

---

---

**Énergie nucléaire — Technologie du  
combustible nucléaire — Méthode des  
ratios pour déterminer la radioactivité  
des colis de déchets de faible et  
moyenne activité produits par les  
centrales nucléaires**

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

*Nuclear energy — Nuclear fuel technology — Scaling factor method to  
determine the radioactivity of low- and intermediate-level radioactive  
waste packages generated at nuclear power plants*

ISO 21238:2007

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3e9df9f0-2423-47bb-b665-f30dcb7d4f18/iso-21238-2007>



**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 21238:2007

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3e9df9f0-2423-47bb-b665-f30dcb7d4f18/iso-21238-2007>



**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](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>Termes et définitions</b> .....	<b>1</b>
<b>3</b> <b>Principe</b> .....	<b>3</b>
<b>4</b> <b>Échantillonnage</b> .....	<b>3</b>
<b>5</b> <b>Méthode de la détermination des ratios</b> .....	<b>5</b>
<b>Annexe A</b> (informative) <b>Pratiques et exemples d'application de la méthode des ratios</b> .....	<b>9</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>24</b>

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO 21238:2007](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3e9df9f0-2423-47bb-b665-f30dcb7d4f18/iso-21238-2007)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3e9df9f0-2423-47bb-b665-f30dcb7d4f18/iso-21238-2007>

## 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 21238 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 85, *Énergie nucléaire*, sous-comité SC 5, *Technologie du combustible nucléaire*. (standards.iteh.ai)

ISO 21238:2007  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3e9df9f0-2423-47bb-b665-f30dcb7d4f18/iso-21238-2007>

## Introduction

L'enfouissement des déchets nucléaires de faible et moyenne activité (FA/MA) est pratiqué dans plusieurs pays. Avant l'évacuation, les activités massiques des colis de déchets doivent être déclarées et respecter les limites d'activité, par radionucléide, définies à partir de l'étude de sûreté du centre d'évacuation. Certains des radionucléides à déclarer, émetteurs bêta ou alpha, sont difficilement mesurables depuis l'extérieur des colis de déchets.

Il existe plusieurs méthodes de détermination de l'activité. La méthode des ratios (ou facteurs de corrélation) est largement appliquée pour évaluer ces radionucléides difficiles à mesurer. La méthode des ratios est basée sur la corrélation entre les radionucléides, émetteurs gamma, facilement mesurables et les radionucléides difficiles à mesurer. La présente Norme internationale présente des recommandations sur la méthode empirique des ratios pour évaluer la radioactivité des déchets de faible et moyenne activité (FA/MA) produits par les centrales nucléaires.

## iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 21238:2007](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3e9df9f0-2423-47bb-b665-f30dcb7d4f18/iso-21238-2007)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3e9df9f0-2423-47bb-b665-f30dcb7d4f18/iso-21238-2007>

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 21238:2007

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3e9df9f0-2423-47bb-b665-f30dcb7d4f18/iso-21238-2007>

# Énergie nucléaire — Technologie du combustible nucléaire — Méthode des ratios pour déterminer la radioactivité des colis de déchets de faible et moyenne activité produits par les centrales nucléaires

## 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale donne des lignes directrices pour la méthode empirique des ratios (ou facteurs de corrélation) utilisée dans la détermination de l'activité des radionucléides difficiles à mesurer, présents dans les colis de déchets nucléaires de faible et moyenne activité.

Elle énonce des directives communes pour les ratios utilisés dans la caractérisation des déchets nucléaires produits par les centrales nucléaires équipées de réacteurs refroidis à l'eau. Elle est également applicable aux réacteurs refroidis au gaz. Elle ne traite pas des méthodologies de détermination de ratios, basées sur des considérations théoriques (par exemple celles non basées sur de la mesure expérimentale).

iTeh STANDARD PREVIEW

## 2 Termes et définitions (standards.iteh.ai)

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

### 2.1

#### radionucléide difficile à mesurer

radionucléide dont la radioactivité est difficilement mesurable depuis l'extérieur des colis de déchets par des méthodes non destructives

EXEMPLE Radionucléides émetteurs alpha, émetteurs bêta et émetteurs dans des raies X caractéristiques.

### 2.2

#### radionucléide traceur

radionucléide émetteur gamma dont l'activité est corrélée avec celle du radionucléide difficile à mesurer et peut être aisément mesurée directement par des méthodes non destructives

NOTE Aussi appelé radionucléide facile à mesurer ou radionucléide clé.

EXEMPLE  $^{60}\text{Co}$  et/ou  $^{137}\text{Cs}$ .

