

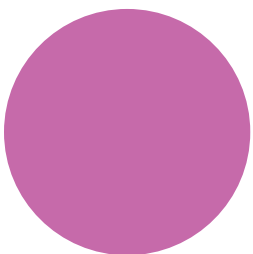
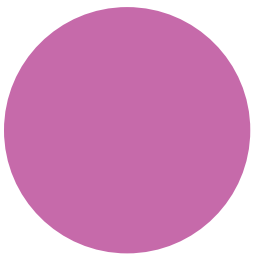
Les rayonnements ionisants

L'essentiel sur

ED 6537



Brochure INRS élaborée par L. Laborde,
R. Mouillseaux et A. Bourdieu



Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'INRS, de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite. Il en est de même pour la traduction, l'adaptation ou la transformation, l'arrangement ou la reproduction, par un art ou un procédé quelconque (article L. 122-4 du code de la propriété intellectuelle). La violation des droits d'auteur constitue une contrefaçon punie d'un emprisonnement de trois ans et d'une amende de 300 000 euros (article L. 335-2 et suivants du code de la propriété intellectuelle).

© INRS, 2024.
Edition : Katia Bourdelet (INRS)
Conception graphique : Julie&Gilles
Illustrations et mise en pages : Valérie Latchague-Causse
Impression : Corlet imprimeur

Qu'est-ce qu'un rayonnement ionisant ?

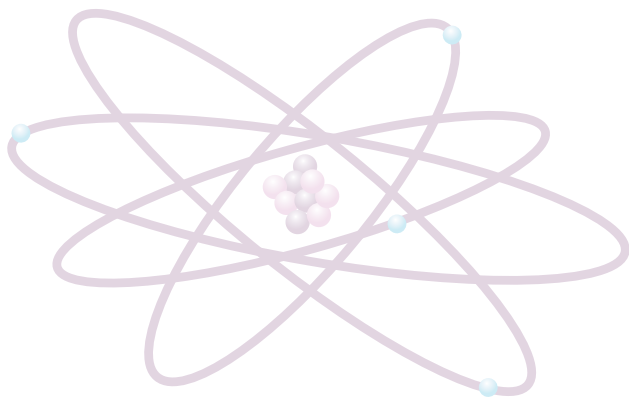
De quoi parle-t-on ?

Les rayonnements ionisants possèdent une énergie suffisante pour enlever un ou plusieurs électrons aux atomes et provoquer ainsi des modifications physico-chimiques de la matière, susceptibles d'entraîner des effets néfastes sur la santé.

Ces rayonnements proviennent de **sources d'origine naturelle ou artificielle** :

- Ils sont issus de certains atomes instables (radionucléides comme l'uranium ou le tritium) qui composent la matière.
- Ils sont générés par certains équipements de travail (générateur électrique de rayons X, accélérateur de particules...).

Les rayonnements ionisants sont de type particulaire (alpha, bêta, neutron) ou électromagnétique (gamma, X). Leur pouvoir de pénétration dans l'organisme ou dans les matériaux dépend de leur type et de leur énergie.



Quelques définitions à connaître

Générateur de rayons X

Appareil électrique utilisé pour générer des rayonnements X.

Radionucléide ou isotope radioactif

Nom donné aux atomes radioactifs d'origine naturelle ou artificielle, comme l'uranium 238, le tritium, le technétium 99 m, le fluor 18 ou l'iode 131 (leur pouvoir d'ionisation dépend de la nature des rayonnements qu'ils émettent et de l'énergie de chacune des émissions).

Sources de rayonnements ionisants d'origine naturelle

Sources de rayonnements présentes dans l'environnement sans intervention humaine, par exemple le rayonnement cosmique ou ceux émis par des radionucléides présents dans la croûte terrestre comme le radon.

Sources de rayonnements ionisants d'origine artificielle

Sources de rayonnements issues des activités humaines, par exemple les rayonnements générés par des appareils électriques ou par des sources scellées ou non scellées.

