# Rapport de l'exercise de mesure dans le cadre de l'intercomparaison 2012 en spectrométrie gamma

*Destinataire :* Aux laboratoires de mesure de la radioactivité

| | |
|---|---|
| *Version du :* 14.11.12 | *Auteurs :* Claude Bailat, François Bochud, Thierry Buchillier, Frédéric Juget, Youcef Nedjadi et Sandrine Zufferey, IRA<br>Sybille Estier et Philipp Steinmann, OFSP |

## Introduction

L'Institut de radiophysique (IRA) est mandaté par l'Office 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 maintenant, 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.

Cette année, l'intercomparaison est un exercice de mesure d'un genre particulier. En effet, des échantillons dans une géométrie inaccoutumée pour la plupart des participants ont été choisis. Le but de l'intercomparaison est de développer une méthodologie permettant de généraliser les étalonnages à d'autres géométries. L'échantillon de cette année est dans un flacon de scintillation en plastique, ce qui est une géométrie rarement étalonnée par les laboratoires. Cet échantillon est également destiné à être utilisé comme source de contrôle de stabilité dans le futur, car il a été réalisé à partir de résine solide. Sur les 24 laboratoires suisses concernés par ce type de mesure, 19 ont participé. Des pannes d'instruments sont à l'origine de plusieurs désistements. La liste des participants est présentée dans le Tableau 1. Le Tableau 2 résume les équipements utilisés par ces participants.

Tableau 1 : Participants à l'intercomparaison 2012.

| NOM | Adresse | NOM | Adresse |
|---|---|---|---|
| Monsieur<br>Marco Jermini | Laboratorio cantonale<br>Via Mirasole 22<br>6500<br>Bellinzona | Monsieur<br>Eric Poitevin | Centre de Recherche Nestlé<br>Vers-chez-les-Blanc<br>Case postale 44<br>1000 Lausanne 26 |
| Herr<br>Jost<br>Eikenberg | Paul Scherrer Institut<br>Abteilung für Strahlenschutz und Sicherheit<br>5232<br>Villigen - PSI | Frau<br>Lisa Pedrazzi | SUVA<br>Sektion Physik<br>Rösslimattstrasse 39<br>6005<br>Luzern |
| Herr<br>Stefan<br>Röllin | Bundesamt für Bevölkerungsschutz des VBS<br>Labor Spiez<br>3700<br>Spiez | Monsieur<br>Eric<br>Poitevin | Centre de Recherche Nestlé<br>Vers-chez-les-Blanc<br>Case postale 44<br>1000<br>Lausanne 26 |
| Madame<br>Sybille Estier | OFSP<br>Section Radioactivité de l'environnement<br>Schwartzenburgstr. 165<br>3097 Bern-Liebfeld | Herr<br>Patrick<br>Franz | Kernkraftwerk Beznau<br>Chemielabor<br>5312<br>Döttingen |
| Herr<br>Erich Schmutz | BKW FMB Energie AG<br>Kernkraftwerk Mühleberg<br>Ressort Chemie<br>3203<br>Mühleberg | Herr<br>Stephan Reber | Kantonales Labor ZH<br>Fehrenstrasse 15<br>Postfach<br>8032 Zürich |
| Herr<br>Markus<br>Zehringer | Kantonales Laboratorium BS<br>Kannenfeldstrasse 2<br>Postfach<br>4012<br>Basel | Monsieur<br>Pavol<br>Vojtyla | CERN<br>Health Safety Environment<br>1211<br>Genève 23 |
| Frau<br>Claudine<br>Bajo | Kanton Aargau<br>Amt für Verbraucherschutz<br>Obere Vorstadt 14<br>5000<br>Aarau | Monsieur<br>Pascal Froidevaux | Institut de radiophysique ,<br>GRE<br>Rue du Grand-Pré 1<br>1007 Lausanne |
| Herr<br>Thomas<br>Kaufmann | Dienststelle Lebensmittelkontrolle und Verbraucherschutz (DLV)<br>Vonmattstrasse 16<br>Postfach<br>6002 Luzern | Herr<br>Dietmar<br>Baumann | Amt für Lebensmittelsicherheit und Tiergesundheit GR<br>Planaterrastrasse 11<br>Postfach<br>7001 Chur |
| Monsieur<br>Gilles<br>Triscone | hepia haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture<br>Laboratoire de Physique Nucléaire<br>Rue de la Prairie 4<br>1202 Genève | Herr<br>Stephan Reber | Kantonales Labor ZH<br>Fehrenstrasse 15<br>Postfach<br>8032 Zürich |

