

ACRO

*Association
pour le Contrôle
de la Radioactivité
dans l'Ouest*

laboratoire indépendant
d'analyse de la radioactivité

138 rue de l'Eglise
14200 HEROUVILLE ST CLAIR

tél. : 02.31.94.35.34
fax : 02.31.94.85.31

acro-laboratoire@wanadoo.fr

SIRET 950 369 868 00027
APE 743B



Suivi radiologique de l'environnement des installations du GIP CYCERON de Caen - année 2005 -

Résultats 3ème trimestre



RAP060112(T3)-CYC
Version 01 du 12/01/06

Feuille qualité

DEMANDE	
Mission	Surveillance radiologique de l'environnement du GIP CYCERON – 3^{ème} trimestre 2005. 1 ^{er} volet : Suivi des émetteurs gamma dans les échantillons biologiques 2 ^{ème} volet : Mesures intégrées du rayonnement ambiant (débit de dose) 3 ^{ème} volet : Cartographie du rayonnement gamma ambiant
Demandeur	GIP CYCERON Bd Henri Becquerel – BP 5229 14074 CAEN Cedex 5
Commande	N°05F13200 du 10/02/05

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, G.PIGREE
Prélèvements	A.BERNOLLIN, E.DUNAND
Mesures <i>in situ</i>	A.BERNOLLIN, E.DUNAND
Traitement des échantillons	E. DUNAND
Analyses	de radioactivité : A. BERNOLLIN, E. DUNAND

DOCUMENT	
Date d'édition	12/01/2006
Identification	RAP060112(T3)-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 : Na22, Al26, Co60, Cs134, Cs137, Eu152, Eu154, Th234, Pa234m, Ra226, Pb214, Ac228, Pb212, K40, Be7. 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.

Suivi radiologique de l'environnement des installations du GIP CYCERON – année 2005.

(Résultats de la campagne d'analyses du 3^{ème} trimestre 2005)

Introduction

La présente étude répond à la demande de l'Inspection des Installations Classées de voir l'exploitant du GIP Cycéron mettre en place un plan de surveillance radiologique de l'environnement de ses installations et 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

Suite au Bilan radiologique de l'environnement terrestre des installations du GIP Cycéron réalisé fin 2003, dans le cadre d'un projet d'extension des installations, l'ACRO a de nouveau été sollicitée, pour la mise en place de cette surveillance radiologique pour l'année 2005. Le but premier est de fournir des éléments d'appréciation quant à l'impact de ces installations sur le milieu 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.

C'est donc sur les bases de cette précédente étude, 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 :

- 1^{er} volet : Mesures de radioactivité (émetteurs gamma) dans des échantillons biologiques
- 2^{ème} volet : Mesures intégrées du rayonnement gamma ambiant (débit de dose)
- 3^{ème} volet : Evaluation des répercussions instantanées des activités 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 différents 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'¹⁵O, le ¹¹C et le ¹⁸F, 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 réalisé en 2003, les analyses faites par spectrométrie gamma sur des échantillons d'herbe, n'ont révélé aucun marquage¹ durable de l'environnement (c'est à dire décelable sur une

¹ à des niveaux significatifs et par des radionucléides émetteurs gamma

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

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].

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 ^7Be , ^{40}K et les produits de filiation appartenant aux chaînes de ^{238}U et du ^{232}Th puis, ceux d'origine artificielle tels que ^{22}Na , ^{26}Al , ^{60}Co , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{152}Eu et ^{154}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 évaluation se répartissent sur deux zones distinctes (fig. 2) qui ont comme similitude d'être concernées par les dépôts atmosphériques (secs et humides) relatifs aux émissions gazeuses de l'installation.

Dans ce contexte les 3 hectares du campus Jules HOROWITZ, où est implanté le GIP CYCERON, font partie intégrante de l'étendue géographique soumise à cette surveillance.

- **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 qu'il existe des restrictions d'usage, 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 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 GASCON² (et notamment les coefficients de transferts atmosphériques (CTA) obtenus pour différents endroits) suggèrent que c'est à moins de 100 m 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 terme d'exposition.

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.

Pour terminer, les actuels travaux d'extension de l'établissement ne permettent pas la conservation du point D (Nord-Ouest) dans les conditions établies lors du Bilan radioécologique 2003. Ainsi, la localisation précise de ce point (coordonnées GPS) sera communiquée lorsque la situation permettra d'intervenir dans cette zone du campus.

