

IRA

Institut universitaire de
radiophysique appliquée

OFMET

Office fédéral de métrologie

Campagne 2000

auprès des laboratoires suisses mesurant la radioactivité dans l'environnement

Marc Décombaz, Jean-Christophe Gostely,
Jean-Jacques Gostely, Gilles Triscone,
Michel Leresche

Rapport IRA-OFMET 001218

Lausanne, décembre 2000

Table des matières

Rapport

1.	Introduction	page 3
2.	Chronologie de la campagne	page 3
3.	Composition de la solution de référence	page 4
4.	Préparation de la solution de référence	page 5
5.	Contrôles	page 6
	5.1 Pureté radionucléidique	
	5.2 Activités délivrées (test de reproductibilité)	
	5.3 Masses délivrées (évaluation de la perte par évaporation)	
6.	Equipements et méthodes des laboratoires	page 7
	6.1 Détecteurs	
	6.2 Logiciels	
	6.3 Géométries	
	6.4 Corrections de sommation	
	6.5 Etalonnages	
	6.6 Comparaison avec 1993	
7.	Résultats et analyse	page 10
	7.1 Généralités	
	7.2 Grandeurs d'évaluation	
	7.3 Situation par nucléide	
	7.4 Situation par laboratoire	
	7.5 Commentaires	
8.	Conclusion	page 14
-	Références	page 15

Annexes

- A. Participants
- B. Questionnaire
- C. Equipements et méthodes
- D. Masses et activités de référence
- E. Contrôle des activités distribuées
- F. Concentrations de référence et concentrations mesurées
- G. Déviations
- H. Déviations normées
- I. Déviations par laboratoire
- J. Déviations par nucléide
- K. Déviations de tous les résultats

1. Introduction

L'Institut universitaire de radiophysique appliquée (IRA) est mandaté par l'Office fédéral de métrologie (OFMET, dès 2001 METAS) pour la détermination et la diffusion de l'unité légale d'activité. La Section de surveillance de la radioactivité (SUEr) de l'Office fédéral de la santé publique (OFSP) est responsable pour la surveillance de la radioactivité dans l'environnement.

Au printemps 2000, l'IRA-OFMET et la SUEr proposent conjointement un service d'étalonnage aux laboratoires suisses concernés par la surveillance de la radioactivité. L'opération a pour but de favoriser la cohérence des mesures d'activité par spectrométrie gamma en fournissant aux laboratoires intéressés une solution radioactive de référence leur permettant de contrôler l'étalonnage de leurs équipements, éventuellement d'en réaliser de nouveaux.

Contrairement à la campagne du même type organisée en 1993 [1] où des sources avaient été fournies, les laboratoires reçoivent une solution qui doit être conditionnée dans une géométrie de mesure à choisir.

La liste des laboratoires est fournie par la SUEr. Sur les dix-neuf laboratoires contactés, dix-huit répondent favorablement (voir annexe A). Ils reçoivent la solution au mois de juin et ont jusqu'à fin septembre pour livrer le résultat de leur mesure, ainsi que quelques informations sur l'équipement utilisé. Les valeurs de référence leur sont transmises à fin octobre. De ce fait, cette campagne d'étalonnage doit aussi être considérée comme une intercomparaison. La relation entre le laboratoire et le résultat reste confidentielle.

2. Chronologie de la campagne

28.04 2000	Circulaire d'invitation, avec délai de réponse au 15 mai.
23.05.2000	Circulaire d'information aux 18 laboratoires inscrits, avec plan des livraisons.

22.05-31.05	Fabrication des solutions à l'IRA-OFMET.
13.06-15.06	Livraison par le véhicule de l'IRA.
10.07-30.10	Réception des résultats.
30.10.2000	Envoi des certificats ainsi que des recommandations pour le bon usage de la solution en cas de nouvel étalonnage.
20.12.2000	Distribution du présent rapport aux participants.

3. Composition de la solution de référence

Dans la campagne organisée en 1993, le choix s'était porté sur ^{152}Eu [1].

Cette année, une solution multinucléide a été proposée, comportant le mélange des radionucléides suivants : ^{109}Cd , ^{57}Co , ^{139}Ce , ^{137}Cs , ^{88}Y et ^{60}Co . Ce mélange présente au total neuf émissions gamma principales, dont les énergies approximatives sont 88, 122, 136, 166, 662, 898, 1173, 1332 et 1836 keV.

La plage d'énergie usuelle est ainsi couverte. Les émissions du ^{109}Cd (88 keV) et du ^{139}Ce (166 keV) complètent la gamme des émissions de ^{152}Eu dans une région où l'efficacité varie fortement avec l'énergie.

Deux des nucléides au moins, ^{60}Co et ^{88}Y , présentent des émissions en coïncidence. Les pertes de comptage qui en résultent doivent être prises en compte; elles dépendent de la géométrie de mesure. Dans un document [2] accompagnant le certificat, des facteurs de correction sont proposés, valables pour la géométrie conseillée par la SUEP à son réseau de surveillance. Sur demande, l'IRA-OFMET peut évaluer des facteurs de correction pour d'autres géométries.

4. Préparation de la solution de référence

L'IRA-OFMET possédait en stock les activités nécessaires en ^{57}Co , ^{137}Cs et ^{60}Co . Les trois autres radionucléides, de période plus courte, ont été achetés pour cette campagne auprès de fournisseurs étrangers.

Une fraction de chaque solution d'origine, éventuellement après dilution, est tout d'abord conditionnée dans une ampoule standard dont l'activité est mesurée dans la chambre d'ionisation de référence (CIR) de l'IRA-OFMET, elle-même rattachée au système international de référence (SIR) du Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) pour les nucléides considérés [3]. La date de référence est fixée au 1er juillet 2000 00h00 TEC.

Une solution multinucléide concentrée est ensuite fabriquée en prélevant, par pesée, tout ou partie du contenu des ampoules ci-dessus. A la date de référence, l'incertitude-type s_c sur la concentration radioactive de chacun des nucléides est la suivante :

	^{109}Cd	^{57}Co	^{139}Ce	^{137}Cs	^{88}Y	^{60}Co
s_c [%]	0.55	0.31	0.33	0.17	0.41	0.20

Enfin, les solutions destinées aux participants sont constituées en prélevant pour chacun d'eux une masse voisine de 150 mg de la solution multinucléide concentrée, masse que l'on porte à environ 1000 g par dilution dans une solution acide d'entraîneur (composition : HCl 0.1N avec 20 mg/g CdCl_2 , CoCl_2 , CeCl_3 , CsCl , YCl_3). Ces solutions sont conditionnées dans des bouteilles en polyéthylène d'un litre (modèle Semadeni 0117), numérotées MIX-551 à MIX-568 (réserve : MIX-569 et MIX-570); l'étanchéité est assurée en enduisant le bouchon d'une colle au cyanoacrylate. Dans la suite de ce rapport, les participants sont identifiés par le numéro de leur solution.

Chaque participant reçoit donc une solution personnalisée. Les grandeurs certifiées sont la masse totale (voisine de 1000 g) au moment de la fabrication de la solution (31.05.2000), et l'activité de chaque nucléide à la date de référence (voir annexe D). On déduit de ces valeurs des concentrations radioactives comprises entre 0.8 et 20 Bq/g selon le nucléide. Ce sont ces concentrations

radioactives qui doivent être déterminées par les participants (voir la copie du questionnaire dans l'annexe B).

5. Contrôles

5.1 Pureté radionucléidique

La pureté radionucléidique des trois nucléides achetés pour cette campagne (^{109}Cd , ^{139}Ce et ^{88}Y) a été contrôlée en mai 2000. Aucune impureté significative n'a été mise en évidence. La pureté des autres nucléides (^{57}Co , ^{137}Cs et ^{60}Co) avait été déterminée antérieurement.

5.2 Activités délivrées (test de reproductibilité)

Avant la livraison, toutes les bouteilles ont été mesurées en comptage intégral au moyen d'un détecteur NaI(Tl) de gros volume. Le seuil de comptage est 45 keV. Pour vérifier la stabilité et l'aspect poissonnien des comptages, le résultat de la mesure d'une bouteille est la moyenne de 100 mesures de 10 s. Le taux de comptage par unité de masse de la solution devrait être constant. On trouvera à l'annexe E les valeurs T du taux par unité de masse, normalisé par la moyenne des 20 sources. La fluctuation correspond à la statistique des mesures et à l'erreur liée au centrage de la bouteille sur le détecteur. L'écart maximum à la moyenne est de 0.36%.

5.2 Masses délivrées (évaluation de la perte par évaporation)

Chaque bouteille, étiquetée et bouchon collé c'est-à-dire prête à la livraison, est pesée une fois le 31 mai, une seconde le 8 juin. De ces deux mesures on a estimé la masse perdue par évaporation : elle est de (0.041 ± 0.007) g (limite haute), soit 0.05% pour 100 jours.

6. Equipements et méthodes des laboratoires

Le questionnaire (annexe B) accompagnant la solution comportait des questions relatives aux équipements et aux méthodes. Les réponses sont présentées dans l'annexe C, elles sont classées par ordre alphabétique des sigles des laboratoires.

6.1 Détecteurs

Dans la colonne 'Détecteur' est indiqué le détecteur ayant servi à obtenir le résultat du laboratoire. Dans un cas, le laboratoire a utilisé quatre détecteurs et fourni autant de résultats. Ces 21 détecteurs se répartissent ainsi :

9	HpGe	type p
4	HpGe	type n
2	HpGe	type non défini
3	HpGe à puits	type p
2	HpGe à puits	type non défini
1	HpGe planar	type n

Les détecteurs à puits et le détecteur planar sont ceux de l'EAWAG, de l'EIG et de l'Institut Forel.

L'efficacité est indiquée pour 17 d'entre eux; les valeurs extrêmes sont 20% et 50%; la valeur moyenne est 28% environ.

Les détecteurs ont été mis en service entre 1981 et 1997. Les fabricants des détecteurs se répartissent entre PGT-Canberra (9), Intertechnique-Eurisys-Enertec (7), Ortec (4), non défini (1).

6.2 Logiciels

Quinze laboratoires utilisent les produits d'Intertechnique : Intergamma (3) et son successeur Interwinner (12). Deux laboratoires utilisent le produit de Canberra (Genie2000) et un celui d'Ortec (GammaVision).

6.3 Géométries

Sous le titre 'Géométrie utilisée', on entend la géométrie dans laquelle le résultat rapporté a été obtenu. Deux laboratoires ont utilisé trois géométries : l'un a fourni autant de résultats, l'autre n'en a fourni qu'un seul, obtenu sans doute en combinant les résultats déterminés avec chacune des géométries. L'un des détecteurs à puits a été utilisé comme un détecteur conventionnel (récipient posé sur le capot).

En excluant les autres détecteurs à puits et le détecteur planar, les géométries se répartissent comme suit:

6	500 ml	Semadeni 1742 (KUeR standard)
4	500 ml	Semadeni 0895 (IRA-OFMET standard)
2	1000 ml	AC standard
2	200 ml	
1	450 ml	Marinelli
1	50 ml	
1	40 ml	Semadeni 1712
1	1000 ml	Kautex Weithalsflasche
1	1000 ml	Semadeni 0117 (bout. de livraison)
1	non défini	

Dans trois cas (une fois avec le récipient Semadeni 1742, une fois avec le récipient AC standard, une fois avec un récipient de 200 ml), la source a été placée à une certaine distance du capot du détecteur, réduisant ainsi l'importance des pertes par sommation.

Avec les détecteurs à puits, on utilise des tubes (diamètres 10 et 16 mm, volumes 3.5 à 10 ml); avec le détecteur planar, une boîte de 40 ml.

Sept laboratoires indiquent vouloir utiliser la solution de référence pour étalonner ou contrôler l'étalonnage de leur(s) détecteur(s) dans d'autres géométries.

