

# RAPPORT

## INTERCOMPARAISON EN SPECTROMÉTRIE GAMMA SUR DES ÉCHANTILLONS D'HERBE CONTAMINÉE

Projet : GRM 2005 / 19  
 Auteurs : Thierry Buchillier, François Bochud, Jean-François Valley,  
 Sandrine Zufferey et Hansruedi Völkle  
 Version : 31 janvier 2006

### Sommaire

1. Introduction .....	2
2. Chronologie de la campagne.....	2
3. Composition des sources et valeurs de référence .....	2
3.1.1. Confection des sources .....	2
3.1.2. Radioéléments et concentrations radioactives .....	3
4. Équipement et méthodes des laboratoires.....	6
5. Résultats et discussion .....	7
5.1. Concentrations radioactives .....	7
5.2. Cohérence des incertitudes.....	9
6. Conclusion.....	11
7. Poursuite de la démarche.....	11
8. Remerciements .....	11
Annexe I : Participants.....	12
Annexe II : Résultats bruts .....	13
Annexe III : Résultats uniformisés.....	15

## 1. Introduction

L'Institut universitaire de radiophysique appliquée (IRA) est mandaté par l'Office fédéral de métrologie et d'accréditation (METAS) pour la détermination et la diffusion de l'unité d'activité. La Section de surveillance de la radioactivité (SUEr) de l'Office fédéral de la santé publique (OFSP) est responsable de la surveillance de la radioactivité dans l'environnement.

Cette année, l'IRA et la SUEr ont proposé à l'ensemble des laboratoires effectuant des mesures d'activité dans l'environnement et les produits de consommation de participer à une intercomparaison de spectrométrie gamma avec, comme thème d'étude, la correction d'autoabsorption. Un échantillon d'herbe contaminée a été remis simultanément à chaque participant et a été mesuré en condition réelle. Le temps de réponse n'a pas été pris en compte.

Sur les 20 laboratoires suisses concernés par ce type de mesure, 14 ont finalement participé et un s'est désisté en cours d'intercomparaison.

## 2. Chronologie de la campagne

La chronologie de la campagne est rappelée dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Chronologie de la campagne.

Date	Événement
7 mars 2005	Circulaire d'invitation, avec délai de réponse au 31 mars 2005
21 juin 2005	Envoi des échantillons aux participants
1er septembre 2005	Délai d'envoi des résultats
21 septembre 2005	Communication du dernier résultat
21 octobre 2005	Distribution du présent rapport aux participants
8 novembre 2005	Réunion de discussion relative à l'intercomparaison

## 3. Composition des sources et valeurs de référence

### 3.1. Confection des sources

Les échantillons de référence de cette intercomparaison proviennent d'un stock de foin séché et moulu prélevé au Tessin en mai 1986 après le passage du nuage de l'accident de Tchernobyl, et mis à disposition par la SUEr (réf. H 0240). L'herbe moulue a été conditionnée par l'IRA dans des récipients de 500 ml pour la distribution aux participants. Chaque échantillon a été pesé et analysé par spectrométrie  $\gamma$  afin de déterminer l'activité de référence et de contrôler l'homogénéité du lot.

Le Tableau 2 indique la masse de chaque échantillon.

Tableau 2 : Masse des échantillons distribués. L'incertitude (k=2) est de 0.01 g.

Numéro de l'échantillon	Masse [g]
1	156.56
2	161.03
3	165.95
4	165.37
5	168.14
6	169.97
7	165.80
8	170.07
9	166.54
10	169.07
11	168.64
12	159.47
13	159.11
14	156.58
15	165.67

### 3.2. Radioéléments et concentrations radioactives

L'herbe séchée contenait du Cs-137 et du Cs-134 provenant de Tchernobyl, ainsi que du K-40 d'origine naturelle.

L'activité de référence de l'herbe séchée a été déterminée par la mesure de chaque échantillon sur un spectromètre HPGe Ortec GMX (23%) avant l'envoi. L'étalonnage en efficacité de ce détecteur pour un échantillon en solution aqueuse est rattaché aux étalons d'activité de METAS. Une correction d'autoabsorption calculée par la méthode de transfert d'efficacité est appliquée pour Cs-137, Cs-134 et K-40. Pour Cs-134, une correction de sommation estimée d'après les données de la littérature et de simulations Monte Carlo est appliquée.

Les résultats des mesures de l'activité de référence sont présentés dans le Tableau 4 et dans les Figure 1 et suivantes, avec les incertitudes élargies (k=2) correspondant à l'étalonnage du détecteur et à la statistique de comptage.

L'activité de référence de l'herbe est obtenue par la moyenne de tous les échantillons. Les résultats de mesure pour Cs-137 suggèrent que le lot n'est pas parfaitement homogène, par conséquent on a tenu compte des fluctuations inter-échantillons dans l'incertitude-type de la valeur de référence.

