
Rapport de l'exercice de mesure dans le cadre de l'intercomparaison 2019 en spectrométrie gamma

Destinataire : Aux laboratoires de mesure de la radioactivité

Version du : 19.11.2019

Auteurs : Thierry Buchillier, Claude Bailat, François Bochud, IRA

Sybille Estier et Philipp Steinmann, OFSP

Table des matières

1.	Introduction	1
2.	Préparation des échantillons et valeurs de référence.....	3
3.	Résultats et discussion	5
3.1.	Résultats communiqués par les participants	5
3.2.	Méthode d'analyse des résultats	7
3.3.	Discussion des résultats	10
4.	Conclusions.....	10
5.	Remerciements	11
6.	Annexe : liste des participants	12

1. Introduction

L'Institut de radiophysique (IRA) est mandaté par l'Institut fédéral de métrologie (METAS) pour la détermination, le maintien et la diffusion de l'unité d'activité, le becquerel. La Section de la radioactivité de l'environnement (URA) de l'Office fédéral de la santé publique (OFSP) est responsable de la surveillance de la radioactivité dans l'environnement. Comme de coutume, l'IRA et l'URA ont invité l'ensemble des laboratoires effectuant des mesures d'activité dans l'environnement et les produits de consommation à participer à l'intercomparaison annuelle de spectrométrie gamma.

L'organisation et l'analyse des données de l'intercomparaison suivent autant que possible les prescriptions des normes suivantes :

1. BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP and OIML, Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, 1995.

2. ILAC, ILAC Guidelines for the Requirements for the Competence of Providers of Proficiency Testing Schemes, ILAC G13, 2007.
3. ISO/IEC, Proficiency testing by interlaboratory comparisons. International Standard Organization, ISO Guide 43, 1997.
4. ISO/IEC, Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons. International Standard Organization, ISO 13528, 2005.

Le thème de l'intercomparaison cette année est la mesure de l'activité dans une denrée alimentaire, à savoir un échantillon de lait (liquide). Deux radionucléides ont été introduits dans l'échantillon de l'intercomparaison avec une activité certifiée par l'IRA : Cs-134 et Cs-137. Ce sont des produits qui sont présents par exemple en cas d'accident dans une centrale nucléaire.

Sur les 30 laboratoires suisses concernés par ce type de mesure, 23 ont participé et 22 ont fourni des résultats. Un laboratoire a rencontré une panne de détecteur. La liste des participants est présentée dans l'annexe. Le Tableau 1 résume les équipements utilisés par ces participants.

Tableau 1. Détecteurs et méthodes d'étalonnage utilisés par les laboratoires

Participants	Détecteur	Mise en fonction	Eff. [%]	Logiciel	Étalonnage, type	Date
Amt für Lebensmittelsicherheit und Tiergesundheit GR	HPGe type p, Ortec GEM-25P4	2005	25.6	InterWinner ver.5.05	Intergamma CMI CBSS2	2019
Axpo Power AG	Canberra type p GC3518	2009	35	Interwinner 8	CMI 1035-SE-40199-15	2015
BKW Energie AG	Ortec type p GEM-20P4-70	2009	24.3	Interwinner 7.0	IRA	2009
Centre de Recherche Nestlé	Ortec type p GEM40P4-S	2004	40	LVIS v2.0	Intergamma CMI CBSS2	2017
CERN DGS-SEE	Canberra GC 5019	2015	50	G2K 3.4 Apex 1.4	LabSOCS	-
CERN HSE-RP	Canberra GC 9021, n-type	2014	90	Genie 2000	ISOCS	2018
Dienststelle Lebensmittelkontrolle und Veterinärwesen (DILV)	Ortec type n GMX30P4	2006	32.8	InterWinner ver. 7.0	CMI CBSS2	2019
EAWAG	Canberra GR2719	1990	27.1	Genie 2000 3.4.1	NIST NG7	2015
ENSI Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat	No 1 Canberra GC5019 p-type et No 3 Canberra GC5019 p-type	2008 et 2017	50	Interwinner 8.x	LabSOCS	2010
hepia haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture	Eurisys type p EGPC 155 P15	1997	32	Interwinner 8.0	IRA et DAMRI	2000
Institut de radiophysique	HPGe type p Canberra GCW4523	2001	40	Genie 2000 Apex Gamma	IRA	2010
Kanton Aargau DGS	HPGe type p PGT IGC27	1989	27.7	Winner ver. 6.0	DA6 Std 2019	2019
Kantonales Labor Zürich	HPGe type p PGT Ge-IGC 25	1989	25.3	Interwinner 7.1	Mix 565	1999