| NOM | Adresse | NOM | Adresse |
|---|---|---|---|
| Herr<br>Peter Abegglen | Zwischenlager Würenlingen AG<br>Industriestrasse Beznau 1<br>5303 Würenlingen | Herr<br>Andreas Leupin | ENSI<br>Abt. Sicherheit<br>5200 Brugg |

Tableau 2 : Résumé des équipements des différents laboratoires.

| Laboratoires | Détecteur | Mise en fonction | Eff. [%] | Logiciel | Étalonnage, type | Date |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Abteilung für Strahlenschutz und Sicherheit, PSI** | HPGe type p<br>Ortec GEM35P4-70 | 2012 | 35 | Winner<br>ver. 6.0 | Eckert-Ziegler | 2012 |
| **ENSI** | HPGe type p<br>Canberra<br>GC5019-CPS | 2008 | 50 | Winner<br>ver. 7.0 | Labsocks | 2012 |
| **Kantonales Laboratorium BS** | HPGe type p<br>Ortec 50P4 | 2012 | 50 | InterWinner<br>ver. 5.0 | IRA | 2012 |
| **SUVA, Sektion Physik** | HPGe type p<br>Ortec GEM20-70 | 2012 | 23 | Winner<br>ver. 6.0 | IRA | 2012 |
| **Labor Spiez** | HPGe type n<br>Canberra<br>GR 2519 | 2010 | 31 | Genie 2000<br>Ver. 3 .21 | Labsocs | 2010 |
| **hepia, Laboratoire de physique nucléaire** | HPGe à puits type p<br>Canberra<br>GC1018 | 1999 | 10 | InterWinner<br>ver. 5.0<br>Genie 2000 | IRA et DAMRI | 2000 |
| **CERN** | HPGe type p<br>Canberra<br>GX 5019 | 2003 | 50 | Genie 2000<br>Ver. 2 .1 | LabSOCS | 2011 |
| **Kanton Aargau, Amt für Verbrauchschutz** | HPGe type p<br>PGT<br>IGC27 | 1989 | 27.7 | Winner<br>ver. 6.0 | Eu-152 | 2012 |
| **Amt für Lebensmittel-kontrolle und Verbraucherschutz, Luzern** | HPGe type n<br>Intertechnique<br>EGPC25 | 1990 | 25.8 | InterWinner<br>ver. 5.05 | IRA | 2000 |
| **OFSP, Section Radioactivité de l'environnement** | HPGe type n<br>Ortec<br>GEMX 40P4 | 2004 | 40 | Winner 7.0 | Eu-152 | 2012 |
| **Amt für Lebensmittelsicherheit und Tiergesundheit GR** | HPGe type p<br>Ortec<br>GEM-25P4 | 2005 | 25 | InterWinner<br>ver.5.05 | Eu-152 | 2010 |
| **Axpo, Kernkraftwerk Beznau** | HPGe type p<br>Canberra<br>GC3518 | 2009 | 35 | Winner 6.0 | Eu-152/Ba-133 | 2009 |
| **BKW FMB Energie AG Kernkraftwerk Mühleberg** | HPGe type p<br>Ortec<br>GEM 20P4 | 2009 | 24.3 | Winner<br>ver. 7.0 | IRA | 2010 |
| **Laboratorio cantonale Bellinzona** | HPGe type p<br>Ortec<br>GEM30 | 2003 | 30 | Interwinner<br>ver. 5.0 | Czech Metrological Institute | 2010 |