La date de référence de la présente intercomparaison a été fixée au 1.7.2005. Lorsque des résultats de mesure ont dû être corrigés pour la décroissance radioactive, les périodes du Tableau 3 ont été prises en compte.

Tableau 3 : Périodes de référence prises en compte lors des calculs de décroissance effectués lors de cette étude. Référence : site Internet du Commissariat à l'Energie atomique français<sup>1</sup>

Nuclide	Période [h]	Incertitude élargie (k=2)	
		[h]	[%]
Cs-134	18102	18	0.10
Cs-137	263137	438	0.17

<sup>1</sup> <http://www.nucleide.org/DDEP.htm> Les données contenues sur ce site Internet font référence pour les laboratoires primaires de métrologie du monde entier.

Tableau 4 : Concentrations radioactives mesurées avant l'envoi (au 1.7.05). Incertitude élargie (k=2) d'étalonnage et statistique.

Echantillon	Cs-137	U	Cs-134	U	K-40	U
	[Bq/kg]	[Bq/kg]	[Bq/kg]	[Bq/kg]	[Bq/kg]	[Bq/kg]
1	2972	43	< 7.7	-	699.1	70.1
2	2980	43	5.81	2.05	674.1	70.1
3	2979	32	3.87	0.84	674.8	32.7
4	3013	45	< 8.2	-	734.0	75.9
5	3045	38	3.15	1.30	674.0	54.8
6	2959	29	3.78	0.38	684.7	19.2
7	2931	37	2.72	1.12	715.8	54.8
8	2992	43	5.22	1.68	684.0	69.2
9	2961	32	4.22	0.89	700.5	34.6
10	2979	40	< 6.4	-	697.0	61.5
11	2942	37	3.52	1.21	674.3	51.9
12	2958	33	3.29	0.89	679.0	36.5
13	2963	41	3.98	1.58	681.4	66.3
14	2952	42	< 7.8	-	681.4	66.3
15	2973	32	3.73	0.82	697.2	90.6
Moyenne	2973	38	3.94	1.16	690	55
Ecart-type	28		0.89		18	
Ec.-type rel.	0.9%		23%		2.6%	

Dans le cas des échantillons no 1, 4, 10 et 14, la durée de mesure n'était pas suffisante pour détecter le Cs-134 et seule la limite de détection est indiquée dans le Tableau 4.

Le K-40, en dépit du fait qu'il est présent dans le bruit de fond de toute installation de mesure, était bien mesurable (rapport signal/bruit de l'ordre de 9 pour le détecteur utilisé). L'incertitude supplémentaire liée à la soustraction de ce bruit de fond est prise en compte.

#### *Bilan des incertitudes sur les activités de référence*

L'inventaire des sources d'incertitude sur l'activité de référence et l'évaluation des incertitudes-types correspondantes sont présentés dans le Tableau 5.

Les fluctuations inter-échantillons sont estimées par l'écart-type des mesures de référence de Cs-137 dans les 15 échantillons. Il s'agit d'une approche simplifiée donnant une évaluation conservatrice de ces fluctuations.

La contribution liée à l'étalonnage et la statistique de mesure tient compte de l'étalonnage en efficacité (incertitude-type de 0.5% avec la solution MIX507 IRA-METAS 2000), de la statistique de comptage de l'échantillon et de l'incertitude sur la probabilité d'émission des  $\gamma$ . Pour le Cs-137, les deux premières composantes sont les principales et sont du même ordre de grandeur, par conséquent on a admis que cette contribution à l'incertitude sur l'activité de référence (0.7%) est obtenue par la moyenne de celle sur chaque échantillon.

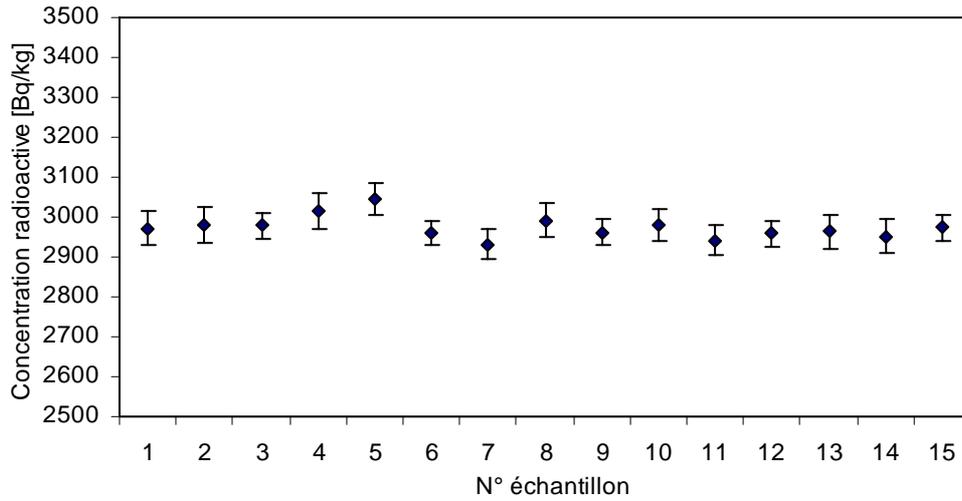


Figure 1. Concentration radioactive de Cs-137 mesurée avant l'envoi (au 1.7.2005)

