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

Partie 5:
Mesurage du strontium 90

Measurement of radioactivity in the environment — Soil —

Part 5: Measurement of strontium 90

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 18589-5:2009

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/26dc82d1-299d-4c13-8619-680086f6788d/iso-18589-5-2009>



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 18589-5:2009](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/26dc82d1-299d-4c13-8619-680086f6788d/iso-18589-5-2009)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/26dc82d1-299d-4c13-8619-680086f6788d/iso-18589-5-2009>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2009

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 Réactifs et appareillage	4
6 Mode opératoire	5
7 Expression des résultats	8
8 Rapport d'essai	14
Annexe A (informative) Préparation de la prise d'essai	16
Annexe B (informative) Mesurage du strontium par précipitation	18
Annexe C (informative) Mesurage du ⁹⁰Sr à partir de son descendant ⁹⁰Y en équilibre, par extraction organique	24
Annexe D (informative) Mesurage du strontium après séparation sur une résine spécifique en «éther couronne»	28
Bibliographie	31

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 18589-5 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/26dc82d1-299d-4c13-8619-680986f5788d/iso-18589-5-2009>
- *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 18589-5:2009](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/26dc82d1-299d-4c13-8619-680086f6788d/iso-18589-5-2009)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/26dc82d1-299d-4c13-8619-680086f6788d/iso-18589-5-2009>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 18589-5:2009

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/26dc82d1-299d-4c13-8619-680086f6788d/iso-18589-5-2009>

Mesurage de la radioactivité dans l'environnement — Sol —

Partie 5: Mesurage du strontium 90

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 18589 spécifie les principes de mesurage de l'activité du strontium 90 (^{90}Sr) en équilibre avec l'yttrium (^{90}Y) et du strontium 89 (^{89}Sr), qui sont des radionucléides émetteurs bêta purs, dans des échantillons de sol. Différentes méthodes de séparation chimique sont présentées afin de produire des sources de strontium et d'yttrium dont l'activité est déterminée au moyen d'un compteur proportionnel (PC, *proportional counter*) ou d'un compteur à scintillation liquide (LSC, *liquid scintillation counter*). Le choix de la méthode de mesurage dépend de l'origine de la contamination, des caractéristiques du sol à analyser, de l'exactitude de mesure requise et des ressources des laboratoires disponibles.

Ces méthodes servent à contrôler le sol suite à des rejets liquides ou gazeux, qu'ils soient passés ou présents, accidentels ou de routine. Ces méthodes couvrent également le contrôle de la contamination due aux retombées mondiales.

Dans le cas de retombées récentes se produisant immédiatement après un accident nucléaire, la contribution du ^{89}Sr au total de l'activité du strontium n'est pas négligeable. La présente partie de l'ISO 18589 fournit la méthode de mesurage permettant de déterminer l'activité de ^{90}Sr en présence de ^{89}Sr .

2 Références normatives

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 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, l'échantillonnage et le prétraitement des échantillons*

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 et l'ISO 31-9 ainsi que les symboles suivants s'appliquent.

m	Masse de la prise d'essai, en kilogrammes
a_i	Activité par unité de masse, du radionucléide i , en becquerels par kilogramme
$A_{i,s}$	Activité de la source d'étalonnage du radionucléide i , à la date de l'étalonnage, en becquerels
A_i	Activité de la source d'étalonnage du radionucléide i , à $t = 0$, en becquerels
t_g	Temps de comptage de l'échantillon, en secondes
t_0	Temps de comptage du mouvement propre, en secondes
t_s	Temps de comptage de la source d'étalonnage, en secondes
r_g	Taux de comptage brut, par seconde
r_0	Taux de comptage du mouvement propre, par seconde
r_s	Taux de comptage de la source d'étalonnage, par seconde
$R_{c,i}$	Rendement chimique de l'extraction du radionucléide i
ε_i	Rendement de comptage pour le radionucléide i
λ_i	Constante de décroissance du radionucléide i
t_d, t_f	Temps, respectivement de départ et de fin du mesurage, avec $t = 0$ comme référence, en secondes
r_{gj}	Taux de comptage brut par seconde, pour la mesure j
r_{0j}	Taux de comptage du mouvement propre par seconde, pour la mesure j
r_j	Taux de comptage net par seconde, pour la mesure j
t_j	Début de la mesure j , avec $t = 0$ comme référence
$u(a_i)$	Incertitude-type associée au rendement de mesurage, en becquerels par kilogramme
U	Incertitude élargie, calculée par $U = k \cdot u(a_i)$, avec $k = 1, 2, \dots$ en becquerels par kilogramme
a_i^*	Seuil de décision du radionucléide i , en becquerels par kilogramme
$a_i^\#$	Limite de détection du radionucléide i , en becquerels par kilogramme
$a_i^<, a_i^>$	Limites inférieure et supérieure de l'intervalle de confiance du radionucléide i , en becquerels par kilogramme

4 Principe

^{90}Sr , ^{90}Y et ^{89}Sr sont des radionucléides émetteurs bêta purs. Leurs énergies d'émission bêta et leurs périodes sont indiquées dans le Tableau 1¹⁾.

