

---

---

**Qualité de l'eau — Radon 222 —**

**Partie 2:  
Méthode d'essai par spectrométrie  
gamma**

*Water quality — Radon-222 —*

*Part 2: Test method using gamma-ray spectrometry*

<https://standards.iteh.ai>  
**Document Preview**

[ISO 13164-2:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/68951fe7-b872-4966-b2e2-11b7ab9f92a1/iso-13164-2-2013)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/68951fe7-b872-4966-b2e2-11b7ab9f92a1/iso-13164-2-2013>



iTeh Standards  
(<https://standards.iteh.ai>)  
Document Preview

[ISO 13164-2:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/68951fe7-b872-4966-b2e2-11b7ab9f92a1/iso-13164-2-2013)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/68951fe7-b872-4966-b2e2-11b7ab9f92a1/iso-13164-2-2013>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2013

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  
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20  
Tel. + 41 22 749 01 11  
Fax + 41 22 749 09 47  
E-mail [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)  
Web [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

<b>Avant-propos</b> .....	<b>iv</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>v</b>
<b>1</b> <b>Domaine d'application</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b> <b>Références normatives</b> .....	<b>1</b>
<b>3</b> <b>Termes, définitions et symboles</b> .....	<b>2</b>
3.1    Termes et définitions.....	2
3.2    Symboles.....	2
<b>4</b> <b>Principe</b> .....	<b>3</b>
<b>5</b> <b>Échantillonnage</b> .....	<b>3</b>
5.1    Exigences générales.....	3
5.2    Exigences d'échantillonnage.....	3
5.3    Volume de l'échantillon.....	4
5.4    Caractéristiques du récipient.....	4
<b>6</b> <b>Transport et conservation</b> .....	<b>4</b>
<b>7</b> <b>Détection</b> .....	<b>4</b>
<b>8</b> <b>Mode opératoire d'analyse</b> .....	<b>5</b>
<b>9</b> <b>Programme d'assurance qualité et de contrôle de la qualité</b> .....	<b>5</b>
9.1    Généralités.....	5
9.2    Grandeurs d'influence.....	5
9.3    Vérification des instruments.....	6
9.4    Vérification de la méthode.....	6
9.5    Démonstration de l'aptitude de l'analyste.....	6
<b>10</b> <b>Expression des résultats</b> .....	<b>7</b>
10.1    Activité volumique.....	7
10.2    Incertitude-type de l'activité volumique.....	7
10.3    Seuil de décision.....	8
10.4    Limite de détection.....	8
10.5    Limites de l'intervalle de confiance.....	8
<b>11</b> <b>Rapport d'essai</b> .....	<b>9</b>
<b>Annexe A (informative) Exemples de spectres</b> .....	<b>10</b>
<b>Annexe B (informative) Exemples de données d'exactitude et de fidélité</b> .....	<b>12</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>13</b>

## 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 procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/CEI, 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/CEI, Partie 2, [www.iso.org/directives](http://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 sur la liste ISO des déclarations de brevets reçues, [www.iso.org/brevets](http://www.iso.org/brevets).

Les éventuelles appellations commerciales utilisées dans le présent document sont données pour information à l'intention des utilisateurs et ne constituent pas une approbation ou une recommandation.

Le comité chargé de l'élaboration du présent document est l'ISO/TC 147, *Qualité de l'eau*, sous-comité SC 3, *Mesurages de la radioactivité*.

L'ISO 13164 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Qualité de l'eau — Radon 222*:

- *Partie 1: Principes généraux*
- *Partie 2: Méthode d'essai par spectrométrie gamma*
- *Partie 3: Méthode d'essai par émanométrie*

La partie suivante est en cours d'élaboration:

- *Partie 4: Méthode par comptage des scintillations en milieu liquide à deux phases*

## Introduction

La radioactivité provenant de sources d'origine naturelle et artificielle est présente partout dans l'environnement. Par conséquent, les masses d'eau (eaux de surface, eaux souterraines, eau de mer) peuvent contenir des radionucléides d'origine naturelle et d'origine artificielle.

- Les radionucléides naturels, y compris le potassium 40, et ceux des chaînes de désintégration du thorium et de l'uranium, notamment le radium 226, le radium 228, l'uranium 234, l'uranium 238, le plomb 210, peuvent se trouver dans l'eau pour des raisons naturelles (par exemple désorption par le sol et lessivage par les eaux pluviales) ou ils peuvent être libérés par des processus technologiques impliquant des matériaux naturellement radioactifs (par exemple extraction minière et traitement de sables minéraux ou production et utilisation d'engrais phosphatés).
- Les radionucléides artificiels, tels que les transuraniens (américium, plutonium, neptunium, curium), le tritium, le carbone 14, le strontium 90 et les radionucléides émetteurs gamma peuvent aussi se trouver dans les eaux naturelles car la réglementation autorise leur libération périodique dans l'environnement en faibles quantités dans les effluents rejetés par les installations du cycle du combustible nucléaire et suite à leur utilisation dans le domaine de la médecine nucléaire ou de l'industrie. Il est également possible de les trouver dans l'eau, en raison des retombées des anciens essais nucléaires atmosphériques et celles relatives aux accidents de Tchernobyl et de Fukushima.