Sources scellées

Sources dont la structure ou le conditionnement, en utilisation normale, empêche la dispersion des matières radioactives dans le milieu ambiant.

Sources non scellées

Sources dont la forme et les conditions normales d'emploi ne permettent pas de prévenir la dispersion de substances radioactives dans le milieu ambiant.

Radioprotection des travailleurs

Ensemble des mesures prises pour assurer la protection des travailleurs et leurs environnements de travail contre les effets des rayonnements ionisants.

Surveillance dosimétrique individuelle

Suivi dans le temps de la dose de rayonnement reçue par le travailleur afin de s'assurer, notamment, de l'absence de dépassement des valeurs limites d'exposition réglementaires.

Comment le risque survient-il ?

L'exposition aux rayonnements ionisants peut se produire selon plusieurs modalités :

- Exposition externe sans contact cutané ou **irradiation externe**, par une source située à distance de l'organisme (exposition globale ou localisée) comme dans le cas d'un appareil de radiologie.
- Exposition externe avec contact cutané ou **contamination externe** : irradiation par dépôt de corps radioactifs (poussières, liquides...) sur la peau. Le contact cutané avec un radionucléide peut induire une exposition interne par pénétration du radionucléide à travers la peau (altération cutanée, plaie, ou, plus rarement, à travers une peau saine).
- Exposition interne ou **contamination interne** : pénétration de substances radioactives dans l'organisme par inhalation (gaz, aérosols), par ingestion, par les muqueuses, par voie percutanée (altération cutanée, plaie, ou, plus rarement, à travers une peau saine). Après pénétration dans l'organisme, l'exposition interne se poursuit tant que la substance radioactive continue d'émettre des rayonnements ionisants et ce jusqu'à son élimination par l'organisme.

La **dose reçue par l'organisme** dépend principalement de :

- la nature du rayonnement (type, énergie),
- l'activité de la source,
- la distance à la source d'exposition : plus l'organisme est éloigné de la source d'exposition, plus la dose reçue sera faible (elle varie en fonction inverse du carré de la distance),
- la durée de l'exposition,
- l'épaisseur et la composition des écrans éventuels (équipements de protection collective et individuelle).



3 idées reçues

- « **L'exposition professionnelle aux rayonnements ionisants ne concerne que le secteur industriel ou le secteur médical.** »

Faux : certains travailleurs peuvent être particulièrement exposés à la radioactivité naturelle, par exemple le personnel navigant de l'aviation, davantage exposé aux rayonnements cosmiques du fait de la réduction de leur absorption par l'atmosphère. De plus, le radon, gaz radioactif naturel émis par les sols, est présent dans tous les lieux de travail et doit être pris en compte par toutes les entreprises.

- « **Le risque est présent uniquement en cas de dépassement d'une valeur limite d'exposition.** »

Faux : en l'état actuel des connaissances, les effets sur la santé à long terme sont considérés comme « sans seuil » d'apparition. Ainsi, le risque est réputé présent, y compris à des niveaux d'exposition inférieurs aux valeurs limites d'exposition professionnelles.

- « **Il n'existe pas de moyens techniques de surveillance de l'exposition des travailleurs.** »

Faux : pour les expositions externes, des dosimètres individuels sont disponibles (à choisir en fonction du type de rayonnement et de la zone corporelle exposée). Pour les expositions internes, le médecin du travail peut prescrire des examens spécifiques. Cette surveillance est associée à un suivi individuel renforcé de l'état de santé.

Quelles conséquences suite à une exposition aux rayonnements ionisants ?

L'ionisation affectant les processus biologiques des cellules, des tissus ou des organes exposés, les rayonnements ionisants peuvent provoquer des effets sur la matière vivante.

