

COMMISSION DU CODEX ALIMENTARIUS



Organisation des Nations Unies
pour l'alimentation
et l'agriculture



Organisation
mondiale de la Santé

F

Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Rome, Italie - Tél: (+39) 06 57051 - Courrier électronique: codex@fao.org - www.codexalimentarius.org

CL 2023/17-CF
février 2023

- AUX:** Points de contact du Codex
Points de contact d'organisations internationales ayant le statut d'observateur auprès du Codex
- DU:** Secrétariat, Commission du Codex Alimentarius,
Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires
- OBJET:** **Demande d'observations sur la radioactivité naturelle dans l'alimentation humaine et animale et l'eau de boisson**
- DATE LIMITE:** **30 juin 2023**

GÉNÉRALITÉS¹

TREIZIÈME SESSION DU COMITÉ DU CODEX SUR LES CONTAMINANTS DANS LES ALIMENTS (2019)²

1. Par rapport aux travaux de l'AIEA sur la radioactivité dans les aliments, les représentants de l'AIEA et de la Division mixte FAO/AIEA (désormais renommée Centre mixte FAO/AIEA) ont fourni le contexte et le calendrier de leurs travaux en cours sur les radionucléides dans les aliments dans des situations non urgentes. Historiquement, les normes de sécurité de l'AIEA portaient sur les radionucléides dans les aliments uniquement dans le contexte de la réponse à une urgence nucléaire ou nationale, mais cela s'étend désormais aux radionucléides dans les aliments dans les situations non urgentes. L'AIEA a également discuté de la différence entre les radionucléides naturellement présents dans les aliments et ceux d'origine humaine, de la variabilité observée dans les concentrations des différents radionucléides dans différents aliments et de l'approche générale de l'évaluation des doses.
2. Les représentants ont expliqué que ce travail avait été réalisé en collaboration avec la FAO et l'OMS et exigerait également une attention particulière concernant tout impact potentiel sur les normes alimentaires, la sécurité alimentaire et les aspects commerciaux, sujets sur lesquels les commentaires des membres du Codex étaient très importants et pourraient être recueillis grâce au CCCF. Les représentants ont également noté que ces travaux n'entraînaient pas la création de LM pour les radionucléides dans les aliments dans des situations normales, mais la communication de conseils aux autorités responsables de la sécurité agroalimentaire pour une meilleure compréhension de la radioactivité dans les aliments et des enjeux commerciaux et de sécurité alimentaire y afférents.
3. Le CCCF a convenu d'établir un GTE sur la radioactivité dans les produits de consommation humaine et animale afin de produire un document de discussion pour examen à sa prochaine session présidée par l'UE, coprésidée par le Japon, afin de (i) Fournir des renseignements de base sur la radioactivité d'origine humaine et naturelle que l'on trouve dans les produits de consommation humaine et animale (y compris l'eau potable) dans des circonstances normales (c'est-à-dire pas dans une situation d'urgence suite à une exposition due à une catastrophe nucléaire ou radiologique) et (ii) Identifier les enjeux liés à la présence, dans des circonstances normales, de radioactivité à la fois d'origine humaine et naturelle dans les produits de consommation humaine et animale (y compris l'eau potable), tels que l'innocuité des produits de consommation humaine et animale, le transfert de la radioactivité d'un aliment pour animaux aux produits alimentaires d'origine animale, les possibles risques pour la santé publique via la consommation d'aliments, les enjeux commerciaux, etc.
4. Le CCCF a noté que ce document de discussion (i) permettrait de mieux comprendre la présence de radioactivité dans les produits de consommation humaine et animale (y compris l'eau potable) dans des circonstances normales ainsi que les enjeux correspondants, et (ii) fournirait au Comité les informations appropriées permettant au CCCF14 de prendre une décision éclairée en 2020 sur d'éventuelles actions de suivi.

QUATORZIÈME SESSION DU COMITÉ DU CODEX SUR LES CONTAMINANTS DANS LES ALIMENTS (2021)³

¹ Pour accéder aux documents de la CCCF relatifs à ce point, veuillez consulter le site web du Codex/CCCF: <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/committees/committee-detail/related-meetings/fr/?committee=CCCF>

² REP19/CF13, par. 21-27

³ REP21/CF14, par. 15-17, 181-185

5. Le représentant a attiré l'attention du CCCF sur les travaux en cours à l'AIEA sur les radionucléides dans l'alimentation humaine et animale et dans l'eau potable et sur les liens avec les informations présentées dans le document de discussion sur la radioactivité dans les aliments pour animaux, les denrées alimentaires et l'eau potable dans des circonstances normales soumis à l'examen du CCCF à cette session.
6. Il a mentionné que des travaux au niveau international dans ce domaine sont en train de développer des méthodologies qui peuvent être utilisées pour produire des critères d'évaluation de ces radionucléides dans les aliments. Ce travail a impliqué la FAO, l'AIEA et l'OMS. Il a également noté que les radionucléides naturellement présents dans l'alimentation humaine, l'alimentation animale et l'eau, ne semblent pas constituer un problème pour la sécurité sanitaire des aliments et le commerce. L'AIEA pourrait également s'engager à produire toute information ou document nécessaire qui pourrait être utile aux autorités alimentaires, à cet égard et a remercié le GTE, les présidents du GTE et le Secrétariat du Codex pour l'excellent document de discussion.

Radioactivité dans les aliments pour animaux, les denrées alimentaires et l'eau potable dans des circonstances normales

7. L'Union européenne, en tant que présidente du GTE, a présenté ce point et a rappelé que, suite aux informations fournies par le représentant de la Division mixte FAO/AIEA, le CCCF13 était convenu que des travaux exploratoires devraient être entrepris sur les questions de sécurité sanitaire des aliments et de commerce associées aux radionucléides dans les denrées alimentaires (y compris l'eau potable) et les aliments pour animaux dans les situations non urgentes. Le GTE a préparé un document de discussion visant à mieux faire comprendre la présence de radioactivité dans les denrées alimentaires et les aliments pour animaux dans les situations non urgentes et à permettre au CCCF de prendre une décision éclairée sur les éventuelles actions de suivi.
8. Le président du GTE a en outre noté que, dans le document de discussion, il a été conclu que les radionucléides d'origine naturelle (c'est-à-dire principalement ^{40}K , ^{210}Po , ^{210}Pb , ^{228}Ra et ^{226}Ra) sont présents dans de nombreux aliments différents et tendent à donner des doses de rayonnement plus élevées que celles fournies par les radionucléides produits artificiellement (tels que ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{131}I et ^{90}Sr) dans des situations qui n'ont pas été affectées par une situation d'urgence nucléaire dans le passé, mais aucun problème spécifique de sécurité pour les denrées alimentaires, les aliments pour animaux ou l'eau potable dû à la présence de radionucléides naturels n'a été identifié. En outre, aucun problème de commerce international n'a été identifié en raison de la présence de radionucléides d'origine naturelle dans les denrées alimentaires, les aliments pour animaux et l'eau potable.
9. Suite à des commentaires, le représentant de la Division mixte FAO/AIEA a précisé que le document informatif serait présenté au CCCF avant sa publication. Le président du GTE a en outre précisé que le document d'information serait axé sur les radionucléides naturels, qu'il donnerait des informations sur les variations régionales de la présence de radionucléides naturels dans les denrées alimentaires (y compris l'eau potable) et les aliments pour animaux, sur les variations de l'absorption en fonction du type d'aliment, et que la mise à jour régulière de tout développement dans le domaine de la radioactivité concernerait les radionucléides naturels et artificiels.
10. Le CCCF est convenu qu'il n'était pas nécessaire que le CCCF poursuive ses travaux à l'heure actuelle, étant donné que les radionucléides naturellement présents dans les denrées alimentaires, les aliments pour animaux et l'eau ne semblaient pas constituer un problème pour la sécurité sanitaire et le commerce des denrées alimentaires. Le CCCF a accepté l'offre de l'AIEA d'élaborer, avec la collaboration de la FAO et de l'OMS, un document d'information à l'intention de la communauté des régulateurs de la sécurité alimentaire, faisant le point sur la radioactivité naturelle dans l'alimentation humaine, l'alimentation animale et l'eau, reflétant ainsi également les variations régionales.
11. Le CCCF est aussi convenu de demander à l'AIEA de tenir le CCCF informé de tout développement dans le domaine de la radioactivité naturelle et artificielle, en particulier des travaux FAO/AIEA/OMS visant à mettre au point des méthodologies qui pourraient être utilisées pour produire des critères permettant d'évaluer les radionucléides dans les aliments.