6.4 Corrections de sommation

Désignées par Corsum dans l'annexe C, elles sont effectuées dans 6 cas. Dans 4 cas, aucune indication n'est donnée. Dans les 15 autres cas, aucune correction n'est effectuée. Il faut noter que pour les sources mesurées dans un puits, les sommations sont très

importantes, et l'on doit en principe utiliser un étalonnage spécifique pour chacun des nucléides.

6.5 Etalonnages

L'origine des étalons utilisés est diverse : Amersham/AEA Technology (5), LPRI/DAMRI (3), PTB (3), IRA-OFMET (3), IAEA (2), sans indication (4). L'étalonnage le plus ancien a été effectué en 1987, le plus récent en 2000.

6.6 Comparaison avec 1993

Des 16 laboratoires qui avaient pris part à la campagne de 1993, 13 ont participé cette année; les laboratoires nouveaux sont le CERN, l'EIG, l'EAWAG, l'Institut Forel, et le KL Bern. Il est intéressant de comparer la situation à sept ans d'intervalle.

Dans cinq cas, la personne directement concernée est la même en 1993 et en 2000.

Huit laboratoires ont utilisé le même détecteur lors des deux campagnes. La distribution des marques ne s'est guère modifiée.

Concernant les logiciels, le produit d'Intertechnique est toujours en tête. Des 13 laboratoires qui ont participé aux deux campagnes, 3 ont conservé Intergamma, 7 ont passé d'Intergamma à Interwinner, 2 de Canberra (Spectran) à Interwinner, et un d'Ortec (Minigam) à Interwinner. Un seul laboratoire a conservé sa fidélité à Canberra, en passant du Spectran à Genie2000.

En 1993, le récipient 500 ml Semadeni 1742 (KUeR standard) était pratiquement commun à tous les laboratoires. En 2000 il a été utilisé dans 6 cas, alors que dans 4 autres on lui a préféré le récipient Semadeni 0895, de même capacité mais mieux défini géométriquement.

7. Résultats et analyse

7.1 Généralités

En considérant qu'un laboratoire a fourni 4 résultats (un par détecteur), et qu'un autre en a fourni 3 (un par géométrie), il y a au total 23 résultats individuels. Le premier laboratoire cité a utilisé 3 détecteurs à puits, pour lesquels il n'a donné de résultats que pour deux des nucléides (ceux pour lesquels il disposait d'un étalonnage); dans le cas du détecteur planar, il ne donne, pour quatre des nucléides, qu'une estimation de la concentration.

Pour l'évaluation, les résultats multiples ont été combinés (moyenne simple, l'incertitude associée étant deux fois l'écart-type de la moyenne). Il y a donc un résultat par laboratoire (identifié par son numéro de solution), soit 108 valeurs de concentrations avec leurs incertitudes. Les valeurs mesurées figurent dans l'annexe F, en regard des valeurs de référence.

7.2 Grandeurs d'évaluation

On a calculé, pour chaque valeur, le rapport

$$R = (\text{concentration mesurée}) / (\text{concentration de référence})$$

ainsi que l'incertitude élargie $2s_R$ (facteur d'élargissement $k=2$), où s_R est l'incertitude-type composée, combinaison de l'incertitude s_{c_mes} sur la concentration mesurée c_mes (indiquée par le laboratoire) et de l'incertitude s_{c_ref} sur la concentration de référence c_ref .

L'incertitude s_{c_ref} sur la concentration de référence s'obtient par combinaison de l'incertitude sur la masse (au 31.05.2000) et de l'incertitude sur l'activité (voir l'annexe D). L'incertitude élargie $2s_{c_ref}$ est

	¹⁰⁹ Cd	⁵⁷ Co	¹³⁹ Ce	¹³⁷ Cs	⁸⁸ Y	⁶⁰ Co
2s _{c_ref} [%]	1.1	0.66	0.68	0.40	0.84	0.44
~c_ref [Bq.g ⁻¹]	17.8	0.791	0.967	7.89	4.20	4.34
~2s _{c_ref} [Bq.g ⁻¹]	0.2	0.005	0.006	0.03	0.03	0.02

où ~c_ref est la concentration moyenne livrée, et ~2s_{c_ref} la valeur absolue de l'incertitude élargie de ~c_ref.

Le rapport R, ou sous une autre forme la déviation R-1 exprimée en %, est une première manière d'évaluer un résultat. On trouvera les valeurs de R dans le tableau de l'annexe G et, sous forme graphique, dans l'annexe I (par laboratoire), dans l'annexe J (par nucléide) et dans l'annexe K (tous les résultats). Dans tous les cas, ce sont les incertitudes élargies (k=2) qui sont mentionnées.

Un second paramètre utile pour évaluer un résultat est la déviation normée, définie par la relation

$$u = |c_{mes} - c_{ref}| / \sqrt{s_{c_{mes}}^2 + s_{c_{ref}}^2}$$

qui peut s'écrire

$$u = |R-1| / S_R$$

On trouvera les valeurs de u dans le tableau de l'annexe H. 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 degré de liberté augmente). Les critères suivants sont généralement admis :

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

7.3 Situation par nucléide

La moyenne des déviations par nucléide a été calculée (annexe G). En classant les nucléides par valeurs croissantes de cette grandeur, on obtient : ^{88}Y (-0.6%), ^{139}Ce (+2.2%), ^{109}Cd (+2.4%), ^{60}Co (+2.6%), ^{137}Cs (+2.9%) et ^{57}Co (+4.5%). La déviation maximum (27%) est observée pour ^{139}Ce ; la déviation minimum (-28%), pour ^{88}Y . La mauvaise position du ^{57}Co peut s'expliquer par le fait que la courbe d'efficacité est très 'pointue' à cette énergie.

La dispersion de R pour un même nucléide, mesurée par l'écart-type relatif des 18 valeurs, se situe entre 5.2% et 10.9%. On distingue deux groupes : ^{109}Cd , ^{137}Cs et ^{60}Co (écart-type relatif voisin de 6%); ^{57}Co , ^{139}Ce et ^{88}Y (écart-type relatif voisin de 10%).

Si l'on s'intéresse à la moyenne ainsi qu'à la moyenne quadratique des déviations normées (annexe H), on a, en classant les nucléides par valeurs croissantes de cette dernière grandeur: ^{109}Cd (1.1), ^{57}Co (1.2), ^{139}Ce (1.5), ^{88}Y (1.5), ^{137}Cs (2.0) et ^{60}Co (2.7). Le mauvais 'classement' du ^{137}Cs et du ^{60}Co étonne, ces nucléides étant souvent rencontrés; le fait a déjà été observé par ailleurs [4]. Quant au ^{57}Co , son meilleur rang indique que les participants ont tenu compte, dans l'incertitude rapportée, de la difficulté mentionnée plus haut; cette remarque est également valable pour ^{109}Cd , dont l'énergie correspond à une région où la courbe d'efficacité est très raide.

7.4 Situation par laboratoire

La déviation moyenne par laboratoire (annexe G) s'étend de -10.3% à +15.4%. Onze laboratoires (sur 18) ont une déviation moyenne inférieure (en valeur absolue) à 5%, et six (soit le tiers), une déviation moyenne inférieure (en valeur absolue) à 1%. Cette situation peut être considérée comme très satisfaisante.

La dispersion de R pour un même laboratoire, mesurée par l'écart-type relatif des 6 valeurs, se situe entre 0.9% et 14.4%.

La moyenne des déviations de tous les laboratoires est de +2.3%. En 1993 lors de la campagne avec ^{152}Eu [1], cette moyenne était de -2.1%.

En analysant les déviations normées (annexe H), et en s'appuyant sur les critères indiqués plus haut, on observe que dans 52 cas sur 108, la valeur mesurée et la valeur de référence ne diffèrent probablement pas de manière significative; dans 39 cas, la différence doit être considérée comme significative. Pour ces 39 résultats, l'évaluation de l'incertitude de mesure n'est pas satisfaisante.

Trois laboratoires rapportent des valeurs qui, toutes, peuvent être considérées comme probablement égales, à l'incertitude près, aux valeurs de référence. Cinq laboratoires présentent quatre ou cinq valeurs qui doivent être considérées comme significativement différentes des valeurs de référence.

7.5 Commentaires

Une tentative a été faite de mettre en relation la déviation moyenne par laboratoire avec l'équipement et les méthodes utilisées (type de détecteur, géométrie, logiciel, application de corrections pour les sommations, fournisseur de l'étalon). La taille des échantillons ainsi obtenus est cependant trop faible pour extraire de ces groupements des conclusions significatives.

L'exigence de confidentialité des résultats, posée a priori, ne facilite pas la rédaction du rapport. On a pris le parti d'identifier les équipements et les méthodes, dans le but de faciliter les contacts entre laboratoires, ceci au détriment de commentaires utiles, concernant par exemple les mesures faites avec une source dans un puits, ou placée à une certaine distance du capot du détecteur.

La leçon principale que l'on peut tirer de l'analyse des résultats est qu'il convient d'attribuer plus d'importance à l'évaluation de l'incertitude de mesure. Dans la règle, on ne peut pas se contenter de l'incertitude calculée par le logiciel, ni de l'écart-type de la moyenne de plusieurs mesures.

Quant à la manière d'exprimer le résultat et son incertitude, elle laisse souvent à désirer, comme on peut le voir dans le tableau de l'annexe F.

On trouvera les règles pour l'évaluation et l'expression de l'incertitude de mesure dans la référence [5].

8. Conclusion

La présente campagne a permis aux laboratoires suisses concernés par la mesure de la radioactivité dans l'environnement d'évaluer leur aptitude à mesurer l'activité des radionucléides émetteurs gamma; à ce titre, elle s'inscrit dans une succession d'opérations organisées par l'IRA-OFMET [1] ou par l'IRA [6,7,8]. La solution radioactive de référence fournie a pu être utilisée, si nécessaire, pour améliorer l'étalonnage de leur équipement, ou en réaliser de nouveaux.

Les informations contenues dans ce rapport donnent à chaque participant le moyen d'examiner selon différents critères la qualité de ses résultats, de se situer dans l'ensemble des laboratoires, et d'entreprendre d'éventuelles actions correctives. Au plan des équipements et des méthodes, il est espéré que des contacts directs entre participants pourront être noués avec profit.

Il n'existe pas, dans le domaine de la surveillance de la radioactivité dans l'environnement, d'exigences réglementaires relatives à l'exactitude des mesures. Le panorama que cette campagne permet de dresser montre qu'au plan de la radioprotection, la situation en Suisse est satisfaisante. Néanmoins, une plus grande attention doit être portée à l'évaluation de l'incertitude de mesure.

Les auteurs remercient la Section de surveillance de la radioactivité pour son soutien, et tous les participants pour leur active collaboration.

Références

- [1] M.Décombaz et J.-J.Gostely, *Campagne de calibration ^{152}Eu /1993*, Rapport IRA-OFMET, décembre 1993.
- [2] M.Décombaz, *Note for users of the mixed-radionuclide solution*, IRA-OFMET/md001011.
- [3] *BIPM key comparison database*,
see : http://www.bipm.fr/enus/8_Key_Comparisons/key_comparisons.html
choose : The BIPM key comparison database
next : Metrology Area -> Ionizing radiation
and : Laboratory -> IRA (former IER)
- [4] J.C.J.Dean and al., *Environmental Radioactivity Intercomparison Exercise 1996*, NPL Report CIRM 3, July 1997.
- [5] *Guide to the expression of uncertainty in measurement*, ISO 1993, ISBN 92-67-10188-9.
- [6] J.-F.Valley, J.-J.Geering, M.Décombaz, J.-J.Gostely, H.Voelkle, *Intercomparaison de terre contaminée par du césium radioactif*, Rapport IRA, 1994.
- [7] J.-F.Valley, J.-J.Geering, M.Décombaz, H.Voelkle, C.Wastiel, *Intercomparaison de la mesure d'activité d'un lait contaminé*, Rapport IRA, novembre 1995.
- [8] T.Buchillier, C.Wastiel, H.Voelkle, J.-F.Valley, *Intercomparaison de la mesure d'activité d'herbe contaminée en cas d'accident*, Rapport IRA, août 1997.

