NORME INTERNATIONALE **ISO 11665-11**

Première édition
2016-04-15

# Mesurage de la radioactivité dans l'environnement — Air: radon 222 —

## Partie 11: Méthode d'essai pour le gaz du sol avec un prélèvement en profondeur

*Measurement of radioactivity in the environment — Air: radon-222 —*

*Part 11: Test method for soil gas with sampling at depth*

Numéro de référence
ISO 11665-11:2016(F)

© ISO 2016



## DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2016, 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** ..... **vi**
**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 Appareillage** ..... **4**
**6 Prélèvement** ..... **4**
6.1 Objectif du prélèvement ..... 4
6.2 Caractéristiques du prélèvement ..... 4
6.3 Conditions de prélèvement ..... 4
6.3.1 Généralités ..... 4
6.3.2 Emplacement du lieu de prélèvement ..... 5
6.3.3 Durée de prélèvement ..... 5
6.3.4 Volume d'air prélevé ..... 5
6.3.5 Profondeur minimale de prélèvement ..... 6
**7 Détection** ..... **6**
**8 Mesurage** ..... **7**
8.1 Mode opératoire ..... 7
8.2 Grandeurs d'influence ..... 7
8.3 Étalonnage ..... 7
**9 Expression des résultats** ..... **8**
9.1 Activité volumique du radon ..... 8
9.2 Incertitude-type ..... 8
9.3 Seuil de décision et limite de détection ..... 8
9.4 Extrémités de l'intervalle de confiance ..... 8
**10 Rapport d'essai** ..... **9**
**Annexe A** (informative) **Valeurs des volumes de gaz du sol disponibles pour l'extraction** ..... **10**
**Annexe B** (normative) **Méthode de mesure utilisant un prélèvement actif** ..... **11**
**Annexe C** (normative) **Méthode de mesure utilisant un prélèvement passif** ..... **19**
**Annexe D** (informative) **Exemples de sondes de prélèvement de gaz du sol pour un prélèvement actif** ..... **22**
**Bibliographie** ..... **25**

© ISO 2016 – Tous droits réservés

# 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.

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

L'ISO 11665 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Mesurage de la radioactivité dans l'environnement — Air: radon 222:*

— *Partie 1: Origine du radon et de ses descendants à vie courte, et méthodes de mesure associées*

— *Partie 2: Méthode de mesure intégrée pour la détermination de l'énergie alpha potentielle volumique moyenne de ses descendants à vie courte*

— *Partie 3: Méthode de mesure ponctuelle de l'énergie alpha potentielle volumique de ses descendants à vie courte*

— *Partie 4: Méthode de mesure intégrée pour la détermination de l'activité volumique moyenne du radon avec un prélèvement passif et une analyse en différé*

— *Partie 5: Méthode de mesure en continu de l'activité volumique*

— *Partie 6: Méthode de mesure ponctuelle de l'activité volumique*

— *Partie 7: Méthode d'estimation du flux surfacique d'exhalation par la méthode d'accumulation*

— *Partie 8: Méthodologies appliquées aux investigations initiales et complémentaires dans les bâtiments*

— *Partie 9: Méthode de détermination du flux d'exhalation des matériaux de construction*

— *Partie 11: Méthode d'essai pour le gaz du sol avec un prélèvement en profondeur*

 © ISO 2016 – Tous droits réservés

La partie suivante est en cours d'élaboration:

— *Partie 10: Détermination du coefficient de diffusion dans des matériaux imperméables par mesurage de l'activité volumique*

© ISO 2016 – Tous droits réservés

# Introduction

Les isotopes 222, 220 et 219 du radon sont des gaz radioactifs produits par la désintégration des isotopes 226, 224 et 223 du radium, lesquels sont respectivement des descendants de l'uranium 238, du thorium 232 et de l'uranium 235, et sont tous présents dans l'écorce terrestre. Des éléments solides, eux aussi radioactifs, suivis par du plomb stable sont produits par la désintégration du radon[1].

Lorsqu'il se désintègre, le radon émet des particules alpha et génère des descendants solides qui sont eux aussi radioactifs (polonium, bismuth, plomb, etc.). Les effets potentiels du radon sur la santé humaine sont liés à ses descendants solides plutôt qu'au gaz lui-même. Qu'ils soient ou non attachés à des aérosols atmosphériques, les descendants du radon peuvent être inhalés et déposés dans l'arbre broncho-pulmonaire, à différentes profondeurs, suivant leur taille.