Tableau 1 — Énergies moyennes d'émission bêta et périodes des radionucléides ^{90}Sr , ^{90}Y et ^{89}Sr

Radionucléide	^{90}Sr	^{90}Y	^{89}Sr
Énergie bêta, keV	196	926,7	584,6
Période	28,8 a	2,67 j	50,6 j

Le strontium peut être mesuré directement ou estimé par la mesure de son descendant, l'yttrium. Tous les mesurages sont basés sur une étape de séparation chimique suivie du comptage bêta de l'élément au moyen d'un compteur proportionnel ou d'un compteur à scintillation liquide. (Voir Tableau 2 et Références [1], [2] et [3].)

4.1 Séparation chimique

Suite à l'étape d'extraction de la prise d'essai du sol, le strontium doit être isolé de la solution du sol par précipitation ou par séparation par résine chromatographique spécifique, telle que les résines de type éther couronne. L'yttrium peut être isolé par précipitation ou par extraction liquide-liquide.

Il convient que l'étape de séparation maximise l'extraction de l'élément pur. La méthode choisie doit être sélective avec un rendement chimique élevé. Dans la mesure où des radio-isotopes de thorium, plomb et bismuth sont présents dans le sol, ils doivent être éliminés de l'échantillon car ils peuvent interférer avec l'émission de ^{90}Sr , ^{90}Y ou ^{89}Sr , au cours de l'étape de détection. Les autres constituants de la matrice susceptibles d'interférences, tels que les éléments alcalino-terreux, le calcium pour le strontium, ou les éléments transuraniens et les lanthanides pour l'yttrium, doivent également être éliminés, dans la mesure où ils réduisent le rendement chimique de l'extraction.

Le rendement de la séparation radiochimique est calculé en utilisant un élément entraîneur tel que le Sr ou l'Y stables, ou un élément traceur radioactif, tel que le ^{85}Sr . Des techniques telles que la spectrométrie d'absorption atomique (AAS) ou la spectrométrie d'émission atomique avec plasma à couplage inductif (ICP-AES) ou la spectrométrie de masse avec plasma à couplage inductif (ICP-MS) utilisées pour mesurer l'élément entraîneur, et la spectrométrie gamma utilisée pour mesurer le ^{85}Sr , sont recommandées. Des méthodes gravimétriques permettent également de mesurer l'élément entraîneur, mais la présence d'éléments inactifs, essentiellement des éléments alcalino-terreux, dans les solutions de lixiviation peut conduire à une surestimation des rendements de la séparation radiochimique, notamment pour le mesurage du strontium.

Lorsque du strontium stable est ajouté comme un élément entraîneur, sa concentration initiale dans l'échantillon pour essai doit être connue pour éviter toute surestimation du rendement de la séparation chimique.

4.2 Détection

L'utilisation d'un compteur à scintillation liquide, qui permet de visualiser des spectres et de détecter toute interférence des radionucléides non désirés, est préférable à celle d'un compteur proportionnel, qui ne fait pas la différence entre les émissions de différents émetteurs bêta. En cas d'utilisation d'un compteur proportionnel, il est recommandé de vérifier la pureté du précipité en suivant l'évolution sur une période appropriée de l'activité de ^{90}Y ou de ^{89}Sr , même si cette méthode est pénalisante du point de vue du temps.

1) Source: BIPM (Bureau International des Poids et Mesures).

Une méthode de désorption Sr/Y de la prise d'essai du sol est présentée à l'Annexe A. Trois méthodes de mesurage sont présentées aux Annexes B, C et D.