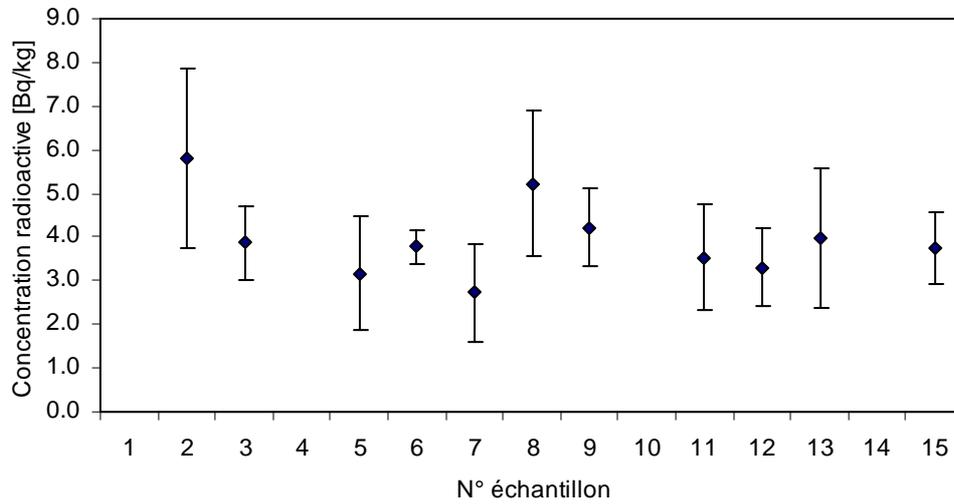


Figure 2. Concentration radioactive de Cs-134 mesurée avant l'envoi (au 1.7.2005)

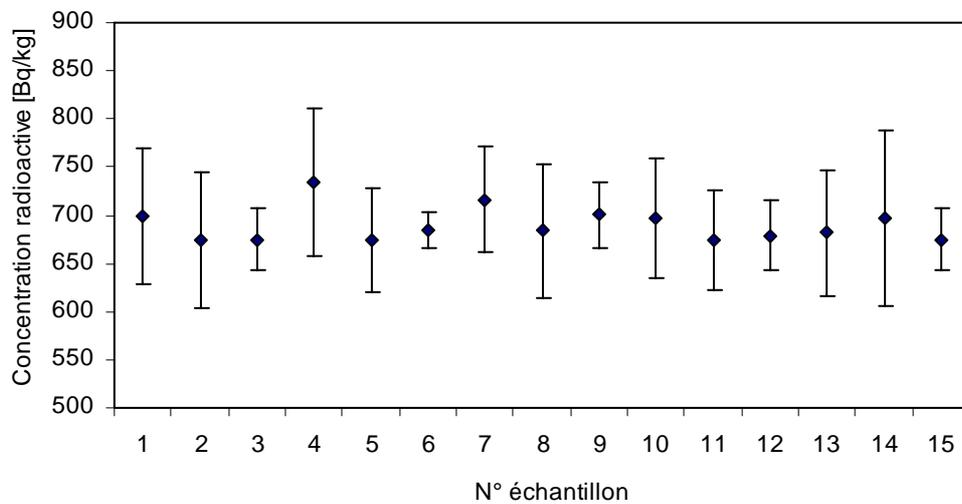


Figure 3. Concentration radioactive de K-40 mesurée avant l'envoi (au 1.7.2005)

Pour le Cs-134, c'est la composante statistique qui domine nettement, et cette contribution à l'incertitude sur l'activité de référence (6.8%) est calculée par l'écart-type à la moyenne des 11 mesures de Cs-134. Pour le K-40, la composante statistique est la plus importante, mais la contribution finale n'est pas simplement établie par l'écart-type à la moyenne. On tient compte aussi de l'expérience sur la mesure de ce radionuclide (par ex. résultats d'intercomparaisons) pour la fixer à 2%.

L'incertitude sur la forme du récipient et le positionnement tient compte du changement de forme des flacons d'un lot de fabrication à l'autre (en particulier entre ceux de l'étalonnage et ceux des présentes mesures) et des petites variations de positionnement.

L'incertitude de remplissage prend en compte le fait que la mesure n'est pas réalisée avec le volume exact de 500 ml comme lors de l'étalonnage.

L'incertitude sur le facteur de correction d'autoatténuation, de même que celle sur le facteur de correction de sommation, provient de l'imprécision du calcul de cette correction, essentiellement due au manque de connaissance de la structure du détecteur et de ses dimensions.