Nature des effets sur la santé

Les effets des rayonnements ionisants sur l'organisme sont de deux types :

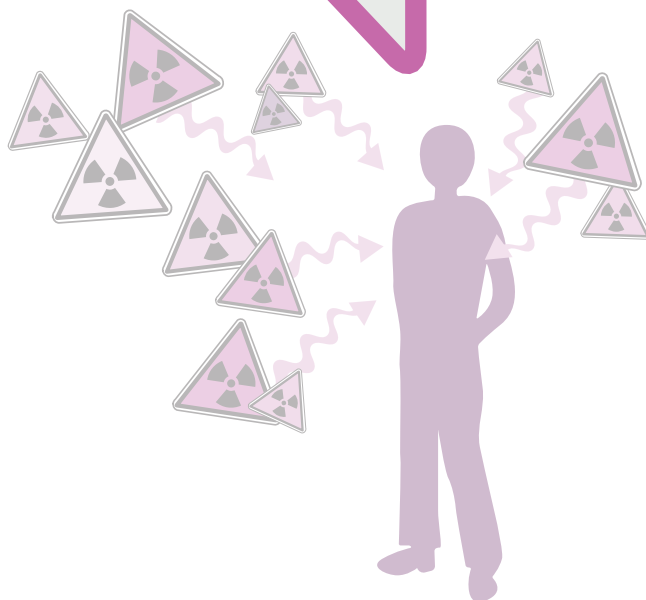
- Effets à court terme, dits **effets déterministes ou réactions tissulaires** pour lesquels un **seuil d'apparition** a été défini (diminution des globules blancs, anémie, brûlure...). Leur gravité augmente avec la dose de rayonnement reçue. Ils se manifestent généralement quelques jours à quelques semaines après l'exposition.
- Effets à long terme, dits **effets aléatoires ou stochastiques** : cancers et anomalies génétiques. Leur probabilité d'apparition dépend de la dose reçue. Ils se manifestent plusieurs années après l'exposition. Il n'a pas été possible de mettre en évidence l'existence d'un seuil pour les effets aléatoires, qui sont donc considérés comme « **sans seuil** ».

Un défaut de signalisation à l'origine d'une exposition accidentelle



Sur un chantier, nous avons réalisé une opération de contrôle d'une canalisation à l'aide d'un appareil de radiographie industrielle. La zone d'opération n'avait pas été balisée convenablement au préalable. Un chargé de maintenance, devant intervenir à proximité de cette zone, s'est retrouvé à quelques mètres de l'appareil qui était en fonctionnement. Il a donc été exposé de façon accidentelle. Ne faisant pas l'objet d'une surveillance dosimétrique, son exposition a donné lieu à une estimation par le conseiller en radioprotection de l'entreprise de radiographie industrielle.

Sylvie D., 40 ans, employeur



Qui est concerné par les risques liés aux rayonnements ionisants ?

Secteurs ou activités concernés

Les principaux secteurs d'activité utilisant des rayonnements ionisants sont :

- le secteur médical (radiodiagnostic, médecine nucléaire, radiothérapie...) et vétérinaire,
- l'industrie nucléaire (extraction, fabrication et retraitement du combustible, production d'électricité, stockage et traitement des déchets...),
- presque tous les secteurs industriels (contrôle de soudure par radiographie, utilisation de jauges et traceurs, stérilisation par irradiation, conservation des aliments, chimie sous rayonnement, contrôle des bagages dans les aéroports...),
- le transport de matières radioactives,
- certains laboratoires de recherche et d'analyse.

Les activités impliquant des matières contenant des substances radioactives d'origine naturelle sont aussi concernées par la prévention des risques liés aux rayonnements ionisants : traitement de terres rares, production d'engrais phosphatés, production pétrolière, industrie des céramiques réfractaires...

Les personnels navigants (transport aérien et spatial) sont également exposés aux rayonnements cosmiques.

L'évaluation des risques liés au **radon** s'impose dans les lieux de travail situés en sous-sol ou en rez-de-chaussée de bâtiments, quel que soit le secteur d'activité. Sont aussi concernés les lieux dits spécifiques comme ceux en milieu souterrain, les grottes, les caves agricoles...

