

Deuxième édition
2015-02-15

Version corrigée
2015-12-01

**Mesurage de la radioactivité dans
l'environnement — Sol —**

Partie 3:
**Méthode d'essai des radionucléides
émetteurs gamma par spectrométrie
gamma**

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

Measurement of radioactivity in the environment — Soil —

Part 3: Test method of gamma-emitting radionuclides using gamma-ray spectrometry

ISO 18589-3:2015

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4b7e7dfb-3ef0-4ea5-91b7-60dd003524c1/iso-18589-3-2015>



Numéro de référence
ISO 18589-3:2015(F)

© ISO 2015

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 18589-3:2015](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4b7e7dfb-3ef0-4ea5-91b7-60dd003524c1/iso-18589-3-2015)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4b7e7dfb-3ef0-4ea5-91b7-60dd003524c1/iso-18589-3-2015>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2015, Publié en Suisse

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Ch. de Blandonnet 8 • CP 401
CH-1214 Vernier, Geneva, Switzerland
Tel. +41 22 749 01 11
Fax +41 22 749 09 47
copyright@iso.org
www.iso.org

Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
Introduction.....	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes, définitions et symboles	2
3.1 Termes et définitions.....	2
3.2 Symboles.....	2
4 Principe	3
5 Équipement de spectrométrie gamma	3
6 Conteneur d'échantillon	4
7 Mode opératoire	5
7.1 Conditionnement des échantillons pour les besoins de mesurage.....	5
7.2 Niveau du bruit de fond du laboratoire.....	5
7.3 Étalonnage.....	6
7.3.1 Étalonnage en énergie.....	6
7.3.2 Étalonnage en efficacité.....	6
7.4 Mesurages des radionucléides naturels et correction des résultats des mesures.....	6
8 Expression des résultats	7
8.1 Calcul de l'activité massique.....	7
8.1.1 Généralités.....	7
8.1.2 Corrections de décroissance.....	8
8.1.3 Correction de l'effet d'auto-absorption.....	8
8.1.4 Corrections des effets de sommation ou des pertes par coïncidence.....	8
8.2 Incertitude-type.....	9
8.3 Seuil de décision.....	10
8.4 Limite de détection.....	10
8.5 Limites de l'intervalle de confiance.....	11
8.6 Corrections relatives aux contributions d'autres radionucléides et du bruit de fond.....	11
8.6.1 Généralités.....	11
8.6.2 Contribution des autres radionucléides.....	11
8.6.3 Contribution du bruit de fond.....	13
9 Rapport d'essai	13
Annexe A (informative) Calcul de l'activité massique à partir d'un spectre de rayonnement gamma par soustraction d'un bruit de fond linéaire	15
Annexe B (informative) Analyse par spectrométrie gamma de radionucléides naturels présents dans des échantillons de sols	17
Bibliographie	23

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/brevets).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'OMC concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: [Avant-propos — Informations supplémentaires](http://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/467e7d1b-3e10-4ca5-91b7-60dd003524c1/iso-18589-3-2015).

Le comité chargé de l'élaboration du présent document est l'ISO/TC 85, *Énergie nucléaire, technologies nucléaires, et radioprotection*, sous-comité SC 2, *Radioprotection*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 18589-3:2007), qui a fait l'objet d'une révision technique.

L'ISO 18589 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Mesurage de la radioactivité dans l'environnement — Sol*:

- *Partie 1: Lignes directrices générales et définitions*
- *Partie 2: Lignes directrices pour la sélection de la stratégie d'échantillonnage, l'échantillonnage et le prétraitement des échantillons*
- *Partie 3: Méthode d'essai des radionucléides émetteurs gamma par spectrométrie gamma*
- *Partie 4: Mesurage des isotopes du plutonium (plutonium 238 et plutonium 239+240) par spectrométrie alpha*
- *Partie 5: Mesurage du strontium 90*
- *Partie 6: Mesurage des activités alpha globale et bêta globale*
- *Partie 7: Mesurage in situ des radionucléides émetteurs gamma*

La présente version corrigée de l'ISO 18589-3:2015 inclut une correction à la Formule (4).