Tableau 5. Bilan des incertitudes des mesures de référence (incertitudes-types)

Source d'incertitude	Cs-137	Cs-134	K-40
Fluctuations inter-échantillons	0.9%	0.9%	0.9%
Etalonnage et statistique de mesure	0.7%	6.8%	2.0%
Forme du récipient et positionnement	1.5%	1.5%	1.5%
Remplissage	1.0%	1.0%	1.0%
Facteur de correction d'autoabsorption	2.5%	2.5%	2.5%
Facteur de correction des sommations	-	2.0%	-
Incertitude-type composée	3.3%	7.8%	3.8%

Les concentrations radioactives de référence et leurs incertitudes sont indiquées dans le Tableau 6.

Tableau 6. Valeurs de référence (au 1.7.05) et incertitudes élargies (k=2)

	Cs-137	Cs-134	K-40
Concentration radioactive [Bq/kg]	2973	3.94	690
Incertitude [Bq/kg]	195	0.62	52
Incertitude [%]	6.6	15.6	7.6

#### 4. Équipement et méthodes des laboratoires

Une étude détaillée des équipements et des logiciels utilisés en Suisse ayant été réalisée en 2003, ces informations n'ont pas été recueillies cette année.

## 5. Résultats et discussion

Aucun formulaire de retour de résultat n'a été distribué. Les participants ont utilisé leur propre présentation des résultats. La plupart d'entre eux ont été contactés à l'issue de l'intercomparaison pour donner davantage d'informations sur les corrections appliquées et les incertitudes.

### 5.1. Concentrations radioactives

Le Tableau 11 et le Tableau 12 (Annexe II) présentent l'ensemble des valeurs telles qu'elles ont été rapportées par les laboratoires. On constate que la majorité des laboratoires (12/14) exprime le résultat final en activité par unité de masse (Bq/kg ou Bq/g). Les autres (2/14) expriment leurs résultats en activité par échantillon (Bq/éch).

Dans la plupart des cas, des informations complémentaires ont dû être demandées aux participants concernant l'application ou non de corrections d'autoabsorption (10 laboratoires sur 14), de corrections de sommations pour Cs-134 (10/14), la date de référence (1/14) et l'incertitude de l'activité rapportée (1/14), et le type d'incertitude indiquée (4/14). Ce sont ces informations qui figurent dans le Tableau 11.

Tous les laboratoires ont indiqué une incertitude de mesure dans les résultats remis, mais dans un cas, il a fallu rechercher celle-ci dans le rapport brut du logiciel d'analyse. Néanmoins, quatre laboratoires n'avaient pas précisé le facteur d'élargissement ( $k$ ) retenu.

Dans la majorité des cas (13/14), les laboratoires expriment leurs incertitudes de mesure finales avec un facteur d'élargissement  $k=2$ . Un seul laboratoire les indique avec un facteur d'élargissement  $k=1$ .

Les résultats uniformisés, c'est-à-dire exprimés dans les mêmes unités et avec le même niveau de confiance pour l'incertitude, sont présentés dans le Tableau 13 (Annexe III).

Pour chaque radionucléide, on a présenté graphiquement l'ensemble des résultats (et leur incertitude au niveau de confiance de 95%) dans la Figure 4. Dans cette figure, on distingue par des marques pleines les résultats corrigés pour l'autoabsorption (Cs-137 et K-40), respectivement pour l'autoabsorption *et* les sommations (Cs-134). Le laboratoire no 8, qui a indiqué avoir mesuré l'échantillon suffisamment loin du détecteur pour éviter les problèmes de sommations, est associé à ceux ayant appliqué une correction.

Dans le cas des résultats corrigés, les écarts maximaux entre la mesure et la référence sont respectivement de 11%, 18% et 4% pour le Cs-137, le Cs-134 et le K-40.

Ils se montent respectivement à 36%, 64% et 41% pour le Cs-137, le Cs-134 et le K-40 dans le cas des résultats non corrigés.