Tableau 2 — Procédures de détermination du strontium selon son origine

Origine		Retombées anciennes				Retombées récentes	
Teneur en radionucléide		$^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$				$^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ ^{89}Sr	
Séparation	Élément	Sr		→ Y^a		Sr	
	Méthode	Chromatographie ^b	Précipitation	Extraction	Précipitation	Chromatographie ^b	Précipitation
	Produit	^{90}Sr		^{90}Y		$^{90}\text{Sr}+^{89}\text{Sr}$	
	Élément entraîneur ou élément traceur^c	^{85}Sr ou Sr stable		Y stable		^{85}Sr ou Sr stable	
Mesurages	équilibre $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$	Oui 15-20 jours (recommandé)	Non	Non		Oui 15-20 jours (recommandé)	Non
	Nombre	Un	Un	Un		Deux ou plus	
	Émissions	^{90}Sr ^{90}Y	^{90}Sr ^{90}Y	^{90}Y		^{90}Sr ^{90}Y ^{89}Sr	
	Matériel	Compteur proportionnel ou compteur à scintillation liquide (total)		Compteur proportionnel ou compteur à scintillation liquide (total ou Cerenkov)		Compteur proportionnel ou compteur à scintillation liquide (total)	
	Sources d'étalonnage	$^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$	^{90}Sr ^{90}Y	^{90}Y		$^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ ^{89}Sr	^{90}Sr ^{90}Y ^{89}Sr
<p>^a La séparation de l'Y est effectuée après équilibre $^{90}\text{Sr} - ^{90}\text{Y}$ dans l'échantillon pour essai.</p> <p>^b Chromatographie spécifique avec la résine éther couronne.</p> <p>^c Les mesurages de l'élément entraîneur ou de l'élément traceur sont effectués par spectrométrie gamma pour le ^{85}Sr et par gravimétrie, absorption atomique (AAS) ou spectrométrie ICP pour le Sr et l'Y.</p>							

5 Réactifs et appareillage

Les réactifs et l'appareillage chimiques nécessaires pour chaque méthode de mesurage de strontium sont décrits dans les Annexes A, B, C et D.

Tous les réactifs chimiques nécessaires pour conduire ce mode opératoire doivent être de qualité analytique reconnue.

6 Mode opératoire

6.1 Désorption du strontium

Un traitement acide permet la désorption du strontium de la prise d'essai du sol, qui est alors présent dans le lixiviat de la solution.

L'élément traceur ou l'élément entraîneur est ajouté au début de cette étape du mode opératoire. Il convient de laisser s'écouler un temps suffisant, généralement jusqu'à un jour, pour obtenir l'équilibre avant de commencer la désorption du strontium.

Si du strontium stable est ajouté comme un élément entraîneur, la concentration initiale de Sr doit être déterminée dans l'échantillon pour essai, au cours de cette étape du mode opératoire, avant d'ajouter l'élément entraîneur.

Une méthode de désorption du strontium pour les échantillons de sol est donnée à l'Annexe A.

6.2 Séparation chimique

Il existe trois techniques habituelles de séparation chimique: précipitation [4], [5], extraction liquide-liquide et extraction par chromatographie au moyen d'une résine sélective type éther couronne [6], [7], [8]. Les Annexes B, C et D fournissent un mode opératoire pour chacune de ces techniques.

6.2.1 Précipitation

La technique de précipitation permet de séparer tous les éléments minéraux, y compris le strontium, dans les échantillons de sol dont les teneurs en sel sont élevées. Cette technique est très efficace mais non sélective pour le strontium. L'utilisation de grandes quantités d'acide nitrique et la nécessité d'attendre que l'yttrium parvienne à l'équilibre limitent l'emploi de cette technique.

L'ajout d'acide nitrique entraîne un précipité de strontium avec les autres éléments interférents. Des cycles successifs de dissolution-précipitation concentrent le strontium dans le précipité, tandis que l'yttrium et les autres éléments demeurent dans la fraction de liquide surnageant. Les modes opératoires les plus courants, qui produisent un précipité de SrCO_3 , sont présentés à l'Annexe B.

Dans le cas de la méthode de mesurage basée sur l'équilibre du ^{90}Sr et du ^{90}Y , soit la contribution totale de l'yttrium et du strontium est mesurée directement dans le précipité, soit l'activité de l'yttrium peut être mesurée après une dernière séparation du strontium. Dans ce dernier cas, le rendement chimique est évalué par l'ajout à la source d'un élément entraîneur d'yttrium, avant d'effectuer la séparation de l'yttrium. Le produit final obtenu est un précipité d'yttrium, qui se présente habituellement sous la forme d'un précipité d'oxalate. Une méthode est présentée à l'Annexe B.