| Laboratoires | Détecteur | Mise en fonction | Eff. [%] | Logiciel | Étalonnage, type | Date |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Centre de Recherche Nestlé** | HPGe type p<br>Ortec<br>GEM 40P | 2004 | 30 | Interwinner ver. 5.0 | ISOTRAK | 2004 |
| **Zwischenlager Würenlingen AG** | HPGe type p<br>Ortec GEM30P4 | 2005 | 30 | Winner 6.0 | Winner Track | 2011 |
| **Kantonales Labor ZH** | HPGe type p<br>PGT Ge-IGC 25 | 1989 | 25.3 | Interwinner ver. 5.05 | Mix 565 | 2000 |
| **Institut de radiophysique** | HPGe type p<br>Ortec GEM 23185<br>Canberra GCW4523 | 1986<br>2001 | 23<br>45 | Apex Gamma | IRA | 2011 |

## Composition et confection des sources de référence

Les échantillons de l'intercomparaison de cette année ont été réalisés dans des flacons à scintillation 20 ml (Zinsser Polyvials 20) à partir de résine époxy. Une solution radioactive d'Eu-152 rattaché au système international de référence (SIR) a été diluée gravimétriquement avec du durcisseur. La résine a été ensuite ajoutée, ainsi qu'une petite quantité de colorant industriel. La solution finale a été vigoureusement mélangée avec un agitateur vortex. Le colorant permet un contrôle grossier de l'homogénéité de la solution mère ainsi obtenue. La concentration radioactive de la solution mère est de 0.1910 kBq/g au 21.08.12 à 7:00 UTC. L'incertitude-type relative est de 0.16 % sur la valeur de l'activité de référence et de 0.002 % sur la masse. L'incertitude-type relative sur la concentration radioactive de la solution mère se monte donc à 0.16 %.

30 échantillons ont ensuite été réalisés en déposant une masse mesurée de résine liquide dans les flacons et en laissant sécher ceux-ci plusieurs jours. Le Tableau 3 résume les valeurs de référence des 19 échantillons transmis aux participants. La masse moyenne des échantillons est de 20.17 g et son écart-type relatif est de 0.6 %. Notons que la reproductibilité de la masse d'un échantillon à l'autre n'a pas été optimisée et ne représente pas les limites de la méthode de préparation des échantillons.

L'incertitude-type relative sur les valeurs d'activité est de 0.17 % et est obtenue en combinant la contribution de la pesée avec celle de la valeur de référence de la concentration radioactive massique. Une détermination expérimentale de la densité de la résine radioactive a été réalisée en remplissant un cylindre gradué. La masse volumique de la résine durcie mesurée ainsi est de 1.12 +/- 0.01 g/cm$^3$ ($k$=2).

Tableau 3 : Masses mesurées après 5 jours de séchage et concentrations radioactives des échantillons au 21.08.12, 7:00 UTC

| Echant. | Masses [g] | Inc. m. ($k$ = 2) [%] | Activités de référence [Bq] | Inc. act. ($k$ = 2) [%] |
|---|---|---|---|---|
| D | 20.14 | 0.1 | 3847 | 0.34 |
| E | 20.09 | 0.1 | 3838 | 0.34 |
| F | 20.40 | 0.1 | 3897 | 0.34 |
| G | 20.31 | 0.1 | 3880 | 0.34 |
| H | 20.15 | 0.1 | 3849 | 0.34 |
| I | 20.00 | 0.1 | 3821 | 0.34 |
| J | 20.37 | 0.1 | 3891 | 0.34 |
| K | 20.16 | 0.1 | 3851 | 0.34 |
| L | 20.03 | 0.1 | 3826 | 0.34 |
| M | 20.12 | 0.1 | 3844 | 0.34 |
| N | 20.12 | 0.1 | 3844 | 0.34 |
| O | 20.24 | 0.1 | 3867 | 0.34 |
| P | 20.02 | 0.1 | 3825 | 0.34 |
| Q | 20.18 | 0.1 | 3855 | 0.34 |
| S | 20.18 | 0.1 | 3855 | 0.34 |
| U | 20.11 | 0.1 | 3842 | 0.34 |
| V | 20.04 | 0.1 | 3828 | 0.34 |
| W | 20.19 | 0.1 | 3857 | 0.34 |
| Y | 20.34 | 0.1 | 3886 | 0.34 |