IRA

Institut universitaire de
radiophysique appliquée

OFMET

Office fédéral de métrologie

Campagne 2000

auprès des laboratoires suisses
mesurant la radioactivité
dans l'environnement

Annexes

Rapport IRA-OFMET 001218

Lausanne, décembre 2000

Laboratoire	Téléphone
Adresse	Fax
Personne concernée	E-mail
AC Labor Spiez Zentrale Analytik und Radiochemie	033 228 1636 / 1400 033 228 1402
3700 Spiez Herr Ernst Schmid	ernst.schmid@gr.admin.ch
CERN TIS Section Environnement	022 767 3893 022 767 9360
1211 Genève 23 Monsieur Pavol Vojtyla	pavol.vojtyla@cern.ch
CRN Nestec SA Centre de Recherche Nestlé Vers-chez-les-Blanc 1000 Lausanne 26 Monsieur Alain Pittet	021 785 9309 021 785 8553 alain.pittet@rdls.nestle.com
EAWAG Ueberlandstrasse 133 8600 Dübendorf Dr Jürg Beer	01 823 5111 01 823 5210 beer@eawag.ch
EIG Ecole d'ingénieurs de Genève Lab. de phys.nucléaire 4, rue de la Prairie 1202 Genève Monsieur Gilles Triscone	022 338 0526 / 0527 022 338 0410 triscone@eig.unige.ch
HSK Sektion MER	056 310 3970 056 310 3907
5232 Villigen HSK Herr Schibli	schibli@hsk.psi.ch
Institut F.-A. Forel 10, rte de Suisse 1290 Versoix Monsieur Jean-Luc Loizeau	022 950 9213 022 755 1382 jean-luc.loizeau@terre.unige.ch
Kantonaies Laboratorium Kunsthausweg 50 5000 Aarau Madame Claudine Bajo	062 835 3022 062 835 3049 claudine.bajo@ag.ch
Kantonaies Laboratorium Kannenfeldstrasse 2 4012 Basel-Stadt Frau Verena Figueiredo	061 385 2518 061 385 2509 verena.figueiredo@bs.ch

Laboratoire	Téléphone
Adresse	Fax
Personne concernée	E-mail
Kantonaies Laboratorium Bern Muesmattstrasse 19 3013 Bern Dr U. Vögeli / Herr P.Bonetti	031 633 1111 031 633 1199 sekr.kantlab@gef.be.ch
Chemisches Laboratorium Planaterrastrasse 11 7001 Chur Herr Otmar Deflorin	081 257 2680 081 257 2149 otmar.deflorin@klgr.gr.ch
Kantonaies Laboratorium Spannerstrasse 20 8510 Frauenfeld Dr Hans Guggisberg	052 724 2264 052 724 2905 hans.guggisberg@klf.tg.ch
Kantonaies Laboratorium Luzern Vonmattstrasse 16 6002 Luzern Herr Thomas Kaufmann	041 248 8405 041 248 8424 thomas.kaufmann@kla.gsd.lu.ch
Kantonaies Amt für Lebensmittelkontrolle Blarerstrasse 2 9001 St-Gallen Herr Paul Zäch	071 229 2800 071 229 2801 paul.zaech@gd-lmk.sg.ch
Kantonaies Laboratorium Zürich Fehrenstrasse 15 8032 Zürich Dr E. Gisler	01 252 5654 01 252 4753 klzh@bluewin.ch
PSI Abteilung für Strahlenhygiene und Entsorgung 5232 Villigen PSI Dr Jost Eikenberg	056 310 2340 056 310 2309 jost.eikenberg@psi.ch
SUeR Section Surveillance de la Radioactivité Chemin du Musée 3 1700 Fribourg Dr Heinz Surbeck	026 300 9167 / 9160 026 300 9743 heinz.surbeck@mbox.bag.admin.ch
SUVA Bereich Physik Rösslimattstrasse 39 6003 Luzern Herr Andreas Werthmüller	041 419 5437 041 419 6213 andreas.werthmueller@suva.ch

QUESTIONNAIRE

Nous vous prions de bien vouloir remplir ce questionnaire et le faire parvenir d'ici au 30 septembre 2000 à l'Institut de radiophysique appliquée, Grand-Pré 1, 1007 Lausanne. Si vous effectuez des mesures dans des géométries ou avec des équipements différents, remplir un questionnaire par équipement. Nous vous en remercions par avance.

A/ Résultat de la mesure

Identification de la solution (par exemple: MIX-573) :

Date(s) et durée(s) de la (des) mesures :

.....

Concentrations radioactives à la date du 01-07-2000 00h00 TEC (MEZ):
(Ces résultats seront traités confidentiellement)

^{109}Cd}	.....	±	.....	Bq/g
^{57}Co}	.....	±	.....	Bq/g
^{139}Ce}	.....	±	.....	Bq/g
^{137}Cs}	.....	±	.....	Bq/g
^{88}Y}	.....	±	.....	Bq/g
^{60}Co}	.....	±	.....	Bq/g

Pour évaluer l'incertitude, prière de se conformer aux recommandations internationales (cf. Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, ISO 1993, ISBN 92-67-10188-9; ISO: Varembe 1, case postale, 1211 Genève 20) et d'utiliser un facteur d'élargissement $k=2$ (Erweiterungsfaktor $k=2$).

B/ Description de l'équipement utilisé

Détecteur et type
(par exemple : ORTEC modèle GEM-25195, p-type) :

.....

Année de mise en fonction :

Efficacité nominale (relative à ^{60}Co 1.33 MeV) :%

Logiciel d'évaluation
(par exemple: INTERGAMMA version 5.3) :

.....

Laboratoire	Téléphone
Adresse	Fax
Personne concernée	E-mail
Kantonaies Laboratorium Bern Muesmattstrasse 19 3013 Bern Dr U. Vögeli / Herr P.Bonetti	031 633 1111 031 633 1199 sekr.kantlab@gef.be.ch
Chemisches Laboratorium Planaterrastrasse 11 7001 Chur Herr Otmar Deflorin	081 257 2680 081 257 2149 otmar.deflorin@klgr.gr.ch
Kantonaies Laboratorium Spannerstrasse 20 8510 Frauenfeld Dr Hans Guggisberg	052 724 2264 052 724 2905 hans.guggisberg@klf.tg.ch
Kantonaies Laboratorium Luzern Vonmattstrasse 16 6002 Luzern Herr Thomas Kaufmann	041 248 8405 041 248 8424 thomas.kaufmann@kla.gsd.lu.ch
Kantonaies Amt für Lebensmittelkontrolle Blarerstrasse 2 9001 St-Gallen Herr Paul Zäch	071 229 2800 071 229 2801 paul.zaech@gd-lmk.sg.ch
Kantonaies Laboratorium Zürich Fehrenstrasse 15 8032 Zürich Dr E. Gisler	01 252 5654 01 252 4753 klzh@bluewin.ch
PSI Abteilung für Strahlenhygiene und Entsorgung 5232 Villigen PSI Dr Jost Eikenberg	056 310 2340 056 310 2309 jost.eikenberg@psi.ch
SUeR Section Surveillance de la Radioactivité Chemin du Musée 3 1700 Fribourg Dr Heinz Surbeck	026 300 9167 / 9160 026 300 9743 heinz.surbeck@mbox.bag.admin.ch
SUVA Bereich Physik Rösslimattstrasse 39 6003 Luzern Herr Andreas Werthmüller	041 419 5437 041 419 6213 andreas.werthmueller@suva.ch

Géométrie utilisée pour cette mesure (le récipient est supposé reposer sur le détecteur; sinon, préciser la distance) :

- 500 ml Semadeni 1742 (KUEr standard) oui/non
- 500 ml Semadeni 0895 ($^{152}\text{Eu}/1993$) oui/non
- autre (*préciser, par exemple: boîte cylindrique, diamètre/hauteur/volume de la source = 52mm/30mm/64cm³*) :

.....

.....

Quand et comment l'étalonnage a-t-il été effectué
(*par exemple: octobre 1990, avec PTB-Standardmischlösung 90-637*) :

.....

Avez-vous appliqué un facteur de correction pour tenir compte des sommations (zerfallsschemaabhängige Summationskorrektion) ? oui/non

C/ Commentaires libres

Avez-vous l'intention d'utiliser cette solution pour étalonner une ou plusieurs nouvelles géométries ? Si oui, les décrire.
(*Le certificat relatif à cette solution vous parviendra au mois d'octobre*)

.....

.....

.....

Autres remarques :

.....

.....

.....

.....

Laboratoire :

Date : Signature :

Laboratoire	Date des mesures et durée	Détecteur	Mise en fonction	e%	Logiciel Corsum	Géométrie utilisée	Etalonnage	Géométries envisagées
ACLS Spiez	31/08/00 60'000 s	HpGe type n Canberra GR 2019-7500 S	1988	23.7	Genie ACLS version 01/09/00 non	1000 ml AC standard Ø=172 mm, h=43 mm distance 6 cm	1994 LMRI mixed nuclides M3	
CERN TIS Genève	06/07/00 30'000 s	HpGe type p Canberra GC5019	1997	50	Genie 2000 1.0A non	500 ml Semadeni 1742	1999 CEA Standard	
CRN Lausanne	05/07/00 3'600 s	HpGe type p Canberra	1987	20	Intergamma 5.3C non	500 ml Semadeni 1742	1998 PTB-Standard Mischlösung QCYB41	
EAWAG Dübendorf	août 2000	HpGe puits	1991	~30	Interwinner 4.0	10 ml tube Ø=16 mm	2000 Amersham QCY54	
EIG Genève	31/07-18/09/00 60'000 s 18 mesures	HpGe type p well coax Eurisys EGPC 155-P-15	1997	32	Interwinner 4.0 oui	50 ml Ø=39 mm, h=73mm	2000 DAMRI Eu-152 IRA-OFMET I-131	500 ml Marinelli 1 L cryotube

Laboratoire	Date des mesures et durée	Détecteur	Mise en fonction	e%	Logiciel Corsum	Géométrie utilisée	Etalonnage	Géométries envisagées
HSK Villigen	20/06-27/06/00 54'000 s	HpGe type p PGT Model IGC 22	1987	22.2	Interwinner 4.1	proche du détecteur, récipient d'origine (interprétation : Semadeni 0117 1L)	1996 PTB-Standard Mischlösung 96-484	
Institut Forel Versoix 1. premier détecteur	20/08/00 85'066 s	HpGe type p well coax Ortec GWL-120230	1992		GammaVision 5.10 non	5.9 ml tube en verre Ø=12 mm, h=50 mm	2000 Amersham Co-60 CKZ72 1997 IAEA Cs-137 soil-6	
Institut Forel Versoix 2. deuxième détecteur	23/08-08/09/00 31'000-83'000 s 4 mesures	HpGe type p well Ortec GWL-110230	1985		idem non	idem	idem	
Institut Forel Versoix 3. troisième détecteur	17/08-22/09/00 16'000 - 63'000 s 4 mesures	HpGe well coax PGT Canberra Model IGBL 25	1981		idem non	3.5 ml tube en verre Ø=10 mm, h=50 mm	idem	
Institut Forel Versoix 4. quatrième détecteur	17/08-22/09/00 16'000 - 63'000 s 4 mesures	HpGe type n coax plat fenêtre Be Ortec GMX-50220-S	1981	57.8	idem non	40 ml Ø=65 mm, h=16 mm	2000 Amersham Co-60 CKZ72 autres : Pb-210, Be-7,Mn-54	