Participants	Détecteur	Mise en fonction	Eff. [%]	Logiciel	Étalonnage, type	Date
Kantonales Laboratorium BS	Ortec type p	2012	50	Interwinner 7.1	CMI 9031 Eu-152 et Am-241	2013
KKW Gösgen-Däniken AG	Ortec type p GEM25	-	28	InterWinner 8.0	Ref. Mischstandard QCYB41	2016
Labor Spiez	HPGe type n Canberra GR 3019	2001	32	Genie 2000 Apex	Labsocs	2016
Laboratorio cantonale Ti	HPGe type p, Ortec GEM30	2003	30	Interwinner ver. 5.0	Intergamma CMI CBSS2	2017
OFSP	Ortec type n GMX30-83-A type n	2013	30	Winner 7.0	Intergamma CMI CBSS2	2018
Paul Scherrer Institut	Ortec type p GEM30P4-70	-	30	Winner ver. 7.0	Eckert-Ziegler MK-4, 09/2015, 85770-443	2019
SUVA	HPGe type p Ortec GEM20-70	2012	23	Winner ver. 6.0	Intergamma CMI CBSS2	2012
Ufficio della gestione dei rischi ambientali e del suolo	Canberra Nal	2007	-	Genie 2000	CMI CBSS2	2013
Zwilag	Ortec type p	2005	30	InterWinner 8.0	Eckert&Ziegler GCRB13919	2017

2. Préparation des échantillons et valeurs de référence

Préparation de l'échantillon de l'intercomparaison

L'échantillon choisi cette année fait partie des denrées alimentaires. Il s'agit de lait entier UHT standardisé à 3.5% de matière grasse. Sa densité est de 1.03. Pour garantir la bonne conservation de l'échantillon sur plusieurs jours, on a ajouté 1.5 g de formaldéhyde pour 500 ml de lait (i.e. 4.5 g de formaldéhyde concentrée à 36% pour 500 ml de lait).

Un essai préalable a été réalisé afin de vérifier qu'un échantillon préparé de cette manière se conserverait bien et permettrait des mesures pendant plusieurs jours. Un échantillon-test contenant du Co-57 et du Mn-54 a été préparé et conservé à température ambiante (24 à 27°C) pendant plus de 2 mois. Son activité a été mesurée à 13 reprises sur 50 jours et les activités obtenues ont montré une dispersion de 1% (un écart-type). Ceci n'était pas significativement au-dessus de la dispersion de 0.6% produite purement par la statistique de comptage dans les pics. Ainsi, même conservé à température ambiante, l'échantillon de l'intercomparaison permettait des mesures suffisamment reproductibles.

Solution radioactive pour l'intercomparaison

Les échantillons de lait ont été contaminés à partir de solutions certifiées par le laboratoire primaire de l'IRA (IRA-METAS) avec les radionucléides Cs-134 et Cs-137. Les activités sont donc rattachées aux étalons nationaux et internationaux.

Ces deux radionucléides sont en principe bien connus de tous les laboratoires. Ils permettent de tester la qualité de l'étalonnage en efficacité du détecteur, il est vrai, sur une plage d'énergie

relativement restreinte de 600 à 800 keV. Alors que le Cs-137 ne pose aucune difficulté particulière, la mesure précise du Cs-134 demande de tenir compte des effets des sommations.

Les ampoules de solutions radioactives étalons M134Cs3A2 (Cs-134) et M137Cs25A2 (Cs-137) ont été diluées par pesées précises dans un plus grand volume, puis les dilutions ont été utilisées pour contaminer individuellement les échantillons des participants, l'un après l'autre et directement dans le flacon définitif.

Des contrôles randomisés d'activité ont été effectués à chaque étape. En particulier, des échantillons supplémentaires de l'intercomparaison ont été mesurés sur un HPGe de l'IRA. Ils ont confirmé les valeurs de concentration radioactive.