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

Le bioindicateur retenu pour cette zone (périmètre de 100 mètres autour des installations) est le **couvert végétal (herbe)**. La fraction prélevée de cet indicateur concerne uniquement la partie aérienne des plants.



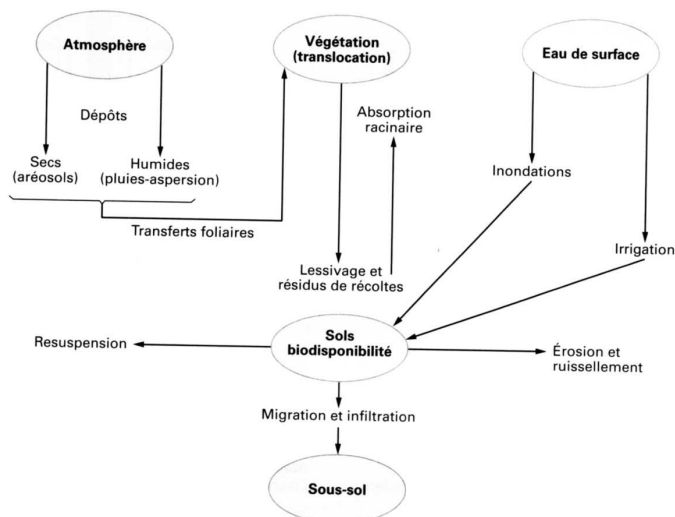
- **La seconde étendue concerne la zone agricole située au nord des émissaires de rejets gazeux en raison de son utilisation à des fins de production de denrées alimentaires.** Le plateau sur lequel est implanté le GIP CYCERON était anciennement utilisé pour des activités agricoles. Avec l'urbanisation 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 NNE 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** semble néanmoins être la culture prédominante de cette parcelle. Dans ce cas, c'est la partie consommable de la plante qui est prélevée, à savoir les grains constituant les épis.

Figure 1 : processus d'échanges des radionucléides dans le milieu terrestre³.



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

b) Dosimétrie intégrée

Objectif

Evaluer l'impact des installations sur le milieu et les personnes en terme de dose.

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 μ Gy pour une dose moyenne mensuelle estimée à environ 60 μ Gy 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.

c) Evaluation des répercussions instantanées

Objectif

L'approche consiste à vérifier, à l'extérieur des bâtiments, le niveau d'exposition dû au rayonnement gamma. 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.

En relation avec la première des origines, 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 atmosphériques⁴.

Appareillage

L'évaluation repose sur la mise en œuvre *in situ* d'un appareil portable 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.

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.

Lorsque le long d'un parcours le seuil n'est pas dépassé, une ou plusieurs valeur(s), qualifiée(s) de représentative(s) est (sont) notée(s) après avoir été obtenue(s) en position statique.

Il faut souligner que la valeur retenue pour une mesure statique correspond toujours à la moyenne de vingt acquisitions faites successivement au même point. De cette manière, il est possible d'obtenir une grandeur représentative du rayonnement gamma ambiant du lieu eu égard aux fluctuations statistiques de ce dernier.

D'autre part, 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 à 0% du 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.

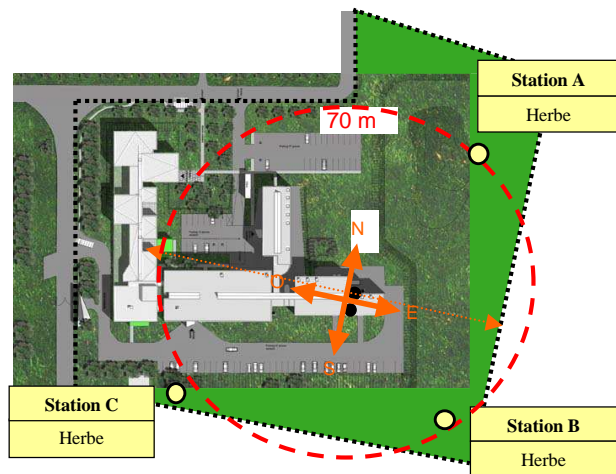
Le seuil de discrimination correspond, pour chaque nature de sol différente (terre vs bitume), à la plus forte valeur obtenue lors de mesures statiques effectuées en des endroits non influencés par les activités du GIP CYCERON et similaires en terme de composante radiologique.