Introduction

La présente partie de l'ISO 18589 est publiée en plusieurs parties, à utiliser ensemble ou séparément selon les besoins. L'ISO 18589-1 à l'ISO 18589-6, concernant le mesurage de la radioactivité dans le sol, ont été élaborées en même temps. Elles sont complémentaires entre elles et s'adressent aux personnes chargées de déterminer la radioactivité présente dans les sols. Les deux premières parties comportent des informations d'ordre général. L'ISO 18589-3 à l'ISO 18589-5 traitent des mesurages spécifiques des radionucléides et l'ISO 18589-6 traite des mesurages non spécifiques des activités alpha globale et bêta globale. L'ISO 18589-7 traite du mesurage des radionucléides émetteurs gamma par spectrométrie *in situ*.

D'autres parties sont susceptibles d'être ajoutées ultérieurement à l'ISO 18589, s'il devient nécessaire de normaliser les mesurages d'autres radionucléides.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 18589-3:2015](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4b7e7dfb-3ef0-4ea5-91b7-60dd003524c1/iso-18589-3-2015)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4b7e7dfb-3ef0-4ea5-91b7-60dd003524c1/iso-18589-3-2015>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 18589-3:2015](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4b7e7dfb-3ef0-4ea5-91b7-60dd003524c1/iso-18589-3-2015)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4b7e7dfb-3ef0-4ea5-91b7-60dd003524c1/iso-18589-3-2015>

Mesurage de la radioactivité dans l'environnement — Sol —

Partie 3:

Méthode d'essai des radionucléides émetteurs gamma par spectrométrie gamma

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 18589 spécifie l'identification et le mesurage de l'activité d'un grand nombre de radionucléides émetteurs gamma, dans des sols, par spectrométrie gamma. Cette méthode non destructive applicable à des échantillons de grand volume (jusqu'à 3 000 cm³) permet de déterminer, par un seul mesurage, tous les émetteurs γ présents dont l'énergie des photons est comprise entre 5 keV et 3 MeV.

La présente partie de l'ISO 18589 peut être utilisée par les laboratoires d'essai réalisant des mesures de radioactivité en routine, car la majorité des radionucléides émetteurs gamma est caractérisée par des raies d'émission gamma entre 40 keV et 2 MeV.

Cette méthode peut être mise en œuvre en utilisant un germanium ou un autre type de détecteur d'une résolution supérieure à 5 keV.

La présente partie de l'ISO 18589 s'adresse aux personnes chargées de déterminer l'activité des radionucléides émetteurs gamma présents dans les sols dans un but de radioprotection. Elle est parfaitement adaptée à la surveillance de l'environnement et à l'inspection d'un site et permet, en cas d'accidents, une évaluation rapide du niveau de radioactivité gamma. Elle peut concerner les sols de jardins ou des terres agricoles, les sols de sites urbains ou industriels pouvant contenir des débris de matériaux de construction, ainsi que les sols qui n'ont pas été modifiés par des activités humaines.

Lorsque la caractérisation radiologique d'un matériau tamisé supérieur à 200 μm ou à 250 μm , de nature pétrographique ou d'origine anthropogénique, tels que des débris de matériaux de construction, est nécessaire, ce matériau peut être broyé afin d'obtenir un échantillon homogène pour les essais décrits dans l'ISO 18589-2.

2 Références normatives

Les documents suivants, en totalité ou en partie, sont référencés de manière normative dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 10703, *Qualité de l'eau — Détermination de l'activité volumique des radionucléides — Méthode par spectrométrie gamma à haute résolution*

ISO 11074, *Qualité du sol — Vocabulaire*

ISO 11929, *Détermination des limites caractéristiques (seuil de décision, limite de détection et extrémités de l'intervalle de confiance) pour mesurages de rayonnements ionisants — Principes fondamentaux et applications*

ISO 18589-1, *Mesurage de la radioactivité dans l'environnement — Sol — Partie 1: Lignes directrices générales et définitions*

ISO 18589-2, *Mesurage de la radioactivité dans l'environnement — Sol — Partie 2: Lignes directrices pour la sélection de la stratégie d'échantillonnage, l'échantillonnage et le prétraitement des échantillons*

ISO 80000-10, *Grandeurs et unités — Partie 10: Physique atomique et nucléaire*

IEC 61452, *Instrumentation nucléaire — Mesure des taux d'émission gamma de radionucléides — Étalonnage et utilisation des spectromètres germanium*

ISO/IEC 17025, *Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais*

3 Termes, définitions et symboles

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 10703, ISO 11074, l'ISO 18589-1 et l'ISO 80000-10 ainsi que les suivants s'appliquent.