Activité de référence des échantillons de l'intercomparaison

La concentration radioactive de référence des 2 radionucléides ajoutés dans les échantillons de l'intercomparaison est donnée dans le Tableau 2. La date de référence de l'intercomparaison a été fixée au 1.8.2019 12h00.

Il n'y a pas de valeur de référence pour le K-40 présent naturellement dans le lait. On utilisera la moyenne des activités indiquées par les participants comme valeur cible.

Tableau 2. Activités de référence des échantillons. Date de référence : 1.8.2019 12h00. Incertitude élargie à $k=2$.

No d'échantillon	Activité Cs-134 (Bq/kg)	Activité Cs-137 (Bq/kg)	No d'échantillon	Activité Cs-134 (Bq/kg)	Activité Cs-137 (Bq/kg)
1	60.63	110.54	14	64.34	110.64
2	63.14	110.73	15	63.33	110.94
3	62.47	111.28	16	64.35	110.79
4	64.17	111.16	17	64.35	110.77
5	64.21	111.31	18	59.71	110.85
6	64.89	111.08	19	64.27	110.73
7	64.60	111.04	20	64.53	110.93
8	64.69	111.31	21	64.27	110.64
9	64.36	110.92	22	64.40	110.46
10	64.68	111.30	23	65.42	110.70
11	64.34	110.76			
12	64.41	110.88	Incertitude absolue U	1.3	2.0
13	64.67	111.24	Incertitude relative	2.0%	1.8%

Contrôle des prescriptions de l'ADR pour l'envoi

Les flacons envoyés aux participants avaient une activité totale inférieure à la limite de libération LL de l'ordonnance sur la radioprotection ORaP. Ils avaient aussi un indice de transport selon l'ADR 2016 bien inférieur à 1 (limite pour un transport exempté). Ceci a permis de les transmettre par les services de la poste.

Corrections d'autoatténuation

Comme l'échantillon est composé de lait, l'autoatténuation des rayons gamma est très proche de ce qu'elle est dans l'eau lors de l'étalonnage du détecteur.

Un calcul de l'atténuation avec un modèle simplifié de la géométrie source-détecteur a été effectué. On a considéré un récipient de type Semadeni 500 ml (réf.1742), du lait composé uniquement de H₂O et une masse volumique de 1.03 g/cm³. Le facteur de correction à appliquer sur l'activité indiquée par l'analyse est, selon ce calcul, de l'ordre de 1.006 dans la gamme 600 à 800 keV.

Cette faible correction peut être négligée en pratique et prise en compte dans l'incertitude sur l'activité.

Corrections de sommations dues aux coïncidences vraies

Ce type de sommations est dû aux événements où deux photons d'énergie E_1 et E_2 émis simultanément par le radionucléide sont détectés ensemble dans le détecteur, ce que l'on dénomme *coïncidences vraies*. Il s'ensuit une perte du nombre de coups dans les pics correspondants à E_1 et E_2 , et on observe des coups supplémentaires à l'énergie $E=E_1+E_2$.

Il n'a pas d'effet de sommations pour le Cs-137 qui n'a qu'une seule ligne gamma et dont les rayons X ne sont pas émis en coïncidence (état métastable de 2.55 min).

En revanche, pour le Cs-134, les effets des sommations sont bien observables. Les deux principales lignes gamma sont émises en coïncidences entre elles, et avec d'autres lignes gamma. Quand l'échantillon est dans une position proche du détecteur, le risque de détection simultanée des gammas devient notable. L'erreur peut atteindre 10%, voire plus, selon la géométrie de mesure. Pour l'éviter, il faut faire la mesure à une distance source-détecteur suffisamment grande (>15 cm) et disposer de la courbe d'efficacité correspondante. Certains logiciels de spectrométrie gamma permettent de faire cette correction directement, et d'autres logiciels dédiés permettent de calculer les facteurs de correction (EFFTRAN, ETNA, Genie 2K Labsocs, Gespecor, InterWinner, ...).

3. Résultats et discussion

3.1. Résultats communiqués par les participants

Les laboratoires ont reçu un formulaire de protocole de résultats sur lequel ils ont fournis aussi des indications concernant leur détecteur et leur méthode de mesure (les informations du Tableau 1).