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).

RESULTATS

1er VOLET
RESULTATS DES MESURES PAR SPECTROMETRIE GAMMA (1/1)
COUVERT VEGETAL

CARTE DE LOCALISATION DES SITES DE PRELEVEMENTS
EFFECTUES SUR LE CAMPUS JULES HOROWITZ



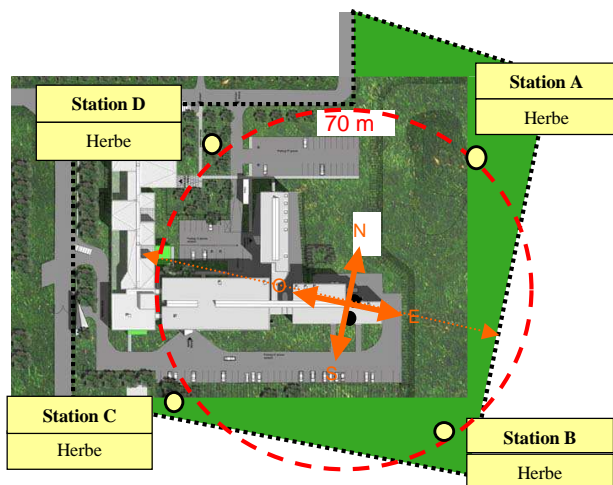
OBSERVATIONS :

L'échantillonnage du couvert végétal au point D n'a pu être effectué, en raison du manque de matière végétale, suite aux travaux. Sur l'ensemble des autres sites étudiés, on n'observe pas la présence de radionucléides artificiels à des niveaux significatifs dans le couvert végétal.

ANNEE 2005		3 ^e me TRIMESTRE			
ECHANTILLON		couvert végétal	couvert végétal	couvert végétal	couvert végétal
Dénomination		herbe	herbe	herbe	herbe
Catégorie / espèce					
PRELEVEMENT					
Date		03/10/2005	03/10/2005	03/10/2005	
Localisation		pelouse	pelouse	pelouse	
Station (code)		A	B	C	D
Distance / emmissaire		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		031005-CYC-01	031005-CYC-02	031005-CYC-03	
n° de manipulation		4925	4924	4926	
Géométrie (en cc)		500	500	500	
Masse échantillon analysée (g)		252	195	250	
Age de l'échantillon (jours)		1	0	2	
Age du conditionnement (jours)		1	0	2	
Fraction analysée		fraiche	fraiche	fraiche	
Psec / Pfrais		35,6%	34,8%	44,1%	
Facteur de concentration		-	-	-	
Densité analysée		0,50	0,40	0,50	
EXPRESSION DES RESULTATS					
Date de référence		03-oct-05	03-oct-05	03-oct-05	
Unité		Bq/kg sec	Bq/kg sec	Bq/kg sec	
Emetteurs gamma artificiels					
22 Na : sodium 22	2,6 ans	< 2	< 1	< 1	
26 Al : aluminium 26	7,4 10 ⁶ ans	< 1	< 1	< 1	
60 Co : Cobalt 60	5,3 ans	< 2	< 1	< 1	
134 Cs : Césium 134	2,07 ans	< 1	< 1	< 1	
137 Cs : Césium 137	30,0 ans	< 1	< 1	< 1	
152 Eu : europium 152	13,4 ans	< 2	< 2	< 2	
154 Eu : europium 154	8,5 ans	< 2	< 1	< 1	
Emetteurs gamma naturels					
234 Th	Ch. 238U	-	-	-	
234m Pa	Ch. 238U	< 160	< 160	< 140	
226 Ra (max)	Ch. 238U	-	-	-	
214 Pb	Ch. 238U	-	-	-	
228 Ac	Ch. 232Th	-	-	-	
212 Pb	Ch. 232Th	-	-	-	
40 K	1,3 10 ⁹ ans	193 ± 29	208 ± 29	183 ± 26	
7 Be	53,2 jours	66 ± 10	60,7 ± 8,7	82 ± 11	

HISTORIQUE
DES RESULTATS DES MESURES PAR SPECTROMETRIE GAMMA
COUVERT VEGETAL

CARTE DE LOCALISATION DES SITES DE PRELEVEMENTS
EFFECTUES SUR LE CAMPUS JULES HOROWITZ



Suivi des activités (Bq/kg sec) des radionucléides artificiels émetteurs gamma dans l'herbe du campus du GIP CYCERON