QUINZIÈME SESSION DU COMITÉ DU CODEX SUR LES CONTAMINANTS DANS LES ALIMENTS (2022)⁴

12. Le représentant de la Division mixte FAO/AIEA a présenté une mise à jour sur les travaux internationaux en cours sur les radionucléides dans les denrées alimentaires, les aliments pour animaux et l'eau potable dans des situations non urgentes. Ce travail technique était en cours d'achèvement. Trois documents étaient en préparation. L'un était déjà publié en ligne sous forme de préimpression du [Rapport no. 114](#) de la FAO, l'AIEA et l'OMS sur la sécurité intitulé « Exposure due to Radionuclides in Food Other Than During a Nuclear or Radiological Emergency. Part 1: Technical Material » (exposition due aux radionucléides dans les aliments en dehors d'une urgence nucléaire ou radiologique. Partie 1 : Matériel technique). Il comprend des informations sur les répartitions observées des concentrations des principaux radionucléides naturels dans divers aliments et sur l'utilisation d'enquêtes alimentaires pour évaluer les doses par ingestion résultant de l'exposition aux radionucléides. Il fournit également des informations sur les concentrations de radionucléides dans les eaux minérales naturelles, dans l'aquaculture et dans d'autres aliments collectés dans la nature. La partie 2 est également *sous presse*. Ce document présentera des propositions que les autorités compétentes pourraient utiliser aux fins de mise en œuvre des normes de radioprotection relatives à la radioactivité dans les aliments dans les situations d'exposition existantes. Le troisième document en préparation est le document d'information qui sera présenté lors de la prochaine session du CCCF après diffusion auprès des membres du Codex aux fins d'observations.

Informations supplémentaires

13. "Le Document de la partie 2" est parrainée conjointement par la FAO, l'AIEA et l'OMS. Elle a été publiée après le CCCF15 dans la série de rapports Documents techniques de l'AIEA ([IAEA-TECDOC-2011](#)). Cette publication de la partie 2 est destinée à aider les organismes de réglementation, les décideurs politiques et les autres personnes ayant des responsabilités liées à la gestion des expositions lorsque des radionucléides sont ou pourraient être présents dans les aliments, mais elle exclut les urgences nucléaires ou radiologiques. S'appuyant sur les informations fournies dans le rapport de sécurité 114, le TECDOC se concentre sur les considérations techniques pour la mise en œuvre de l'exigence 51 de la radioprotection et de la sécurité des sources de radiation: normes fondamentales internationales relatives à la sécurité radiologique, série des normes de sécurité de l'AIEA n° GSR partie 3, dans le domaine de la sécurité sanitaire des aliments. En particulier, cette publication propose une approche pour la gestion des radionucléides dans les aliments à prendre en compte dans la mise en œuvre de la prescription 51 de la partie 3 du GSR (*General Safety Requirements*). La publication sera d'une valeur pratique pour tous ceux qui jouent un rôle dans la sécurité sanitaire des aliments ou la radioprotection.
14. Le «troisième document» a maintenant été produit en collaboration avec la FAO, l'AIEA et l'OMS; des contributions ont également été fournies par le Comité scientifique des Nations Unies sur les effets des rayonnements ionisants (UNSCEAR). Ce troisième document est le document d'information destiné à la communauté des régulateurs de la sécurité sanitaire des aliments, destiné à fournir l'état de la situation actuelle de la radioactivité naturelle. C'est ce troisième document qui est distribué pour observations. L'UNSCEAR a été impliqué car ce document fait largement référence à ses précédents rapports sur l'exposition du public aux radionucléides naturels. Il convient de noter que les nouvelles données sur la concentration d'activité dans les aliments (tableaux 3 à 7) sont générées à partir de l'analyse statistique d'environ 8 000 mesures individuelles de radionucléides naturels dans les aliments au cours de la période de 1998 à 2017. Bien que ces données comprennent des observations de la radioactivité naturelle dans les aliments provenant de nombreuses régions différentes du monde, l'analyse en termes de variables « Région » ou « Pays » où les échantillons ont été collectés ne s'est pas avérée utile. Il a été constaté que les variables les plus utilisées étaient « radionucléide » (par exemple, ²¹⁰Po), « sous-catégorie d'aliments » (par exemple, parties comestibles de mollusques) et, dans certains cas, « produit alimentaire » (par exemple, parties comestibles de mollusques bivalves tels que les palourdes, les moules, les huîtres et les pétoncles). L'analyse en termes de ces dernières variables a donné lieu à des distributions asymétriques qui pourraient être décrites comme des répartitions normales des logs des concentrations d'activité pour des radionucléides spécifiques dans des sous-catégories d'aliments ou des produits alimentaires spécifiques. Les données ne fournissent pas de preuves de variations régionales des concentrations d'activité. Par conséquent, le document soumis aux commentaires du CCCF ne peut pas refléter les variations régionales des concentrations d'activité des radionucléides naturels dans les aliments (comme initialement demandé au CCCF15) car aucune n'a été observée dans l'analyse statistique. Pour plus de détails sur l'analyse statistique, veuillez consulter la section 5, ainsi que l'annexe II et l'annexe III du [rapport de sécurité 114](#).

DEMANDE D'OBSERVATIONS

15. Compte tenu du contexte présenté aux paragraphes 1 à 14 ci-dessus ainsi que de l'objet et des destinataires du document, les membres et les observateurs du Codex sont invités à fournir les informations suivantes:
 - i. Observations générales sur l'approche, la structure et le contenu global du document
 - ii. Observations spécifiques sur les paragraphes 1 à 23 du document présenté dans l'annexe.
16. Le document tel que présenté dans l'annexe est chargé sur le Système d'observations en ligne du Codex (OCS):<https://ocs.codexalimentarius.org/>. Les observations fournies par le système OCS doivent suivre les orientations fournies aux paragraphes 18 à 22.
17. Les observations soumises en réponse à la présente lettre circulaire⁵ seront examinées par le Centre mixte FAO/AIEA qui préparera une version révisée pour examen par le CCCF à sa dix-septième session (2024).

ORIENTATIONS CONCERNANT LA PRÉSENTATION DES OBSERVATIONS

18. Les observations doivent être présentées dans le système OCS, par l'intermédiaire des Points de contact des membres du Codex et observateurs.
19. Les Points de contact des membres du Codex et observateurs peuvent accéder au système OCS et au document ouvert aux observations en sélectionnant "Entrer" dans la page "Mes révisions", disponible après avoir accédé au système.
20. Les Points de contact des membres du Codex et des organisations observatrices doivent fournir des propositions de changements et des observations/justifications sur un paragraphe spécifique (dans les catégories: rédactionnels, de fond, techniques et traduction) et/ou au niveau du document (observations générales ou observations récapitulatives). Des conseils supplémentaires sur les catégories et les types d'observations de l'OCS se trouvent dans les questions fréquentes de l'OCS (FAQs)⁶.
21. D'autres ressources de l'OCS, notamment le Manuel de l'utilisateur et le guide succinct, sont également disponibles sur le site du Codex⁷.
22. Les éventuelles questions sur le système OCS peuvent être adressées à Codex-OCS@fao.org.