Le Tableau 3 présente l'ensemble des concentrations radioactives en Bq/kg et des incertitudes élargies relatives U (à $k=2$) communiquées par les laboratoires. Le numéro d'échantillon identifie le participant. Le laboratoire 12 n'a pas pu délivrer de résultats en raison d'une panne de son équipement.

Tableau 3. Résultats communiqués par les participants

Echant. No	K-40		Cs-134		Cs-137		Corr. de sommation pour Cs-134
	Activité (Bq/kg)	U (k=2) (%)	Activité (Bq/kg)	U (k=2) (%)	Activité (Bq/kg)	U (k=2) (%)	
1	49.55	10%	55.47	5%	109.2	5%	non
2	49.7	17.2%	59.1	4.0%	115.9	4.0%	non
3	-	-	61	3%	115	3%	non
4	52.3	22.3%	74.2	8.82%	124.8	8.82%	oui EFFTRAN
5	44	12%	64	12%	110	12%	oui
6	52.4	15%	62.0	15%	113.7	15%	non
7	49.65	15%	62.7	10%	113.5	10%	oui InterWinner
8	49.5	6.61%	57.9	5.29%	101.0	6.03%	non
9	40.9	5.1%	63.5	0.8%	110.0	1.7%	oui Monte-Carlo
10	48	15%	61	10%	108	10.0%	non
11	44.3	10%	62.2	10%	106.2	10%	oui (1.08) EFFTRAN
12	détecteur en panne		-	-	-	-	-
13	61.1	17%	56.5	5.2%	109.8	5.4%	oui Gespecor 4.2
14	-	-	66.3	6.7%	121.4	6.8%	non
15	42.8	17.6%	65.0	8.6%	114	12.4%	oui APEX
16	45.6	68%	61.9	7%	110.7	8%	non
17	42.34	16.16%	64.05	10.07%	110.20	10.08%	oui GSpecor
18	63.3	21%	61.5	5%	118.3	5%	non
19	48.3	14.4%	55.9	4.0%	106.6	4.1%	non
20	165 (écarté)	36.0%	64.2	12.0%	110.5	22.8%	non
21	46.58	17.0%	57.19	12.3%	108.8	12.4%	non
22	35	30%	65	6%	111	10%	oui Genie 2K/Labsocs
23	41.0	7.0%	69.7	5.8%	112.9	2.7%	oui
Moyenne	47.7		62.3		111.9		
Ecart-type	6.7		4.5		5.2		
Éc.-t.rel. (%)	14%		7%		5%		
Maximum	63.3		74.2		124.8		
Minimum	35.0		55.5		101.0		

Le laboratoire 7 a communiqué les résultats de 2 détecteurs. Nous avons inscrit la moyenne des 2 détecteurs dans le tableau.

La mesure du K-40 dans l'échantillon 20 est clairement erronée et elle n'a pas été prise en compte dans la moyenne des participants pour établir la valeur cible.

Un laboratoire a aussi indiqué des traces de Co-60. Ce radionucléide n'a pas été introduit dans l'échantillon.

3.2. Méthode d'analyse des résultats

Le rapport R de la valeur mesurée à la valeur de référence (ou à la valeur moyenne des participants pour le K-40) a été calculé pour chaque résultat :

$$R = \frac{\text{valeur mesurée}}{\text{valeur de référence}}$$

Les valeurs de ce rapport sont données dans le Tableau 4.

Afin de juger des résultats, on a utilisé l'outil statistique du score ζ (zêta). Celui-ci tient compte non seulement de l'écart par rapport à la valeur de référence dans le jugement de la performance, mais incorpore aussi l'évaluation de l'incertitude donnée par le participant. Ce score est défini par la relation :

$$\zeta = \frac{A_{mes} - A_{ref}}{\sqrt{u_{mes}^2 + u_{ref}^2}}$$

où A_{mes} est la concentration radioactive mesurée par le participant, A_{ref} est la concentration radioactive de référence, la valeur de u_{mes} est l'incertitude-type communiquée par le participant (c'est-à-dire l'incertitude U à $k=2$ du Tableau 4 divisée par 2) et u_{ref} est l'incertitude-type de la valeur de référence de l'intercomparaison (incertitude U du Tableau 2 divisée par 2).