		STATION A		
Date de prélèvement		18/04/2005	21/06/2005	03/10/2005
R.N. gamma artificiels	période			
22 Na : sodium 22	2,6 ans	< 3	< 3	< 2
26 Al : aluminium 26	7,4 10 ⁶ ans	< 3	< 3	< 1
60 Co : Cobalt 60	5,3 ans	< 3	< 3	< 2
134 Cs : Césium 134	2,07 ans	< 3	< 3	< 1
137 Cs : Césium 137	30,0 ans	< 3	< 3	< 1
152 Eu : europium 152	13,4 ans	< 4	< 4	< 2
154 Eu : europium 154	8,5 ans	< 3	< 3	< 2

		STATION B		
Date de prélèvement		18/04/2005	21/06/2005	03/10/2005
R.N. gamma artificiels	période			
22 Na : sodium 22	2,6 ans	< 4	< 2	< 1
26 Al : aluminium 26	7,4 10 ⁶ ans	< 3	< 2	< 1
60 Co : Cobalt 60	5,3 ans	< 4	< 2	< 1
134 Cs : Césium 134	2,07 ans	< 3	< 2	< 1
137 Cs : Césium 137	30,0 ans	< 3	< 2	< 1
152 Eu : europium 152	13,4 ans	< 4	< 3	< 2
154 Eu : europium 154	8,5 ans	< 3	< 2	< 1

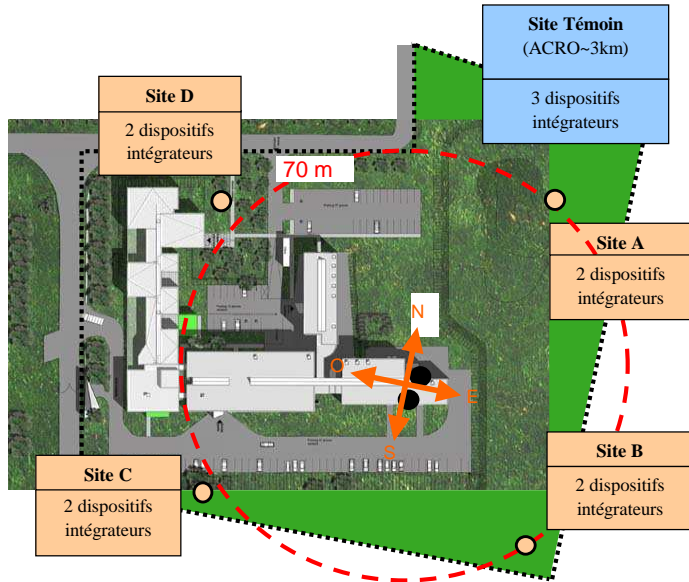
		STATION C		
Date de prélèvement		18/04/2005	21/06/2005	03/10/2005
R.N. gamma artificiels	période			
22 Na : sodium 22	2,6 ans	< 4	< 3	< 1
26 Al : aluminium 26	7,4 10 ⁶ ans	< 3	< 2	< 1
60 Co : Cobalt 60	5,3 ans	< 3	< 3	< 1
134 Cs : Césium 134	2,07 ans	< 3	< 2	< 1
137 Cs : Césium 137	30,0 ans	< 3	< 2	< 1
152 Eu : europium 152	13,4 ans	< 4	< 3	< 2
154 Eu : europium 154	8,5 ans	< 3	< 2	< 1

		STATION D		
Date de prélèvement				
R.N. gamma artificiels	période			
22 Na : sodium 22	2,6 ans	NON	NON	NON
26 Al : aluminium 26	7,4 10 ⁶ ans	PRELEVE	PRELEVE	PRELEVE
60 Co : Cobalt 60	5,3 ans	(TRAVAUX)	(TRAVAUX)	(insuffisance de matériel végétal)
134 Cs : Césium 134	2,07 ans			
137 Cs : Césium 137	30,0 ans			
152 Eu : europium 152	13,4 ans			
154 Eu : europium 154	8,5 ans			

OBSERVATIONS :

Le suivi des quatre stations met en évidence une bonne cohérence des limites de détection mesurées d'un trimestre sur l'autre. Comme au trimestre précédent, les activités des radionucléides artificiels recherchés sont inférieures aux limites de détection ; situation identique à celle observée en 2003.