⁵ Page web du Codex/lettres circulaires:

<https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/resources/circular-letters/fr/>

Page web du Codex /CCCF/lettres circulaires:

<https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/committees/committee-detail/related-circular-letters/fr/?committee=CCCF>

⁶ http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/codexalimentarius/doc/OCS/Codex_OCS_FAQs_2017-11-06.pdf

⁷ <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/resources/ocs/fr/>

ANNEXE

LA RADIOACTIVITÉ NATURELLE DANS L'ALIMENTATION HUMAINE ET ANIMALE ET L'EAU DE BOISSON

(Pour observations)

INTRODUCTION

1. La présente publication a pour objet de communiquer aux acteurs de la réglementation de la sécurité alimentaire des aliments des informations sur la radioactivité dans l'alimentation humaine et animale et l'eau de boisson. Elle met à jour et résume les informations essentielles contenues dans un document de travail qui a été présenté à la 14^e session du Comité du Codex sur les contaminants dans les aliments. Elle se propose : a) de donner une vue d'ensemble des doses de rayonnement internes caractéristiques d'une exposition par ingestion ; b) de préciser les principaux radionucléides qui contribuent généralement le plus à la dose ingérée et de donner les concentrations typiques des radionucléides les plus répandus dans les aliments ; et c) de passer en revue les normes et orientations internationales relatives à la radioactivité dans l'alimentation humaine et animale et l'eau de boisson. En général, c'est l'ingestion de radionucléides naturels qui donne lieu à la quasi-totalité de la dose d'exposition interne par ingestion évaluée. C'est donc sur eux que la présente publication mettra l'accent. Cependant, on trouvera aussi des informations techniques supplémentaires sur les niveaux de radionucléides naturels et anthropiques présents dans les aliments dans une publication technique [1] récemment publiée par l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et l'Organisation mondiale de la Santé (OMS).

2. Il est normal que l'air, le sol, les produits d'alimentation humaine et animale ainsi que l'eau de boisson contiennent de faibles niveaux de radioactivité, en raison de l'omniprésence de radionucléides dans tous ces substrats. Ceux qui sont présents dans l'alimentation humaine et animale et l'eau de boisson sont pour la plupart d'origine naturelle, mais peuvent aussi être d'origine anthropique. À l'exception d'un radio-isotope du potassium (⁴⁰K), tous les radionucléides présents dans ces produits de base sont soumis à un contrôle d'une manière ou d'une autre. À cet égard, les normes de sûreté radiologique mentionnent la notion de « situation d'exposition existante », à savoir une situation dans laquelle il y a déjà exposition à des sources de rayonnements ionisants lorsque la décision d'un contrôle est prise (c'est-à-dire dans des circonstances ordinaires autres qu'une urgence). En l'occurrence, il peut s'agir d'une exposition à des sources tant naturelles qu'artificielles. La définition, qui est large, englobe par exemple, mais non exclusivement, l'exposition à des matières radioactives résiduelles une fois déclarée la fin d'une situation d'urgence nucléaire ou radiologique.

DOSE DE RAYONNEMENT INTERNE INCORPORÉE PAR INGESTION

3. Les radionucléides sont présents dans la croûte terrestre et les océans. L'homme a toujours été exposé aux rayonnements, y compris à ceux émis par les radionucléides présents dans les aliments qu'il consomme. Bien que les aliments et l'eau de boisson puissent contenir des substances radioactives, les niveaux y sont en général relativement faibles et, en principe, le resteront, sauf dans des circonstances extrêmes (p. ex. des accidents majeurs ou des événements malveillants qui pourraient entraîner la contamination de certains aliments par de grandes quantités de matières radioactives).

Encadré 1 : [Dose de rayonnement](#)

Les rayonnements ionisants ont des effets biologiques différents selon leur type (alpha, bêta, gamma, etc.) et l'énergie qu'ils dégagent. Le risque de dommage biologique est lié à la dose de rayonnement reçue par les tissus. L'unité de dose efficace est le sievert (Sv), mesure correspondant à une quantité importante, aussi les doses de rayonnement habituellement constatées sont-elles exprimées en millisievert (mSv) ou en microsievert (µSv), soit un millième ou un millionième de sievert. Par exemple, lors d'une radiographie du thorax, la dose de rayonnement reçue est généralement d'environ 0,1 mSv.

Bien que les concentrations de radionucléides dans l'alimentation humaine et animale et l'eau de boisson soient généralement faibles, les rayonnements ionisants émis par des radionucléides ingérés peuvent contribuer largement à la dose de rayonnement globale [encadré 1] que nous recevons des nombreuses sources de rayonnements auxquelles nous sommes exposés dans notre vie quotidienne. Le Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants (UNSCEAR) a calculé dans son rapport de 2000 [2] que la dose annuelle mondiale par ingestion provenant de sources naturelles est généralement comprise entre 0,2 et 0,8 mSv, la médiane s'établissant environ à 0,31 mSv, soit environ 12 % de la dose moyenne annuelle totale dans le monde émise par l'ensemble des sources naturelles, qui est de 2,4 mSv (fourchette habituellement comprise entre 1 et 10 mSv)

(fig. 1). Ultérieurement, dans son rapport de 2008, l'UNSCEAR a revu à la hausse la dose annuelle mondiale par ingestion provenant de sources naturelles, la situant généralement entre 0,2 et 1,0 mSv pour une dose moyenne annuelle due à l'ingestion s'établissant à 0,29 mSv [3].

Quels sont les principaux radionucléides à l'origine de cette dose ?

4. Cinq radionucléides principaux contribuent largement à la dose de rayonnement due à l'ingestion d'aliments et d'eau de boisson, et ils sont tous présents à l'état naturel, et ce depuis la formation de la terre ; il s'agit d'un radio-isotope du potassium, le ^{40}K , ainsi que des radio-isotopes du plomb, du polonium et de deux isotopes différents du radium, à savoir : ^{210}Pb ; ^{210}Po ; ^{226}Ra ; et ^{228}Ra . Une petite portion (0,012 %) de tout le potassium naturel est présente sous forme de ^{40}K radioactif, tandis que les quatre autres isotopes lourds apparaissent lors de la décroissance radioactive naturelle de l'uranium et du thorium.

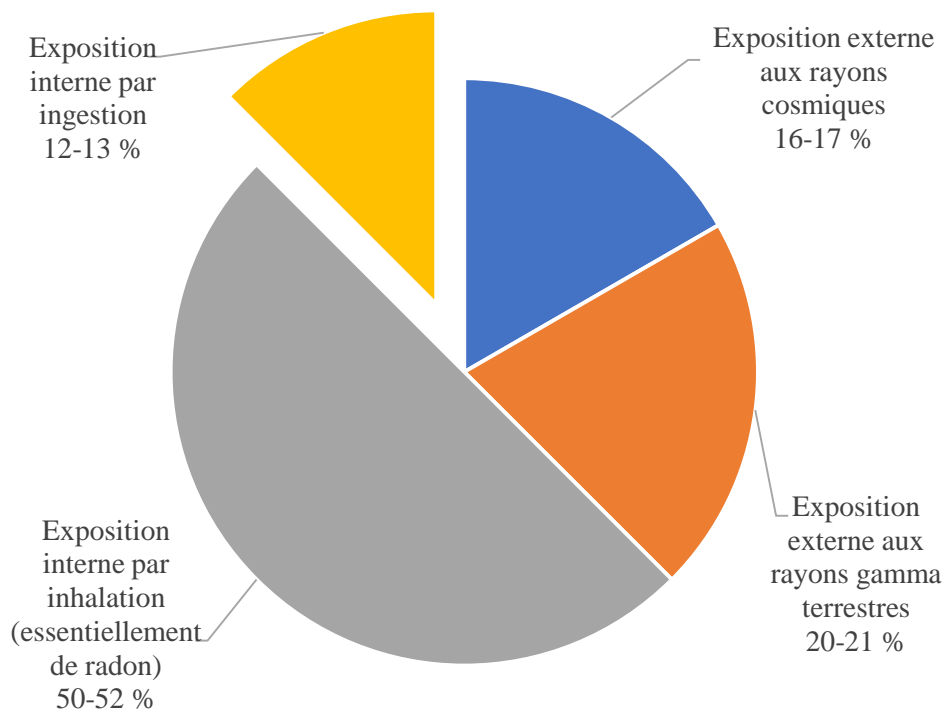


Fig. 1. Contribution des différentes sources de radioexposition à la dose efficace moyenne annuelle dans le monde de 2,4 mSv due à des sources naturelles [2, 7]

5. Le corps humain régule bien les niveaux potassiques par un mécanisme homéostatique. Ceci a pour conséquence directe le maintien d'une quantité plutôt constante et uniformément répartie dans l'organisme du ^{40}K , dont le rayonnement émis donne lieu à une dose annuelle d'environ 0,17 mSv par personne, soit environ 55 % de la dose moyenne annuelle mondiale due à l'ingestion. Cette dose par ingestion du ^{40}K présent dans les aliments est un exemple illustrant l'exposition aux rayonnements ionisants, relativement constante et uniforme chez tous les individus, où qu'ils soient. Un organisme sain a besoin de potassium pour rester en bonne santé, et la teneur en potassium (y compris le ^{40}K) est maintenue constante par des processus normaux de régulation physiologique. C'est la raison pour laquelle la dose due à l'ingestion de ^{40}K ne se prête pas à un contrôle.