L'eau potable peut donc contenir des radionucléides à une activité volumique susceptible de présenter un risque pour la santé humaine. Afin d'évaluer la qualité de l'eau potable (y compris les eaux minérales et les eaux de source) vis-à-vis de sa teneur en radionucléides et de fournir des lignes directrices pour réduire les risques pour la santé humaine en prenant des dispositions destinées à réduire les valeurs d'activité volumique des radionucléides, la teneur en radioactivité des ressources en eau (eaux souterraines, rivières, lacs, mers, etc.) et des eaux potables est surveillée conformément aux recommandations de l'Organisation mondiale de la santé (OMS).

Des méthodes d'essai normalisées concernant les valeurs d'activité volumique du radon 222 dans les échantillons d'eau sont nécessaires pour les laboratoires d'essais réalisant ces mesures dans le respect des exigences émises par les autorités nationales. Les laboratoires sont parfois tenus d'obtenir une accréditation spécifique pour la réalisation de mesures concernant les radionucléides dans les échantillons d'eau potable.

Les valeurs d'activité volumique du radon dans les eaux de surface sont très faibles, généralement inférieures à 1 Bq l<sup>-1</sup>. Dans les eaux souterraines, elles peuvent varier de 1 Bq l<sup>-1</sup> à 50 Bq l<sup>-1</sup> pour les aquifères rocheux dans les roches sédimentaires, de 10 Bq l<sup>-1</sup> à 300 Bq l<sup>-1</sup> pour les puits creusés dans le sol, et de 100 Bq l<sup>-1</sup> à 1 000 Bq l<sup>-1</sup> dans les roches cristallines. Les valeurs d'activité volumique les plus élevées sont généralement mesurées dans le socle rocheux à fortes concentrations en uranium (Référence [Z]).

Les valeurs d'activité volumique du radon dans les aquifères rocheux se caractérisent par leur grande variabilité. Ainsi dans une région aux types de roches relativement homogènes, certains puits peuvent présenter des valeurs d'activité volumique du radon largement supérieures à la moyenne de la région. Des variations saisonnières significatives ont également été enregistrées (voir [Annexe A](#)).

Les eaux se chargent en éléments chimiques au cours de leur progression depuis la surface jusqu'à l'aquifère ou l'émergence. Lors de ce parcours, elles vont rencontrer, voire séjourner, dans des roches dont certaines formations peuvent avoir des teneurs élevées en radionucléides naturels. Lorsque les conditions géochimiques sont favorables, les eaux peuvent entraîner préférentiellement certains de ces radionucléides naturels.

Les lignes directrices relatives au radon dans les réseaux d'alimentation en eau potable, fournies par l'OMS en 2008, suggèrent qu'il convient que des contrôles soient mis en œuvre dès lors que la concentration en radon de l'eau potable dans les réseaux publics dépasse 100 Bq l<sup>-1</sup>. Elles recommandent également que tout nouveau réseau (notamment public) d'alimentation en eau potable fasse l'objet d'essais avant qu'il ne soit utilisé pour la consommation générale et que, si la concentration en radon dépasse 100 Bq l<sup>-1</sup>,

## ISO 13164-2:2013(F)

il convient d'entreprendre le traitement de la source d'approvisionnement en eau afin de réduire les concentrations en radon à des niveaux beaucoup plus faibles que  $100 \text{ Bq l}^{-1}$  (Référence [8]).

La présente Norme internationale fait partie d'une série traitant des méthodes d'essai pour le mesurage de l'activité volumique des radionucléides dans des échantillons d'eau.

L'origine du radon 222 et de ses descendants à vie courte dans l'eau ainsi que les autres méthodes de mesure sont décrites de manière générale dans l'ISO 13164-1.

# iTeh Standards (<https://standards.iteh.ai>) Document Preview

[ISO 13164-2:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/68951fe7-b872-4966-b2e2-11b7ab9f92a1/iso-13164-2-2013)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/68951fe7-b872-4966-b2e2-11b7ab9f92a1/iso-13164-2-2013>

# Qualité de l'eau — Radon 222 —

## Partie 2:

## Méthode d'essai par spectrométrie gamma

**AVERTISSEMENT** — Il convient que l'utilisateur du présent document connaisse bien les pratiques courantes de laboratoire. Le présent document n'a pas pour but de traiter tous les problèmes de sécurité qui sont, le cas échéant, liés à son utilisation. Il incombe à l'utilisateur d'établir des pratiques appropriées en matière d'hygiène et de sécurité, et de s'assurer de la conformité à la réglementation nationale en vigueur.