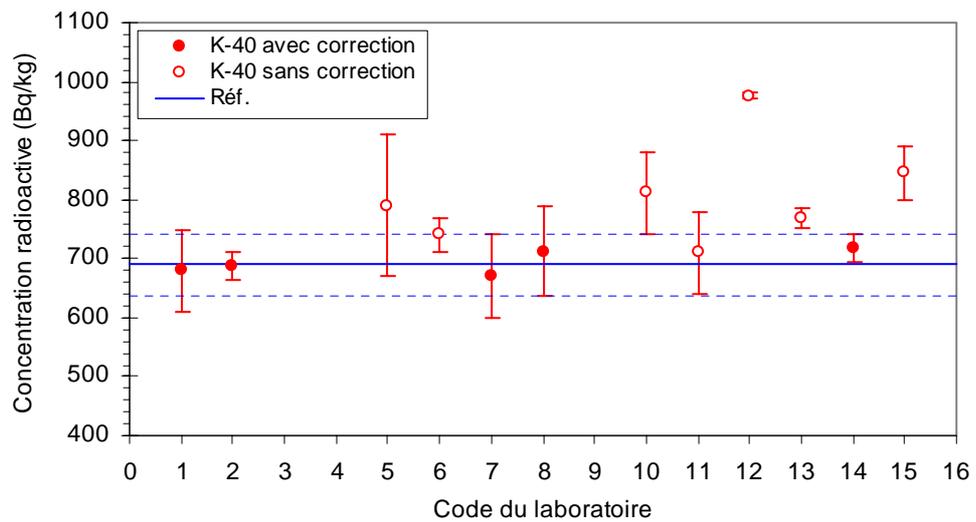
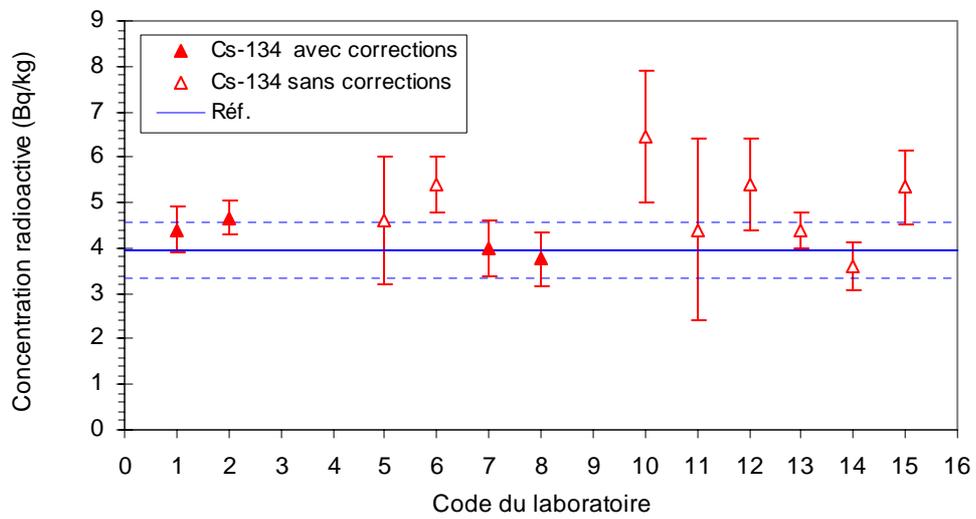
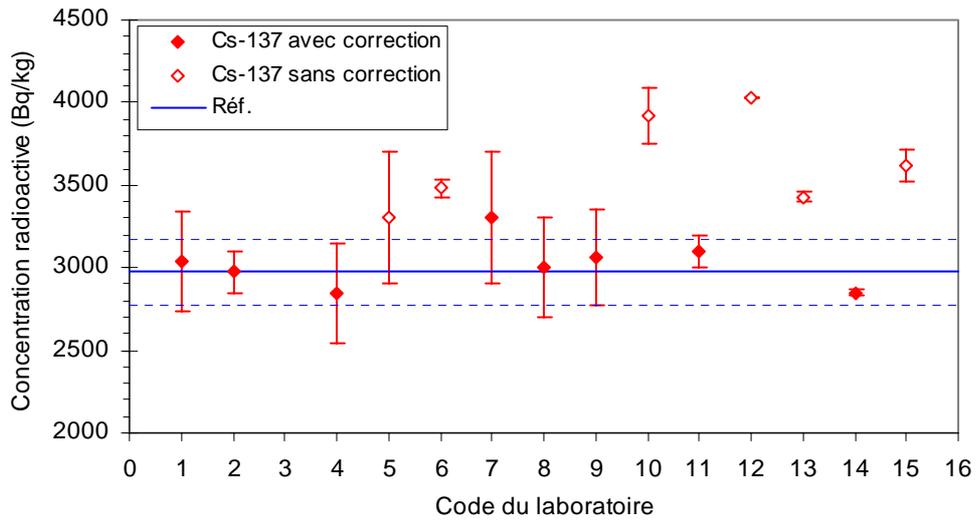


Figure 4. Résultats de chaque laboratoire rapportés à la date de référence. Les marques pleines indiquent des valeurs corrigées pour l'autoabsorption (et les sommations pour Cs-134), les claires correspondent aux valeurs sans corrections ou sans indications du laboratoire à ce sujet. Les barres d'incertitudes représentent une incertitude élargie à  $k=2$ . Les lignes horizontales représentent la valeur de référence et son incertitude élargie à  $k=2$ .

## 5.2. Cohérence des incertitudes

Afin de juger de la cohérence des incertitudes rapportées, on a calculé la déviation normée définie par la relation :

$$u = \frac{|A_{\text{mes}} - A_{\text{réf}}|}{\sqrt{s_{\text{mes}}^2 + s_{\text{réf}}^2}}, \quad (1)$$

où  $A_{\text{mes}}$  est la concentration radioactive mesurée par un laboratoire,  $A_{\text{réf}}$  est la concentration radioactive de référence et  $s_{\text{mes}}$  et  $s_{\text{réf}}$  sont les incertitudes-types ( $k=1$ ) associées à la mesure du laboratoire et à la référence respectivement. La déviation normée  $u$  permet d'apprécier si l'incertitude a été évaluée de manière réaliste.