La valeur du score ζ s'interprète de la manière suivante :

- Quand le score ζ est situé entre -2.0 et +2.0, cela indique une performance adéquate et aucun signal particulier n'est donné.
- Quand le score ζ est situé entre -3.0 et -2.0 ou entre 2.0 et 3.0, cela indique une performance discutable et un avertissement est signalé (WARNING).
- Quand le score ζ est au-dessus de 3.0 ou en dessous de -3.0, cela signale qu'il faut procéder à une amélioration ou action corrective (ACTION).

Le Tableau 4 présente les valeurs du rapport *mesuré/référence* et du score ζ calculées pour chaque résultat.

Tableau 4. Rapport mesuré/référence, valeurs des incertitudes absolues et valeurs du score zêta. On indique aussi si le laboratoire a appliqué une correction pour les effets des sommations

Ech. No	Rapport <i>R</i> mesuré / référence			Incertitude élargie absolue <i>U</i> (k=2)			Score zêta ζ			Corr. somm.
	K-40 (-)	Cs-134 (-)	Cs-137 (-)	K-40 (Bq/kg)	Cs-134 (Bq/kg)	Cs-137 (Bq/kg)	K-40 (-)	Cs-134 (-)	Cs-137 (-)	
1	1.04	0.91	0.99	4.96	2.77	5.46	0.3	-3.4	-0.46	non
2	1.04	0.94	1.05	8.55	2.36	4.64	0.3	-3.0	2.05	non
3	-	0.98	1.03	0.00	1.83	3.45	-	-1.3	1.87	non
4	1.10	1.16	1.12	11.66	6.54	11.01	0.5	3.0	2.44	oui
5	0.92	1.00	0.99	5.28	7.68	13.20	-0.5	-0.1	-0.20	oui
6	1.10	0.96	1.02	7.86	9.30	17.06	0.6	-0.6	0.31	non
7	1.04	0.97	1.02	7.32	6.40	11.58	0.3	-0.6	0.42	oui
8	1.04	0.90	0.91	3.27	3.06	6.09	0.3	-4.1	-3.22	non
9	0.86	0.99	0.99	2.09	0.51	1.87	-1.0	-1.2	-0.67	oui
10	1.01	0.94	0.97	7.20	6.10	10.80	0.0	-1.2	-0.60	non
11	0.93	0.97	0.96	4.43	6.22	10.62	-0.5	-0.7	-0.84	oui
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	1.28	0.87	0.99	10.39	2.94	5.93	1.6	-5.1	-0.46	oui
14	-	1.03	1.10	0.00	4.44	8.26	-	0.8	2.54	non
15	0.90	1.03	1.03	7.53	5.59	14.14	-0.6	0.6	0.43	oui
16	0.96	0.96	1.00	31.01	4.33	8.86	-0.1	-1.1	-0.02	non
17	0.89	1.00	0.99	6.84	6.45	11.11	-0.7	-0.1	-0.10	oui
18	1.33	1.03	1.07	13.29	3.08	5.92	1.6	1.1	2.39	non
19	1.01	0.87	0.96	6.96	2.24	4.37	0.1	-6.5	-1.72	non
20	-	0.99	1.00	-	7.70	25.19	-	-0.1	-0.03	non
21	0.98	0.89	0.98	7.92	7.03	13.49	-0.1	-2.0	-0.27	non
22	0.73	1.01	1.00	10.50	3.90	11.10	-1.5	0.3	0.10	oui
23	0.86	1.07	1.02	2.87	4.04	3.05	-1.0	2.0	1.21	oui
Moy.	1.000	0.975	1.009							
Ec-t.	14%	7%	5%							
Max	1.33	1.16	1.12							
Min	0.73	0.87	0.91							

