



MARC AMMERICH

La radioactivité sous surveillance et autres notions en radioprotection



La radioactivité sous surveillance

ET AUTRES NOTIONS EN RADIOPROTECTION

Marc Ammerich

Illustrations de Thomas Haessig



17, avenue du Hoggar – P.A. de Courtabœuf
BP 112, 91944 Les Ulis Cedex A

Illustrations de couverture : Thomas Haessig
Mise en pages : Patrick Leleux PAO

Imprimé en France
ISBN : 978-2-7598-0788-8

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés, réservés pour tous pays. La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les «-copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective-», et d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (alinéa 1^{er} de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du code pénal.

© EDP Sciences, 2013

SOMMAIRE

<i>Préface</i> par Hervé Bernard	4
<i>Avant-propos</i>	6
1. La radioactivité : « une maladie des atomes »	7
2. Les définitions, les grandeurs et les unités en radioprotection : « pourquoi autant de notions ? »	16
3. Les effets des rayonnements sur l'être humain : « est-ce que ça fait mal docteur ? »	28
4. La détection des rayonnements : « heureusement on peut facilement mesurer la radioactivité »	41
5. L'histoire de la radioprotection : « l'émergence d'une discipline scientifique »	55
6. La radioprotection : « protéger les travailleurs, le public et l'environnement »	65
7. Protection contre l'exposition externe : « la source de rayonnement est à l'extérieur des personnes »	78
8. Protection contre la contamination : « la source de rayonnements est sur vous ou à l'intérieur » ...	87
9. Notions sur la réglementation : « on ne fait pas ce qu'on veut avec les produits radioactifs »...	99
10. Les sources naturelles de rayonnements qui nous entourent : « ah ! c'est radioactif ? »	119
11. Les premières sources artificielles de rayonnements : les années folles du radium	129
12. Les sources artificielles d'origine médicale	139
13. Les sources radioactives industrielles	149
14. Les sources radioactives d'origine nucléaire	162
15. Les déchets radioactifs : « que fait-on des objets radioactifs quand ça ne sert plus ? »	168
D'autres sources d'informations	175
Crédits photos	176

PRÉFACE

La radioactivité est partout. Elle est naturelle parfois artificielle. Elle existe depuis la nuit des temps et nous survivra à coup sûr ! Faut-il la craindre, s'en protéger, l'utiliser ? Marc Ammerich, l'auteur de ce livre, propose de la mettre sous surveillance et il a de très bons arguments.

Autant de questions cependant pour lesquelles chacun d'entre nous a sa propre réponse, intuitive très souvent voire trop souvent. Mais comment se faire sa propre opinion ? Se baser sur les faits divers, les incidents, les accidents parfois dramatiques comme à Epinal ou Forbach en risquant d'oublier les traitements salvateurs, les guérisons réellement constatées. Comment alors peser sur la balance de la vie les avantages et les risques inhérents à l'exposition aux rayonnements ? Pour cela, il faut mieux connaître la chose et la radioactivité ne se laisse pas facilement approcher. Prenons l'exemple des unités. Dans tout domaine d'activité humaine, les unités permettent d'apprécier, certes la quantité mais aussi les avantages et les risques liés aux chiffres considérés.

Ainsi, quand un chiffre est grand, prenons 10 000 par exemple, l'enjeu paraît instinctivement important. 10 000 mètres à parcourir pour un promeneur est conséquent, 10 000 Becquerel

(l'unité qui mesure l'activité radioactive) serait donc une valeur importante, voire à risque ? Point du tout, c'est l'activité naturelle d'un corps humain, qui plus est en très bonne santé ! Dans cet exemple, le Becquerel, s'apparente plus au centimètre vu du promeneur (10 000 cm ou 100 m à parcourir).

À l'inverse, quand un chiffre est petit, prenons 1 dans cet autre exemple, l'enjeu paraît faible. 1 Sievert (l'unité qui mesure la dose radioactive que le corps a absorbé) est équivalent à demander à un vacancier assoiffé de boire 1 mètre cube d'eau soit 1000 litres, alors que le millième lui suffirait à coup sûr.

Au travers de ces deux exemples simples, on voit naître une réelle difficulté de compréhension et de jugement.

Le livre que vous avez entre les mains va vous éclairer de manière simple, ludique souvent, avec en bonus les anecdotes connues ou vécues par l'auteur. Le langage courant employé traduit la volonté d'expliquer simplement des éléments parfois compliqués même pour les professionnels. Je suis sûr que vous prendrez plaisir à lire ce livre, à le feuilleter, lire les encadrés comme j'ai pu moi-même le faire.