Personnes concernées

L'**employeur** est concerné en tant que responsable de la santé et de la sécurité des travailleurs. Les risques liés aux rayonnements ionisants doivent faire l'objet d'une évaluation dont les résultats sont intégrés dans le document unique. Selon les conclusions de l'évaluation des risques, une organisation appropriée de la radioprotection doit être mise en place. Elle repose notamment sur la désignation d'un conseiller en radioprotection.

Le **conseiller en radioprotection** assiste l'employeur dans la mise en œuvre de la prévention : analyse des risques, mise en œuvre des mesures et moyens de prévention des risques dus aux rayonnements ionisants. Il exerce ses missions en lien avec le salarié compétent en prévention des risques professionnels. Il travaille en collaboration avec les services de prévention et de santé au travail, notamment pour la mise en œuvre de la surveillance dosimétrique individuelle des travailleurs.

Ce conseiller peut être une personne physique salariée de l'établissement. Il est alors dénommé personne compétente en radioprotection (PCR). Il peut également être une personne morale certifiée en tant qu'organisme compétent en radioprotection (OCR).

Les **travailleurs** amenés à évoluer à proximité d'une source ou dans une zone délimitée au titre de la radioprotection doivent être informés, voire formés (en fonction des résultats de l'évaluation des risques).

Dans le cas d'intervention **d'entreprises extérieures**, une coordination des mesures de prévention doit être mise en place entre le responsable de l'entreprise utilisatrice et celui de l'entreprise extérieure. Ces mesures sont formalisées dans un **plan de prévention** écrit, quelle que soit la durée de l'intervention.

Une vérification qui porte ses fruits

Je travaille dans le secteur médical, pour un cabinet de radiologie. Je dois réaliser des vérifications périodiques au moins une fois par an. Lors de la dernière vérification, j'ai décelé un niveau anormal de rayonnements derrière la partie basse d'un paravent plombé. Le manipulateur radio m'a signalé qu'il y avait eu quelques semaines auparavant un choc entre un brancard et le paravent. Sur mes conseils, l'employeur a fait mettre une plaque de plomb sur la zone abîmée du paravent. L'efficacité de cette réparation a été confirmée lors de nouvelles mesures.

Romain B., 36 ans, conseiller en radioprotection

Quelles mesures de prévention et de protection mettre en place ?

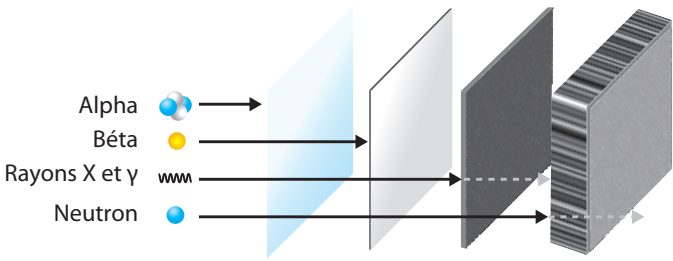
La démarche de prévention des risques liés aux rayonnements ionisants repose sur les **principes généraux de prévention** et les **principes fondateurs de la radioprotection** (justification, optimisation et limitation). L'employeur doit prendre des mesures visant à supprimer ou à réduire au niveau le plus bas possible les risques résultant de l'exposition aux rayonnements ionisants.

La prévention doit être intégrée le plus en amont possible, dès la conception des lieux de travail, en incluant des mesures d'organisation du travail, d'information et de formation.

Principes de prévention appliqués à la radioprotection

- Évaluer les risques, en identifiant et en caractérisant les sources d'exposition, les situations de travail à risque d'exposition et les modalités d'exposition.
- Mettre en œuvre d'autres procédés ou équipements de travail n'exposant pas les travailleurs ou entraînant une exposition moindre.
- Mettre en œuvre des moyens techniques visant à réduire à la source l'émission de rayonnements ionisants.
- Mettre en place des écrans de protection adaptés à la nature et à l'intensité du rayonnement (voir illustration page suivante).
- Privilégier la mise en place de mesures de protection collective et, en dernier ressort, recourir à des équipements de protection individuelle.