La variable  $u$  est en principe distribuée selon la loi de Student (qui converge vers une distribution normale lorsque le nombre de degrés de liberté augmente). Les critères indiqués dans le Tableau 7 sont généralement admis.

Tableau 7 : Critère d'interprétation de la grandeur statistique  $u$ .

Valeur de $u$	Interprétation
$u < 1.64$	Les valeurs ne diffèrent pas de manière significative
$1.64 < u < 1.96$	Les valeurs ne diffèrent probablement pas de manière significative
$1.96 < u < 2.58$	On ne peut rien dire
$2.58 < u < 3.29$	Les valeurs diffèrent probablement de manière significative
$3.29 < u$	Les valeurs diffèrent de manière significative

Le Tableau 8 présente l'ensemble des déviations normées des mesures effectuées dans le cadre de cette intercomparaison. Les valeurs différant au moins probablement de manière significative ont été mises en évidence *en italique* (valeurs supérieures à 2.58) ou en **caractères gras** (valeurs supérieures à 3.29).

Tableau 8 : Déviations normées par laboratoire et par radionucléide.

Labo	Cs-137	Cs-134	K-40
1	0.37	1.16	0.23
2	0.01	2.00	0.07
4	0.73	-	-
5	1.47	0.87	1.53
6	<b>5.04</b>	<b>3.39</b>	1.67
7	1.47	0.15	0.46
8	0.15	0.42	0.48
9	0.50	-	-
10	<b>7.25</b>	3.18	2.76
11	1.16	0.44	0.46
12	<b>10.9</b>	2.49	<b>10.95</b>
13	<b>4.63</b>	1.26	2.86
14	1.25	0.82	0.95
15	<b>5.92</b>	2.77	<b>4.49</b>

Les incertitudes des résultats présentent la cohérence la moins bonne pour le Cs-137 ; 5 laboratoires indiquent des valeurs significativement différentes de la référence.

Pour Cs-134, 1 laboratoire donne des valeurs significativement différentes de la référence et 2 des valeurs probablement différentes.

Pour K-40, 2 laboratoires donnent des valeurs significativement différentes de la référence et 2 des valeurs probablement différentes.

Dans tous les cas, il s'agit de laboratoires qui n'ont pas appliqué de corrections d'autoabsorption et de sommations, et leurs valeurs sont toujours surestimées.

Le fait que les incertitudes de Cs-137 soient moins cohérentes que celles de Cs-134 et de K-40 provient probablement de la bien meilleure statistique de comptage obtenue pour ce radionuclide, présentant une activité nettement plus importante. Pour les 2 autres, l'incertitude statistique est élevée, et elle domine les autres incertitudes dans le bilan.

Il ressort donc de cette analyse que les laboratoires n'ayant pas appliqué de corrections d'autoabsorption et de sommations n'ont pas suffisamment tenu compte de cette approximation dans leur estimation des incertitudes. Dans une situation où un échantillon de nature bien différente de celle de l'étalonnage est mesuré, comme cette herbe séchée à la place d'une solution aqueuse, il est clair que les incertitudes de type B (étalonnage, facteurs de correction, positionnement, etc.) doivent être reconsidérées. A défaut d'appliquer une correction, il faut au moins estimer l'erreur qui peut vraisemblablement être commise par cette approximation et la prendre en compte par une incertitude-type correspondante dans le bilan. C'est ce qui a été fait par une partie des participants.

Un des laboratoires a indiqué des incertitudes pour Cs-137 et K-40 qui n'étaient pas du tout réalistes.

On observe donc que l'évaluation des incertitudes ne s'est pas faite d'une façon plus rigoureuse que lors de l'exercice de 2004. Pour le Cs-137, la situation s'est même aggravée.

### 5.3. Corrections de sommation

Au terme de l'intercomparaison, il a été suggéré de rassembler quelques informations concernant les corrections de sommation appliquées par les participants pour Cs-134. Ces informations sont présentées dans le Tableau 9, où le facteur de correction est défini comme le facteur multiplicatif  $f_{somm}$  à appliquer à l'activité indiquée par le logiciel  $A_{mes}$  pour obtenir l'activité corrigée, selon la relation

$$A_{corrigée} = A_{mes} \cdot f_{somm} \quad (2)$$

Ce facteur dépend de l'énergie de la ligne  $\gamma$  considérée et de la géométrie de mesure.

