 j	< 11
124 Sb : antimoine 124	60,2 j	< 9
123 I : iode 123	13,21 h	< 8
137 Cs : césium 137	30,0 ans	< 10
131 Ba : baryum 131	11,5 j	< 15
133 Ba : baryum 133	10,57 ans	< 10
153 Sm : samarium 153	1,9 j	< 12
152 Eu : europium 152	13,4 ans	< 24
Emetteurs gamma naturels		
234 Th	Ch. 238U	-
234m Pa	Ch. 238U	-
226 Ra (max)	Ch. 238U	-
214 Pb	Ch. 238U	-
228 Ac	Ch. 232Th	-
212 Pb	Ch. 232Th	-
40 K	$1,3\ 10^{9}$ ans	1728 ± 265
7 Be	53,2 jours	-

2nd Volet : Mesures de dosimétrie ambiante intégrée

DEBIT DE DOSE MOYEN & DOSE CUMULEE

LOCALISATION DES SITES DE MESURE



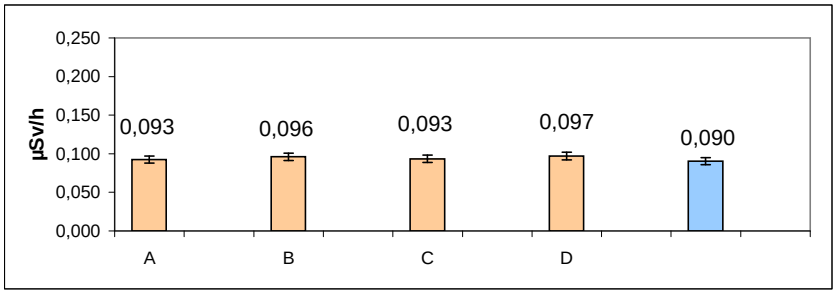
OBSERVATIONS :

Au cours de ce second trimestre (89,9 jours d'intégration), une exposition maximale de 0,210 mGy a été relevée au point D ; ce qui représente un écart de +7,5 % par rapport à l'exposition du site témoin.

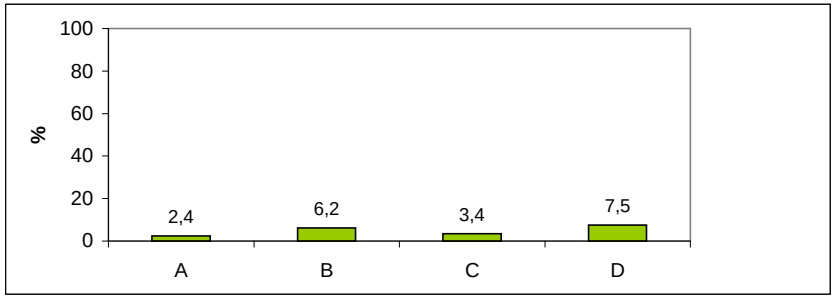
La situation reste sensiblement comparable à celle observée au cours des trimestres précédents.

	2ème TRIMESTRE 2008		Période du 18/04/08 au 17/07/08 (89,9 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	0,096 ± 0,005	0,093 ± 0,005	0,097 ± 0,005	0,090 ± 0,005
DOSE CUMULEE sur la période d'intégration (mGy)	0,200 ± 0,010	0,207 ± 0,010	0,202 ± 0,010	0,210 ± 0,011	0,195 ± 0,010
DOSE CUMULEE depuis le 21/01/08 (mGy)	0,394 ± 0,020	0,409 ± 0,021	0,400 ± 0,020	0,422 ± 0,021	0,390 ± 0,020

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



ECART (%) AU DEBIT DE DOSE DU SITE TEMOIN



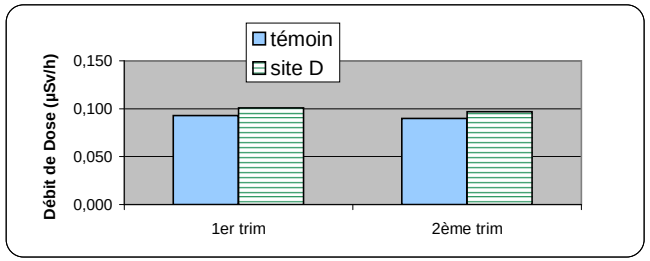
2nd Volet : Mesure de dosimétrie ambiante intégrée