Écrans de protection contre l'exposition externe aux rayonnements ionisants



Rayonnement	Principe de protection	Écrans (matériaux)
α	Absorption totale	Mince : Al, Cu
β	Absorption totale	Z faible : plexiglass, verre
X et γ	Atténuation	Z élevé : Pb, Fe
Neutron	Ralentissement Atténuation	Ralentissement : eau, paraffine Atténuation : bore, cadmium

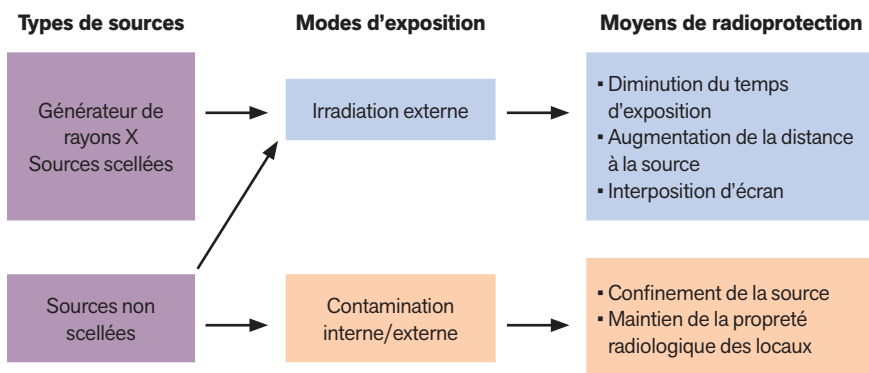
Mesures d'organisation

- Choix d'une organisation du travail visant à réduire la durée et l'intensité des expositions, notamment au moyen du contrôle des accès aux zones délimitées.
- Signalisation des sources d'émission.
- Identification et délimitation des zones à risque d'exposition (signalisation, mise en place de conditions d'accès...).
- Mise en place de règles spécifiques pour l'utilisation d'appareils mobiles ou portables émetteurs de rayonnements ionisants (délimitation d'une « zone d'opération »).
- Pour l'utilisation de sources non scellées :
 - utilisation dans un local spécifique et adapté en termes d'enceintes de stockage ou de manipulation, de ventilation, de nature de surface...
 - contrôle de la contamination des locaux, du matériel utilisé, des vêtements et des mains après chaque manipulation.
- Maintenance des équipements de travail.
- Vérification de l'efficacité des moyens de prévention portant à la fois sur les sources et appareils émetteurs de rayonnements ionisants, sur les dispositifs d'alarme, les instruments de radioprotection et les locaux de travail.

Mesures à destination des travailleurs

- Évaluation individuelle de l'exposition.
- Classement des travailleurs en fonction des résultats de l'évaluation individuelle.
- Mise en place d'un suivi individuel renforcé de l'état de santé et d'une surveillance dosimétrique individuelle des travailleurs exposés.
- Vérification du respect des valeurs limites d'exposition professionnelle.
- Établissement et affichage des consignes de travail adaptées et de la conduite à tenir en cas d'accident du travail, radiologique ou non.
- Information et formation des travailleurs sur les risques et les moyens mis en œuvre pour s'en protéger.