3.2 Symboles

m	Masse de la prise d'essai, en kilogrammes
A	activité de chaque radionucléide de la source d'étalonnage, à la date de l'étalonnage, en becquerels
a, a_c	activité massique de chaque radionucléide, sans et avec correction, en becquerels par kilogramme
t_g	temps de comptage du spectre de l'échantillon, en secondes
t_0	temps de comptage du spectre du mouvement propre, en secondes
t_s	temps de comptage du spectre d'étalonnage, en secondes
$n_{N,E}, n_{N0,E}, n_{Ns,E}$	nombre de coups dans l'aire nette du pic, à l'énergie E , respectivement dans le spectre de l'échantillon, le spectre du mouvement propre et le spectre d'étalonnage
$n_{g,E}, n_{g0,E}, n_{gs,E}$	nombre de coups dans l'aire brute du pic, à l'énergie E , respectivement dans le spectre de l'échantillon, le spectre du mouvement propre et le spectre d'étalonnage
$n_{b,E}, n_{b0,E}, n_{bs,E}$	nombre de coups du fond continu sous le pic, à l'énergie E , respectivement dans le spectre de l'échantillon, le spectre du mouvement propre et le spectre d'étalonnage
ε_E	efficacité du détecteur à l'énergie E , avec la géométrie de comptage utilisée
P_E	probabilité d'émission d'un rayonnement gamma d'énergie E par désintégration, pour chaque radionucléide
$\mu_1(E), \mu_2(E)$	coefficient d'atténuation linéique, respectivement de l'échantillon et d'une source d'étalonnage, par centimètre, pour une énergie photonique E
$\mu_{m,i}(E)$	coefficient d'atténuation massique de l'élément i , en centimètres carrés par gramme, à l'énergie photonique E
h	hauteur de l'échantillon dans le conteneur, en centimètres
w_i	proportion massique de l'élément i (pas d'unité)
ρ	masse volumique apparente de l'échantillon, en grammes par centimètre cube
λ	constante de décroissance de chaque radionucléide, par seconde
$u(a), u(a_c)$	incertitude-type associée au résultat d'un mesurage, sans et avec correction, respectivement, en becquerels par kilogramme
U	incertitude élargie, calculée par $U = k \cdot u(a)$ avec $k = 1, 2, \dots$, en becquerels par kilogramme
a^*, a_c^*	seuil de décision, pour chaque radionucléide, sans et avec correction, respectivement, en becquerels par kilogramme

$a^{\#}, a_c^{\#}$	limite de détection, pour chaque radionucléide, sans et avec correction, respectivement, en becquerels par kilogramme
$a^{\triangleleft}, a^{\triangleright}$	valeurs inférieure et supérieure de l'intervalle de confiance, pour chaque radionucléide, en becquerels par kilogramme

4 Principe

L'activité des radionucléides émetteurs gamma présents dans les échantillons de sols est déterminée par des techniques de spectrométrie gamma fondées sur l'analyse de l'énergie et des surfaces des pics associées aux raies d'émissions gamma. Ces techniques permettent l'identification et la quantification des radionucléides^{[1][2]}.

La nature et la géométrie des détecteurs et des échantillons nécessitent des étalonnages adéquats en énergie et en efficacité^{[1][2]}. Les effets de coïncidence et de sommation doivent être pris en considération, en particulier avec les conteneurs reposant directement sur le détecteur et les conteneurs de type Marinelli, à des niveaux d'activité élevés, ou avec les détecteurs puits utilisés pour la mesure d'échantillons de faible masse (voir 8.1.4).

NOTE L'ISO 18589 traite exclusivement de la spectrométrie gamma mettant en œuvre des détecteurs semi-conducteurs.

5 Équipement de spectrométrie gamma

L'équipement de spectrométrie gamma se compose généralement des éléments suivants:

- un détecteur semi-conducteur disposant d'un système de refroidissement (azote liquide, ensemble cryogénique, etc.),
- un blindage en plomb et/ou en d'autres matériaux pour assurer la protection contre le rayonnement ambiant,
- une électronique adéquate (un bloc d'alimentation haute tension; un système d'amplification des signaux; un convertisseur analogique-numérique),
- un analyseur d'amplitude multicanal, et
- un ordinateur personnel pour l'affichage des mesures spectrales et le traitement des données.