**IMPORTANT** — Il est absolument essentiel que les essais réalisés conformément au présent document soient effectués par un personnel ayant une qualification adéquate.

### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 13164 spécifie une méthode d'essai pour déterminer l'activité volumique du radon 222 dans un échantillon d'eau par la mesure des descendants à vie courte du radon 222 par spectrométrie gamma directe de l'échantillon (voir l'[Annexe A](#)).

Les valeurs d'activité volumique du radon 222, qui peuvent être mesurées par cette méthode d'essai à l'aide d'instruments à spectrométrie gamma actuellement disponibles, sont comprises entre quelques becquerels par litre et plusieurs centaines de milliers de becquerels par litre pour un échantillon d'essai de 1 l.

Cette méthode d'essai peut être utilisée avec succès sur des échantillons d'eau potable. Il appartient au laboratoire de garantir la validité de cette méthode d'essai pour des échantillons d'eau provenant de matrices non soumises à essai.

L'[Annexe B](#) donne une indication sur les conditions de comptage nécessaires pour obtenir la sensibilité requise pour la surveillance de l'eau potable.

### 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 5667-1, *Qualité de l'eau — Échantillonnage — Partie 1: Lignes directrices pour la conception des programmes et des techniques d'échantillonnage*

ISO 5667-3, *Qualité de l'eau — Échantillonnage — Partie 3: Conservation et manipulation des échantillons d'eau*

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

ISO 13164-1, *Qualité de l'eau — Radon 222 — Partie 1: Principes généraux*

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

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

CEI 60973, *Méthodes d'essais de détecteurs gamma en germanium*

CEI 61151, *Instrumentation nucléaire — Amplificateurs et préamplificateurs utilisés avec des détecteurs de rayonnements ionisants — Méthodes 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 80000-10 et dans l'ISO 13164-1 s'appliquent.

#### 3.2 Symboles

Pour les besoins du présent document, les symboles définis dans l'ISO 80000-10 et dans l'ISO 13164-1, ainsi que les suivants s'appliquent.

$A$	activité de chaque radionucléide de la source d'étalonnage, à la date de l'étalonnage, en becquerels
$c_A$	activité volumique du radon dans l'eau, en becquerels par litre
$c_A^*$	seuil de décision, en becquerels par litre
$c_A^\#$	limite de détection, en becquerels par litre
$c_A^{<}, c_A^{>}$	limites basse et haute de l'intervalle de confiance, en becquerels par litre
$f_d$	facteur de correction pour la décroissance du radon pendant l'intervalle de temps entre l'échantillonnage et le mesurage et pour la décroissance du radionucléide mesuré ( $^{214}\text{Bi}$ ou $^{214}\text{Pb}$ ) pendant la durée du comptage, sans dimension
$k_p, k_q$	quantiles de la distribution normale réduite pour les probabilités, $p, q$ , respectivement
$n_{b,E}, n_{b0,E}, n_{bs,E}$	nombre de coups dans le pic du bruit de fond, à l'énergie $E$ , respectivement dans les spectres de l'échantillon, 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 les spectres de l'échantillon, du mouvement propre et d'étalonnage
$n_{N,E}, n_{N0,E}, n_{Ns,E}$	nombre de coups dans l'aire nette du pic, à l'énergie $E$ , respectivement dans les spectres de l'échantillon, du mouvement propre et d'étalonnage
$P_E$	probabilité d'émission d'un rayonnement gamma d'énergie $E$ par désintégration, pour chaque radionucléide
$t_0$	temps de comptage du spectre du mouvement propre, en secondes
$t_g$	temps de comptage du spectre de l'échantillon, en secondes
$t_s$	temps de comptage du spectre d'étalonnage, en secondes
$U$	incertitude élargie calculée par $U = ku(c_A)$ avec $k = 2$
$u(c_A)$	incertitude-type associée au résultat de mesure
$V_{\text{H}_2\text{O}}$	volume de la prise d'essai, en litres



$\alpha, \beta$	probabilité de l'erreur de première et de deuxième espèces, respectivement
$\gamma$	probabilité relative à l'intervalle de confiance de l'activité volumique
$\varepsilon_E$	efficacité du détecteur à l'énergie $E$
$\lambda_{222\text{Rn}}$	constante de désintégration du radon 222, en secondes inverses
$\Phi$	fonction de répartition de la distribution normale réduite

## 4 Principe

La détermination de l'activité volumique du radon dans l'eau par spectrométrie gamma directe est fondée sur:

- le prélèvement et la conservation, dans un récipient adapté, d'un échantillon représentatif de l'eau, au temps  $t$ ;
- la détection et la quantification du rayonnement gamma émis par les descendants à vie courte du radon présents dans l'échantillon d'eau (voir [Tableau 1](#)).