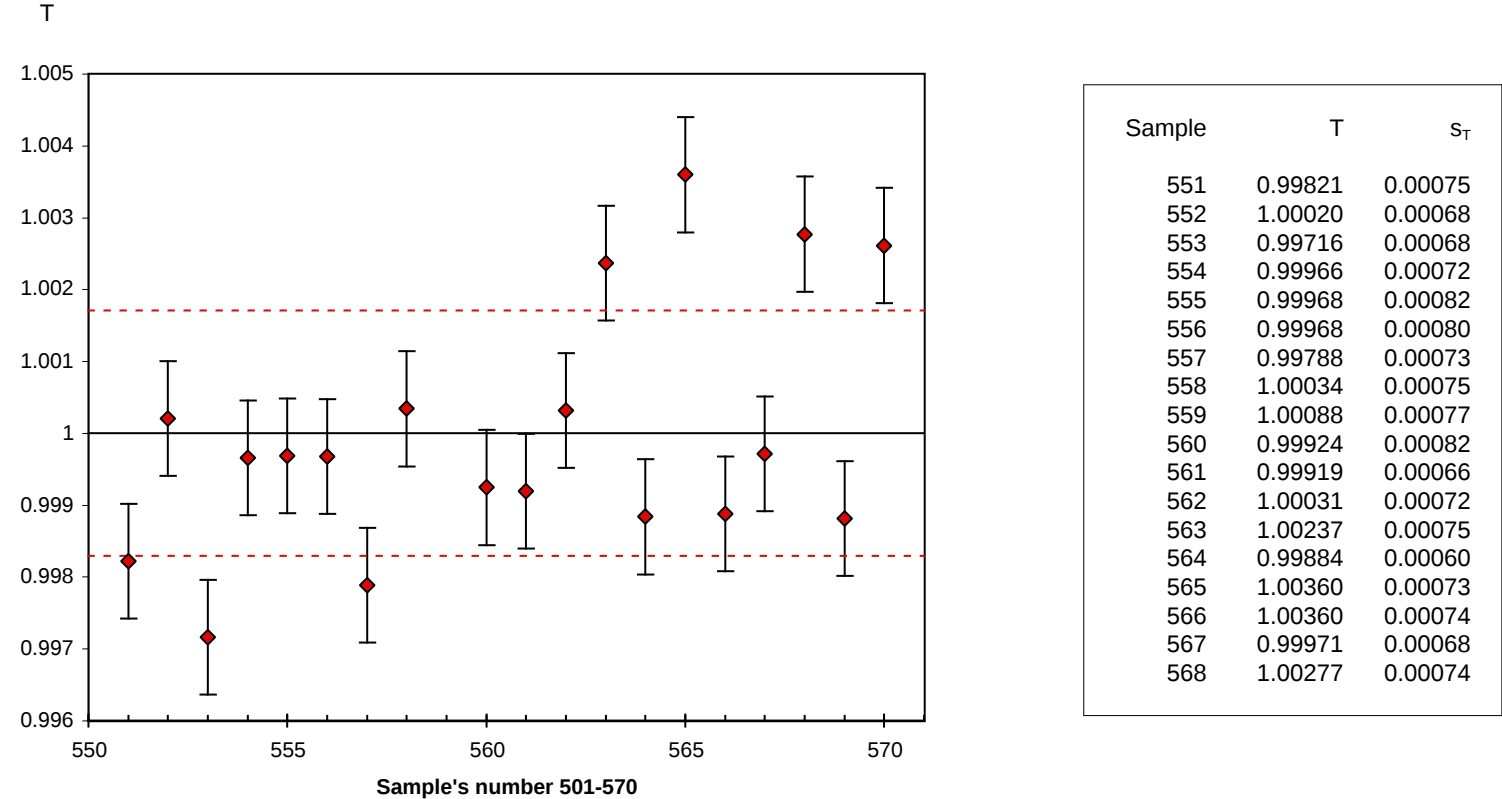
Laboratoire	Date des mesures et durée	Détecteur	Mise en fonction	e%	Logiciel Corsum	Géométrie utilisée	Etalonnage	Géométries envisagées
KL Aarau	30/06/00 21'500 s	HpGe type p PGT Model IGC 27	1989	27.7	Interwinner 4.1 non	500 ml Semadeni 0895	2000 IRA-OFMET 1993 Eu-152 standard	divers volumes et distances
KL Basel-Stadt 1. première géométrie	16/06/00-20/06/00 5'000 - 265'000 s 4 mesures	HpGe type p coax Eurisys EGPC 28-180-R	1998	28	Interwinner 4.1 non	500 ml Semadeni 0895	1998 Amersham QCY48	
KL Basel-Stadt 2. deuxième géométrie	26/06/00-29/06/00 4 mesures de 1 h	idem	idem	idem	idem	'200 ml' Ø=50 mm, h=10 mm	idem	
KL Basel-Stadt 3. troisième géométrie	26/06/00-29/06/00 4 mesures de 2 h	idem	idem	idem	idem	'200 ml' Ø=50 mm, h=10 mm distance 9.5 cm	idem	
KL Bern	11/07-12/07/00 3 mesures de 8 h	HpGe type p Enertec EGPC20	1986	20.6	Interwinner 4.1 oui	1000 ml AC standard Ø=172 mm, h=43 mm	1987	boîte de 53.2 ml

Laboratoire	Date des mesures et durée	Détecteur	Mise en fonction	$\epsilon\%$	Logiciel Corsum	Géométrie utilisée	Etalonnage	Géométries envisagées
KL Chur	16/06/00 24 h 19/06/00 24 h	HpGe Intertechnique EGPC20	1990		Interwinner 4.1 non			
KL Frauenfeld	12/07/00 150'000 s	HpGe type p Ortec GEM-20180	1989	~20	Interwinner 4.1 oui	500 ml Semadeni 0895		
KL Luzern	16/06/00	HpGe type n Intertechnique EGPC 25	1990	25	Interwinner 4.0 non	500 ml Semadeni 1742	1994	
KL St-Gallen	20/07/00 425'211 s	HpGe type p Canberra Model 2081C	1988	20	Interwinner 4.0	500 ml Semadeni 1742	1999 IRA-OFMET 1993 Eu-152 standard	Semadeni 0117 1L Semadeni 1742 330 ml KLSG
KL Zürich 1. première géométrie	16/06/00 317'000 s 30/06/00 336'000 s	HpGe PGT Canberra Model IGC 25	1989	25.3	Intergamma 5.45 oui	500 ml Semadeni 1742	1995 PTB-Standard Mischlösung 94-661	Semadeni 1741-1744 différents volumes

Laboratoire	Date des mesures et durée	Détecteur	Mise en fonction	e%	Logiciel Corsum	Géométrie utilisée	Etalonnage	Géométries envisagées
KL Zürich	20/06/00 167'000 s 27/06/00 247'000 s	idem	idem	idem	idem	500 ml Semadeni 0895	idem	
2. deuxième géométrie								
KL Zürich	22/06/00 412'000 s 04/07/00 593'000 s	idem	idem	idem	idem	450 ml Marinelli	idem	
3. troisième géométrie								
PSI Villigen	16/06/00 20'000 s 26/06/00 72'000 s	HpGe type p PGT Canberra Model IGC 30	1988	40	Interwinner 4.1 non	1000 ml Kautex Weithalsflasche Ø=95 mm, h=160 mm	1996 Amersham QCY48	
SUeR Fribourg	12/07/00 4'000 s	HpGe type n Intertechnique EGNC20	1987	20.5	Interwinner 4.1 non	40 ml Semadeni 1712 Ø=64 mm, h=12 mm distance 2.5 mm	1987 IAEA RG-set corrections annuelles si nécessaire	Vérification pour Semadeni 1742 et Semadeni 1712 avec les autres détect.
SUVA Luzern	17/09/00 54'000 s	HpGe type n EGC 20 R	1989	35	Intergamma 5.45d	500 ml Semadeni 1742 distance 14 cm	2000 AEA Technology Reference source HA383	flac.scint. polyéth. 10 et 20 ml

Source	Type	Certificat	Masse [g]	2s [g]	109Cd [kBq]	2s [kBq]	57Co [kBq]	2s [kBq]	139Ce [kBq]	2s [kBq]	137Cs [kBq]	2s [kBq]	88Y [kBq]	2s [kBq]	60Co [kBq]	2s [kBq]
MIX-551	B1000	0005-51.0220	1001.0	0.2	18.9	0.2	0.842	0.007	1.028	0.007	8.39	0.03	4.47	0.04	4.61	0.02
MIX-552	B1000	0005-52.0221	1001.0	0.2	19.6	0.2	0.870	0.007	1.063	0.007	8.68	0.03	4.62	0.04	4.77	0.02
MIX-553	B1000	0005-53.0222	1001.0	0.2	20.0	0.2	0.889	0.007	1.086	0.007	8.86	0.03	4.72	0.04	4.87	0.02
MIX-554	B1000	0005-54.0223	1001.0	0.2	17.0	0.2	0.755	0.006	0.923	0.006	7.53	0.03	4.01	0.03	4.14	0.02
MIX-555	B1000	0005-55.0224	1001.0	0.2	17.0	0.2	0.757	0.006	0.925	0.006	7.55	0.03	4.02	0.03	4.15	0.02
MIX-556	B1000	0005-56.0225	1001.4	0.2	17.1	0.2	0.759	0.006	0.928	0.006	7.57	0.03	4.03	0.03	4.16	0.02
MIX-557	B1000	0005-57.0226	1001.0	0.2	16.8	0.2	0.748	0.006	0.914	0.006	7.46	0.03	3.97	0.03	4.10	0.02
MIX-558	B1000	0005-58.0227	1001.1	0.2	17.0	0.2	0.757	0.006	0.925	0.006	7.55	0.03	4.02	0.03	4.15	0.02
MIX-559	B1000	0005-59.0228	1001.0	0.2	17.9	0.2	0.798	0.006	0.974	0.006	7.95	0.03	4.23	0.03	4.37	0.02
MIX-560	B1000	0005-60.0229	1001.1	0.2	17.0	0.2	0.754	0.006	0.921	0.006	7.52	0.03	4.00	0.03	4.13	0.02
MIX-561	B1000	0005-61.0230	1001.2	0.2	17.5	0.2	0.780	0.006	0.952	0.006	7.77	0.03	4.14	0.03	4.27	0.02
MIX-562	B1000	0005-62.0231	1001.0	0.2	18.2	0.2	0.808	0.006	0.987	0.007	8.05	0.03	4.29	0.04	4.43	0.02
MIX-563	B1000	0005-63.0232	1001.9	0.2	17.6	0.2	0.782	0.006	0.955	0.006	7.79	0.03	4.15	0.03	4.28	0.02
MIX-564	B1000	0005-64.0233	1001.3	0.2	17.8	0.2	0.793	0.006	0.969	0.006	7.91	0.03	4.21	0.03	4.35	0.02
MIX-565	B1000	0005-65.0234	1001.0	0.2	17.7	0.2	0.789	0.006	0.963	0.006	7.86	0.03	4.19	0.03	4.32	0.02
MIX-566	B1000	0005-66.0235	1001.0	0.2	18.1	0.2	0.803	0.006	0.981	0.006	8.01	0.03	4.26	0.03	4.40	0.02
MIX-567	B1000	0005-67.0236	1001.0	0.2	18.3	0.2	0.812	0.006	0.992	0.007	8.10	0.03	4.31	0.04	4.45	0.02
MIX-568	B1000	0005-68.0237	1001.0	0.2	17.2	0.2	0.764	0.006	0.933	0.006	7.62	0.03	4.06	0.03	4.19	0.02

Contrôle des activités distribuées



T est le taux de comptage par unité de masse de la solution, normalisé par la moyenne des 20 sources, obtenu par comptage intégral (seuil 45 keV) sur un détecteur NaI(Tl) 5x5".