### 2.3

#### ratio

#### facteur de corrélation

facteur ou paramètre issu de la relation mathématique appliquée aux résultats d'analyse d'échantillons pour le calcul de la radioactivité d'un radionucléide difficile à mesurer à partir de celle d'un radionucléide traceur

### 2.4

#### colis de déchets

ensemble constitué du bloc de déchets, du (des) emballage(s) et des écrans internes au(x) colis (par exemple protection biologique et matériaux absorbants), tel que conditionné pour être manutentionné, transporté, entreposé et/ou stocké

NOTE Adaptation du glossaire AIEA *Radioactive Waste Management Glossary*. Édition 2003<sup>[1]</sup>.

**2.5**  
**échantillon représentatif**  
échantillon de matière prélevé directement au niveau d'un process ou sur de la matière résultant de ce process et qui en possède les caractéristiques moyennes

NOTE 1 Adapté de l'ISO 921:1997<sup>[2]</sup>.

NOTE 2 Les échantillons d'un type de déchet donné servent à déterminer les paramètres de ratios pour la production de déchets correspondante. Un échantillon représentatif est prévu pour ressembler étroitement au contenu radioactif et à l'activité de la production de déchets à laquelle il correspond.

**2.6**  
**échantillon composite**  
mélange d'échantillons prélevés dans différents contenants et dont le rapport des masses est égal au rapport des masses des matières contenues dans ces contenants

NOTE Adapté de l'ISO 921:1997<sup>[2]</sup>.

EXEMPLE Séries d'échantillons prélevés sur une période donnée et de masses correspondant à un taux de prélèvement donné; ou un échantillon résultant du mélange de plusieurs échantillons discrets, prélevés sur une période donnée, selon un facteur de pondération donné, tel qu'issu des niveaux de production ou des taux de prélèvements.

**2.7**  
**produit de corrosion**  
radionucléide résultant de l'activation de produits de corrosion déposés temporairement sur les surfaces internes

EXEMPLE  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{63}\text{Ni}$ .

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

**2.8**  
**produit de fission**  
radionucléide résultant soit de la fission nucléaire, soit de la décroissance radioactive de radionucléides issus de la fission nucléaire

ISO 21238:2007  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3e9df9f0-2423-47bb-b665-f30dcb7d4f18/iso-21238-2007>

NOTE Adapté de l'ISO 921:1997<sup>[2]</sup>.

EXEMPLE  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ .

**2.9**  
**émetteur alpha**  
radionucléide émettant une particule alpha lors de sa décroissance radioactive

EXEMPLE La plupart des actinides et des transuraniens.

**2.10**  
**transuranien**  
radionucléide dont le numéro atomique est supérieur à 92

**2.11**  
**déchet technologique**  
déchet solide de natures diverses, incluant les tenues protectrices, les matériels rebutés, les composants de circuits, les plastiques, les feuilles de polychlorure de vinyle et les filtres d'air à haute efficacité, produits par une centrale nucléaire, en fonctionnement et lors d'opérations de maintenance

**2.12**  
**déchet homogène**  
déchet radioactif qui présente, avant tout, une distribution homogène de l'activité et des matières qui les composent

EXEMPLE Des déchets fluides tels que les concentrats, les liquides solidifiés et les résines usées, dans lesquels la radioactivité peut raisonnablement être considérée comme uniformément répartie dans le volume du déchet, ou déchets fluides uniformément mélangés à une matrice solide.



**2.13****déchet hétérogène**

déchet radioactif qui ne répond pas à la définition du déchet homogène, comme des composants solides ou des mélanges de composants solides tels que les déchets radioactifs secs et les cartouches filtrantes

**3 Principe**

La méthode empirique des ratios est une méthode d'évaluation de l'activité des radionucléides difficiles à mesurer à partir de l'activité des radionucléides traceurs sur la base de corrélations entre les deux types de radionucléides. Pour la mettre en œuvre, il est essentiel de comprendre les mécanismes de production des radionucléides, leur comportement physico-chimique et d'analyser les résultats des analyses radiochimiques. Le calcul statistique est une technique additionnelle, par regroupement des données radiochimiques, s'appliquant à l'évaluation de la quantification des paramètres des ratios.

Les radionucléides difficiles à mesurer importants pour la sûreté du stockage sont ceux qui ont une très longue durée de vie et qui seront donc présents dans le site de stockage, longtemps après la phase de surveillance institutionnelle. Leurs déclarations sont souvent importantes pour l'évaluation des impacts sanitaires et de sûreté du site de stockage. Quelques programmes nationaux de stockage de déchets à faible radioactivité fixent pour ces radionucléides des activités massiques limites au niveau des colis et des capacités limites pour le site de stockage. Ces critères d'acceptation sont fixés par les organismes nationaux de régulation et de gestion des déchets; ils sont issus des évaluations de sûreté des centres de stockage. Des informations sur l'activité volumique et l'activité totale sont aussi exigées pour le transport des matières radioactives.