6. Les radionucléides ^{210}Po , ^{210}Pb , ^{228}Ra et ^{226}Ra sont considérés comme représentant à eux tous la quasi-totalité de la dose par ingestion annuelle moyenne restante, tous les autres n'apportant qu'une contribution mineure (< 1%). Cependant, ces quatre radionucléides (et d'autres) ne sont pas régulés par des mécanismes homéostatiques. Leur quantité dans le corps humain, et donc la dose de rayonnement qu'ils apportent, est liée à la quantité qui en aura été ingérée. Par conséquent, le ^{210}Pb , le ^{210}Po , le ^{226}Ra et le ^{228}Ra peuvent être détectés en quantités différentes chez l'homme, puisque leur abondance varie dans les aliments et l'eau de boisson. Les valeurs relevées chez l'homme sont fonction des niveaux trouvés dans l'alimentation, et leur oscillation est en fin de compte due à la variabilité des concentrations de ces radionucléides dans les différents sols et eaux des milieux d'où proviennent les aliments ou l'eau de boisson.

7. À l'heure de la rédaction de la présente publication, l'UNSCEAR a chargé un groupe d'experts de mettre à jour son évaluation de l'exposition du public due à toutes les sources, y compris les aliments et l'eau de boisson¹. Le rapport 2000 de l'UNSCEAR [2] est le rapport le plus récent de cette instance à présenter des valeurs représentatives pour neuf des radionucléides naturels les plus répandus, généralement présents dans les aliments et l'eau de boisson. Les données techniques qui y ont été publiées cette année-là sur les différentes concentrations de radionucléides naturels dans des aliments et eaux de boisson de différents pays et régions ont permis au comité de produire des valeurs représentatives uniques pour les concentrations des neuf radionucléides les plus répandus (^{210}Po , ^{210}Pb , ^{228}Ra , ^{226}Ra , ^{230}Th , ^{232}Th , ^{238}U , ^{228}Th , ^{235}U) dans plusieurs catégories d'aliments et dans l'eau de boisson. L'UNSCEAR s'est appuyé sur ces concentrations mondiales représentatives, ainsi que sur la contribution de la dose due au ^{40}K , pour calculer et énoncer dans son rapport de 2000 une dose efficace moyenne annuelle mondiale (pondérée en fonction de l'âge) de 0,31 mSv (fourchette comprise habituellement entre 0,20 et 0,80 mSv) pour l'ingestion des radionucléides naturels présents dans les aliments et l'eau.

8. L'essentiel (> 95%) de la dose moyenne annuelle par ingestion de 0,31 mSv présentée par l'UNSCEAR dans son rapport de 2000 résulte de l'ingestion d'aliments, le reste, moins de 5 % (plus ou moins 0,01 mSv), étant dû généralement à l'ingestion de radionucléides naturels présents dans l'eau de boisson. Cette dose mondiale qui s'établit en moyenne à 0,31 mSv est presque entièrement imputable au ^{40}K , au ^{210}Po , au ^{210}Pb , au ^{228}Ra et au ^{226}Ra . La dose annuelle due au ^{40}K s'établit à environ 0,17 mSv et, comme nous l'avons vu précédemment, elle est relativement constante et uniforme chez tous les individus, où qu'ils soient. Toutefois, la dose résultant de l'ingestion d'autres radionucléides varie en fonction de la quantité ingérée. Il a été estimé que les radionucléides ^{210}Po , ^{210}Pb , ^{228}Ra et ^{226}Ra ajoutaient à eux tous 0,14 mSv supplémentaire par an. Les autres radionucléides contribuent, quant à eux, pour moins de 0,02 mSv/an en moyenne (< 6% de la dose annuelle totale par ingestion ou < 14 % de la dose annuelle totale par ingestion si l'on en exclut la contribution de la dose due au ^{40}K). Les radionucléides anthropiques présents dans les aliments contribuent très peu à la dose moyenne annuelle mondiale due à l'ingestion dans des circonstances normales (situations d'exposition existantes). Cependant, quelques programmes de surveillance veillent à ce que les niveaux de certains radionucléides anthropiques présents dans les produits alimentaires et agricoles soient faibles, comme par exemple, dans les produits qui proviennent de zones touchées par des accidents nucléaires ou radiologiques à un moment donné dans le passé.

9. Les radionucléides anthropiques (provenant par exemple d'établissements industriels, médicaux, nucléaires et de recherche et d'autres usages de matières radioactives) peuvent s'immiscer dans les produits d'alimentation humaine et animale et les réserves d'eau potable. Cependant, leurs contributions à la dose du fait de leur ingestion dans des situations d'exposition planifiées sont limitées par le contrôle réglementaire de la source ou de la pratique qui en sont à l'origine prévu dans le processus d'autorisation des rejets pertinent. Si ces sources de radionucléides anthropiques sont jugées importantes, c'est normalement au moyen de tels mécanismes réglementaires que des mesures sont prises pour empêcher ou limiter la pénétration du ou des radionucléides dans l'environnement, puis dans l'alimentation humaine et animale et l'eau.

10. Les rapports 2000 et 2008 de l'UNSCEAR présentent des estimations de la dose efficace moyenne annuelle (pondérée par l'âge) dans le monde, les doses individuelles étant sujettes à des variations importantes. De nombreuses études menées sur l'alimentation à l'échelle nationale établissent des estimations des doses par ingestion pour certains groupes de population. En général, lesdites doses concordent relativement bien avec les évaluations moyennes mondiales publiées par l'UNSCEAR. Cette question est examinée plus en détail dans les paragraphes ci-après.

¹ Le groupe d'experts de l'UNSCEAR révisé les valeurs représentatives que ce dernier avait retenues pour évaluer les doses de rayonnement émises par les radionucléides présents dans les aliments et l'eau de boisson. Cette révision devrait être achevée en 2024, en étroite collaboration avec la FAO, l'AIEA et l'OMS.

Qu'en est-il des études nationales sur l'alimentation et des doses par ingestion évaluées ?

11. En 2021, l'AIEA, la FAO et l'OMS ont publié un rapport [1] qui présente une enquête documentaire recensant des articles et rapports scientifiques sur la dose due à l'ingestion de radionucléides présents dans l'alimentation au niveau national. Nombre des sources documentaires passées en revue contenaient suffisamment d'informations et de données pour que des évaluations plus poussées permettent de déterminer, à l'échelle nationale, les radionucléides naturels et anthropiques les plus importants qui contribuent à la dose de rayonnement dans l'alimentation, ainsi que la variabilité de la dose par ingestion en fonction de l'âge ou du type d'étude menée sur l'alimentation. Le tableau 1 récapitule ces estimations nationales de la dose annuelle totale imputable à tous les radionucléides (hormis celle due au ^{40}K). La FAO, l'AIEA et l'OMS ont conclu que, d'après ces études, plus de 90 % environ de la dose par ingestion évaluée (hormis la dose imputable au ^{40}K) est due aux ^{210}Po , ^{210}Pb , ^{228}Ra et au ^{226}Ra . Cela correspond généralement aux évaluations de l'UNSCEAR qui, par exemple, estime, dans son rapport de 2000, que ces quatre radionucléides contribuent à plus de 86 % à la dose moyenne mondiale résultant de l'ingestion, non compris le ^{40}K . La plupart des doses annuelles évaluées résultant de l'ingestion qui figurent dans ces études nationales se situent dans la fourchette allant de 0,03 à 0,63 mSv, et la valeur moyenne (et la moyenne géométrique) de ces données est de 0,19 mSv/an ; cette fourchette et cette médiane observées correspondent également bien aux doses moyennes mondiales évaluées résultant de l'ingestion qui figurent dans les rapports 2000 et 2008 de l'UNSCEAR².

Qu'en est-il de l'alimentation animale ?