Des mesures de contrôle ont été réalisées sur un détecteur HPGe Ortec GMX du groupe de radiométrologie de l'IRA. Cette chaîne de mesure est étalonnée en efficacité pour le flacon de scintillation rempli avec 20 ml de solution aqueuse à différentes distances source-détecteur. Dans le cas présent, les mesures ont été exécutées avec la source posée sur le détecteur (pour tous les échantillons) et à 15 cm de distance (seulement pour 3 échantillons). Des corrections ont été nécessaires pour les 3 effets suivants : 1. remplissage avec de la résine époxy au lieu de l'eau ; 2. volume de remplissage inférieur au volume étalonné (20 ml) ; 3. pertes par sommations non négligeables.

Les corrections pour la matière et le niveau de remplissage incomplet ont été calculées avec le logiciel ETNA du Laboratoire National Henri Becquerel, basé sur des calculs analytiques. On a considéré que la composition était $C_{21}H_{24}O_4$ (diglycidyléther du bisphénol A, DGEBA) de masse spécifique 1.12 g/cm$^3$, et que le volume moyen de remplissage était de 17.3 ml au lieu de 20 ml. Le facteur de correction global pour les 2 premiers effets est de 0.92 pour la position sur le détecteur, et de 0.96 pour la position à 15 cm.

Lorsque la source est placée à 15 cm de distance du détecteur, on peut admettre que les effets des sommations sont négligeables. La correction de sommations a donc été déterminée par le rapport entre les mesures à 15 cm de distance et sur le détecteur. Le facteur de correction global pour la moyenne des 9 principales lignes de l'Eu-152 est de 1.154.

Pour la mesure avec la source posée sur le détecteur, les incertitudes-types suivantes ont été prises en considération : 0.9% pour l'étalonnage en efficacité et la statistique, 1.0% pour le facteur de correction matière/remplissage et 1.0% pour le facteur de correction des sommations. L'incertitude élargie ($k$=2) sur l'activité est ainsi de 3.4%. Pour la mesure à 15 cm, les valeurs correspondantes sont de 1.0%, 0.8% et 0.8%, donnant une incertitude élargie de 3.0%.

Les résultats des mesures des échantillons transmis aux participants sont donnés dans le Tableau 4.

Tableau 4. Résultats de mesures de contrôle des échantillons. Date de référence : 21.08.12.

| Echantillon | Mesure de contrôle [Bq] | Incert. (*k*=2) [%] | Référence [Bq] | Incert. (*k*=2) [%] | Ecart de la mesure [%] |
|---|---|---|---|---|---|
| Mesures à 0 cm : | | | | | |
| D | 3846 | 3.4 | 3847 | 0.34 | 0.0% |
| E | 3838 | 3.4 | 3838 | 0.34 | 0.0% |
| F | 3837 | 3.4 | 3897 | 0.34 | -1.5% |
| G | 3801 | 3.4 | 3880 | 0.34 | -2.0% |
| H | 3843 | 3.4 | 3849 | 0.34 | -0.2% |
| I | 3837 | 3.4 | 3821 | 0.34 | 0.4% |
| J | 3803 | 3.4 | 3891 | 0.34 | -2.3% |
| K | 3879 | 3.4 | 3851 | 0.34 | 0.7% |
| L | 3804 | 3.4 | 3826 | 0.34 | -0.6% |
| M | 3825 | 3.4 | 3844 | 0.34 | -0.5% |
| N | 3848 | 3.4 | 3844 | 0.34 | 0.1% |
| O | 3836 | 3.4 | 3867 | 0.34 | -0.8% |
| P | 3747 | 3.4 | 3825 | 0.34 | -2.0% |
| Q | 3845 | 3.4 | 3855 | 0.34 | -0.3% |
| S | 3860 | 3.4 | 3855 | 0.34 | 0.1% |
| U | 3807 | 3.4 | 3842 | 0.34 | -0.9% |
| V | 3821 | 3.4 | 3828 | 0.34 | -0.2% |
| W | 3832 | 3.4 | 3857 | 0.34 | -0.7% |
| Y | 3871 | 3.4 | 3886 | 0.34 | -0.4% |
| ZD | 3776 | 3.4 | 3840 | 0.34 | -1.7% |
| | | | | Moyenne | -0.6% |
| Mesures à 15 cm : | | | | | |
| H | 3843 | 3.0 | 3849 | 0.34 | -0.2% |
| S | 3833 | 3.0 | 3855 | 0.34 | -0.6% |
| ZD | 3801 | 3.0 | 3840 | 0.34 | -1.0% |
| | | | | Moyenne | -0.6% |