Concentrations de référence et concentrations mesurées [Bq.g⁻¹]

Nucléide	Cd-109		Co-57		Ce-139		Cs-137		Y-88		Co-60	
Solution	c	2s _c	c	2s _c	c	2s _c	c	2s _c	c	2s _c	c	2s _c
MIX-551	18.9	0.2	0.841	0.007	1.027	0.007	8.38	0.03	4.46	0.04	4.61	0.02
	19.12	0.50	0.942	0.047	0.957	0.051	9.237	0.044	4.627	0.030	4.706	0.030
MIX-552	19.6	0.2	0.869	0.007	1.062	0.007	8.67	0.03	4.62	0.04	4.77	0.02
	19.0	1.7	0.820	0.049	1.04	0.04	8.52	0.38	4.69	0.14	4.78	0.15
MIX-553	20.0	0.2	0.888	0.007	1.084	0.007	8.85	0.03	4.71	0.04	4.87	0.02
	19.8	1.2	0.868	0.033	1.100	0.047	8.78	0.21	4.620	0.097	4.810	0.077
MIX-554	17.0	0.2	0.754	0.006	0.922	0.006	7.52	0.03	4.00	0.03	4.14	0.02
	19.35	0.21	0.92	0.02	0.99	0.02	7.98	0.31	3.74	0.10	4.15	0.06
MIX-555	17.0	0.2	0.756	0.006	0.924	0.006	7.54	0.03	4.01	0.03	4.15	0.02
	18.2	0.8	0.778	0.025	0.915	0.028	7.93	0.20	4.22	0.14	4.77	0.13
MIX-556	17.1	0.2	0.758	0.006	0.926	0.006	7.56	0.03	4.03	0.03	4.16	0.02
	17.4	0.80	0.79	0.026	0.99	0.005	7.7	0.024	4.2	0.018	4.8	0.020
MIX-557	16.8	0.2	0.748	0.006	0.913	0.006	7.46	0.03	3.97	0.03	4.10	0.02
	16.45	1.34	0.731	0.041	0.904	0.062	7.06	0.471	3.77	0.163	3.93	0.169
MIX-558	17.0	0.2	0.756	0.006	0.924	0.006	7.54	0.03	4.01	0.03	4.15	0.02
	17.3	0.2	0.748	0.012	0.887	0.013	7.31	0.05	3.80	0.05	4.04	0.05
MIX-559	17.9	0.2	0.797	0.006	0.973	0.006	7.95	0.03	4.23	0.03	4.37	0.02
	19.0	0.7	0.779	0.011	0.995	0.016	8.02	0.11	4.09	0.05	4.20	0.05
MIX-560	17.0	0.2	0.753	0.006	0.920	0.006	7.51	0.03	4.00	0.03	4.13	0.02
	1.779E+01	8.904E-01	7.648E-01	7.187E-02	9.407E-01	7.241E-02	7.845E+00	8.820E-02	4.201E+00	6.241E-02	4.331E+00	6.241E-02
MIX-561	17.5	0.2	0.779	0.006	0.951	0.006	7.77	0.03	4.13	0.03	4.27	0.02
	19.1	0.8	0.78	0.03	0.94	0.02	7.58	0.15	3.96	0.10	4.31	0.10

Concentrations de référence et concentrations mesurées [Bq.g⁻¹]

Nucléide	Cd-109		Co-57		Ce-139		Cs-137		Y-88		Co-60	
Solution	c	2s _c	c	2s _c	c	2s _c	c	2s _c	c	2s _c	c	2s _c
MIX-562	18.2	0.2	0.807	0.006	0.986	0.007	8.05	0.03	4.28	0.04	4.42	0.02
	17.7	0.26	0.824	0.0084	0.997	0.0093	8.15	0.056	4.07	0.027	4.39	0.025
MIX-563	17.6	0.2	0.780	0.006	0.953	0.006	7.78	0.03	4.14	0.03	4.28	0.02
	17.7	0.7	0.77	0.03	0.96	0.04	7.8	0.2	4.15	0.09	4.33	0.09
MIX-564	17.8	0.2	0.792	0.006	0.968	0.006	7.90	0.03	4.20	0.03	4.34	0.02
	21.033	1.693	0.973	0.053	1.044	0.050	8.813	0.291	5.156	0.123	4.763	0.125
MIX-565	17.7	0.2	0.788	0.006	0.962	0.006	7.86	0.03	4.18	0.03	4.32	0.02
	18.26	0.19	0.781	0.004	0.961	0.005	7.872	0.040	4.144	0.040	4.274	0.090
MIX-566	18.1	0.2	0.802	0.006	0.980	0.006	8.00	0.03	4.26	0.03	4.40	0.02
	15.900	0.679	0.923	0.029	1.216	0.044	8.534	0.466	4.417	0.257	4.611	0.271
MIX-567	18.3	0.2	0.811	0.006	0.991	0.007	8.09	0.03	4.31	0.04	4.45	0.02
	17.2	1.1	0.77	0.04	0.74	0.04	8.25	0.52	3.12	0.22	4.45	0.30
MIX-568	17.2	0.2	0.763	0.006	0.932	0.006	7.61	0.03	4.05	0.03	4.18	0.02
	17.640	0.949	0.911	0.031	1.180	0.052	8.706	0.392	4.143	0.274	4.387	0.218

Les concentrations de référence, avec leur incertitude (k=2), sont indiquées **en caractères gras**.
En dessous, figurent les concentrations mesurées, avec l'incertitude associée (k=2), telles que rapportées par les participants.

Déviations

Nucléide	Cd-109		Co-57		Ce-139		Cs-137		Y-88		Co-60							
Solution	R	2S _R	R	2S _R	R	2S _R	R	2S _R	R	2S _R	R	2S _R	Moyenne	Ecart-type	Ecart-type de la moyenne	Dev_moy	Dev_max	Dev_min
MIX-551	1.011	0.029	1.120	0.057	0.932	0.050	1.102	0.006	1.037	0.011	1.021	0.008	1.037	0.068	0.030	+3.7%	+12.0%	-6.8%
MIX-552	0.971	0.088	0.943	0.057	0.979	0.038	0.983	0.044	1.016	0.031	1.003	0.032	0.982	0.025	0.011	-1.8%	+1.6%	-5.7%
MIX-553	0.991	0.061	0.978	0.038	1.014	0.044	0.992	0.024	0.980	0.022	0.988	0.016	0.991	0.013	0.006	-0.9%	+1.4%	-2.2%
MIX-554	1.140	0.018	1.219	0.028	1.074	0.023	1.060	0.041	0.934	0.026	1.004	0.016	1.072	0.100	0.045	+7.2%	+21.9%	-6.6%
MIX-555	1.070	0.048	1.029	0.034	0.991	0.031	1.052	0.027	1.051	0.036	1.151	0.032	1.057	0.053	0.024	+5.7%	+15.1%	-0.9%
MIX-556	1.020	0.048	1.042	0.035	1.069	0.009	1.018	0.005	1.043	0.010	1.155	0.007	1.058	0.051	0.023	+5.8%	+15.5%	+1.8%
MIX-557	0.978	0.080	0.978	0.055	0.990	0.068	0.947	0.063	0.950	0.042	0.959	0.041	0.967	0.017	0.008	-3.3%	-1.0%	-5.3%
MIX-558	1.014	0.017	0.989	0.018	0.960	0.016	0.969	0.007	0.946	0.014	0.974	0.013	0.975	0.024	0.011	-2.5%	+1.4%	-5.4%
MIX-559	1.060	0.041	0.978	0.016	1.022	0.018	1.009	0.014	0.967	0.014	0.961	0.012	1.000	0.038	0.017	-0.0%	+6.0%	-3.9%
MIX-560	1.050	0.054	1.015	0.096	1.022	0.079	1.044	0.012	1.051	0.018	1.049	0.016	1.038	0.016	0.007	+3.8%	+5.1%	+1.5%
MIX-561	1.090	0.047	1.002	0.039	0.988	0.022	0.976	0.020	0.958	0.025	1.010	0.024	1.004	0.046	0.021	+0.4%	+9.0%	-4.2%
MIX-562	0.975	0.018	1.021	0.013	1.012	0.012	1.013	0.008	0.950	0.010	0.993	0.007	0.994	0.027	0.012	-0.6%	+2.1%	-5.0%
MIX-563	1.008	0.041	0.987	0.039	1.007	0.042	1.003	0.026	1.002	0.023	1.012	0.021	1.003	0.009	0.004	+0.3%	+1.2%	-1.3%
MIX-564	1.180	0.096	1.228	0.068	1.079	0.052	1.116	0.037	1.226	0.031	1.097	0.029	1.154	0.066	0.030	+15.4%	+22.8%	+7.9%
MIX-565	1.030	0.016	0.991	0.009	0.999	0.008	1.002	0.006	0.991	0.013	0.990	0.021	1.000	0.015	0.007	+0.0%	+3.0%	-1.0%
MIX-566	0.881	0.039	1.150	0.037	1.241	0.046	1.067	0.058	1.037	0.061	1.048	0.062	1.071	0.121	0.054	+7.1%	+24.1%	-11.9%
MIX-567	0.942	0.061	0.949	0.050	0.747	0.041	1.020	0.064	0.724	0.051	1.000	0.068	0.897	0.129	0.058	-10.3%	+2.0%	-27.6%
MIX-568	1.027	0.056	1.194	0.042	1.265	0.056	1.144	0.052	1.023	0.068	1.048	0.052	1.117	0.100	0.045	+11.7%	+26.5%	+2.3%
Moyenne	1.024		1.045		1.022		1.029		0.994		1.026							
Ecart-type	0.070		0.094		0.111		0.053		0.095		0.057							
Ecart-type de la moyenne	0.017		0.023		0.027		0.013		0.023		0.014							
Dev_moy	+2.4%		+4.5%		+2.2%		+2.9%		-0.6%		+2.6%					+2.3%		
Dev_max	+18.0%		+22.8%		+26.5%		+14.4%		+22.6%		+15.5%							
Dev_min	-11.9%		-5.7%		-25.3%		-5.3%		-27.6%		-4.1%							

R = c_mes/c_ref est le rapport de la concentration mesurée à la concentration de référence, 2s_R l'incertitude correspondante (facteur d'élargissement k = 2).
Dev_moy = moyenne (R) - 1, Dev_max = max (R) - 1, Dev_min = min (R) - 1 sont les déviations moyenne, maximum et minimum, par ligne (n=6) respectivement par colonne (n=18).

Déviations normées

Nucléide	Cd-109	Co-57	Ce-139	Cs-137	Y-88	Co-60				
Solution	u	u	u	u	u	u	u_moyen	usq_moy	nb(u<=2.0)	nb(u>3.3)
MIX-551	0.7	4.3	2.7	31.5	6.8	5.5	8.6	5.5	1	4
MIX-552	0.7	2.0	1.1	0.8	1.0	0.2	1.0	0.5	6	0
MIX-553	0.3	1.2	0.7	0.7	1.8	1.4	1.0	0.5	6	0
MIX-554	15.9	15.5	6.5	2.9	5.1	0.5	7.7	4.0	1	4
MIX-555	2.9	1.7	0.6	3.9	2.9	9.5	3.6	1.9	2	2
MIX-556	0.8	2.4	15.5	7.7	9.0	46.3	13.6	8.4	1	4
MIX-557	0.6	0.8	0.3	1.7	2.4	2.0	1.3	0.6	5	0
MIX-558	1.6	1.2	5.1	8.6	7.8	4.1	4.7	2.2	2	4
MIX-559	2.9	2.8	2.5	1.3	4.6	6.4	3.4	1.6	1	2
MIX-560	1.8	0.3	0.6	7.2	5.7	6.2	3.6	1.9	3	3
MIX-561	3.8	0.1	1.1	2.4	3.3	0.8	1.9	1.0	3	1
MIX-562	2.8	3.2	2.0	3.3	9.9	2.2	3.9	1.9	1	1
MIX-563	0.4	0.7	0.3	0.2	0.2	1.2	0.5	0.2	6	0
MIX-564	3.8	6.8	3.0	6.2	14.6	6.6	6.8	3.2	0	5
MIX-565	3.9	1.8	0.3	0.7	1.4	1.0	1.5	0.8	5	1
MIX-566	6.1	8.1	10.5	2.3	1.2	1.6	5.0	2.5	2	3
MIX-567	1.9	2.0	12.5	0.6	10.7	0.0	4.6	2.8	4	2
MIX-568	1.0	9.3	9.4	5.6	0.7	1.8	4.6	2.4	3	3
u_moyen	2.9	3.6	4.2	4.9	4.9	5.4				
usq_moy	1.1	1.2	1.5	2.0	1.5	2.7				
nb(u<=2.0)	10	10	9	7	6	10			52	
nb(u>3.3)	5	5	6	7	9	7				39

u est la déviation normée, définie par le rapport $u = |R-1| / s_R$.

u_moyen est la moyenne de u , par ligne (n=6) respectivement par colonne (n=18).