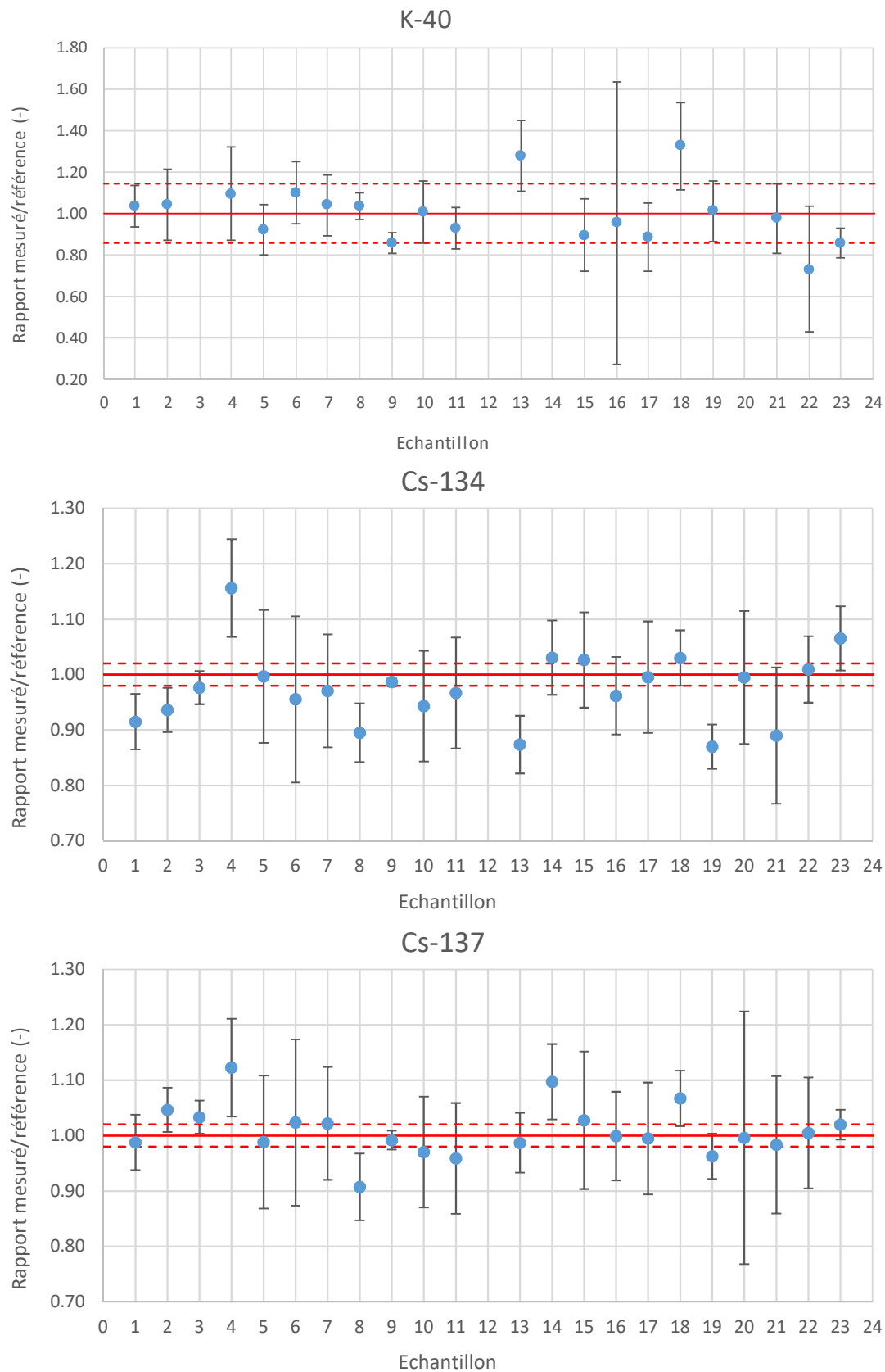


Figure 1. Rapport mesuré/référence selon les résultats communiqués par les participants et incertitudes élargies à $k=2$. Les lignes horizontales représentent les valeurs de référence (pour K-40, la moyenne des participants) et leurs incertitudes élargies à $k=2$.

3.3. Discussion des résultats

K-40

La détermination précise de l'activité du K-40 est difficile, parce que le niveau d'activité est bas, l'intensité du seul gamma émis est faible et cette ligne est toujours présente dans le bruit de fond des installations de mesure.

Trois laboratoires n'ont pas communiqué de résultats pour ce radionucléide, pour une raison inconnue.