Tableau 9. Facteurs de correction de sommation et caractéristiques principales du détecteur et de la géométrie de mesure ( $\epsilon_{rel}$ =efficacité relative du détecteur)

Labo no	$f_{somm}(605 \text{ keV})$	$f_{somm}(796 \text{ keV})$	$\epsilon_{rel} (\%)$	Type	Récepteur	Volume
1	1.087	1.087	27.7	p	Semadeni	500 ml
2	1.063	1.055	28	p	Semadeni	500 ml
6	1.112	1.112	20	p	type CEA*	50 ml
7	1.066	1.065	50	p	Semadeni	500 ml
IRA GSE	1.085	1.085	40	puits	Semadeni	500 ml
IRA réf.	1.06	1.06	23	n	Semadeni	500 ml

\* 39 mm de hauteur, 47 mm de diamètre

En plus des indications de 4 participants, on trouve dans le Tableau 9 les corrections correspondant à deux détecteurs de l'IRA. Ces indications montrent quelle est l'importance de cette correction et devraient permettre à chacun d'estimer la correction à appliquer dans sa propre situation ou d'estimer l'erreur commise sans correction.

## 6. Conclusion

Cette intercomparaison a permis de juger des capacités de mesure en Suisse pour des échantillons de nature différente des solutions d'étalonnage habituellement utilisées. L'herbe séchée de cet exercice présentait plusieurs difficultés de mesure : correction d'autoabsorption, faible niveau d'activité de Cs-134 et correction de sommations, K-40 présent aussi dans le bruit de fond de toute installation de mesure. Malgré ceci, les résultats sont satisfaisants. On relève une tendance générale à la surestimation mais elle s'explique par l'absence de correction d'autoabsorption dans plusieurs cas.

Tous les laboratoires qui introduisent les corrections d'autoabsorption et de sommations sont en accord aux incertitudes près avec les valeurs de référence (soit 45% des résultats). Parmi ceux qui n'appliquent pas ces corrections, on trouve 21% résultats qui sont en accord avec la référence, le plus souvent parce que l'incertitude rapportée est assez grande et probablement qu'elle prend en compte cette approximation. Les autres résultats s'écartent parfois nettement de la référence, et présentent généralement des incertitudes sous-estimées.

Il faut rappeler enfin que des compléments d'information sur les résultats ont dû être demandés aux participants. La forme des rapports de mesure pourrait dans certains cas encore être améliorée en indiquant systématiquement et explicitement la date de référence et le type d'incertitude utilisée.

## 7. Poursuite de la démarche

Lors de la réunion de discussion du présent exercice, le 8 novembre 2005 à Berne, les propositions suivantes ont été faites pour l'exercice d'intercomparaison ou pour la réunion qui s'ensuivrait en 2006 :

- Mesurer un radionuclide avec une énergie dans le domaine où la courbe d'efficacité est maximale et où les fonctions de lissage présentent souvent un point de recoupement (100-150 keV), par exemple le Co-57.
- Mesurer le Ba-133 qui est parfois utilisé pour l'étalonnage et qui donne lieu lui aussi à des problèmes de sommations.

En attendant le choix définitif du programme en février 2006, l'IRA et la SUEr accueillent volontiers toute proposition.

## 8. Remerciements

Les organisateurs tiennent à remercier chaleureusement les participants pour le soin qu'ils ont apporté au bon déroulement de cette campagne de mesure et à leur participation active à la réunion de discussion.

## Annexe I : Participants

Tableau 10 : Adresses des participants et noms des personnes de contact (classées par numéro postal d'acheminement).

Institution	Adresse	Personne de contact
École d'Ingénieurs de Genève Laboratoire de physique nucléaire	Rue de la Prairie 4 1202 Genève	Gilles Triscone
CERN Safety Commission, sect. environnement	CERN/SC 1211 Genève 23	Pavol Vojtyla
Université de Genève Institut F.A. Forel	Rte de Suisse 10 1290 Versoix	Jean-Luc Loizeau
OFSP Section Surveillance de la Radioactivité	Ch. du Musée 3 1700 Fribourg	Sybille Estier
BABS Labor Spiez	3700 Spiez	Ernst Schmid
Kantonaies Labor BS	Kannenfeldstrasse 2 4012 Basel-Stadt	Markus Zehringer
Kantonaies Labor AG	Obere Vorstadt 14 5000 Aarau	Claudine Bajo
Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen	Abteilung Strahlenschutz 5232 Villigen HSK	Markus Schibli
Paul Scherrer Institut	Abteilung für Strahlenschutz und Sicherheit 5232 Villigen PSI	Jost Eikenberg
Kantonaies Laboratorium LU	Vonmattstrasse 16 6002 Luzern	Thomas Kaufmann
SUVA Bereich Physik	Postfach 4358 6002 Luzern	André Meier
Laboratorio cantonale	Via Mirasole 22 6500 Bellinzona	Claudio Valsangiacomo
Amt für Lebensmittelsicherheit und Tiergesundheit GR	Planaterrastrasse 11 7001 Chur	Urs Ackermann
Kantonaies Labor ZH	Fehrenstrasse 15 8032 Zürich	Susanne Pfenninger
EAWAG	Ueberlandstrasse 133 8600 Dübendorf	Erwin Grieder

## Annexe II : Résultats bruts

Tableau 11. Ensemble des résultats bruts communiqués par chaque laboratoire. U : incertitude. Date de référence : 1.7.2005.