Les ratios représentent un moyen d'estimer les quantités de radionucléides difficiles à mesurer dans les colis de déchets. Ils sont obtenus à partir des résultats de l'analyse radiochimique d'un nombre limité d'échantillons prélevés dans les déchets produits en grande quantité. Cela est réalisé par l'observation de relations convergentes et reproductibles entre des radionucléides individuels dans la production de déchets pour assurer avec une confiance raisonnable que le groupe d'échantillons est bien représentatif de l'ensemble de la production de ces déchets.

**4 Échantillonnage****4.1 Généralités**

Les ratios, dans le contexte de la présente Norme internationale, sont calculés à partir d'une population d'échantillons. Il est donc important de procéder à un échantillonnage approprié et de créer des banques de résultats d'analyse. Deux concepts de base, présentés en 4.2.1 et en 4.2.2 sont utilisés pour bâtir les populations de données qui serviront à la méthode des ratios.

**4.2 Échantillonnage représentatif**

Deux approches usuelles assurent un échantillonnage représentatif:

- l'échantillonnage homogène;
- l'échantillonnage par accumulation.

#### 4.2.1 Échantillonnage homogène

Cet échantillonnage s'applique aux déchets qui peuvent être considérés comme homogènes. Afin de garantir que l'activité contenue dans l'échantillon est uniformément distribuée, les déchets sont suffisamment mélangés avant d'être échantillonnés ou pendant les opérations d'échantillonnage. Par conséquent, on peut garantir une précision satisfaisante des ratios obtenus à partir d'un petit nombre d'échantillons.

- a) Les déchets stockés en réservoirs sont uniformément brassés et échantillonnés.
- b) Les échantillons composites peuvent être préparés par un mélange pondéré de déchets.

#### 4.2.2 Échantillonnage par accumulation

Dans la présente approche, les échantillons de déchets sont collectés en nombre suffisant ou de manière à constituer une population d'échantillons représentatifs des caractéristiques des déchets. Elle s'applique à la fois aux déchets homogènes et aux déchets hétérogènes.

#### 4.2.3 Plage d'activité des échantillons de déchets

Dans le cas d'un échantillonnage par accumulation d'une production donnée d'un type de déchets, il est important de les échantillonner dans une plage d'activité la plus large possible pour obtenir des corrélations robustes entre les radionucléides difficiles à mesurer et les radionucléides traceurs.

#### 4.3 Rejet des points aberrants

Si un résultat d'analyse semble aberrant, la cause devra en être identifiée. Le résultat aberrant pourra alors être corrigé ou éliminé en fonction de la distribution et de l'origine des résultats. Si la cause d'un tel résultat n'est pas identifiée, des méthodes statistiques peuvent être employées pour l'éliminer.

#### 4.4 Enregistrement des échantillons

Il convient que les informations suivantes soient enregistrées en même temps que les résultats d'analyse de chaque échantillon:

- numéro d'identification de l'échantillon;
- nom de la centrale;
- identification du réacteur et identification du bâtiment;
- type de réacteur (par exemple réacteur à eau bouillante, réacteur à eau pressurisée, réacteur à eau lourde, etc.);
- identification de la production de déchets;
- type de déchets (par exemple résines usées, concentrats, métaux, frottis, etc.);
- date de l'échantillonnage des déchets;
- date de l'analyse des déchets;
- organisme qui a réalisé l'analyse;
- radioactivité et limites de détection de chaque radionucléide (il convient que l'activité de chaque radionucléide soit corrigée de la décroissance radioactive du déchet par rapport à sa date de production);
- taux d'humidité du déchet (à mesurer si nécessaire pour l'évaluation du <sup>3</sup>H).

## 5 Méthode de la détermination des ratios

### 5.1 Application de la méthode des ratios

La méthode des ratios dépend de l'existence de corrélations ou de relations supposées entre différents radionucléides. L'étape cruciale est donc de statuer sur l'existence d'une corrélation, c'est-à-dire si la méthode est utilisable.

L'applicabilité de la méthode des ratios à un radionucléide difficile à mesurer et à un radionucléide traceur peut être validée par l'une ou chacune des façons suivantes:

- considérer leur mécanisme de production, leur comportement physico-chimique et analyser leur courbes de corrélations;
- utiliser des méthodes statistiques pour valider l'existence d'une corrélation.