12. Les aliments pour animaux peuvent contenir des radionucléides susceptibles de présenter un risque pour la santé humaine du fait de l'ingestion d'aliments d'origine animale. Il s'ensuit que, dans des circonstances normales, les principaux radionucléides d'intérêt ne sont pas différents de ceux qui sont présents dans les denrées alimentaires (^{210}Po , ^{210}Pb , ^{228}Ra et ^{226}Ra). Cependant, certains programmes de surveillance permettent de vérifier les niveaux de certains radionucléides anthropiques dans l'alimentation animale (^{90}Sr , ^{137}Cs et ^{134}Cs , entre autres), par exemple, pour assurer un suivi des aliments provenant de zones touchées par des accidents nucléaires ou radiologiques où des quantités importantes de radionucléides ont été accidentellement libérées dans l'environnement à un moment donné dans le passé.

13. Tout comme l'homme, les animaux peuvent accumuler des radionucléides dans leur organisme par ingestion, inhalation et absorption par la peau. Ces derniers, possiblement présents dans leur alimentation, le sol, les eaux agricoles, etc., sont surtout incorporés par ingestion d'aliments et de sols contaminés. Ceux présents dans le sol sont en général moins absorbables ; ce sont les niveaux de radionucléides dans l'alimentation animale et les processus influant sur l'absorption et la rétention de ceux qui y sont présents qui déterminent généralement la contamination radioactive chez les animaux.

² Si l'on soustrait la contribution de la dose annuelle par ingestion du ^{40}K (0,17 mSv) de la dose efficace moyenne annuelle mondiale résultant de l'ingestion de 0,31 mSv (fourchette habituellement comprise entre 0,2 et 0,8 mSv) établie dans le rapport 2000 de l'UNSCEAR, on obtient une dose annuelle par ingestion d'environ 0,14 mSv dans une fourchette habituellement comprise entre 0,03 et 0,63 mSv (hors le ^{40}K). De même, si l'on soustrait la contribution de la dose due au ^{40}K de la dose moyenne annuelle mondiale évaluée résultant de l'ingestion qui figure dans le rapport 2008 de l'UNSCEAR, on obtient une valeur d'environ 0,12 mSv, dans une fourchette habituellement comprise entre 0,03 et 0,83 mSv (hors le ^{40}K).

CONCENTRATIONS DE RADIONUCLÉIDES

14. La dose par ingestion ne peut pas être mesurée directement, mais peut être calculée à partir de l'activité des radionucléides. Celle-ci peut être facilement mesurée, et les facteurs de conversion de dose approuvés au plan international qui sont propres à chaque radionucléide peuvent s'appliquer au processus de conversion de l'activité (Bq) en dose (Sv). Bien que l'activité soit exprimée sous forme de taux, elle peut servir d'indicateur indirect de la quantité de radionucléide [encadré 2]. La surveillance et les évaluations de la dose sont donc fondées sur les concentrations d'activité (Bq/kg ou Bq/L). Comme on l'a vu dans la section précédente, les données publiées par l'UNSCEAR en 2000 [2] présentaient des concentrations d'activité jugées représentatives pour les radionucléides les plus répandus dans plusieurs catégories différentes d'aliments et dans l'eau de boisson (reproduites dans le tableau 2). Bien que ces données aient été établies par l'UNSCEAR pour l'évaluation de l'exposition du public, les laboratoires utilisent eux aussi les concentrations d'activité représentatives figurant au tableau 2 pour contextualiser leurs résultats d'analyse. Un document publié par l'AIEA, la FAO et l'OMS en 2021 [1] présente également des données sur les concentrations d'activité des principaux radionucléides naturels dans différents aliments ainsi que d'autres permettant de contextualiser les résultats de la surveillance.

Encadré 2 : Activité et concentration d'activité

Le becquerel (Bq) est l'unité d'activité des radionucléides (radioactivité), égale à une désintégration par seconde. Bien qu'exprimé sous forme de taux (par seconde), il peut servir d'indicateur indirect de la quantité de radionucléides présente au moment de la mesure (p. ex. Bq/kg ou Bq/L). Ceci est dû au fait que la décroissance radioactive est une réaction du premier ordre où la « substance A » se transforme directement en « substance B » à une vitesse exponentielle. Le taux de désintégration à un moment donné est directement proportionnel à la quantité de « substance A » présente à ce moment-là.

15. La publication de l'AIEA, de la FAO et de l'OMS [1] comporte des données sur les concentrations d'activité issues d'informations publiées dans des publications scientifiques entre 1998 et 2017 et de mesures de surveillance relevées par les États Membres de l'AIEA au cours de la même période. Ces données recueillies ont été soumises à un contrôle de la qualité puis utilisées dans des analyses statistiques aux fins de l'estimation de divers paramètres, à savoir la concentration d'activité moyenne (pour les distributions log-normales, la médiane et la moyenne géométrique sont identiques), la moyenne arithmétique et le 95^e percentile de la répartition des principaux radionucléides dans les aliments. Ces estimations ont été intégrées dans un projet visant à produire des données pouvant servir à l'élaboration d'orientations relatives aux radionucléides naturels présents dans les aliments. La médiane, l'intervalle de confiance pour la moyenne arithmétique et le 95^e percentile supérieur sont indiqués en Bq/kg (poids frais) pour le ²¹⁰Po, le ²¹⁰Pb, le ²²⁶Ra et le ²²⁸Ra et reproduits dans les tableaux 3 à 6, respectivement. En outre, les concentrations d'activité moyenne sont également calculées pour le ²²⁸Th, le ²³⁰Th, le ²³²Th, le ²³⁵U, le ²³⁸U. De plus, le tableau 7 récapitule les concentrations d'activité moyenne (poids frais) pour l'ensemble de ces neuf radionucléides dans différentes catégories d'aliments.

16. Les radionucléides mentionnés dans les deux paragraphes précédents sont présents à l'état naturel, mais il a aussi été constaté que certains comme le ¹⁴C, le ⁹⁰Sr, le ¹³⁷Cs et le ¹³⁴Cs contribuaient parfois aussi à la dose par ingestion. Par exemple, bien que le ¹⁴C soit naturellement présent dans l'environnement, il est aussi produit par le secteur nucléaire et, par conséquent, des niveaux élevés peuvent parfois en être détectés dans certains aliments grâce à la surveillance. De même, des concentrations tout au plus de quelques Bq/kg de radionucléides anthropiques comme le ¹³⁷Cs, le ¹³⁴Cs et le ⁹⁰Sr peuvent parfois être trouvées dans des aliments, du fait, par exemple, des rejets autorisés d'installations nucléaires ou de retombées dues aux essais passés d'armes nucléaires. Toutefois, dans les zones ayant été touchées par un accident nucléaire, les concentrations de ¹³⁷Cs, ¹³⁴Cs et de ⁹⁰Sr dans certains aliments pourraient être supérieures d'un ordre de grandeur.

NORMES ET ORIENTATIONS INTERNATIONALES

Encadré 3 : Prescription 51 de la publication n° GSR Part 3 [4]

L'organisme de réglementation ou une autre autorité compétente fixe des niveaux de référence pour les radionucléides dans des produits de base.

5.22. L'organisme de réglementation ou une autre autorité compétente fixe des niveaux de référence spécifiques pour l'exposition due à des radionucléides dans des marchandises telles que les matériaux de construction, les denrées alimentaires, les aliments pour animaux et l'eau de boisson, dont chacun est, le plus souvent, exprimé sous la forme d'une dose efficace annuelle à la personne représentative ou se fonde sur une telle dose et ne dépasse généralement pas une valeur d'environ 1 mSv.

5.23. L'organisme de réglementation ou une autre autorité compétente examine les limites indicatives pour les radionucléides dans des denrées alimentaires faisant l'objet d'un commerce international qui pourraient contenir des substances radioactives à la suite d'une situation d'urgence nucléaire ou radiologique, telles que publiées par la Commission du Codex Alimentarius de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture et l'Organisation mondiale de la Santé [7]. L'organisme de réglementation ou une autre autorité compétente examine les niveaux indicatifs pour les radionucléides contenus dans l'eau de boisson qui ont été publiés par l'Organisation mondiale de la Santé [5].