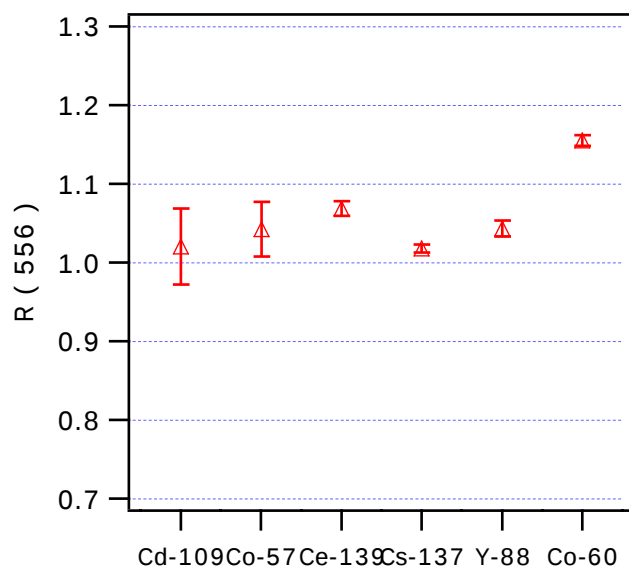
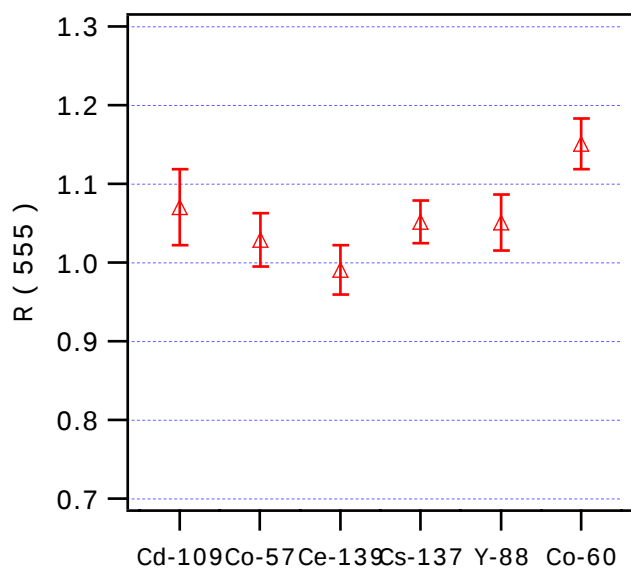
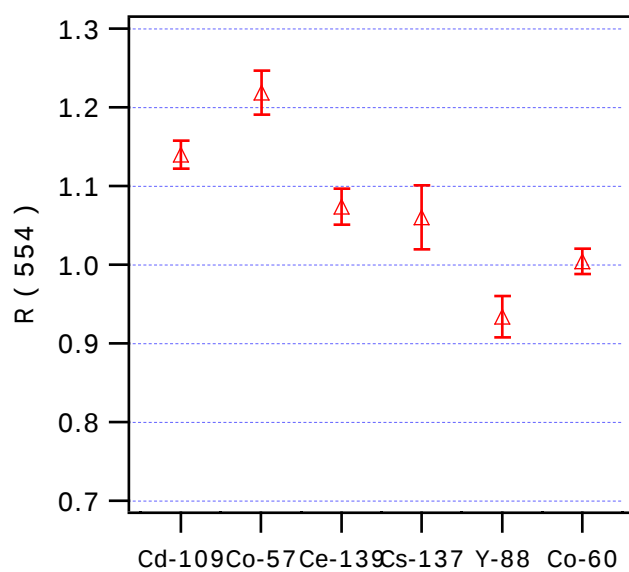
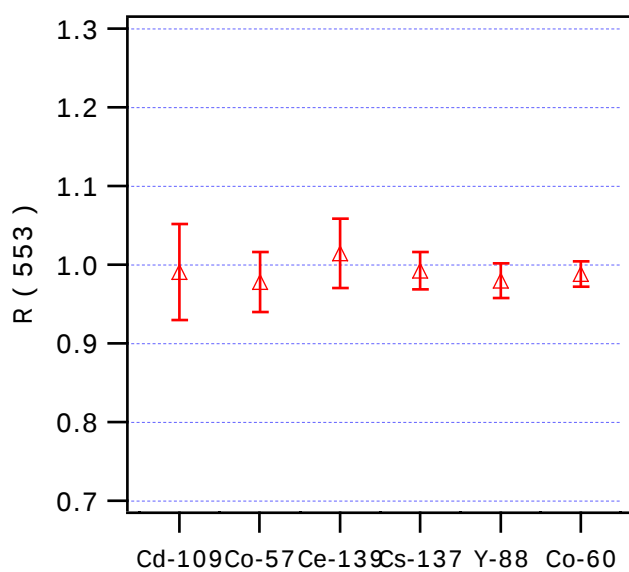
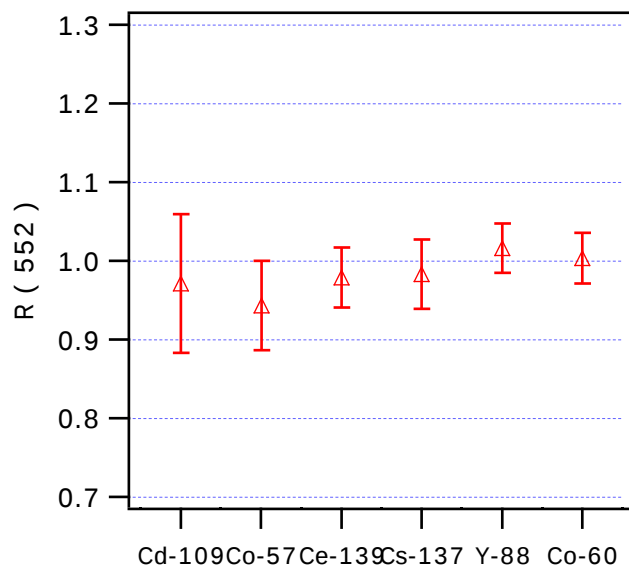
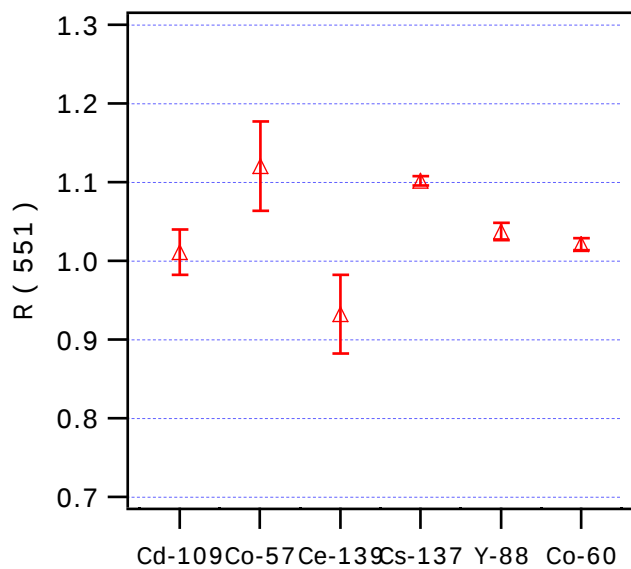
usq_moy est la moyenne quadratique de u , par ligne respectivement par colonne.

$nb(u \leq 2.0)$, respectivement $nb(u > 3.3)$ est le nombre de valeurs pour lesquelles $u \leq 2.0$, respectivement $u > 3.3$.

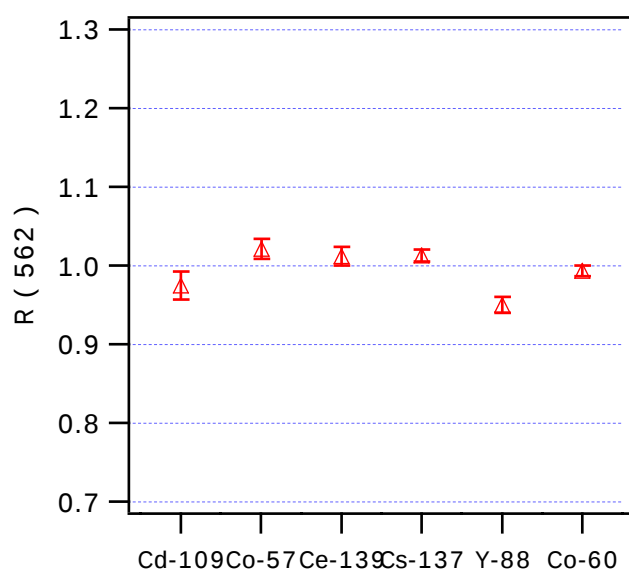
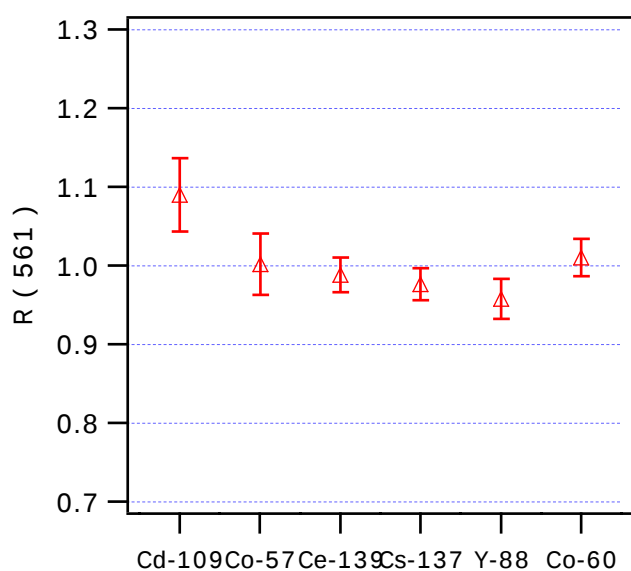
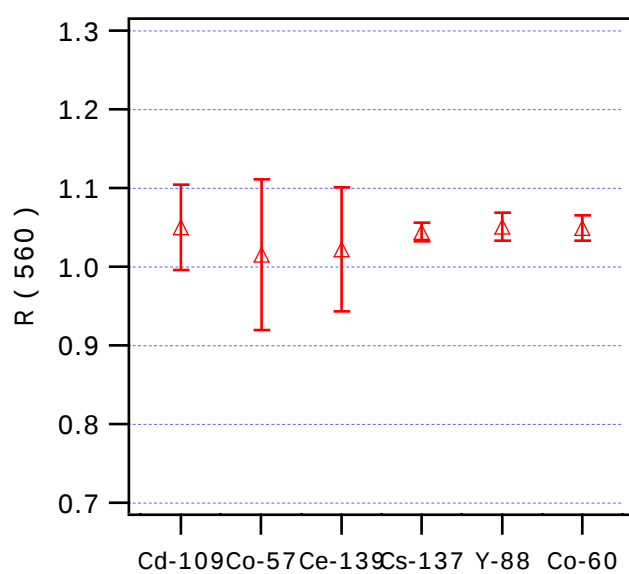
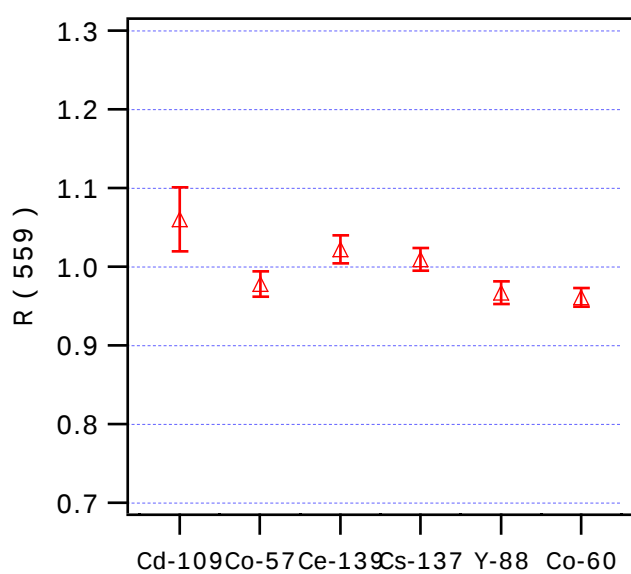
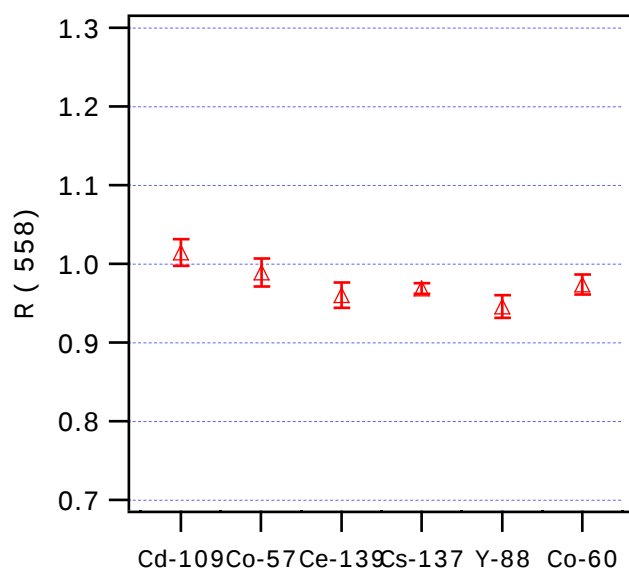
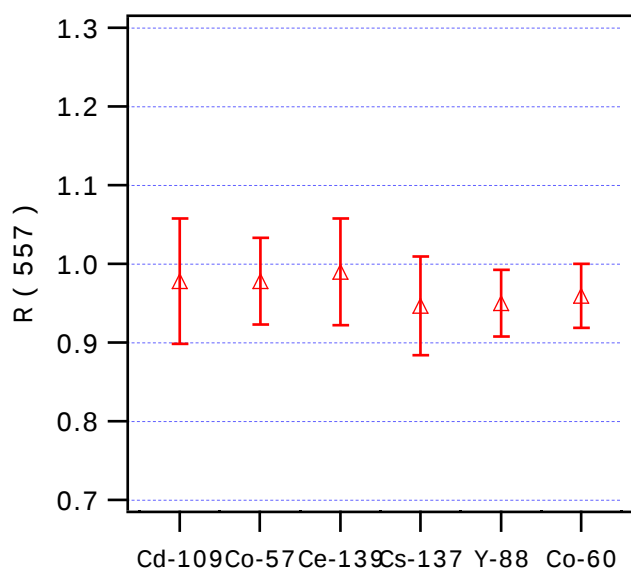
$u \leq 2.0$: la valeur mesurée et la valeur de référence ne diffèrent probablement pas de manière significative.