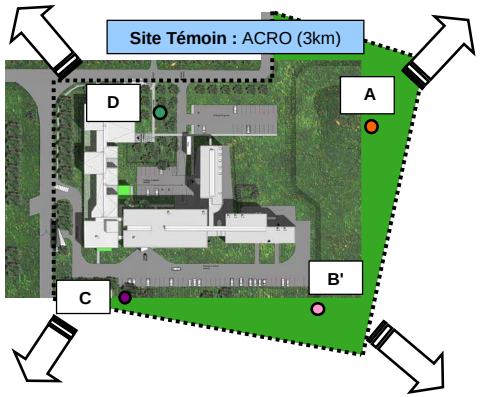
DEBIT DE DOSE MOYEN & DOSE CUMULEE

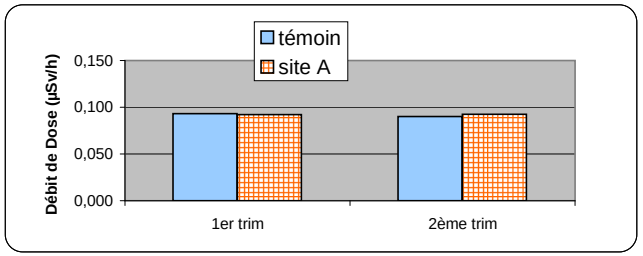
HISTORIQUE

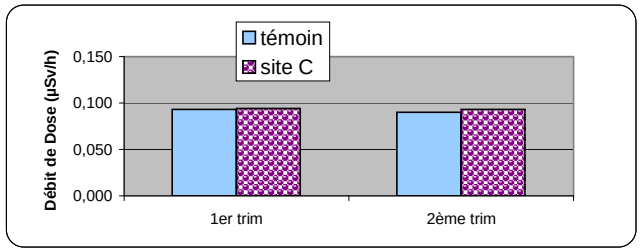
SITE D	1er trim	2ème trim	3ème trim	4ème trim
jours d'intégration	87,8	89,9		
DEBIT DE DOSE MOYEN (µSv/h ou µGy/h)	0,101 ± 0,005	0,097 ± 0,005		
DOSE CUMULEE depuis le 21/01/08 (mGy)	0,212 ± 0,011	0,422 ± 0,021		

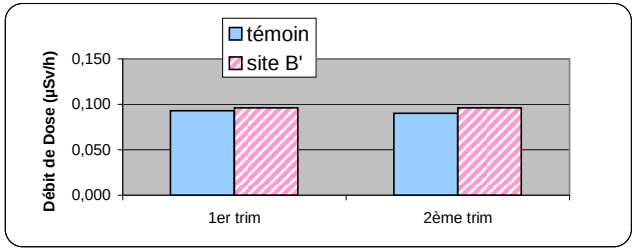
SITE A	1er trim	2ème trim	3ème trim	4ème trim
jours d'intégration	87,8	89,9		
DEBIT DE DOSE MOYEN (µSv/h ou µGy/h)	0,092 ± 0,005	0,093 ± 0,005		
DOSE CUMULEE depuis le 26/01/07 (mGy)	0,194 ± 0,010	0,394 ± 0,020		











SITE C	1er trim	2ème trim	3ème trim	4ème trim
jours d'intégration	87,8	89,9		
DEBIT DE DOSE MOYEN (µSv/h ou µGy/h)	0,094 ± 0,005	0,093 ± 0,005		
DOSE CUMULEE depuis le 26/01/07 (mGy)	0,198 ± 0,010	0,400 ± 0,020		