**Tableau 1 — Énergies et probabilité d'émission des principales raies X et gamma des descendants à vie courte du  $^{222}\text{Rn}$  (Référence [5])**

Radionucléide	Période	Énergie	Probabilité d'émission
	min	keV	%
$^{214}\text{Pb}$	26,8	351,93	35,60
		295,22	18,50
$^{214}\text{Bi}$	19,9	609,31	45,49
		1 764,49	15,28
		1 120,29	14,907
		1 238,11	5,827

L'activité volumique est calculée à partir de l'activité mesurée des descendants et du volume de l'échantillon dans lequel le radon est en équilibre avec ses descendants.

## 5 Échantillonnage

### 5.1 Exigences générales

L'échantillon doit être représentatif du milieu à analyser à un instant donné.

### 5.2 Exigences d'échantillonnage

L'échantillonnage doit être effectué selon les conditions et les techniques spécifiées dans l'ISO 5667-1, l'ISO 5667-3 et l'ISO 13164-1.

L'échantillon doit être transféré directement dans le récipient devant être utilisé pour l'analyse par spectrométrie gamma.

Le récipient est rempli à ras-bord de manière qu'il n'y ait pas d'air au-dessus de l'échantillon d'eau.

Le remplissage du récipient doit être effectué de façon à ne pas provoquer le dégazage du radon contenu dans l'échantillon d'eau. Les techniques d'échantillonnage peuvent varier suivant les situations.

Dans le cas où le laboratoire d'analyse ne réalise pas l'échantillonnage, il doit fournir, à la personne qui le réalise, le récipient approprié et doit spécifier le mode opératoire d'échantillonnage.

La température de l'eau doit être mesurée pendant l'échantillonnage.

Il est recommandé de peser le récipient et son dispositif de fermeture avant et après le prélèvement afin d'évaluer la quantité de matières en suspension et de particules contenues dans le récipient.

### 5.3 Volume de l'échantillon

L'expérience montre qu'un échantillon d'un volume d'au moins 1 l est nécessaire pour que l'échantillon soit représentatif du milieu à analyser.

### 5.4 Caractéristiques du récipient

Le choix et la préparation d'un récipient adapté sont importants. Le récipient doit être conforme aux exigences de l'ISO 5667-3.

Le récipient et son dispositif de fermeture, destinés à contenir l'échantillon, doivent être conformes aux exigences suivantes.

- Ils doivent être en matériaux inertes peu absorbants pour les rayonnements gamma. Ils doivent être imperméables au radon, non hydrophobes et conducteurs (afin de ne pas adsorber le radon et ses descendants provenant de l'atmosphère ambiante).
- Ils ne doivent pas être émetteurs de rayonnements gamma susceptibles de perturber les mesures.
- Ils doivent résister aux chocs.

## 6 Transport et conservation

Durant le transport et la conservation, l'échantillon doit être maintenu à une température inférieure à celle de l'eau au remplissage (mais toutefois supérieure à 0 °C) jusqu'à son analyse. Le récipient doit être protégé et bouché hermétiquement. Le récipient doit être emballé de manière appropriée afin d'éviter toute fuite.

Compte tenu de la période radioactive du radon 222, de l'activité volumique présumée et de la limite de détection du matériel de mesure à utiliser, la durée de transport et de conservation avant analyse doit être aussi brève que possible.

À son arrivée au laboratoire, l'échantillon doit être maintenu à une température inférieure à celle de l'eau au remplissage (mais toutefois supérieure à 0 °C), s'il ne peut pas être immédiatement analysé. L'échantillon doit être analysé dans les plus brefs délais, dès que l'équilibre radioactif est atteint.

L'expérience montre qu'il est essentiel que la durée entre la fin de l'échantillonnage et l'analyse ne dépasse pas 48 h.

## 7 Détection

L'activité volumique du  $^{222}\text{Rn}$  est déterminée à partir de l'analyse des raies d'émission gamma émises par le  $^{214}\text{Bi}$  et/ou le  $^{214}\text{Pb}$  par spectrométrie gamma directe de l'échantillon d'eau.

L'activité volumique du radon 222 dans les échantillons d'eau doit être déterminée par spectrométrie gamma à haute résolution, comme spécifié dans l'ISO 10703.

La période de mesure doit débuter lorsque le radon est en équilibre radioactif avec ses descendants, soit au moins 3 h après la fin de l'échantillonnage.

Le choix du matériel de mesure doit tenir compte des spécifications données dans la CEI 60973 et la CEI 61151.