**CARTE DE LOCALISATION DES SITES DE MESURE
 DU RAYONNEMENT GAMMA AMBIANT**



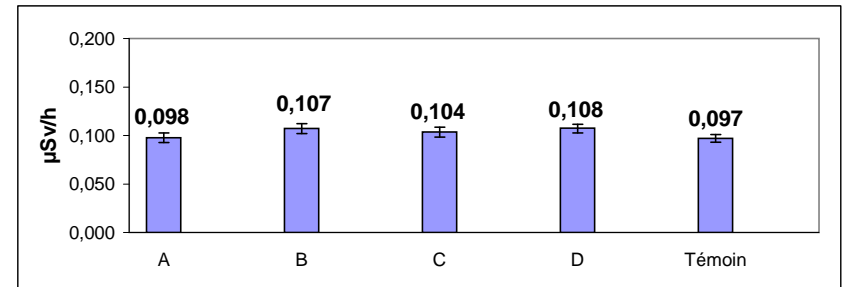
OBSERVATIONS :

Pour ce troisième trimestre 2005, l'exposition maximale est relevée aux points B et D, avec une moyenne d'environ 237 mGy sur la période étudiée. Cette exposition est de 11 % supérieure à celle mesurée à la station témoin. La différence observée avec le trimestre précédent (augmentation d'environ 35%) est uniquement due à la période d'intégration qui est passée de 2 à 3 mois.

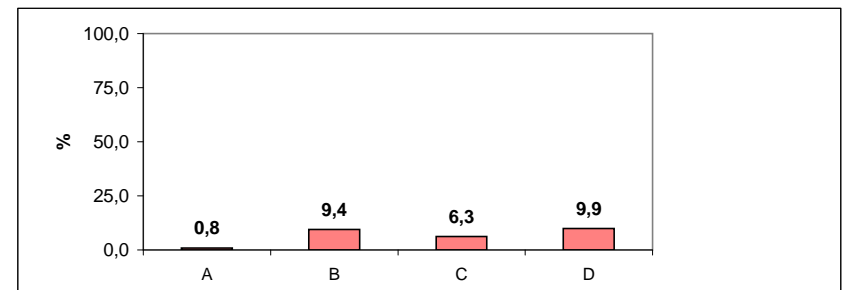
* Concernant la dose cumulée depuis le début de la surveillance (14/02/05), la différence observée entre le point D et l'ensemble des autres points est due à l'absence de mesure au premier trimestre, en raison des travaux d'extension. **La valeur de 0,393 mSv correspond donc à la dose cumulée depuis le 14/04/05.**

	3 ^{ème} TRIMESTRE 2005				
	Période du 14/06/05 au 14/09/05 92 jours d'intégration				
Localisation des dispositifs intégrateurs	Site A	Site B	Site C	Site D	Site Témoin
DEBIT DE DOSE MOYEN (µSv/h)	0,098 ± 0,005	0,107 ± 0,005	0,104 ± 0,005	0,108 ± 0,005	0,097 ± 0,004
DOSE CUMULEE sur la période d'intégration (mGy ou mSv)	0,216 ± 0,011	0,236 ± 0,012	0,228 ± 0,012	0,237 ± 0,012	0,214 ± 0,009
DOSE CUMULEE depuis le 14/02/05 (mGy ou mSv)	0,494 ± 0,025	0,554 ± 0,028	0,518 ± 0,026	0,393* ± 0,020	0,489 ± 0,023

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



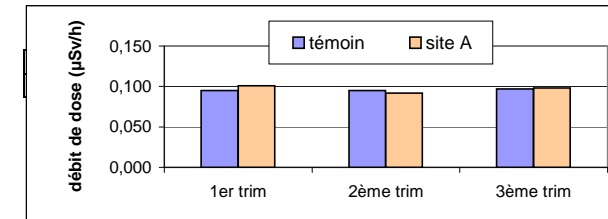
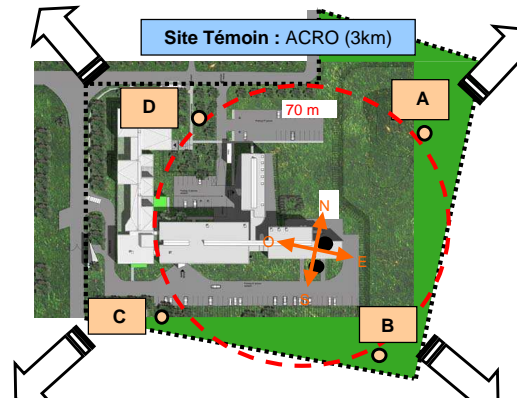
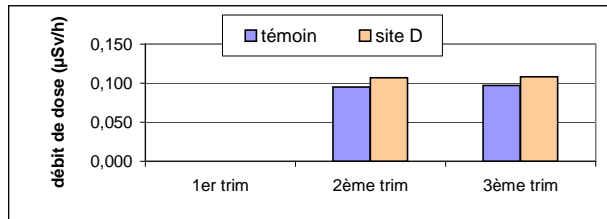
**ECART (%)
 AU DEBIT DE DOSE
 DU SITE TEMOIN**