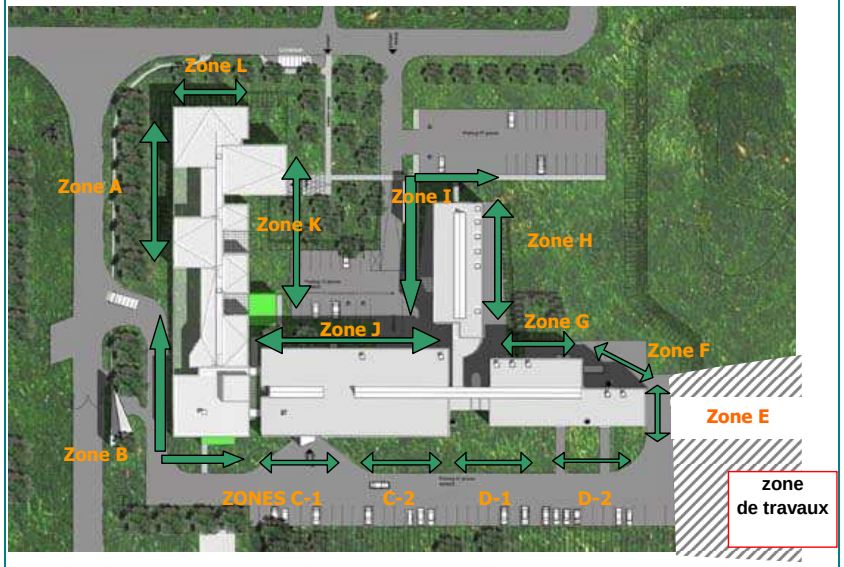
SITE B'	1er trim	2ème trim	3ème trim	4ème trim
jours d'intégration	87,8	89,9		
DEBIT DE DOSE MOYEN (µSv/h ou µGy/h)	0,096 ± 0,005	0,096 ± 0,005		
DOSE CUMULEE depuis le 26/01/07 (mGy)	0,201 ± 0,010	0,409 ± 0,021		

3ème Volet : Evaluation de l'exposition ambiante ponctuelle

RAYONNEMENT GAMMA AMBIANT

DETAIL DU PARCOURS DE MESURE EFFECTUE

APLOMB DES BATIMENTS



OBSERVATIONS :

Le parcours le long des limites cadastrales du site du GIP a été effectué simultanément à la phase d'irradiation relative à la production de Fluor FDG (irradiation de 7h30 à 9h00 ; synthèse à partir de 9h00) le mardi 15 juillet 2008.
Lors de ce parcours, aucune zone n'a révélé d'exposition significativement supérieure à la valeur de référence.

Le débit de dose instantané maximal mesuré sur le parcours est de 0,150 µSv/h, mesuré en zone J de façon ponctuelle.

2nd TRIMESTRE 2008 — **Campagne du 15/07/08**

Valeur de référence ou seuil de discrimination (voirie bitumée) : **142** (coups/seconde)

Mesure en limite cadastrale

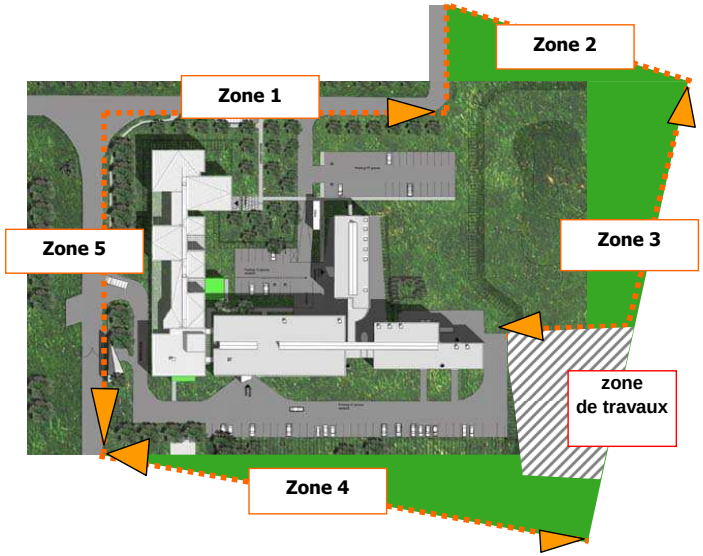
Zone	Heure	Mesure (coups/seconde)		
		Mini	**Maxi**	**% du SD**
Zone A	9h45	80	95	-33,1
Zone B	9h15	94	115	-19,0
Zone C-1	9h17	74	96	-32,4
Zone C-2	9h19	87	112	-21,1
Zone D-1	9h22	79	110	-22,5
Zone D-2	9h24	87	109	-23,2
Zone E	9h27	99	124	-
Zone F	9h30	105	188	32,4
Zone G	9h32	105	158	11,3
Zone H	9h34	76	101	-28,9
Zone I	9h36	76	101	-28,9
Zone J	9h38	112	132	-7,0
Zone K	9h40	100	150	5,6
Zone L	9h42	88	125	-12,0