$u > 3.3$: la valeur mesurée et la valeur de référence diffèrent de manière significative.

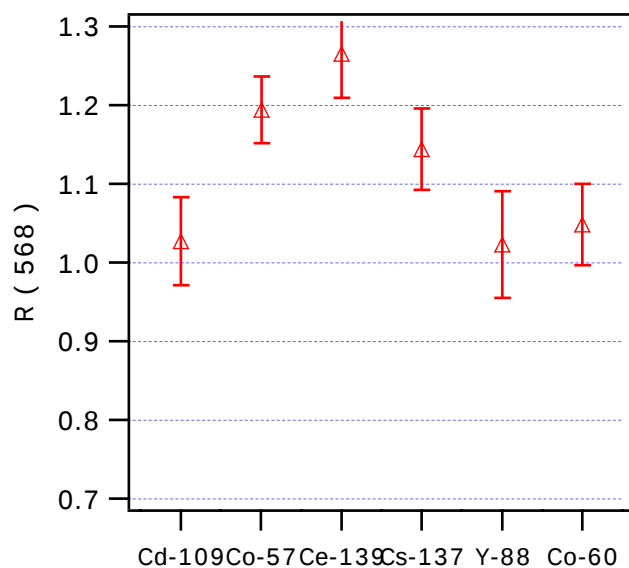
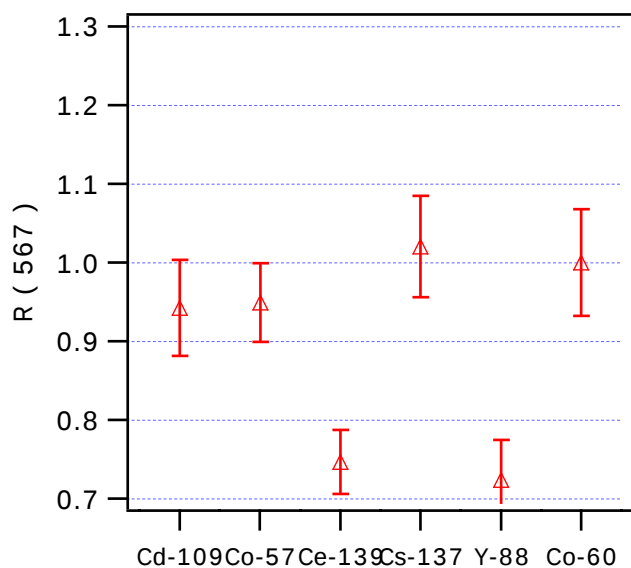
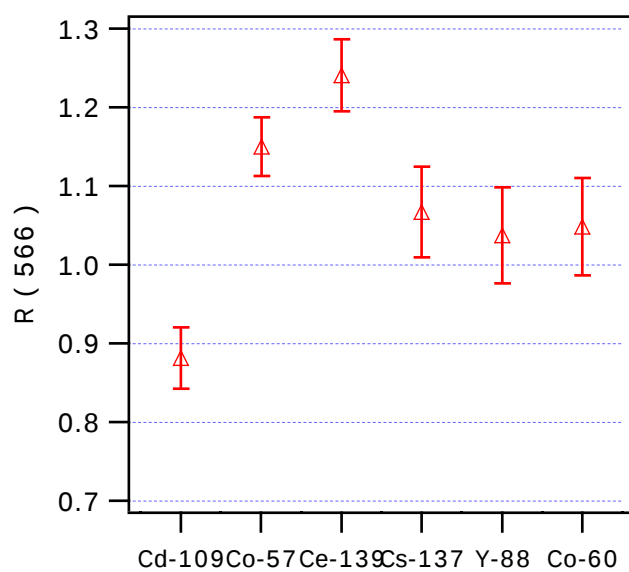
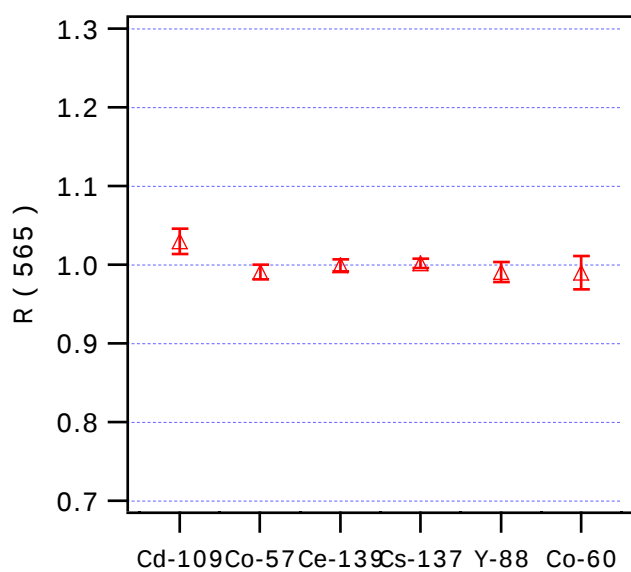
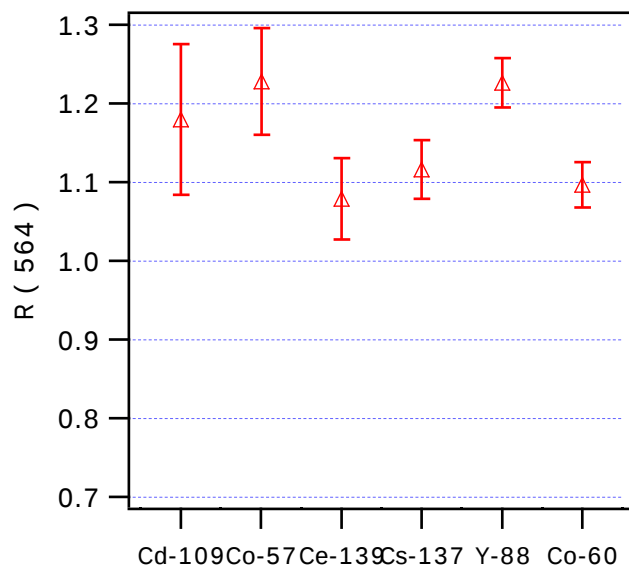
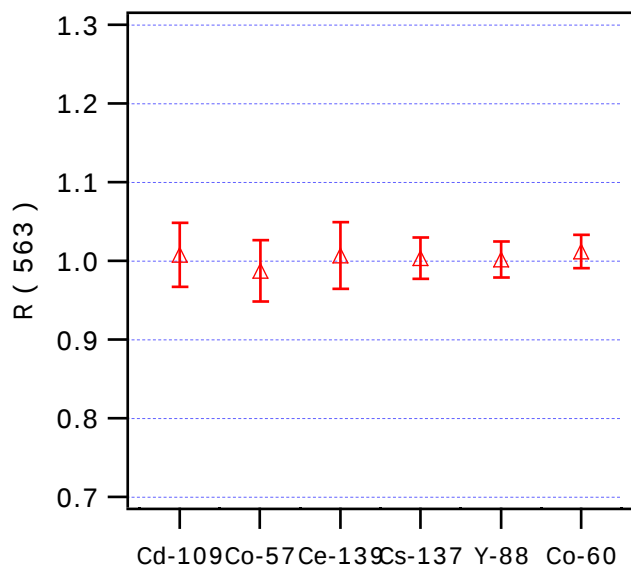
Déviations par laboratoire