En l'absence de ^{89}Sr , la mesure du ^{90}Sr s'effectue par comptage de l'émission bêta de ^{90}Y ou de ^{90}Y et ^{90}Sr à l'équilibre.

Lorsque le ^{89}Sr présent dans la prise d'essai ne peut être négligé, la technique consistant à mesurer directement le strontium à deux moments différents doit être choisie.

6.2.2 Extraction liquide-liquide

Cette technique est basée sur l'extraction par solvant organique de ^{90}Y à l'équilibre avec son parent radioactif, à savoir le ^{90}Sr . La séparation chimique est rapide et ne nécessite que peu de ressources techniques. Un rendement provisoire peut être obtenu après trois jours (approximativement une période de décroissance de l'yttrium). Toutefois, une sélectivité totale de l'extraction n'est pas toujours possible. En présence de niveaux élevés de radioactivité naturelle, des interférences peuvent se produire, rendant ainsi difficile toute détermination de niveaux d'activité très faibles.

Cette méthode convient parfaitement aux situations d'urgence et, en règle générale, à tous les échantillons à faible teneur en radionucléides émetteurs β .

Le ^{90}Y est extrait de la fraction de lixiviation en utilisant un solvant organique sous la forme d'un précipité d'yttrium. Une méthode est présentée à l'Annexe C.

Une fois la source préparée, il convient de mesurer le ^{90}Y au moyen d'un compteur proportionnel ou en déterminant le niveau de rayonnement Cerenkov émis par le ^{90}Y , au moyen d'un compteur à scintillation liquide.

L'absence d'autres émetteurs β interférents est vérifiée au cours de la décroissance du ^{90}Y en mesurant la baisse du taux de comptage du ^{90}Y et, une fois la décroissance achevée, en comparant avec le niveau d'activité du mouvement propre.

6.2.3 Séparation par chromatographie (résine type éther couronne)

Cette technique est basée sur la séparation chromatographique sélective du strontium au moyen d'une résine spécifique à «éther couronne». La séparation chimique est rapide et parfaitement adaptée à l'inspection et au contrôle de l'environnement.

La source finale à mesurer est un précipité de strontium. Une méthode est donnée à l'Annexe D.

Dans le cas de la méthode de mesurage basée sur l'équilibre de ^{90}Sr et ^{90}Y , soit la contribution totale de l'yttrium et du strontium est mesurée directement dans le précipité, soit l'activité de l'yttrium peut être mesurée après la séparation finale du strontium. Dans ce dernier cas le rendement de la récupération chimique est évalué par l'ajout d'un élément entraîneur de l'yttrium à la source avant d'effectuer la séparation de l'yttrium. Le produit final obtenu est un précipité d'yttrium qui se présente habituellement sous la forme d'un précipité d'oxalate. Une méthode est donnée à l'Annexe B.

En l'absence de ^{89}Sr , la mesure de ^{90}Sr s'effectue par comptage de l'émission bêta de ^{90}Y ou de ^{90}Y et ^{90}Sr à l'équilibre.

ISO 18589-5:2009
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/26dc82d1-299d-4c13-8619-680086f6788d/iso-18589-5-2009>

Lorsque le ^{89}Sr présent dans la prise d'essai ne peut être négligé, cette technique consistant à mesurer directement le strontium à deux moments différents doit être choisie.

6.3 Préparation de la source à mesurer

6.3.1 Préparation de la source pour le compteur à scintillation liquide

Le compteur à scintillation liquide mesure directement les photons produits par les scintillations se produisant dans le liquide, suite à l'excitation due aux émissions bêta de la source.

Le précipité de Sr ou de Y est dissous et mélangé au liquide scintillant. Le volume de la solution dépend du matériel (taille du flacon) et du scintillateur spécifique utilisés. (Voir une méthode à l'Annexe C.)

La source d'étalonnage doit être préparée à partir d'une quantité connue d'éléments traceurs (^{90}Sr , ^{89}Sr , $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ ou ^{90}Y) avec les mêmes géométrie et composition chimique que la source à mesurer. Les méthodes qui permettent l'étalonnage avec différents radionucléides peuvent également être employées [9].

Il convient de préparer la source de blanc suivant la méthode choisie, en commençant par une prise d'essai sans ^{90}Sr (ou directement de l'eau distillée).

6.3.2 Préparation de la source pour le compteur proportionnel

Le compteur proportionnel mesure directement l'émission bêta de la source, préparée à partir d'une couche mince déposée, de manière à réduire au minimum les effets d'autoabsorption.