### 5.2 Détermination selon une relation linéaire

L'activité du radionucléide difficile à mesurer est déterminée en multipliant son ratio par l'activité du radionucléide traceur. Le ratio est déterminé comme une moyenne géométrique des valeurs analysées.

$$a_d = f_{SF} \times a_k \quad (1)$$

où

$a_d$  est l'activité du radionucléide difficile à mesurer, massique ou volumique, exprimée, par exemple, en Bq/kg ou en Bq/m<sup>3</sup>;

$f_{SF}$  est le ratio ou le facteur de corrélation, voir l'Équation (2);

$a_k$  est l'activité du radionucléide traceur, massique ou volumique, exprimée, par exemple, en Bq/kg ou en Bq/m<sup>3</sup>.

La moyenne géométrique peut être utilisée pour calculer les ratios rentrant dans la détermination des concentrations d'activité, de la manière suivante:

$$f_{SF} = \sqrt[n]{(a_{d,1}/a_{k,1} \times \dots \times a_{d,i}/a_{k,i} \times \dots \times a_{d,n}/a_{k,n})} \quad (2)$$

où

$a_{k,i}$  est l'activité du radionucléide traceur dans l'échantillon  $i$  ( $i = 1 \dots n$ ), exprimée, par exemple, en Bq/kg si l'activité est massique;

$a_{d,i}$  est l'activité du radionucléide difficile à mesurer dans l'échantillon  $i$  ( $i = 1 \dots n$ ), exprimée, par exemple, en Bq/kg si l'activité est massique;

$n$  est la quantité d'échantillons.

### 5.3 Détermination selon une relation non linéaire

La méthode suivante qui utilise la régression linéaire des logarithmes des données peut être appliquée dans la détermination des radionucléides difficiles à mesurer lorsqu'il y a une relation non linéaire entre le radionucléide difficile à mesurer et le radionucléide traceur. Par exemple, lorsque le ratio varie en fonction du niveau d'activité des échantillons, il peut y avoir une relation non linéaire.

$$a_d = \alpha \times a_k^\beta \quad (3)$$

Cela correspond à

$$\ln(a_d) = \alpha' + \beta \times \ln(a_k) \quad (4)$$

où

$a_d$  est l'activité du radionucléide difficile à mesurer, exprimée, par exemple, en Bq/kg si l'activité est massique;

$a_k$  est l'activité du radionucléide traceur, exprimée, par exemple, en Bq/kg si l'activité est massique;

$\alpha, \alpha'$  sont des constantes ( $\alpha' = \ln \alpha$ );

$\beta$  est le coefficient de régression.

#### 5.4 Sélection des radionucléides traceurs

Les radionucléides traceurs utilisés pour la détermination des activités des radionucléides difficiles à mesurer sont sélectionnés d'après les facteurs explicités ci-après. Ces radionucléides émetteurs gamma doivent satisfaire *a minima* les caractéristiques de base et il est recommandé qu'ils satisfassent au moins à l'une des caractéristiques additionnelles.

a) Caractéristiques de base:

- pouvant être mesuré par des moyens non destructifs lorsqu'il est présent dans les colis de déchets,
- ayant des niveaux d'activité supérieurs aux limites de détection,
- ayant une corrélation avec les radionucléides difficiles à mesurer devant être déclarés, et
- ayant une durée de vie relativement longue (par exemple en années plutôt qu'en jours).

b) Caractéristiques additionnelles:

- avoir un mécanisme de production comparable à celui des radionucléides difficiles à mesurer, et/ou
- avoir des propriétés physiques (en particulier la solubilité) proches de celles des radionucléides difficiles à mesurer.

Plus précisément, le  $^{60}\text{Co}$  est normalement utilisé comme un radionucléide traceur des produits de corrosion et des produits d'activation de l'eau de refroidissement, et le  $^{60}\text{Co}$  et/ou le  $^{137}\text{Cs}$  comme radionucléides traceurs des produits de fission et des émetteurs alpha.

#### 5.5 Méthodologie de globalisation et de classification des ratios

Les données collectées à partir de différents types de déchets peuvent être combinées pour déterminer des ratios particuliers à condition que l'on puisse démontrer que toutes ces données font bien partie d'une même population générale. Autrement dit, on peut montrer que les différentes populations de données peuvent être globalisées en se basant sur une comparaison des moyennes et des variances.

Les données peuvent être globalisées et étendues à plusieurs classes de déchets pour autant qu'aucune tendance ou changement significatif n'apparaisse dans le fonctionnement des installations.