On constate que l'accord entre l'activité de référence introduite dans la résine et l'activité mesurée lors du contrôle des échantillons est très bon (-0.6% d'écart moyen). La dispersion des écarts est aussi satisfaisante (0.9% d'écart-type). Ceci confirme que la méthode de préparation des échantillons est bonne, que l'activité de l'Eu-152 s'est bien mélangée et qu'elle est homogène.

## Résultats et discussion

Les participants ont principalement utilisé la feuille distribuée avec les échantillons. Certains participants ont réalisé un étalonnage avec une source d'Eu-152 ponctuelle, à une distance suffisante pour s'affranchir des effets de sommation.

Les participants de Nestlé, du Dienststelle Lebensmittelkontrolle und Veterinärwesen (DILV) et du Kantonales Labor ZH, n'ayant pas de méthodes appropriées, se sont abstenus de transmettre des résultats.

Les participants du Laboratorio cantonale TI et de l'Institut F.-A. Forel n'ont pas pu communiquer de résultats en raison de pannes de leur détecteur.

Le Tableau 5 présente l'ensemble des valeurs rapportées par les laboratoires. La date de référence n'a pas toujours été indiquée avec les résultats mais elle avait été fixée au 21.08.12 dans la lettre d'accompagnement. Les incertitudes ont parfois été reportées avec trop de chiffres significatifs.

Tableau 5 : Ensemble des résultats bruts communiqués par chaque laboratoire pour l'Eu-152

| Date réception | Echant. | Activité [Bq] | Incertitude ($k$=2) [%] |
|---|---|---|---|
| 28.09.2012 | L | 3660 | 6.0 |
| 04.10.2012 | W | 3785 | 20 |
| 26.10.2012 | F | 3880 | 2.6 |
| 26.10.2012 | E | 3914 | 2 |
| 29.10.2012 | P | 3950 | 9 |
| 30.10.2012 | N | 3710 | 8 |
| 30.10.2012 | J | 3876 | 4.8 |
| 30.10.2012 | O | 5940 | 2 |
| 31.10.2012 | S | 2400 | 30 |
| 01.11.2012 | D | 3550 | 6.24 |
| 01.11.2012 | U | 3660 | 13.9 |
| 05.11.2012 | V | 3450 | 12 |
| 06.11.2012 | Y | 3607 | 16 |
| 12.11.2012 | Q | 2481 | 9.2 |

Le but de cette année n'est pas d'atteindre une valeur cible. Cependant, il est indicatif de comparer les valeurs communiquées par les participants aux valeurs de référence déduites des dilutions gravimétriques. Le Tableau 6 résume les valeurs obtenues par les participants, les valeurs de référence et l'écart relatif à la valeur de référence. La grande majorité des résultats restent en dessous de 10 % d'écart à la valeur de référence.