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 du GIP a été effectué simultanément à la phase de synthèse relative à la production de Fluor FDG (irradiation de 7h30 à 9h00 ; synthèse à partir de 9h00) le mardi 15 juillet 2008.
Lors de ce parcours, aucune zone n'a révélé d'exposition significativement supérieure au seuil de discrimination.

Le débit de dose instantané maximal mesuré sur le parcours est de 0,130 µSv/h ; mesuré de façon ponctuelle en zone 5.

2nd TRIMESTRE 2008 — **Campagne du 15/07/08**

Valeur de référence ou seuil de discrimination (terre de remblai) : **102** (coups/seconde)

Mesure en limite cadastrale

Zone	Heure	Mesure (coups/seconde)		
		Mini	**Maxi**	**% du SD**
Zone 1	9h58	83	125	22,5
Zone 2	9h55	83	112	9,8
Zone 3 + butte	9h50	69	75	-26,5
Zone 4	9h46	74	105	2,9
Zone 5	10h02	94	115	12,7

ANNEXES

ANNEXE 1 : Matériel et méthodes

Les méthodes citées ci-après ont été 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.

A) Méthodologie employée pour le prélèvement des échantillons

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℃ 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.

Le maïs et/ou blé : le prélèvement concerne les épis et ces derniers sont sélectionnés de manière à obtenir un échantillon représentatif de la zone cultivée.

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

Le couvert végétal (herbe) : aucun traitement n'est appliqué, les brins sont coupés afin qu'ils n'excèdent pas une longueur de 5 cm puis l'ensemble est homogénéisé. Une aliquote de 250g représentative est alors conditionnée 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℃ afin de déterminer le rapport Poids s ec / Poids frais.

Les cultures (maïs - blé) : seuls les grains sont conservés. Il est alors procédé à un séchage de ces derniers à 60℃. Le résidu sec est ensuite réduit en poudre et homogénéisé puis conditionné en géométrie de type SG 500, d'un volume utile de 500 ml, pour comptage en spectrométrie gamma.

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℃ en étuve ventilée. Dans ce cas, le résid u 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).

Radiamètre portable 6150 AD6 de SAPHYMO
Il s'agit d'un compteur Geiger Müller compensé en énergie destiné à la mesure de débits d'équivalents de dose gamma et X. La gamme de mesure de débit de dose s'étend de 0,01µSv/h à 10mSv/h ; la gamme de mesure de dose, de 1µSv à 100mSv et la gamme d'énergie, de 60keV à 1,3MeV.

D) 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 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.*

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
^{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. References 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.

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

Demandeur	DGSNR	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 Sûreté 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	72 SH 300	3H (tritium)	2004
Algue marine	74 AL 300	40K, 60Co, 129I, 125Sb, 137Cs	2004
Eau	76 EE 300	60Co, 134Cs, 137Cs, 241Am	2005
Sol naturel	82 SL 300	137Cs	2006
Feuilles	91 V 300	40K, 60Co, 109Cd, 134Cs, 137Cs	2008
Eau	93 SH 300	3H (tritium)	2008

L'ACRO est agréée au titre de la Mesure de l'activité volumique du radon dans les lieux ouverts au public.
Matrice : Gaz – Air
Limite de validité : septembre 2011.