2nd VOLET
HISTORIQUE DES MESURES D'IRRADIATION GAMMA AMBIANTE
DEBIT DE DOSE MOYEN : DOSE CUMULEE

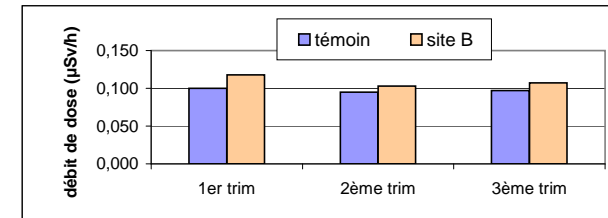
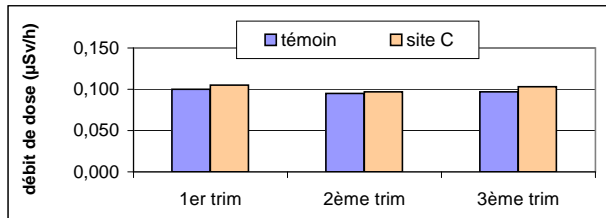
SITE D	1er trim	2 ^{ème} trim	3 ^{ème} trim	4 ^{ème} trim
jours d'intégration		61	92	
DEBIT DE DOSE MOYEN (µSv/h)		0,107 ± 0,005	0,108 ± 0,005	
DOSE CUMULEE depuis le 14/04/05 (mGy)		0,156 ± 0,008	0,393 ± 0,020	

SITE A	1er trim	2 ^{ème} trim	3 ^{ème} trim	4 ^{ème} trim
jours d'intégration	59	61	92	
DEBIT DE DOSE MOYEN (µSv/h)	0,101 ± 0,005	0,092 ± 0,005	0,098 ± 0,005	
DOSE CUMULEE depuis le 14/02/05 (mGy)	0,143 ± 0,006	0,278 ± 0,014	0,494 ± 0,025	

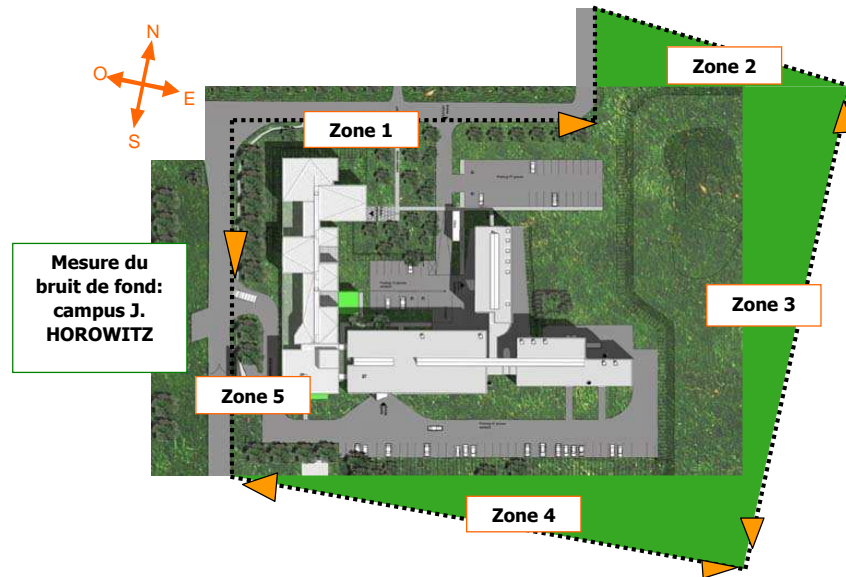


SITE C	1er trim	2 ^{ème} trim	3 ^{ème} trim	4 ^{ème} trim
jours d'intégration	59	61	92	
DEBIT DE DOSE MOYEN (µSv/h)	0,105 ± 0,005	0,097 ± 0,005	0,103 ± 0,005	
DOSE CUMULEE depuis le 14/02/05 (mGy)	0,149 ± 0,015	0,289 ± 0,016	0,518 ± 0,026	