Tableau 6 : Ensemble des valeurs obtenues par les participants, valeurs de référence et écart relatif à la valeur de référence. Les méthodes d'évaluation sont indiquées par leur numéro de catégorie et regroupées par couleurs.

| Echant. | Act. mes. [Bq] | Inc. ($k$=2) [Bq] | Act. de réf. [Bq] | Inc. ($k$=2) [Bq] | Ecart relatif (%) | Méthode d'évaluation |
|---|---|---|---|---|---|---|
| D | 3550 | 222 | 3850 | 13 | -7.8 | 2 |
| E | 3914 | 78 | 3840 | 13 | 1.9 | 1 |
| F | 3880 | 101 | 3900 | 13 | -0.5 | 1 |
| J | 3876 | 186 | 3890 | 13 | -0.4 | 5 |
| L | 3660 | 220 | 3830 | 13 | -4.4 | 1 |
| N | 3710 | 297 | 3840 | 13 | -3.4 | 2 |
| O | 5940 | 119 | 3870 | 13 | 53.5 | 5 |
| P | 3950 | 360 | 3820 | 13 | 3.4 | 3 |
| Q | 2481 | 228 | 3860 | 13 | -35.7 | 2 |
| S | 2400 | 720 | 3860 | 13 | -37.8 | 3 |
| U | 3660 | 509 | 3840 | 13 | -4.7 | 2 |
| V | 3450 | 414 | 3830 | 13 | -9.9 | 3 |
| W | 3785 | 750 | 3860 | 13 | -1.9 | 4 |
| Y | 3607 | 577 | 3890 | 13 | -7.3 | 2 |

Les méthodes utilisées pour évaluer l'activité sont variées. Nous avons regroupé les méthodes d'évaluation en 5 catégories (Tableau 6), afin de comparer les solutions choisies par les participants entre elles.

La première catégorie regroupe les échantillons E, F et L. Ce sont des laboratoires qui avaient un étalonnage de cette géométrie ou l'ont réalisé pour l'occasion.

La deuxième (échantillons D, N, P, Q, U et Y) regroupe les mesures faites en utilisant des software (Labsocs, WinnerTrack) calculant le passage d'une géométrie étalonnée, comme la source ponctuelle, à cette géométrie particulière. Typiquement, la géométrie du flacon de scintillation est simulée en utilisant des mesures physiques du flacon (dimensions, densité, masse). Ensuite, le programme calcule les facteurs de corrections géométriques et de sommation.

La troisième catégorie regroupe les laboratoires (échantillons P, S et V) qui ont réalisé une mesure en position éloignée et en utilisant la géométrie source ponctuelle.

La quatrième méthode, utilisée pour l'échantillon W, estime l'activité en combinant 7 mesures dans un récipient Semadeni 250 ml. Le flacon est posé dans différentes positions à l'intérieur du Semadeni et les autres positions sont remplies par des flacons remplis d'eau. Les 7 mesures sont ensuite moyennées.

Les échantillons J et O, regroupés sous la méthode 5, n'ont pu être classifiés de manière précise par manque d'informations.

La Figure 1 montre les écarts relatifs par méthode d'évaluation. Aucune méthode ne semble fournir systématiquement de mauvais résultats. Les participants qui disposaient d'un étalonnage pour le flacon distribué dans cette intercomparaison avaient certainement un avantage et leurs résultats sont bons (méthode 1). La majorité des participants ont utilisé la méthode 2, car ils bénéficient de l'accès à un software de calcul. Ils sont systématiquement sous-estimés. La méthode 3, très sommaire, donne des résultats acceptables. La méthode 4 permet, sans avoir de géométrie dédiée, de développer une méthode générale de passage entre les géométries.

Les valeurs annoncées d'incertitudes relatives, représentées par les barres horizontales grises sur le graphe, indiquent la compatibilité du résultat et de son incertitude associée avec la valeur de référence. On peut en déduire que le résultat pour les échantillons Q et O ne répond pas aux attentes du participant. Par contre, la mesure de l'échantillon S, qui est assez éloignée de la valeur de référence, est entachée d'une grande incertitude, ce qui indique un manque de confiance en la méthode de la part du participant.