Les détecteurs semi-conducteurs généralement mis en œuvre sont constitués de cristaux de germanium de pureté élevée (HP Ge). Le type et la géométrie de ces détecteurs déterminent leur champ d'application. Lorsqu'il s'agit, par exemple, de détecter la présence de photons d'énergie inférieure à 400 keV, il est recommandé d'utiliser des détecteurs ayant un cristal de faible épaisseur afin de limiter les perturbations dues aux photons de haute énergie. Cependant, il vaut mieux utiliser des détecteurs coaxiaux de type P, de grand volume pour mesurer les photons de haute énergie (supérieure à 200 keV) ou de type N pour la détection simultanée des photons de faible et de haute énergie.

Pour des niveaux naturels de radioactivité, les sensibilités des mesurages sont améliorées par l'utilisation d'instruments de mesure à bruit de fond ultra-bas, c'est-à-dire d'installations dans lesquelles la disposition et le choix de tous les matériaux de fabrication du détecteur et du blindage garantissent un très faible niveau de bruit de fond. Cet ensemble intègre des préamplificateurs et des amplificateurs électroniques à très faible bruit. Il convient que l'enceinte de blindage ne soit pas trop sous-dimensionnée, de manière à garder une distance suffisante entre les parois du blindage et le détecteur installé au centre de l'enceinte de mesure, lorsque des échantillons d'un volume d'un litre sont en place. Pour la mise en place des instruments de mesure, il convient de choisir un local dont les matériaux de construction présentent une très faible activité spécifique et dans lequel la concentration en radon de l'air est très faible. La meilleure solution consiste à installer les instruments de mesure au centre du local et à prévoir une distance maximale par rapport aux murs. La ventilation forcée de la chambre de mesure peut éventuellement contribuer à la stabilisation du bruit de fond de l'installation.

Par ailleurs, une ventilation forcée peut causer certains problèmes, lorsque la teneur en radon de l'air extérieur est trop élevée en raison d'un réchauffement du sol (lors du dégel du sol au printemps, tout particulièrement). Il est toujours justifié de remplir l'intérieur de l'enceinte blindée avec de l'azote. L'azote gazeux qui s'échappe du vase Dewar associé au détecteur peut être dirigé en permanence vers l'enceinte blindée.

Les principaux paramètres caractéristiques qui permettent d'évaluer les performances des détecteurs sont les suivants:

- a) la résolution en énergie (largeur totale à mi-hauteur du pic d'énergie totale) qui permet au détecteur d'effectuer une discrimination entre deux pics d'énergie gamma voisins;
- b) l'efficacité absolue, qui détermine le pourcentage de photons comptés dans le pic d'énergie totale par rapport au nombre de photons émis;
- c) le rapport pic sur Compton.

Selon le degré d'exactitude du mesurage et la limite de détection souhaitée, il est généralement nécessaire d'utiliser des détecteurs de haute qualité dont la résolution en énergie est inférieure à 2,2 keV (pour un pic à 1 332 keV pour le ^{60}Co) et un rapport énergie pic/Compton compris entre 50 et 80 pour le ^{137}Cs (voir l'IEC 61452).

Certains radionucléides naturels ne peuvent être mesurés que par des raies d'émission gamma dans le domaine des faibles énergies de 100 keV (par exemple, le ^{210}Pb et l' ^{238}U , par l'intermédiaire du ^{234}Th). Dans ce cas, l'utilisation de détecteurs de type N est recommandée. Les détecteurs à bas bruit pour les faibles énergies, proposés par les fabricants, ont été désormais optimisés à cet effet et peuvent être en outre utilisés dans d'autres domaines de surveillance de l'environnement, par exemple, pour les mesurages de ^{129}I et de ^{241}Am dans les échantillons prélevés à proximité de certaines installations nucléaires.

L'ordinateur, ainsi que le matériel de traitement des données et les logiciels disponibles, doivent être soigneusement choisis [5][6]. Il est recommandé que les résultats du traitement informatique du spectre fassent l'objet d'un contrôle visuel régulier.