17. Jusqu'en 2014, les normes internationales de sûreté radiologique ne portaient pas explicitement sur les critères de contrôle de la radioexposition du public par des radionucléides présents dans les aliments et l'eau de boisson dans des situations d'exposition existantes. La publication d'une nouvelle édition des Normes fondamentales internationales et l'incorporation de la prescription 51 dans cet ouvrage des Prescriptions générales de sûreté partie 3 (n° GSR Part 3) [4] a changé la donne.

18. La prescription 51 [encadré 3] dispose que l'organisme de réglementation ou une autre autorité compétente fixe des niveaux de référence³ pour l'exposition due à des radionucléides dans les marchandises, dont les denrées alimentaires et l'eau de boisson. Aussi convient-il de gérer une radioexposition due à la consommation de ces dernières dans des situations non urgentes, pour laquelle il faudra prendre en compte les radionucléides tant naturels qu'anthropiques, comme une situation d'exposition existante grâce à l'élaboration et à l'application de niveaux de référence.

19. **Eau de boisson :** Les Directives de qualité pour l'eau de boisson [5] et les orientations sur la gestion de la radioactivité dans l'eau de boisson [6] publiées à l'échelle internationale établissent des critères permettant de déterminer la qualité et la sûreté des niveaux de radionucléides naturels et anthropiques dans des circonstances normales (c'est-à-dire dans des situations d'exposition prévues et existantes). L'approche adoptée pour la gestion de la radioactivité due aux radionucléides dans l'eau de boisson prend également en compte un niveau de référence annuel d'environ 1 mSv pour tous les radionucléides présents dans l'eau de boisson, conformément aux normes internationales de sûreté radiologique (Prescription 51 de la référence [4]). Elle consiste en partie à fixer des niveaux de dépistage et des limites indicatives des concentrations d'activité exprimés en becquerels par litre pour différents radionucléides présents dans l'eau de boisson. La ligne de conduite à suivre à cette fin, internationalement acceptée, est fondée sur un « critère de

dose individuelle » par radionucléide de 0,1 mSv/an.

20. **Denrées alimentaires :** Les normes alimentaires internationales du Codex Alimentarius donnent des orientations pour assurer la sûreté radiologique des aliments au cours des échanges internationaux avec des régions n'ayant pas été directement touchées par un accident nucléaire [7]. Elles se concentrent sur les radionucléides anthropiques (c'est-à-dire les radionucléides présents à la suite d'un rejet accidentel ou malveillant). Des limites indicatives sont fournies pour 20 radionucléides, mais surtout pour leur incorporation dans la chaîne alimentaire, dans les aliments destinés à la consommation humaine et commercialisés au niveau international, qui ont été contaminés à la suite d'une situation d'urgence nucléaire ou radiologique.

³ Un niveau de référence n'est pas une limite. Dans une situation d'exposition existante, il est le niveau de dose, de risque ou de concentration d'activité au-dessus duquel il est inapproprié de prévoir d'autoriser des expositions et au-dessous duquel le processus de détermination du niveau de protection et de sûreté le plus bas qu'on puisse raisonnablement atteindre continuerait d'être mis en œuvre (les facteurs économiques et sociaux étant pris en compte). La valeur ainsi retenue dépendra des circonstances qui prévalent pour les expositions considérées.

21. Des orientations internationales plus générales [1, 8], récemment élaborées, aident les autorités nationales à établir des niveaux de référence pour les radionucléides dans les aliments hors situations d'urgence. Dans un premier temps, l'AIEA, la FAO et l'OMS ont publié le Rapport de sûreté n° 114 [1] qui donne des informations techniques pouvant servir à l'évaluation et à la gestion de l'incorporation de radionucléides dans des aliments dans les situations d'exposition existantes. En outre, un autre document conjoint de l'AIEA, de la FAO et de l'OMS [8] met en avant une approche pour la gestion de l'exposition due aux radionucléides dans les aliments qui prend également en compte un niveau de référence annuel d'environ 1 mSv pour tous les radionucléides présents dans la chaîne alimentaire, conformément aux normes internationales de sûreté radiologique (Prescription 51 de la référence [4]). Cette approche consiste notamment à recourir à des enquêtes sur l'alimentation pour surveiller la dose par ingestion due aux radionucléides présents dans la chaîne alimentaire. Certaines des orientations abordent également la question de l'évaluation de diverses denrées alimentaires à l'aide des niveaux indicatifs des concentrations d'activité pour différents radionucléides dans les denrées alimentaires (plutôt que dans la chaîne alimentaire dans son ensemble sur une année). Pour certains aliments où les niveaux naturels du ^{210}Po , du ^{210}Pb , du ^{226}Ra ou du ^{228}Ra peuvent augmenter, il est recommandé d'appliquer les niveaux indicatifs basés sur les valeurs de concentration d'activité au 95^e percentile supérieur donnés dans la référence [1] qui sont reproduits dans les tableaux 3 à 6. S'agissant des aliments où ces quatre radionucléides ne sont pas censés augmenter naturellement et de tous les autres radionucléides (à l'exception du ^{40}K), ces niveaux indicatifs de concentration d'activité sont basés sur un « critère de dose individuelle » par radionucléide de 0,1 mSv/an. Les informations techniques concordent avec celles données pour l'eau de boisson [5] ainsi que pour les aliments destinés au commerce international ayant été affectés par une situation d'urgence nucléaire ou radiologique [7].

22. Le rapport de sûreté n° 114 [1] donne des informations sur les distributions observées des concentrations de radionucléides naturels dans diverses denrées alimentaires, le recours à des enquêtes menées sur « l'alimentation totale » et autres études pour l'évaluation des doses résultant de l'ingestion de radionucléides en général. Il passe en revue et analyse également les études sur les radionucléides dans les aliments issus de l'aquaculture et de la faune et de la flore sauvage et dans les eaux minérales naturelles vendues comme aliments. Le document TECDOC-2011 [8] vise, quant à lui, à donner des orientations sur la gestion des aliments dans divers cas où des radionucléides sont, ou pourraient être, présents, hors toute situation d'urgence nucléaire ou radiologique. À eux deux, ces documents [1, 8] forment un fondement scientifique et technique pour l'application de la prescription 51 de la référence [4] lorsqu'elle concerne les radionucléides dans les aliments.

23. **Aliments pour animaux** : Il n'existe pas d'orientations internationales pour aider les autorités nationales à établir des niveaux de référence pour les radionucléides présents dans l'alimentation des animaux producteurs d'aliments hors situation d'urgence. Bien que ces produits d'alimentation soient commercialisés au niveau international, peu de programmes de surveillance permettent d'y mesurer les niveaux de radionucléides naturels et anthropiques. Comme on l'a vu précédemment, quelques-uns sont exécutés dans des zones qui ont été touchées par des accidents nucléaires ou radiologiques à un moment donné dans le passé. Ils portent essentiellement sur la détection des radionucléides anthropiques relativement persistants dans les aliments pour animaux afin d'en empêcher l'incorporation dans la chaîne alimentaire.

RÉFÉRENCES
(Pour information)

- [1] Exposure due to Radionuclides in Food Other Than During a Nuclear or Radiological Emergency. Part 1: Technical Material [[Prépublications de l'AIEA](#)]. IAEA Safety Reports Series No.114, ISSN 1020-6450. International Atomic Energy Agency, Vienna; Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome; World Health Organization, Geneva (2021).
- [2] UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION, Sources and Effects of Ionizing Radiation. Volume I: Sources., Annex B Exposures from Natural Radiation Sources. UNSCEAR 2000 Report, UN, New York (2000).
- [3] UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION, Sources and Effects of Ionizing Radiation. Annex B, Volume I: Sources., UNSCEAR 2008 Report, UN, New York (2008).
- [4] AGENCE DE L'OCDE POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE, AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, COMMISSION EUROPÉENNE, ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE, ORGANISATION INTERNATIONALE DU TRAVAIL, ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ, ORGANISATION PANAMÉRICAINNE DE LA SANTÉ, PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR L'ENVIRONNEMENT, Radioprotection et sûreté des sources de rayonnements : Normes fondamentales internationales de sûreté, n° GSR Part 3 de la collection Normes de sûreté de l'AIEA, AIEA, Vienne (2016).
- [5] ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ, Aspects radiologiques – Directives de qualité pour l'eau de boisson – 4^e édition intégrant les 1^{er} et 2^e additifs. OMS, Genève (2017).
- [6] WORLD HEALTH ORGANIZATION, Management of Radioactivity in Drinking-water, WHO, Geneva, 2018.
- [7] PROGRAMME MIXTE FAO/OMS SUR LES NORMES ALIMENTAIRES, COMMISSION DU CODEX ALIMENTARIUS, Norme générale Codex pour les contaminants et les toxines présents dans les produits de consommation humaine et animale, Tableau I – Radionucléides, CODEX STAN 193-1995, CCA, Rome (2006).
- [8] FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, WORLD HEALTH ORGANIZATION, Exposure Due to Radionuclides in Food Other Than During a Nuclear or Radiological Emergency Part 2: Considerations in Implementing Requirement 51 of IAEA General Safety Requirements Part 3 (International Basic Safety Standards), IAEA-TECDOC-2011, IAEA, Vienna (2022).