Tous les autres laboratoires, sauf un, ont réussi à mesurer cette activité à $\pm 30\%$ près par rapport à la moyenne des participants. Ils ont aussi donné une estimation correcte de l'incertitude sur l'activité. Les scores ζ sont entre -1.5 et 1.6, donc les performances sont jugées adéquates.

Dans le cas du résultat du laboratoire 20, surestimé d'un facteur 3.5, il y a probablement eu une erreur lors de la soustraction du bruit de fond.

Cs-137

Pour le Cs-137, on n'observe pas de grands écarts par rapport à la référence et, globalement, les résultats sont compatibles à $\pm 10\%$ près avec la valeur de référence. Il n'y a pas de biais systématique : la moyenne des participants se situe à +0.9% seulement de la référence.

Néanmoins, quatre laboratoires (2, 4, 14 et 18) reçoivent un avertissement que leur résultat n'est pas totalement en accord avec la référence. Ils devraient examiner les raisons de l'écart à la valeur de référence et revoir leur calcul d'incertitude. Et un laboratoire (8) reçoit un signalement qu'une action correctrice devrait être appliquée.

Cs-134

Pour Cs-134, la moyenne des participants est à -2.5% de la référence. On peut dire qu'il y a un léger biais, lié probablement au fait que 12 participants sur 22 n'ont pas appliqué de correction pour les effets des sommations, ce qui entraîne une sous-estimation de l'activité mesurée.

On n'observe pas de grands écarts par rapport à la référence, les résultats sont compatibles globalement à $\pm 15\%$ près avec la référence. Deux laboratoires (2 et 4) reçoivent un avertissement que la performance pourrait être améliorée et quatre laboratoires (1, 8, 13 et 19) reçoivent un signalement qu'une action correctrice devrait être appliquée. Il pourrait s'agir de l'absence de correction pour les sommations pour les labos 1, 3, 8 et 19. Pour le laboratoire 13, qui a appliqué une correction de sommations, il s'agit plutôt d'une question d'étalonnage ou de calcul d'incertitude. Pour le laboratoire 4 aussi, il s'agit plutôt de l'étalonnage puisque le Cs-134 et le Cs-137 sont surestimés de la même façon.

Il faut noter que le laboratoire utilisant un détecteur à scintillation Nal a obtenu de bons résultats pour Cs-134 et Cs-137.

4. Conclusions

Vingt-deux laboratoires ont participé à l'intercomparaison 2019 et ont fourni des résultats. A nouveau, les participants ont démontré leur capacité à analyser correctement l'activité d'un échantillon de denrée alimentaire liquide au moyen de la spectrométrie gamma.

Pour les deux radionucléides Cs-134 et Cs-137, ainsi que pour le radionucléide naturel K-40, 52 résultats rapportés sur 66 ont un niveau de performance adéquat (c'est-à-dire 80% des analyses). Dans les autres cas, une meilleure estimation des incertitudes permettrait le plus souvent d'obtenir de meilleurs scores ζ .

Dans l'ensemble, il apparaît que la majorité des laboratoires disposent d'installation relativement récentes, bien étalonnées et régulièrement suivies. Les logiciels utilisés et les versions sont assez variés. De plus, une petite moitié des laboratoires ont la possibilité de déterminer et d'appliquer des corrections fines pour les effets des sommations.

Grâce au rattachement de l'activité de l'échantillon à METAS, les participants ont eu l'occasion de contrôler quelques points de leurs courbes d'efficacité avec une bonne précision.

5. Remerciements

Les organisateurs tiennent à remercier chaleureusement les participants pour le soin qu'ils ont apporté au bon déroulement de cette campagne de mesure.