Pour vérifier les caractéristiques de fonctionnement de l'appareillage, l'utilisation d'un matériau de référence certifié est recommandée. La participation à des essais d'aptitude et interlaboratoires ainsi que des exercices d'intercomparaisons permet de vérifier les performances de l'appareillage et la justesse des analyses [9][10].

6 Conteneur d'échantillon

Le mesurage de la radioactivité gamma dans les sols nécessite la mise en œuvre de conteneurs d'échantillons adaptés à la spectrométrie gamma selon les caractéristiques recommandées suivantes:

- matériaux à faible taux d'absorption des rayonnements gamma;
- matériaux transparents pour voir le niveau du contenu;
- volumes adaptés à la forme du détecteur pour garantir une efficacité maximale;
- matériaux étanches et inertes avec les constituants des échantillons;
- ouverture à goulot large pour faciliter le remplissage et étanche à l'air;
- résistance aux chocs.

Afin de pouvoir vérifier facilement que le contenu du conteneur est conforme à la configuration géométrique du système de comptage étalonné, il est possible de choisir un conteneur transparent disposant d'une marque permettant de vérifier le niveau de remplissage.

7 Mode opératoire

7.1 Conditionnement des échantillons pour les besoins de mesurage

Les échantillons de sol conditionnés pour les besoins des mesurages par spectrométrie gamma sont généralement séchés, broyés et homogénéisés conformément à l'ISO 18589-2.

Le mode opératoire suivant doit être utilisé.

- a) Choisir le conteneur le mieux adapté au volume de l'échantillon de manière à pouvoir mesurer autant de matière que possible. Afin de diminuer les effets d'auto-absorption, il convient de réduire le contenu à une hauteur minimale.
- b) Remplir le conteneur jusqu'au niveau de la marque correspondant au volume de remplissage. Il est recommandé d'utiliser un dispositif de remplissage mécanique (par exemple une table vibrante) pour le conditionnement de l'échantillon afin d'éviter toute réduction ultérieure de volume.
- c) Noter la masse de l'échantillon. Cette information est utile lorsqu'il s'agit d'exprimer le résultat du mesurage sous forme d'activité par unité de masse et d'effectuer des corrections pour compenser l'effet d'auto-absorption.
- d) Effectuer un contrôle visuel du niveau supérieur de l'échantillon et s'assurer qu'il est horizontal avant de procéder au mesurage. Le cas échéant, ajouter davantage de matière à l'échantillon jusqu'à atteindre la marque de remplissage, et corriger en conséquence la masse de l'échantillon relevée.
- e) Fermer hermétiquement le conteneur lorsqu'il s'agit de mesurer des radionucléides volatils ou naturels.
- f) Nettoyer l'extérieur du conteneur afin d'éliminer toute contamination potentielle due à l'opération de remplissage.

Si les mesurages doivent être réalisés rapidement, la méthode de traitement décrite dans l'ISO 18589-2 peut être ignorée. Cela doit être mentionné dans le rapport d'essai et les résultats ne peuvent être exprimés en becquerels par kilogramme de sol sec.

Lors de l'estimation du Ra-226 à partir du mesurage des produits de désintégration de courte période du Rn-222, le conteneur scellé doit être entreposé suffisamment longtemps (30 jours) afin de permettre d'atteindre l'état d'équilibre radioactif entre le Ra-226 et le Rn-222.

7.2 Niveau du bruit de fond du laboratoire

Comme les radionucléides présents dans le sol (voir l'Annexe B) se retrouvent également dans les constituants des matériaux de construction, le détecteur et l'échantillon doivent être suffisamment protégés par un blindage contre le bruit de fond dû au rayonnement naturel. Souvent, il suffit de protéger le détecteur par un blindage constitué d'une cuve en plomb ayant une paroi de 10 cm d'épaisseur et à bas bruit de fond. La réduction du radon à l'intérieur du blindage est souhaitable. Les Références^[1] et^[2] fournissent des informations complémentaires.

Les radionucléides naturels et leurs produits de désintégration sont largement répandus, avec des concentrations plus ou moins importantes, dans les planchers, les murs, les toitures et l'air des locaux de mesure ainsi que dans les matériaux de fabrication des détecteurs et des blindages.