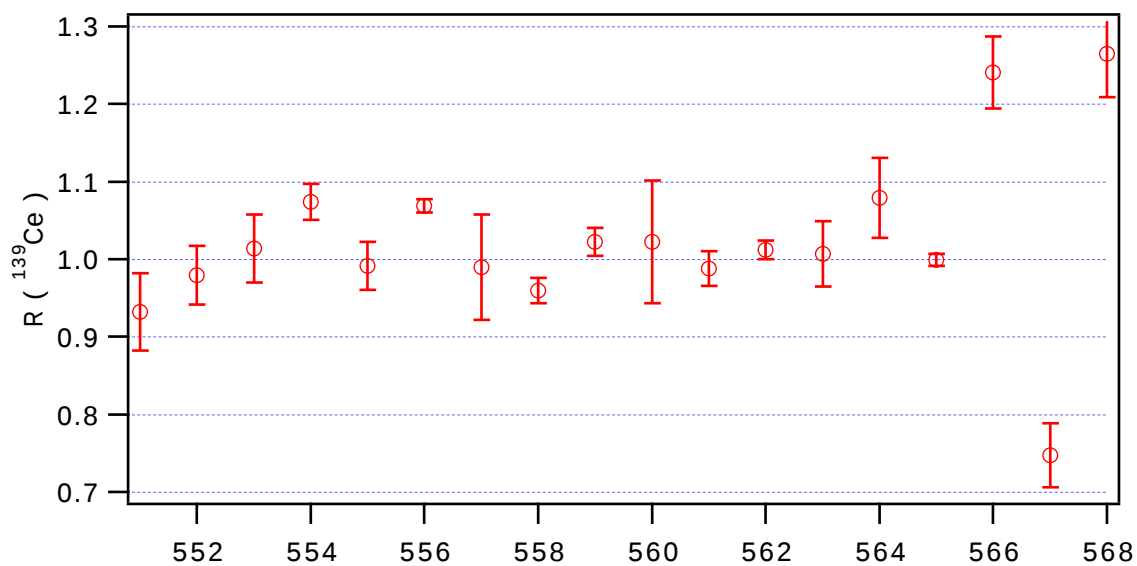
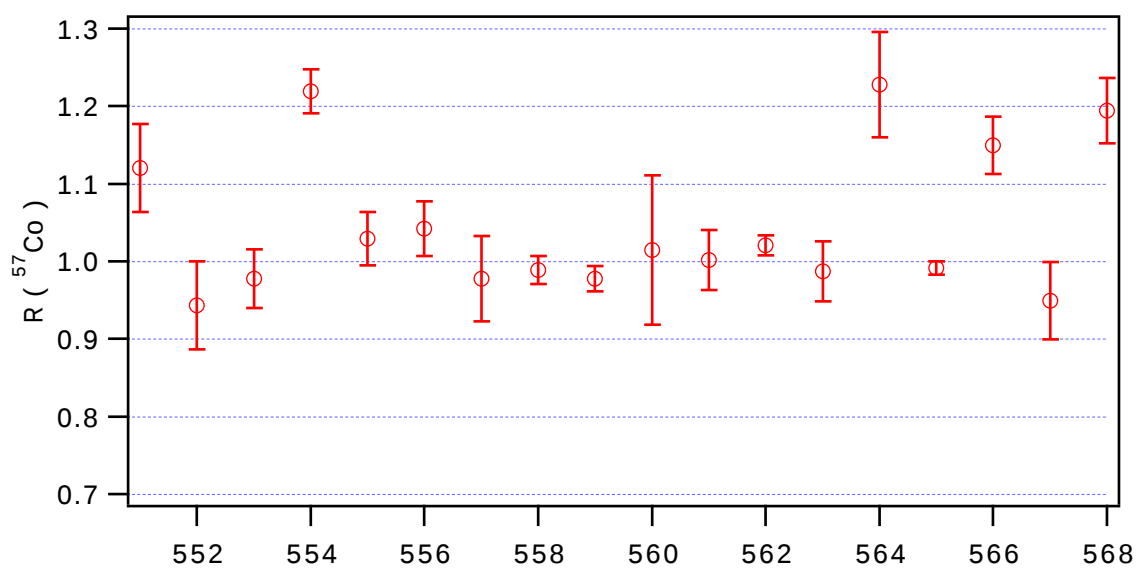
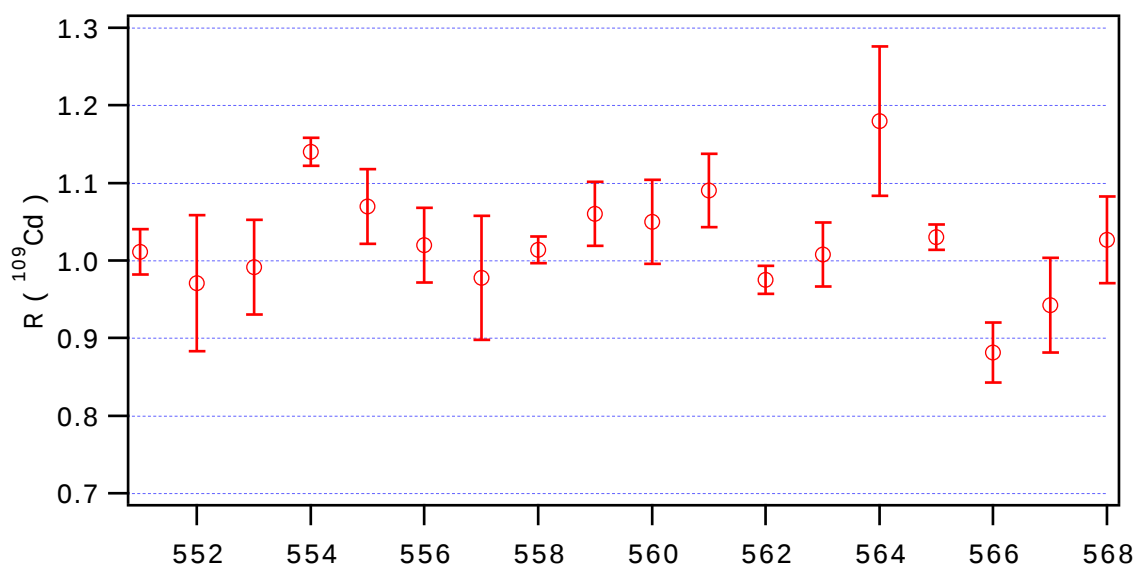
Déviations par laboratoire



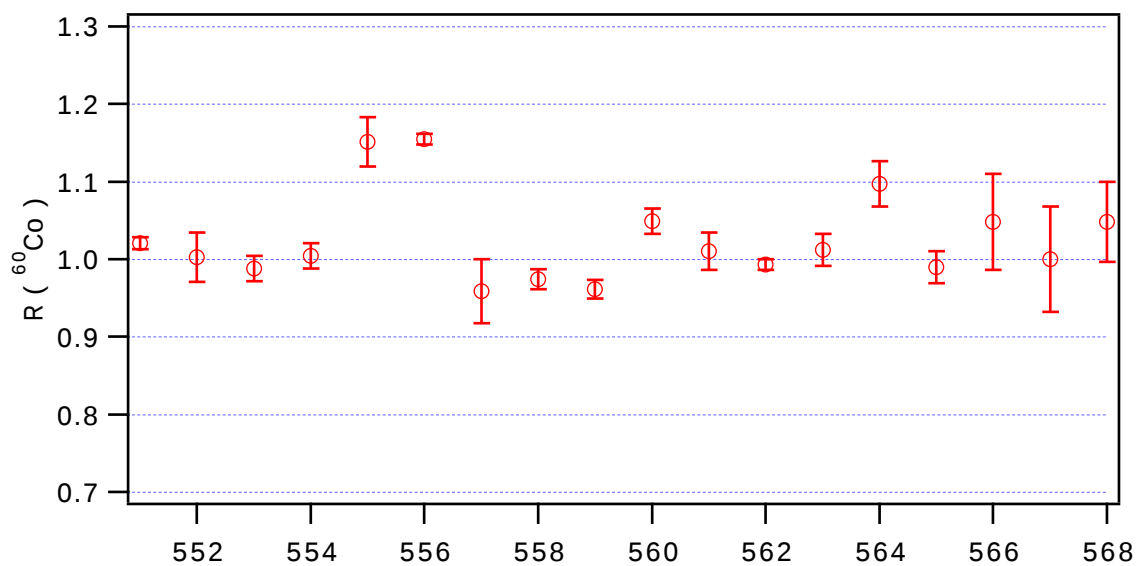
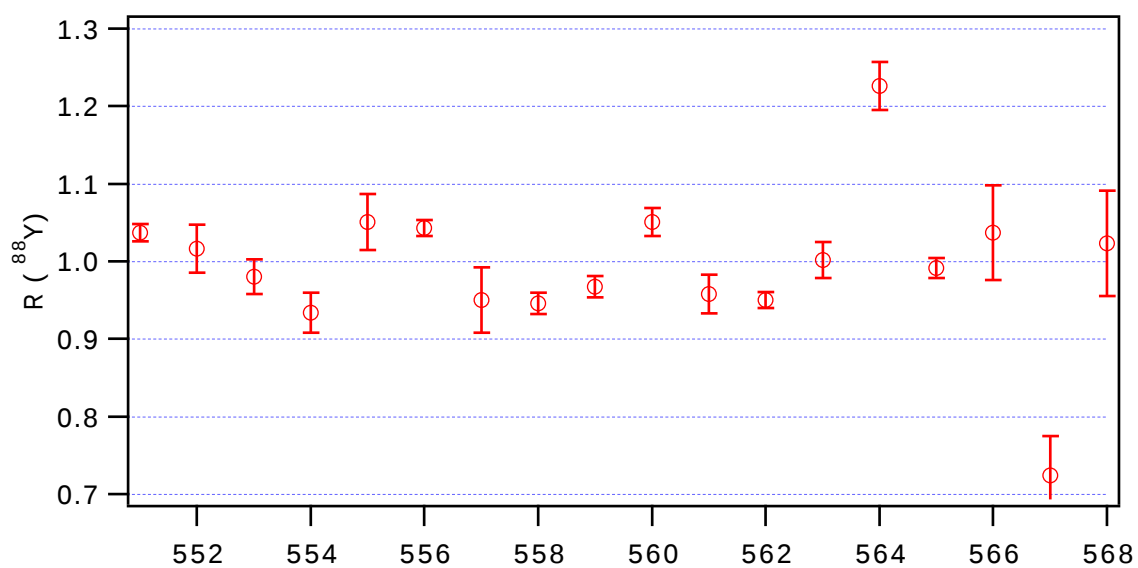
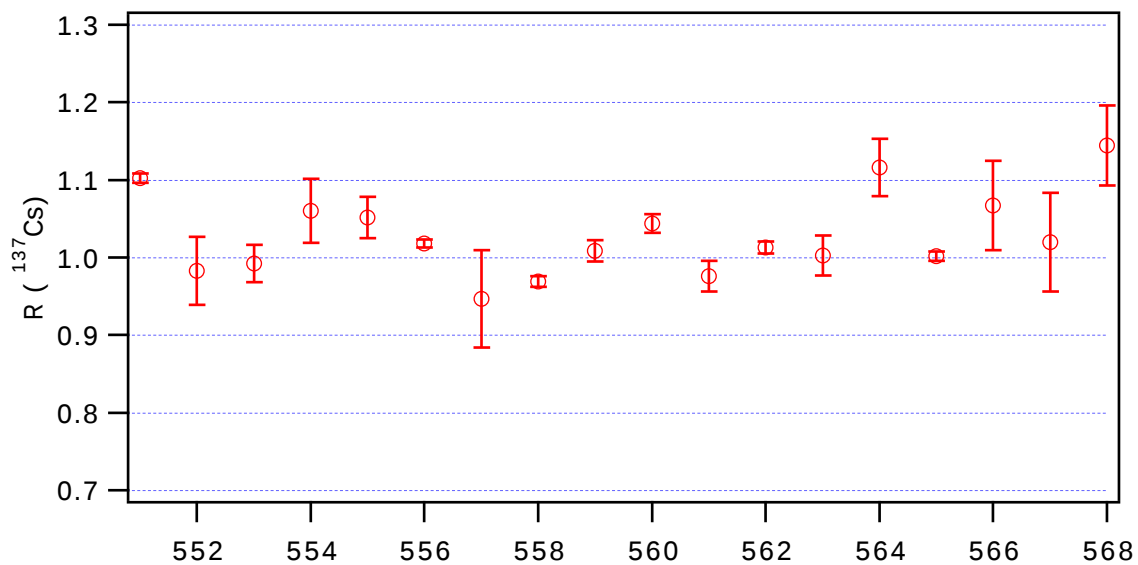
Déviations par laboratoire



Déviations par nucléide



Déviations par nucléide



Déviations de tous les résultats