6. Annexe : liste des participants

Herr Dietmar Baumann
Amt für Lebensmittelsicherheit und
Tiergesundheit GR
Planaterrastrasse 11
Postfach
7001 Chur
081 257 26 24 / dietmar.baumann@alt.gr.ch

Herr Erich Schmutz
BKW Energie AG
Kernkraftwerk Mühleberg
Ressort Chemie
3203 Mühleberg
058 477 78 95 / erich.schmutz@bkw.ch

Monsieur Fabrice Malacrida
CERN
HSE-RP-CS
24/E-003
1211 Genève 23
075 411 01 08 / fabrice.malacrida@cern.ch

Herr Robert Brogioli
Dienststelle Lebensmittelkontrolle und
Verbraucherschutz (DILV)
Chemie 1
Vonmattstrasse 16
6003 Luzern
041 248 84 05 / robert.brogioli@lu.ch

Herr Andreas Leupin
ENSI Eidgenössisches
Nuklearsicherheitsinspektorat
Bereich Strahlenschutz
Industriestrasse 19
5200 Brugg
056 460 86 32 / andreas.leupin@ensi.ch

Monsieur Pascal Froidevaux
Institut de radiophysique
GRE
Rue du Grand-Pré 1
1007 Lausanne
021 314 81 85 / pascal.froidevaux@chuv.ch

Herr Stephan Reber
Kantonales Labor Zürich
Abteilung Elementanalytik
Fehrenstrasse 15
Postfach 1471
8032 Zürich
043 244 71 93 / stephan.reber@klzh.ch

Herr Markus Zehringer
Kantonales Laboratorium BS
Kannenfeldstrasse 2
Postfach
4012 Basel
061 385 25 17 / markus.zehringer@bs.ch

Herr Patrick Franz
Axpo Power AG
KKW Beznau
KBU-C
5312 Döttingen
056 266 73 18 / patrick.franz@axpo.com

Monsieur Eric Poitevin
Centre de Recherche Nestlé
Vers-chez-les-Blanc
Case postale 44
1000 Lausanne 26
021 785 95 45 / eric.poitevin@rdls.nestle.com

Monsieur Walter Reiner Geyer
CERN
HSE-RP
892/2-A12
1211 Genève 23
075 411 24 11 / walter-reiner.geyer@chuv.ch

Herr Pascal Rünzi
EAWAG
SURF
Ueberlandstrasse 133
8600 Dübendorf
058 765 55 10 / pascal.ruenzi@eawag.ch

Monsieur Gilles Triscone
hepia haute école du paysage, d'ingénierie et
d'architecture
Laboratoire de Physique Nucléaire
Rue de la Prairie 4
1202 Genève
022 546 25 26 / gilles.triscone@hesge.ch

Herr Claudius Gemperle
Kanton Aargau DGS
Amt für Verbraucherschutz
Lebensmittelkontrolle
Obere Vorstadt 14
5000 Aarau
062 835 30 55 / claudius.gemperle@ag.ch

Frau Susanne Nussbaumer
Kantonales Laboratorium BE
Muesmattstrasse 19
3012 Bern
031 633 11 11 /
susanne.nussbaumer@gef.be.ch

Herr Alexander Schönmann
Kernkraftwerk Gösgen-Däniken AG
Kraftwerkstrasse
4658 Däniken
062 288 31 67 / aschoenmann@kkg.ch

Herr Markus Astner
Labor Spiez
Gruppe Radioaktivität
Austrasse
3700 Spiez
058 468 17 80 / markus.astner@babs.admin.ch

Monsieur Giovanni Ferreri
OFSP
Division Radioprotection
Radioactivité de l'environnement
Schwarzenburgstr. 157
3003 Bern
058 465 19 12 / giovanni.ferreri@bag.admin.ch

Herr Michel Hammans
SUVA
Bereich Physik
Rösslimattstrasse 39
CP 4358
6002 Luzern
041 419 53 42 / michel.hammans@suva.ch

Frau Eva Vogt
Zwilag
Zwischenlager Würenlingen AG
Industriestrasse Beznau 1
5303 Würenlingen
056 297 47 56 / eva.vogt@zwilag.ch

Monsieur Nicola Forrer
Laboratorio cantonale
Via Mirasole 22
6500 Bellinzona
091 814 61 14 / nicola.forrer@ti.ch

Herr Martin Heule
Paul Scherrer Institut
Abteilung für Strahlenschutz und Sicherheit
(ASI)
Radioanalytik
5232 Villigen - PSI
056 310 31 52 / martin.heule@psi.ch

Monsieur Nicola Solcà
Ufficio della gestione dei rischi ambientali e del
suolo
Via Franco Zorzi 13
CP 2170
6501 Bellinzona
091 814 29 06 / nicola.solca@ti.ch