En raison de la présence d'isotopes dans la chaîne de désintégration du radon, gaz rare, dont l'émanation à partir des matériaux adjacents aux instruments de mesure dépend de différents paramètres physiques, de fortes variations de la concentration en radon et de celle de ses produits de désintégration peuvent se produire dans l'air du local de mesure et dans l'air de l'enceinte blindée des détecteurs. Les planchers des vieux bâtiments, tout particulièrement, soulèvent d'importants problèmes à cet égard.

Le bruit de fond des instruments de mesure doit être maintenu à un niveau aussi bas que possible et tout particulièrement aussi stable que possible par des mesures adéquates. Cela passe par la suppression des

poussières par filtration. Des mesurages fréquents du bruit de fond permettent de vérifier sa stabilité. Cela est nécessaire puisque les surfaces des pics du spectre du bruit de fond doivent être déduites de celles du spectre de l'échantillon.

7.3 Étalonnage

7.3.1 Étalonnage en énergie

L'étalonnage en énergie est réalisé en utilisant des sources d'un radionucléide ayant plusieurs raies d'émission gamma (par exemple ^{152}Eu) ou des sources composées de plusieurs radionucléides. Cet étalonnage permet d'établir la relation entre les numéros des canaux de l'analyseur et les énergies connues des photons [12][13]. Généralement, cette opération est accomplie avec un logiciel adéquat qui utilise les spectres étalons pour automatiquement associer l'échelle des canaux de l'analyseur multicanal à une échelle en énergie des photons et enregistrer les informations utiles et nécessaires aux futures analyses. En utilisant les spectres d'étalonnage en énergie, la largeur totale à mi-hauteur des pics d'énergie totale peut être déterminée en fonction de l'énergie gamma. Cette information est généralement nécessaire au logiciel d'analyse spectrométrique.

L'IEC 61452, l'ISO 10703, et les Références [7] et [8] fournissent des informations complémentaires.

7.3.2 Étalonnage en efficacité

L'étalonnage en efficacité est réalisé par des calculs *ab initio* du rendement du détecteur, en utilisant la théorie du transport et les techniques de Monte-Carlo (non abordées dans l'ISO 18589) ou en mettant en œuvre des sources d'un radionucléide ayant plusieurs raies d'émission gamma ou des sources composées de plusieurs radionucléides. Cet étalonnage permet d'établir le rendement de détection du détecteur en fonction de l'énergie du rayonnement.

En cas d'utilisation d'une source d'un radionucléide ayant plusieurs raies d'émission gamma, il convient de tenir compte des effets de sommation ou des pertes par coïncidences.

Le mesurage des échantillons doit être réalisé dans les mêmes conditions que l'étalonnage du système de spectrométrie gamma. En particulier, les réglages des circuits électroniques (gain et haute tension), la configuration géométrique du mesurage, la position de la source par rapport au détecteur et à l'échantillon et les matrices étalons doivent être identiques.

À cet effet, il convient que la source d'étalonnage présente les mêmes propriétés physiques et chimiques que l'échantillon. Elle peut être produite, par exemple, par marquage d'un échantillon de sol adéquat.

Dans ces conditions, l'efficacité à l'énergie E doit être calculée selon la Formule (1):

$$\varepsilon_E = \frac{n_{\text{Ns},E} / t_s}{A \cdot P_E} \quad (1)$$

Pour un pic unique d'énergie E , le nombre de coups, $n_{\text{Ns},E}$, dans l'aire nette du pic d'un spectre γ est calculé selon la Formule (2):

$$n_{\text{Ns},E} = n_{\text{gs},E} - n_{\text{bs},E} \quad (2)$$

Lorsque les caractéristiques physiques et chimiques de l'échantillon (composition chimique, masse volumique apparente) diffèrent de celles retenues pour l'étalonnage en efficacité, il convient d'appliquer une correction de l'effet d'auto-absorption des émissions gamma.

L'IEC 61452, l'ISO 10703 et les Références [7] et [8] fournissent des informations complémentaires.

7.4 Mesurages des radionucléides naturels et correction des résultats des mesures

Lorsque la mesure de l'activité concerne des radionucléides naturels dans le sol, les surfaces des pics d'énergie totale permettant d'évaluer leurs activités doivent être corrigées de la contribution du bruit