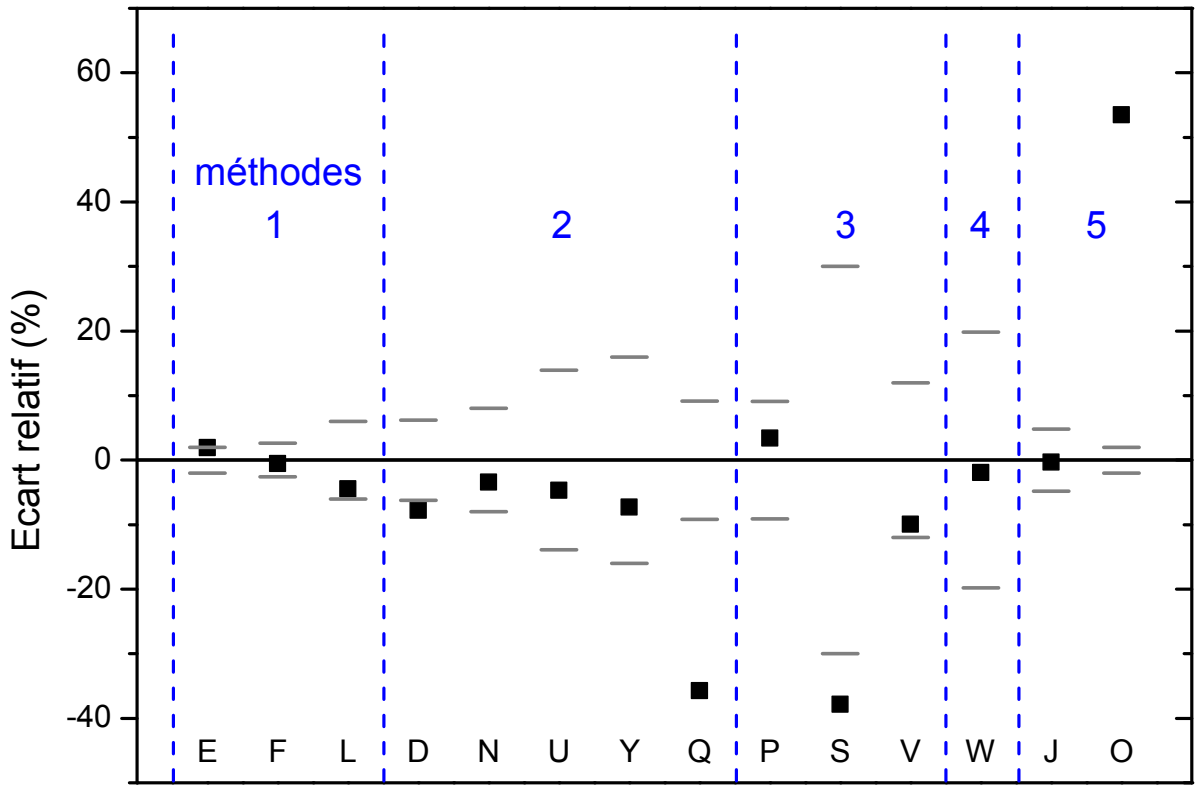


Figure 1 : Synthèse des écarts relatifs par méthode d'évaluation. Le nom de l'échantillon est indiqué sous chaque point. Les barres horizontales représentent l'incertitude annoncée par les participants.

## Conclusions

19 laboratoires ont participé à l'intercomparaison 2012 et 14 ont fourni des résultats. Tous les participants ont bénéficié d'un échantillon solide qu'ils pourront utiliser pour le contrôle de stabilité de leur installation.

Trois participants ont utilisé un nouveau détecteur. Le logiciel le plus usité est Interwinner/Winner. La majorité des étalonnages est faite avec des solutions de référence fournies par l'IRA dans le cadre des intercomparaisons précédentes.

La majorité des participants se sont appuyés sur l'utilisation de logiciels dédiés, permettant le passage par calcul d'une géométrie à une autre. D'autres avaient, ou ont réalisé, un étalonnage approprié pour cette géométrie. Finalement, la mesure en géométrie ponctuelle utilisée par certains donne aussi des résultats acceptables, bien qu'un peu plus éloignés de la valeur de référence. Finalement, un participant a développé une méthode de passage de la géométrie de ce petit flacon à la géométrie Semadeni 250 ml, qui peut être généralisée à d'autres situations.

En conclusion, les résultats de l'exercice de cette année démontrent une fois de plus une bonne maîtrise de la technique de mesure par spectrométrie gamma.

## Remerciements

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