SITE B	1er trim	2 ^{ème} trim	3 ^{ème} trim	4 ^{ème} trim
jours d'intégration	59	61	92	
DEBIT DE DOSE MOYEN (µSv/h)	0,118 ± 0,006	0,103 ± 0,005	0,107 ± 0,005	
DOSE CUMULEE depuis le 14/02/05 (mGy)	0,167 ± 0,009	0,318 ± 0,016	0,554 ± 0,028	



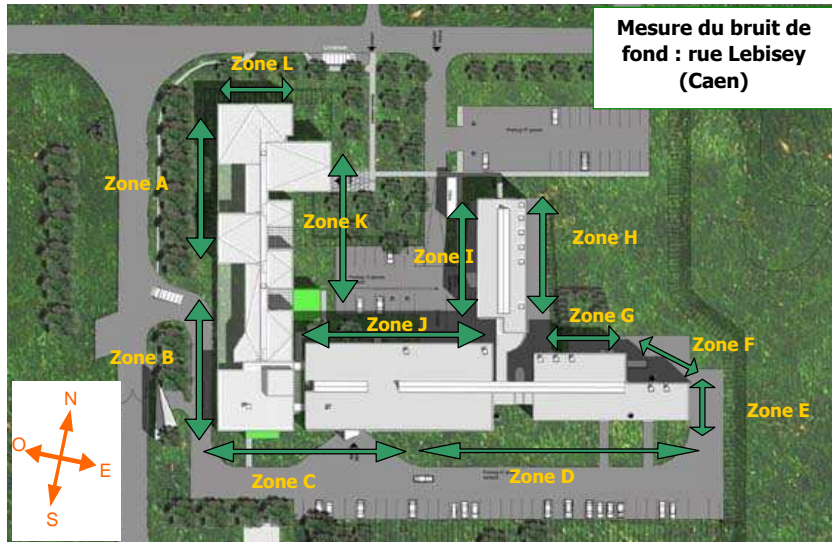
**DETAIL DU PARCOURS EFFECTUE EN BORDURE
 DES LIMITES CADASTRALES DU SITE**



3ème TRIMESTRE 2005		Campagne du 30/09/05		
Mesure du bruit de fond (campus J. HOROWITZ)				
Seuil de décision (SD) = 108 (coups/seconde)				
Mesure en limite cadastrale				
Zone	Heure	Mesure (coups/seconde)		% du SD
		Mini	Maxi	
Zone 1	9h40	100	141	30,6
Zone 2	9h47	84	116	7,4
Zone 3	9h54	95	128	18,5
Zone 4	10h00	88	129	19,4
Zone 5	10h05	105	121	12,0

OBSERVATIONS :
 Lors de l'ensemble du parcours le long des limites cadastrales du site du GIP, aucune situation anormale n'a été mise en évidence.

DETAIL DU PARCOURS EFFECTUE EN BORDURE
A L'APLOMB DES BATIMENTS (environ 3 mètres)



3ème TRIMESTRE 2005		Campagne du 30/09/05		
Mesure du bruit de fond (Rue de Lebisey)				
Seuil de décision (SD) = 133 (coups/seconde)				
Mesure à l'aplomb des bâtiments				
Zone	Heure	Mesure (coups/seconde)		% du SD
		Mini	Maxi	
Zone A+B	9h30	105	121	-9,0
Zone C	9h10	121	157	18,0
Zone D	9h12	122	148	11,3
Zone E	9h14	102	120	-9,8
Zone F	9h16	126	151	13,5
Zone G	9h18	116	157	18,0
Zone H	9h20	93	103	-22,6
Zone I	9h22	115	146	9,8
Zone J	9h24	92	140	5,3
Zone K	9h26	90	122	-8,3
Zone L	9h28	112	129	-3,0

OBSERVATIONS :

D'une manière générale, aucune valeur d'exposition significativement supérieure au bruit de fond n'a été révélée lors de ce parcours à l'aplomb des bâtiments. Aucune corrélation avec le cycle de production de Fluor-18 (8h30-9h30) ne saurait donc être établie. La valeur la plus élevée (157 chocs par seconde) mesurée en deux points (zones C et G), serait en partie due à la nature du revêtement (bitume), variable selon les endroits.