TABLEAUX
(Pour information)

TABLEAU 1. DOSE EFFICACE ANNUELLE TOTALE PAR INGESTION DE RADIONUCLÉIDES IMPORTANTS DANS L'ALIMENTATION (HORS le ⁴⁰K)

Pays	Tranche d'âge	Dose totale (mSv/an)*	Observation
Allemagne	Nourrisson (< 1 an)	0,27	-
	Enfant (1 à 2 ans)	0,18	-
	Enfant (2 à 7 ans)	0,14	-
	Enfant (7 à 12 ans)	0,14	-
	Enfant (12 à 17 ans)	0,16	-
	Adulte (> 17 ans)	0,04	-
Australie	Nourrisson (< 1 an)	0,26	Nourri avec un substitut du lait maternel
	Nourrisson (< 1 an)	0,02	Nourri au lait maternel
	Enfant (1 à 2 ans)	0,30	-
	Enfant (2 à 7 ans)	0,18	-
	Enfant (7 à 12 ans)	0,19	-
	Enfant (12 à 17 ans)	0,22	-
Autriche	Adulte (> 17 ans)	0,33	99,6 % de la radioactivité naturelle
	Adulte (> 17 ans)	0,44	Région de São Paulo
Brésil	Adulte (> 17 ans)	0,43	Zones rurales
	Adulte (> 17 ans)	0,29	Zones urbaines
France	Adulte (> 17 ans)	0,32	Consommateur type de produits de la mer au niveau national
	Adulte (> 17 ans)	0,19	Consommateur épisodique de produits de la mer au niveau national
	Adulte (> 17 ans)	0,73	Consommateur type de produits de la mer dans une zone côtière
	Adulte (> 17 ans)	≤ 2,6	Gros consommateur de produits de la mer dans une zone côtière
Irlande	Adulte (> 17 ans)	0,10	95 % de la radioactivité naturelle
Japon	Adulte (> 17 ans)	0,43	96 % de la radioactivité naturelle
Norvège	Nourrisson (< 1 an)	0,34	98 % de la radioactivité naturelle
	Enfant (12 à 17 ans)	0,25	98 % de la radioactivité naturelle
	Adulte (> 17 ans)	0,19	98 % de la radioactivité naturelle
	Nourrisson (< 1 an)	0,39	99 % de la radioactivité naturelle
	Adulte (> 17 ans)	0,29	95 % de la radioactivité naturelle
Nouvelle-Zélande	Enfant (1 à 2 ans)	< 0,12	86 % de la radioactivité naturelle
	Enfant (2 à 7 ans)	< 0,09	85 % de la radioactivité naturelle
	Enfant (12 à 17 ans)	< 0,07	De sexe féminin, 82 % de la radioactivité naturelle
	Enfant (12 à 17 ans)	< 0,05	De sexe masculin, 81 % de la radioactivité naturelle
	Adulte (> 17 ans)	< 0,09	De sexe féminin, 85 % de la radioactivité naturelle
	Adulte (> 17 ans)	< 0,15	De sexe masculin, 90 % de la radioactivité naturelle
Royaume-Uni	Adulte (> 17 ans)	0,19	92 % de la radioactivité naturelle
Viet Nam	Adulte (> 17 ans)	0,20	Région du delta du fleuve Rouge

* Adapté du tableau 10 de la section 4 de la référence [1]

** À titre de comparaison, dans le rapport 2000 de l'UNSCEAR, la dose efficace moyenne annuelle dans le monde résultant de l'ingestion est établie à 0,14 mSv, dans une fourchette habituellement comprise entre 0,03 et 0,63 mSv (hors la dose due au ⁴⁰K de 0,17 mSv). De même, la dose moyenne annuelle évaluée dans le monde qui résulte de l'ingestion figurant dans le rapport 2008 de l'UNSCEAR est établie à 0,12 mSv, dans une fourchette habituellement comprise entre 0,03 et 0,83 mSv (hors le ⁴⁰K).

TABLEAU 2. CONCENTRATIONS D'ACTIVITÉ REPRÉSENTATIVES DES RADIONUCLÉIDES LES PLUS RÉPANDUS DANS LES ALIMENTS, CALCULÉES PAR LE COMITÉ SCIENTIFIQUE DES NATIONS UNIES POUR L'ÉTUDE DES EFFETS DES RAYONNEMENTS IONISANTS ET PRÉSENTÉES DANS SON RAPPORT DE 2000*

Catégorie d'aliments	Concentration de l'activité du radionucléide (Bq/kg)								
	²¹⁰ Po	²¹⁰ Pb	²²⁸ Ra	²²⁶ Ra	²³⁰ Th	²³² Th	²³⁸ U	²²⁸ Th	²³⁵ U
Produits laitiers	0,015	0,015	0,005	0,005	0,0005	0,0003	0,001	0,0003	0,00005
Produits à base de viande	0,06	0,08	0,01	0,015	0,002	0,001	0,002	0,001	0,00005
Produits céréaliers	0,06	0,05	0,06	0,08	0,01	0,003	0,02	0,003	0,001
Légumes-feuilles	0,1	0,08	0,04	0,05	0,02	0,015	0,02	0,015	0,001
Légumes-racines et fruits	0,04	0,03	0,02	0,03	0,0005	0,0005	0,003	0,0005	0,0001
Produits de la pêche	3,3*	0,2	-	0,1	0,01	0,01	0,03	0,1	-
Eau de boisson	0,005	0,01	0,0005	0,0005	0,0001	0,00005	0,001	0,00005	0,00004

* Adapté du tableau 15 de l'annexe B de la référence [2]

** La valeur de 3,3 Bq/kg pour le ²¹⁰Po concerne les produits de la pêche frais en tant que catégorie d'aliments agrégée. Une autre valeur de 2,0 Bq/kg peut être retenue comme valeur corrigée en raison de la décroissance pour prendre en compte un pourcentage de produits de la mer mis en conserve, congelés, etc. avant d'être consommés. Elle est calculée à partir d'un facteur de réduction de 0,6 du fait de la décroissance radioactive du ²¹⁰Po (période de 138 jours). Les concentrations représentatives de l'activité du ²¹⁰Po dans les trois catégories d'aliments désagrégées que sont les poissons, crustacés et mollusques frais sont respectivement de 2,4 Bq/kg, 6,0 Bq/kg et 15,0 Bq/kg (aucune correction apportée du fait de la décroissance radioactive, car produits frais).