Le radon est aujourd'hui considéré comme la principale source d'exposition de l'homme au rayonnement naturel. Le rapport de l'UNSCEAR (2006) [2] suggère qu'au niveau mondial, le radon intervient pour environ 52 % de l'exposition moyenne globale au rayonnement naturel. L'impact radiologique de l'isotope 222 (48 %) est nettement plus important que celui de l'isotope 220 (4 %), l'isotope 219 est quant à lui considéré comme négligeable. Pour cette raison, les références au radon dans la présente partie de l'ISO 11665 désignent exclusivement le radon 222.

L'activité volumique du radon peut varier d'un à plusieurs ordres de grandeur dans le temps et l'espace. L'exposition au radon et à ses descendants varie considérablement d'un lieu à un autre car elle dépend tout d'abord de la quantité de radon émise par le sol et les matériaux de construction en ces lieux, et ensuite, du degré de confinement et des conditions météorologiques des lieux où sont exposées les personnes.

Comme le radon a tendance à se concentrer dans les espaces clos tels que les maisons, la majeure partie de l'exposition de la population provient du radon présent dans l'atmosphère intérieure des bâtiments. Le gaz issu du sol est considéré comme la source la plus importante de radon résidentiel via des voies d'infiltration. D'autres sources sont décrites dans d'autres parties de l'ISO 11665 (matériaux de construction) et dans l'ISO 13164 (eau).

Des mesurages du radon dans le gaz du sol sont effectués pour plusieurs applications traitant de la gestion du risque lié au radon (établissement de cartes de potentiel radon, détermination de zones prioritaires vis-à-vis du radon, caractérisation du potentiel radon de sites à construire, caractérisation des sols contaminés par du radium 226, détermination des techniques de remédiation devant être mises en œuvre dans un bâtiment, vérification des techniques de remédiation appliquées, etc.) ainsi que pour l'observation phénoménologique (compréhension des mécanismes de transport du radon dans le sol et du sol vers les bâtiments, identification et analyse des paramètres d'entrée du radon, mesurage de l'activité des gaz pour l'étude du $CO_2$, prévision des éruptions volcaniques, prévision des séismes, etc.).

L'activité volumique du radon dans le gaz du sol varie de façon notable non seulement d'une saison à l'autre, mais aussi d'un jour à l'autre et même d'une heure à l'autre. Elle varie également dans l'espace, aussi bien dans la dimension horizontale que verticale, selon les caractéristiques suivantes relatives aux propriétés du sol[3][4][5][19]:

— paramètres géochimiques des sols (principalement, distribution de l'uranium et du radium dans les sols et les roches et leur localisation influençant l'émanation de radon);

— paramètres physiques de toutes les couches présentes dans les sols (granulométrie, perméabilité, porosité et porosité réelle, humidité et saturation en eau du sol, masse volumique);

— situation géologique (épaisseur de la couverture quaternaire, nature de l'érosion de la roche-mère, stratification, modification des couches par diverses activités humaines);

— structure du sol (déformation, présence de fissures);

— processus hydrologiques et géodynamiques (transport de substances gazeuses et liquides dans un environnement poreux et fracturé, radium et radon dans les eaux souterraines/de diaclase);

 © ISO 2016 – Tous droits réservés

— situation géomorphologique (position de la zone dans une vallée, sur des pentes ou au sommet d'une colline);

— facteurs exogènes/météorologiques (température, pression, précipitations).

En raison de ces fluctuations, des protocoles de mesure normalisés sont nécessaires pour assurer des résultats de mesure du radon dans les sols précis et cohérents et pouvoir les comparer dans le temps et l'espace.

Selon la profondeur, les valeurs généralement obtenues dans le gaz du sol sont normalement comprises entre quelques centaines de becquerels par mètre cube et plusieurs centaines de milliers de becquerels par mètre cube. Les valeurs d'activité volumique peuvent atteindre plusieurs milliards de becquerels par mètre cube dans les sols riches en radium.

En théorie, l'activité volumique du radon dans le gaz du sol peut être définie pour toute profondeur variable sous la surface du sol et, en général, elle augmente avec la profondeur depuis la surface dans un sol homogène idéal[6]. Toutefois, il existe une profondeur minimale à laquelle le paramètre peut vraiment être mesuré. La profondeur minimale dépend des propriétés du sol en un lieu donné et de la méthode de mesure utilisée. Elle dépend en particulier du volume de l'échantillon de gaz du sol. Lorsque la profondeur sous la surface du sol est inférieure à la profondeur minimale mentionnée ci-dessus, l'échantillon de gaz du sol est dilué par l'air atmosphérique et la valeur réelle de l'activité volumique du radon dans le gaz du sol est sous-estimée (voir l'Annexe A).