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 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°C en attente de traitement et de conditionnement (le temps d'attente n'excédant pas 48h).

Dans l'environnement terrestre du GIP CYCERON.

Le couvert végétal (herbe) : un prélèvement manuel est effectué pour chacun des quatre points et la surface prise en référence s'étend sur 1 à 2 m² afin de collecter un échantillon de 250g frais au minimum.

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

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°C afin de déterminer le rapport Poids sec / Poids frais.

Les cultures (maïs - blé) : seuls les grains sont conservés. Il est alors procédé à un séchage de ces derniers à 60°C. 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.

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 ¹³³Ba 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 ²²⁶RA

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			
²² Na	1274,6	1274,6	Produit d'activation
²⁶ Al	1808,7	1808,7 – 1129,7	Produit d'activation
⁶⁰ Co	1332,5	1173,2 – 1332,5	Produit d'activation
¹³⁴ Cs	604,7	604,7 – 795,8	Produit d'activation
¹³⁷ Cs	661,7	661,7	Produit de fission ubiquiste
¹⁵² Eu	121,8	344,3 – 778,9 – 1408	Produit d'activation
¹⁵⁴ Eu	123,1	1274,42 – 723,3 – 1004,8	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 ²²⁶ Ra »
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 : Intercomparisons et qualifications techniques

1. REFERENCES NORMATIVES

- Directive 96/29/euratom du conseil du 13 mai 1996 fixant les normes de base relatives à la protection de la population et des travailleurs contre les dangers résultants des rayonnements ionisants.
- Décret n° 2002-460 du 4 avril 2002 relatif à la protection générale des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants. JO du 6 avril 2002.

Bibliographie :

- Spectrométrie gamma appliquée aux échantillons de l'environnement. Editions TEC&DOC. 238 pages. Octobre 2002.
- NUCLEIDE-LARA (version de juillet 2000) : bibliothèque de données nucléaires utilisée pour la spectrométrie gamma communiquée par le Bureau National de Métrologie.

2. AGREMENTS / INTERCOMPARAISONS

Le laboratoire de l'ACRO participe depuis 1997 à des intercomparisons 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 interlaboratoires pour un couple [Matrice-Radionucléide] est de quatre ans.

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

Matrice de l'échantillon	Code exercice interlaboratoires	Radionucléides mesurés avec succès	Année
Eau	72 SH 300	Alpha total, bêta total, 3H	2004
Algue marine	74 AL 300	40K, 60Co, 129I, 125Sb, 137Cs	2004
Eau	76 EE 300	60Co, 134Cs, 137Cs, 241Am	2005

Ci-dessous, la liste des agréments obtenus par le laboratoire de l'ACRO pour les mesures de radioactivité de l'environnement.

Type de matrice	Code Agrément	Catégorie des mesures	Durée / limite de validité
Eaux - Eaux consommation, Eaux surface, Eaux souterraines, Eaux de rejets,...	1_01	Radionucléides émetteurs $\gamma < 100$ keV	Dispositions transitoires de l'arrêté du 17/10/03 sur la prolongation de validité des certificats de qualification technique délivrés au titre du décret de 1998.
	1_02	Radionucléides émetteurs $\gamma > 100$ keV	
	1_05	H-3	26 mai 2006
Matrices Sols - Terres, sédiments, boues,...	2_01	Radionucléides émetteurs $\gamma < 100$ keV	Dispositions transitoires de l'arrêté du 17/10/03 sur la prolongation de validité des certificats de qualification technique délivrés au titre du décret de 1998.
	2_02	Radionucléides émetteurs $\gamma > 100$ keV	
Matrices biologiques - Végétaux, lait, faune, flore,...	3_01	Radionucléides émetteurs $\gamma < 100$ keV	Dispositions transitoires de l'arrêté du 17/10/03 sur la prolongation de validité des certificats de qualification technique délivrés au titre du décret de 1998.
	3_02	Radionucléides émetteurs $\gamma > 100$ keV	
Gaz air -		Mesure d'activité volumique du radon dans les lieux ouverts au public	15 septembre 2008