TABLEAU 3. RÉCAPITULATIF DES CONCENTRATIONS D'ACTIVITÉ du ^{210}Po DANS LES ALIMENTS* (POIDS FRAIS)

Aliments	Nombre de valeurs mesurées (N) supérieures aux seuils de détection	Médiane et moyenne géométrique (Bq/kg)	Moyenne arithmétique (Bq/kg)		95 ^e percentile (Bq/kg)
			Intervalle de confiance inférieur	Intervalle de confiance supérieur	
<i>Produits alimentaires aquatiques contenant du ^{210}Po</i>					
Mollusques bivalves	663	40,37	49,47	55,97	134,0
Gastéropodes	292	17,48	17,89	19,49	32,0
Crabes	191	16,40	17,10	19,80	37,0
Homards	143	12,74	12,95	14,91	25,0
Crevettes	59	6,40	6,89	12,60	32,0
Poissons de mer	386	5,79	6,38	9,70	36,0
Céphalopodes	25	2,35	2,27	5,76	11,6
Langoustines	38	2,00	1,94	2,90	5,3
Algues marines	43	1,70	1,68	2,42	4,3
Poissons d'eau douce	222	0,99	1,63	2,42	6,7
<i>Produits alimentaires terrestres contenant du ^{210}Po</i>					
Céréales	119	0,14	0,20	0,41	1,50
Légumes autres que les légumes-racines	216	0,12	0,28	0,55	2,00
Fruits	161	0,12	0,20	0,33	0,87
Viande	203	0,10	0,12	0,15	0,37
Lait liquide	57	0,07	0,15	0,75	1,50
Légumes-racines	46	0,04	0,05	0,10	0,25

* Adapté des tableaux 24 et 25 de la section 5 de la référence [1]

TABLEAU 4. RÉCAPITULATIF DES CONCENTRATIONS D'ACTIVITÉ du ^{210}Pb DANS LES ALIMENTS* (POIDS FRAIS)

Aliments	Nombre de valeurs mesurées (N) supérieures aux seuils de détection	Médiane et moyenne géométrique (Bq/kg)	Moyenne arithmétique (Bq/kg)		95 ^e percentile (Bq/kg)
			Intervalle de confiance inférieur	Intervalle de confiance supérieur	
<i>Produits alimentaires aquatiques contenant du ^{210}Pb</i>					
Mollusques autres que les bivalves	18	2,00	1,71	5,78	11,24
Mollusques bivalves	351	1,99	2,52	3,05	7,40
Algues marines	27	0,62	0,57	0,78	1,19
Poissons d'eau douce	59	0,23	0,30	0,69	1,50
Poissons de mer	330	0,20	0,30	0,40	1,40
Crustacés	129	0,14	0,16	0,22	0,53
<i>Produits alimentaires terrestres contenant du ^{210}Pb</i>					
Champignons	132	0,32	0,42	0,66	1,73
Céréales	153	0,15	0,24	0,43	1,50
Viande	60	0,15	0,18	0,34	0,79
Fruits	160	0,14	0,23	0,38	1,10
Légumes autres que les légumes-racines	235	0,13	0,26	0,45	1,50
Légumes-racines	90	0,07	0,14	0,36	0,88
Lait liquide	71	0,06	0,06	0,09	0,18

* Adapté des tableaux 26 et 27, section 5 de la référence [1]

TABLEAU 5. RÉCAPITULATIF DES CONCENTRATIONS D'ACTIVITÉ DU ²²⁶Ra DANS LES ALIMENTS* (POIDS FRAIS)

Aliments	Nombre de valeurs mesurées (N) supérieures aux seuils de détection	Médiane et moyenne géométrique (Bq/kg)	Moyenne arithmétique (Bq/kg)		95 ^e percentile (Bq/kg)
			Intervalle de confiance inférieur	Intervalle de confiance supérieur	
Poissons d'eau douce	59	0,48	0,48	0,63	1,10
Poissons de mer	95	0,27	0,35	0,67	2,00
Mollusques bivalves	37	0,16	0,18	0,50	1,10
Céréales	292	0,12	0,25	0,39	1,50
Légumes-feuilles	324	0,11	0,39	0,77	2,40
Légumes-racines	239	0,11	0,33	0,68	2,10
Fruits	193	0,08	0,19	0,37	1,10
Crustacés	20	0,06	0,18	0,50	0,58
Lait liquide	147	0,05	0,16	0,35	0,77
Viande	90	0,04	0,05	0,09	0,22

* Adapté du tableau 28, section 5 de la référence [1]

TABLEAU 6. RÉCAPITULATIF DES CONCENTRATIONS D'ACTIVITÉ du ^{228}Ra DANS LES ALIMENTS* (POIDS FRAIS)

Aliments	Nombre de valeurs mesurées (N) supérieures aux seuils de détection	Médiane et moyenne géométrique (Bq/kg)	Moyenne arithmétique (Bq/kg)		95 ^e percentile (Bq/kg)
			Intervalle de confiance inférieur	Intervalle de confiance supérieur	
Poissons de mer	43	1,75	1,76	2,80	5,5
Poissons d'eau douce	32	0,84	0,80	0,93	1,2
Légumes-racines	82	0,31	0,70	2,54	6,1
Mollusques bivalves	19	0,17	0,15	0,35	0,68
Légumes autres que les légumes-racines	188	0,12	0,35	0,80	2,1
Céréales	90	0,12	0,15	0,27	0,67
Fruits	94	0,11	0,21	0,54	1,4
Viande	46	0,09	0,10	0,22	0,50
Lait liquide	101	0,04	0,04	0,05	0,10

* Adapté du tableau 29, section 5 de la référence [1]

TABLEAU 7. RÉCAPITULATIF DES CONCENTRATIONS D'ACTIVITÉ MOYENNES (POIDS FRAIS) POUR DIVERSES SOUS-CATÉGORIES D'ALIMENTS, ADAPTÉ DU TABLEAU II.1, ANNEXE II DE LA RÉFÉRENCE [1]

Aliments	Concentration d'activité moyenne (Bq/kg)								
	²¹⁰ Pb	²¹⁰ Po	²²⁶ Ra	²²⁸ Ra	²²⁸ Th	²³⁰ Th	²³² Th	²³⁵ U	²³⁸ U
Abats	0,520	0,719	d. i.	d. i.	d. i.	d. i.	0,026	d. i.	0,023
Algues marines	0,62 ^a	1,70 ^b	0,360	0,140	0,389	0,044	0,031	d. i.	0,375
Boissons	0,115	0,042	0,211	0,415	4,650	d. i.	0,025	d. i.	0,004
Céréales	0,15 ^a	0,14 ^b	0,12 ^c	0,12 ^d	0,090	0,002	0,400	0,025	0,124
Champignons	0,32 ^a	0,580	0,300	0,260	d. i.	0,073	0,048	0,007	0,037
Crustacés	0,14 ^a	2,00 à 16,40 ^{**}	0,06 ^c	0,398	0,043	0,016	0,017	d. i.	0,034
Fruits	0,14 ^a	0,12 ^b	0,08 ^c	0,11 ^d	0,026	0,040	0,007	0,000	0,011
Fruits à coque	0,126	0,101	0,231	0,530	12,600	0,011	9,408	d. i.	0,006
Herbacées	0,569	0,882	0,326	0,180	2,900	0,557	0,058	0,003	0,091
Lait liquide	0,06 ^a	0,07 ^b	0,05 ^c	0,04 ^d	0,033	0,230	0,038	0,011	0,130
Légumes autres que les légumes-racines	0,13 ^a	0,12 ^b	0,11 ^c	0,12 ^d	0,042	0,060	0,027	0,014	0,029
Légumes-racines	0,07 ^a	0,04 ^b	0,11 ^c	0,31 ^d	0,042	0,008	0,179	0,010	0,089
Miel et sucre	0,107	0,230	0,049	0,188	0,142	0,014	0,002	d. i.	0,008
Mollusques autres que les bivalves	2,00 ^a	2,35 à 17,48 ^{**}	0,230	0,210	d. i.	d. i.	0,060	d. i.	0,549
Mollusques bivalves	1,99 ^a	40,37 ^b	0,16 ^c	0,17 ^d	0,471	0,545	0,326	0,031	0,824
Œufs	0,090	0,069	0,109	0,090	0,043	0,249	0,005	d. i.	0,081
Poissons d'eau douce	0,23 ^a	0,99 ^b	0,48 ^c	0,84 ^d	0,655	0,310	2,810	2,505	0,012
Poissons de mer	0,20 ^a	35,79 ^b	0,27 ^c	1,75 ^d	0,028	0,010	0,090	0,001	0,013
Produits laitiers	0,388	0,150	0,078	0,139	0,113	0,020	0,150	0,002	0,013
Viande	0,15 ^a	0,10 ^b	0,04 ^c	0,09 ^d	0,040	0,004	0,008	0,021	0,019

d. i. : données insuffisantes.

^a à ^d Moyennes des tableaux 4, 3, 5 et 6, respectivement.

^{**} L'indication de valeurs moyennes du ²¹⁰Po dans différents sous-groupes de crustacés et sous-groupes de mollusques non bivalves dans le tableau 3 correspond à la répartition de telles valeurs pour lesdits sous-groupes.