N° labo	K-40	U	Cs-134	U	Cs-137	U	Unités	Type d'inc.	Remarque - correction(s)
1	680	70	4.4	0.5	3040	300	Bq/kg	k=2	Avec correction d'autoabsorption et de sommation pour Cs-134 (la même que pour la mesure en densité 1)
2	688	23	4.66	0.37	2974	126	Bq/kg	k=2	Avec correction d'autoabsorption. Avec correction de sommation pour le Cs-134
3	-	-	-	-	-	-	-	-	L'installation de mesure est en cours de renouvellement. Aucun résultat n'a pu être remis
4	-	-	-	-	470	50	Bq/éch	k=2	Avec correction d'autoabsorption de 20% et sans correction de sommation
5	790	120	4.6	1.4	3300	400	Bq/kg	k=2	Sans correction des pertes par sommation ni de correction d'autoabsorption
6	0.74	0.03	5.4E-03	6.0E-04	3.48	0.05	Bq/g	k=2	Facteur de sommation pour Cs-134 et pas de facteur d'auto-absorption
7	670	70	4.0	0.6	3300	400	Bq/kg	k=2	Avec correction d'autoabsorption et sommation
8	7.12E+02	3.82E+01	3.76E+00	2.92E-01	3.00E+03	1.51E+02	Bq/kg	k=1	Avec correction d'autoabsorption et sans correction de sommation
9	-	-	-	-	3060	290	Bq/kg	k=2	Avec correction d'autoabsorption
10	0.811	0.0706	6.46E-03	1.46E-03	3.92	1.74E-01	Bq/g	k=2	Aucune correction
11	710	70	4.4	2.0	3510	100	Bq/kg	k=2	Avec correction d'autoabsorption pour Cs-137 (3100 Bq/kg sans correction)
12	976	5	5.4	1	4032	1	Bq/kg	k=2	Pas de correction d'autoabsorption
13	768.3	16.9	4.4	0.4	3428.6	27.5	Bq/kg	k=2	Aucune correction
14	717	3.2%	3.6	15%	2851	0.6%	Bq/kg	k=2	Avec correction d'autoabsorption selon méthode de l'armée, aucune correction de sommation
15	140.0	7.52	0.886	0.135	599.2	15.90	Bq/éch	k=2	Aucune correction

Tableau 12. Résultats bruts supplémentaires communiqués par quelques laboratoires. U : incertitude. Date de référence : 1.7.2005.

N° labo	I-131	Am-241	U	Pb-210	U	Pb-212	U	Bi-214	U	Pb-214	U	Ac-228	U	Ra-226	U	Th-228	U	U-235	U	Unités	Type d'inc.
1																				Bq/kg	k=2
2																				Bq/kg	k=2
3																					
4																				Bq/éch.	k=2
5																				Bq/kg	k=2
6		0.007	0.004																	Bq/g	k=2
7																				Bq/kg	k=2
8				42.4	4.95	2.42	0.583	3.28	0.715	2.09	0.824	2.72	0.921							Bq/kg	k=1
9																				Bq/kg	k=2
10																				Bq/g	k=2
11																				Bq/kg	k=2
12																				Bq/kg	k=2
13																				Bq/kg	k=2
14	< 3.2																			Bq/kg	k=2
15								7.44	1.34			2.804	0.494	13.67	5.24	5.21	1.435	0.786	0.301	Bq/éch	k=2

### Annexe III : Résultats uniformisés

Tableau 13. Ensemble des résultats des laboratoires avec unités et type d'incertitudes uniformisés. Valeurs de référence de la concentration radioactive de l'herbe. U : incertitude élargie à k=2. Date de référence : 1.7.2005

N° labo	K-40 [Bq/kg]	U [Bq/kg]	Cs-134 [Bq/kg]	U [Bq/kg]	Cs-137 [Bq/kg]	U [Bq/kg]	Correction d'auto- absorption	Correction de sommations pour Cs-134
1	680	70	4.4	0.5	3040	300	oui	oui
2	688	23	4.66	0.37	2974	126	oui	oui
4	-	-	-	-	2842	302	oui	non
5	790	120	4.6	1.4	3300	400	non	non
6	740	30	5.4	0.6	3480	50	non	oui
7	670	70	4.0	0.6	3300	400	oui	oui
8	712	76.4	3.76	0.58	3000	302	oui	non
9	-	-	-	-	3060	290	oui	-
10	811	70.6	6.46	1.46	3920	174	non	non
11	710	70	4.4	2.0	3100	100	oui pour Cs-137	-
12	976	5	5.4	1	4032	1	non	-
13	768.3	16.9	4.4	0.4	3428.6	27.5	non	non
14	717	22.9	3.6	0.54	2851	17.1	oui	non
15	845.1	45.4	5.35	0.81	3616.8	96.0	non	non
Réf.	690	52	3.937	0.40	2973	206	oui	oui