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

Partie 3:
**Mesurage des radionucléides émetteurs
gamma**

iTeh STANDARD PREVIEW
*Measurement of radioactivity in the environment — Soil —
Part 3: Measurement of gamma-emitting radionuclides*
(standards.iteh.ai)

[ISO 18589-3:2007](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dbab731b-96f8-42ff-986b-848d691d5c1f/iso-18589-3-2007)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dbab731b-96f8-42ff-986b-848d691d5c1f/iso-18589-3-2007>



PDF – Exonération de responsabilité

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 18589-3:2007](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dbab731b-96f8-42ff-986b-848d691d5c1f/iso-18589-3-2007)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dbab731b-96f8-42ff-986b-848d691d5c1f/iso-18589-3-2007>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2007

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, 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 et les microfilms, sans l'accord écrit de l'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax. + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
Introduction	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes, définitions et 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
7.4 Mesurages des radionucléides naturels et correction des résultats des mesures	7
8 Expression des résultats	7
8.1 Calcul de l'activité par unité de masse	7
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	10
8.6 Corrections relatives aux contributions d'autres radionucléides et au bruit de fond	11
9 Rapport d'essai	13
Annexe A (informative) Calcul de l'activité par unité de masse à partir d'un spectre de rayonnement gamma par soustraction d'un bruit de fond linéaire	14
Annexe B (informative) Analyse par spectrométrie gamma de radionucléides naturels présents dans des échantillons de sols	16
Bibliographie	22

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 (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

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.

L'ISO 18589-3 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 85, *Énergie nucléaire*, sous-comité SC 2, *Radioprotection*.

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

- iTeh STANDARD PREVIEW**
(standards.iteh.ai)
- <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dbab731b-96f8-42ff-986b-848d691d5c1f/iso-18589-3-2007>
- *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: Mesurage des radionucléides émetteurs 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*

Introduction

L'ISO 18589 est publiée en plusieurs parties, à utiliser ensemble ou séparément selon les besoins. Les Parties 1 à 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. Les Parties 3 à 5 traitent des mesurages spécifiques des radionucléides et la Partie 6 de mesurages non spécifiques des activités alpha globale et bêta globale.

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 18589-3:2007](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dbab731b-96f8-42ff-986b-848d691d5c1f/iso-18589-3-2007)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dbab731b-96f8-42ff-986b-848d691d5c1f/iso-18589-3-2007>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 18589-3:2007](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dbab731b-96f8-42ff-986b-848d691d5c1f/iso-18589-3-2007)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dbab731b-96f8-42ff-986b-848d691d5c1f/iso-18589-3-2007>

Mesurage de la radioactivité dans l'environnement — Sol —

Partie 3:

Mesurages des radionucléides émetteurs 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 est caractérisée par des raies d'émission gamma entre 40 keV et 2 MeV.

La présente partie de l'ISO 18589 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.

2 Références normatives

[ISO 18589-3:2007](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dbab731b-96f8-42ff-986b-848d69115c1f/iso-18589-3-2007)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dbab731b-96f8-42ff-986b-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dbab731b-96f8-42ff-986b-848d69115c1f/iso-18589-3-2007)

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. 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 31-9, *Grandeurs et unités — Partie 9: Physique atomique et nucléaire*

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

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, échantillonnage et le prétraitement des échantillons*

Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM), BIPM/CEI/FICC/ISO/OIML/UICPA/UIPPA

3 Termes, définitions et symboles

Pour les besoins du présent document, les termes, définitions et symboles donnés dans l'ISO 18589-1, l'ISO 11074, l'ISO 31-9 et l'ISO 10703 ainsi que les symboles suivants s'appliquent.

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 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, les spectres du mouvement propre et 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, les spectres du mouvement propre et 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, les spectres du mouvement propre et 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, 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 [3], [4], [5]. L'utilisation d'un détecteur puits pour la mesure d'échantillons de faible masse nécessite des précautions particulières pour tenir compte des effets de coïncidence et de sommation (voir 8.1.4).

NOTE Pour détecter la radioactivité présente dans le sol, les détecteurs d'iodure de sodium ne peuvent être mis en œuvre que dans certains cas. Pour cette raison, la présente partie de 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 multi-canal;
- 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'absorption 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'absorption 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 ⁶⁰Co) et un rapport énergie pic/Compton compris entre 50 et 80 pour le ¹³⁷Cs.

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 Pb-210 et l'U-238, par l'intermédiaire du Th-234). 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 l'I-129 et de l'Am-241 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 [6], [7]. Il est recommandé que les résultats du traitement informatique du spectre fassent l'objet d'un contrôle visuel régulier.

iTeh STANDARD PREVIEW

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 [10], [11].

[ISO 18589-3:2007](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dbab731b-96f8-42ff-986b-848d691d5c1f/iso-18589-3-2007)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/dbab731b-96f8-42ff-986b-848d691d5c1f/iso-18589-3-2007>

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. Il convient que ces conteneurs présentent les caractéristiques suivantes:

- matériaux à faible taux d'absorption des rayonnements gamma;
- 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'autoabsorption, 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 (une table vibrante, par exemple) 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'autoabsorption.
- 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.

ISO 18589-3:2007

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 du mesurage du Rn-222 à partir des produits de désintégration du Ra-226, le conteneur scellé doit être entreposé suffisamment longtemps afin de permettre d'atteindre l'état d'équilibre radioactif.

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 bibliographiques [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], [14]. Généralement, cette opération est accomplie avec un logiciel adéquat qui utilise le spectre étalon pour automatiquement associer l'échelle des canaux de l'analyseur multicanal à une échelle en énergie des photons et enregistre les informations utiles et nécessaires aux futures analyses. En utilisant le spectre d'étalonnage en énergie, la largeur totale à mi-hauteur des pics d'énergies peut être déterminée en fonction de l'énergie gamma. Cette information est généralement nécessaire au logiciel d'analyse spectrométrique.

L'ISO 10703 et les références bibliographiques [8] et [9] 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 la présente partie de 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 étalon 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 l'Équation (1):

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

Pour un pic sans interférence d'énergie E , le nombre de coups, $n_{\text{Ns},E}$, dans l'aire nette du pic d'un spectre- γ est calculé selon l'Équation (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'autoabsorption des émissions gamma.

L'ISO 10703 et les références bibliographiques [8] et [9] fournissent des informations complémentaires.