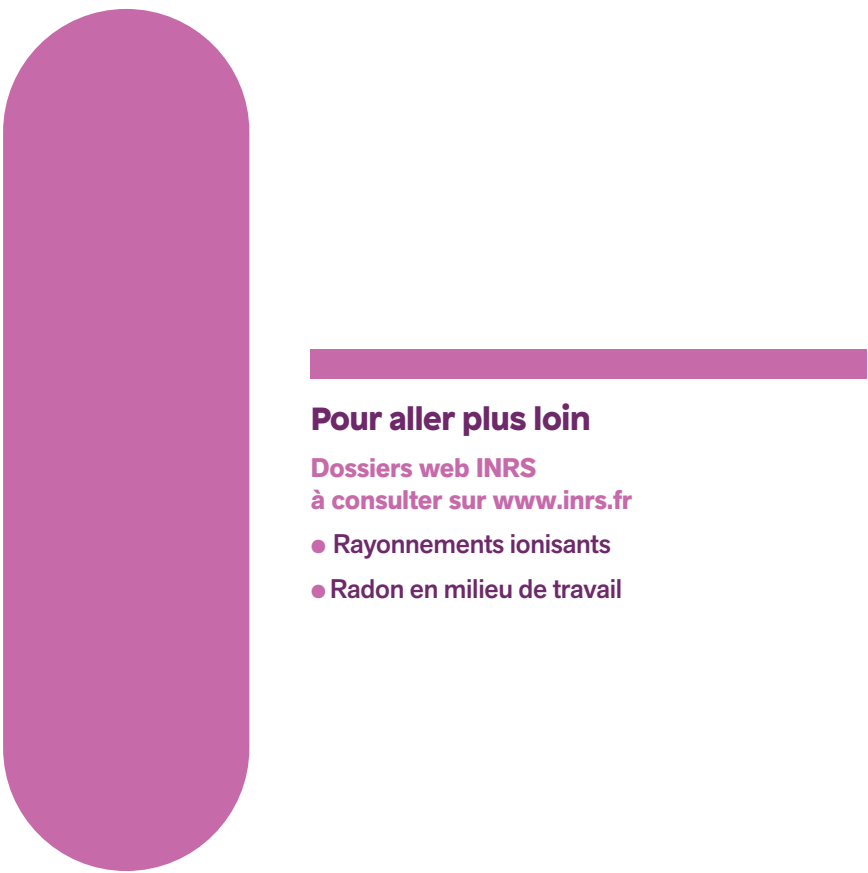
Stratégie générale de prévention selon le type de sources et le mode d'exposition



Une contamination révélatrice d'un problème de ventilation

Je gère un laboratoire de recherche dans le secteur pharmaceutique. Il y a un an, nous avons constaté la contamination d'une surface de travail par des substances radioactives. Nous avons donc recherché la présence de substances radioactives sur d'autres espaces de travail et dans l'air du local, pour vérifier si la contamination était limitée à la surface de travail où elle a été initialement mise en évidence. L'air du local ayant été identifié comme contaminé, nous avons cherché la présence de substances radioactives dans l'air des locaux attenants. En effet, le conseiller en radioprotection souhaitait s'assurer du bon fonctionnement de la ventilation, conçue pour éviter la dispersion des substances dans les locaux adjacents. Or, une contamination a également été mise en évidence dans ces autres locaux. Depuis, le système de ventilation a été remis en conformité et nous avons décidé d'augmenter la fréquence des vérifications à deux fois par an. Nous avons également adressé l'ensemble du personnel travaillant dans ces locaux au service de prévention et de santé au travail pour que le médecin du travail décide des examens à faire suite à ce dysfonctionnement.

Leila M., 45 ans, responsable de laboratoire



Pour aller plus loin

Dossiers web INRS
à consulter sur www.inrs.fr

- Rayonnements ionisants
- Radon en milieu de travail

Les rayonnements ionisants sont utilisés dans de nombreux secteurs d'activité : secteur médical et vétérinaire, industrie nucléaire, contrôle non destructif, recherche... Ils peuvent également donner lieu à des expositions d'origine naturelle (radon dans les bâtiments et les lieux souterrains, rayonnements cosmiques chez le personnel navigant...). La prévention des risques repose sur les principes généraux de prévention et les principes fondateurs de la radioprotection.

L'objectif de cette collection est de vous donner les clefs pour comprendre ce risque et construire une démarche de prévention des risques professionnels.



Institut national de recherche et de sécurité
pour la prévention des accidents du travail
et des maladies professionnelles
65, boulevard Richard-Lenoir 75011 Paris
Tél. 01 40 44 30 00 • info@inrs.fr

Édition INRS ED 6537

1^{re} édition (2024) révisée en février 2025 | 3 000 ex. |
ISBN 978-2-7389-2912-9

L'INRS est financé par la Sécurité sociale
Assurance maladie / Risques professionnels

www.inrs.fr