NOTE L'origine du radon 222 et de ses descendants à vie courte dans l'environnement atmosphérique ainsi que les autres méthodes de mesure sont décrites de manière générale dans l'ISO 11665-1.

© ISO 2016 – Tous droits réservés

# Mesurage de la radioactivité dans l'environnement — Air: radon 222 —

# Partie 11:
# Méthode d'essai pour le gaz du sol avec un prélèvement en profondeur

## 1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 11665 décrit les méthodes d'essai permettant de mesurer le radon 222 dans le gaz du sol avec un prélèvement *in situ* passif ou actif à une profondeur comprise entre la surface et 2 m.

La présente partie de l'ISO 11665 spécifie les exigences générales relatives aux techniques de prélèvement, passif ou actif et ponctuel ou en continu, en vue du mesurage *in situ* de l'activité volumique du radon 222 dans le gaz du sol.

L'activité volumique du radon 222 dans le sol peut être mesurée par des méthodes de mesure ponctuelle ou en continu (voir l'ISO 11665-1). Dans le cas des méthodes de mesure ponctuelle (ISO 11665-6), le prélèvement de gaz du sol est uniquement actif. En revanche, les méthodes en continu (ISO 11665-5) sont généralement associées à un prélèvement passif du gaz du sol.

Les méthodes de mesure s'appliquent à tous les types de sol et sont déterminées selon l'objectif final des résultats de mesure (observation phénoménologique, détermination ou vérification de techniques d'atténuation, etc.) en tenant compte du niveau attendu de l'activité volumique du radon 222.

Ces méthodes de mesure s'appliquent aux échantillons de gaz du sol ayant des valeurs d'activité volumique du radon supérieures à 100 $Bq/m^3$.

NOTE La présente partie de l'ISO 11665 est complémentaire à l'ISO 11665-7 pour la caractérisation du potentiel radon des sols.

## 2 Références normatives

Les documents ci-après, dans leur intégralité ou non, sont des références normatives indispensables à 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 10381-7, *Qualité du sol — Échantillonnage — Partie 7: Lignes directrices pour l'échantillonnage des gaz du sol*

ISO 11665-1, *Mesurage de la radioactivité dans l'environnement — Air: radon 222 — Partie 1: Origine du radon et de ses descendants à vie courte, et méthodes de mesure associées*

ISO 11665-5, *Mesurage de la radioactivité dans l'environnement — Air: radon 222 — Partie 5: Méthode de mesure en continu de l'activité volumique*

ISO 11665-6, *Mesurage de la radioactivité dans l'environnement — Air: radon 222 — Partie 6: Méthode de mesure ponctuelle de l'activité volumique*

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 2016 – Tous droits réservés

# 3 Termes, définitions et symboles

## 3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 11665-1 ainsi que les suivants s'appliquent.

**3.1.1**
**saturation en eau du sol**
proportion de pores du sol remplis d'eau

**3.1.2**
**porosité totale du sol**
rapport du volume des pores du sol, qui sont disponibles pour le transport, au volume total du sol

**3.1.3**
**porosité efficace**
rapport du volume des pores du sol remplis d'air, qui sont disponibles pour le transport, au volume total du sol

**3.1.4**
**activité volumique dans l'air du sol**
activité par unité de volume d'air du sol

**3.1.5**
**échantillonnage actif des gaz du sol**
échantillonnage par extraction d'un certain volume de gaz du sol

[SOURCE: ISO 10381-7:2005]

**3.1.6**
**échantillonnage passif des gaz du sol**
échantillonnage effectué sans utiliser de dépression ni d'aspiration

**3.1.7**
**volume mort**
volume présent entre la bouche d'aspiration de la sonde de prélèvement de gaz du sol et le flacon d'échantillonnage ou la chambre de détection

**3.1.8**
**sonde de prélèvement de gaz du sol**
sonde, généralement un tube, installée directement dans le sol (prélèvement de gaz du sol en une étape) en vue de prélever des échantillons de gaz du sol

**3.1.9**
**échantillonnage des gaz du sol en une étape**
échantillonnage des gaz du sol réalisé directement à partir d'une sonde placée dans le sol, sans préforage

[SOURCE: ISO 10381-7:2005]

## 3.2 Symboles

Pour les besoins du présent document, les symboles donnés dans l'ISO 11665-1 ainsi que les suivants s'appliquent.

| | |
|---|---|
| $C$ | Activité volumique, en becquerels par mètre cube |
| $\mu$ | Grandeur à mesurer |
| $\mu_0$ | Niveau de bruit de fond |


© ISO 2016 – Tous droits réservés