Hervé BERNARD

Président de la Société française de radioprotection

AVANT-PROPOS

La radioactivité nous entoure en permanence. Vous allez voir qu'il existe des méthodes et des moyens pour se protéger dans rayonnements en dehors de ce qui est naturel et auquel nous ne pouvons rien.

La radioprotection est aujourd'hui un métier à part entière qui ne connaît pas la crise. Elle s'est développée dans le domaine nucléaire mais également médical et industriel.

Dans le futur, le démantèlement des installations nucléaires va garantir aux professionnels du domaine de longues années de travail.

Dans cet ouvrage, j'ai tenté de mettre le moins de formules mathématiques possible en essayant quand même de rester au plus proche de la réalité.

Beaucoup dans notre métier sont intimement persuadés que ce que nous faisons est très technique et que, de ce fait, nous devons le présenter de la manière la plus précise possible, quitte à laisser en route la majorité des gens auxquels nous nous adressons.

Technique ne veut pas dire obligatoirement rébarbatif, voire sinistre. C'est souvent l'impression que j'en retire quand j'entends des professionnels parler de leur domaine.

Et je reprendrai ce que disait récemment le mathématicien Cédric Villani lors d'un colloque qui avait pour titre « des clowns et des sciences » :

« Si vous voulez faire passer votre message scientifique, parlez au cœur plutôt qu'à la tête ».

J'espère y réussir...

1. LA RADIOACTIVITÉ : « UNE MALADIE DES ATOMES »

Certains atomes sont atteints d'une maladie qui affecte leur partie centrale appelée le noyau et constituée de **neutrons** et de **protons**.

Ce phénomène est appelé « **la radioactivité** » par les physiciens.



L'uranium est présent dans la nature (ainsi que neuf autres éléments chimiques). On peut donc dire : la radioactivité c'est naturel !

LA DÉCOUVERTE DE LA RADIOACTIVITÉ

Henri Becquerel (cf. figure 1) a été le premier à découvrir la radioactivité en 1896 en analysant l'élément chimique uranium. Pierre et Marie Curie (cf. figure 2) l'ont ensuite baptisée en 1898. Il faut noter que la fin du XIX^e et le début du XX^e siècle ont marqué une période riche en découvertes dans le domaine de la radioactivité.



Figure 1 | Pierre (1859-1906) et Marie (1867-1934) Curie.

Figure 2 | Henri Becquerel (1852-1908).

LA DÉSINTÉGRATION

Dans le cas général de la maladie « radioactivité », on constate que les atomes sont en fait en déséquilibre. Ils ont trop de protons ou trop de neutrons, ou trop des deux.

Cette maladie oblige les atomes à se transformer. On observe même un changement d'élément chimique. Au Moyen Âge, on cherchait à transformer le plomb en or (on a réussi mais à des coûts exorbitants, plus cher que le métal lui-même) ; et bien, la nature sait faire ces changements !

C'est ce que l'on désigne sous le terme : « **désintégration** ».

LES RAYONNEMENTS

Cette maladie fait que nos atomes toussent. « Mais ils toussent quoi alors ? » allez-vous demander.

Prenons le cas de l'uranium. Dans la majorité des cas, il possède 92 protons et 146 neutrons autant dire tout de suite qu'il est en surpoids !

Pour être tout à fait complet, cet atome possède aussi 92 **électrons**, désignés comme le cortège électronique, tournant autour du noyau (cf. figure 3).

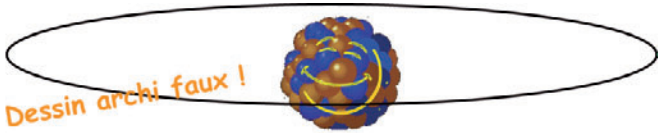


Figure 3 | Représentation fautive de la position des électrons autour du noyau dans un atome.

La réalité est bien plus complexe et la physique quantique a été nécessaire pour expliquer une partie de cette réalité.

À titre de comparaison, l'électron est 2000 fois plus petit que le neutron ou le proton.

Si on arrivait à grossir le noyau jusqu'à la taille d'un ballon de football posé au milieu du terrain, le premier électron serait une petite bille posée dans les gradins. La nature est pleine de vide !

Mais les forces de cohésion de la matière sont tellement fortes, qu'il nous est impossible de jouer au passe muraille.

Si l'on compare ces « **particules** » d'un point de vue électrique, le proton possède une charge positive, l'électron une charge négative (les pôles + et - d'une pile), le neutron étant neutre comme son nom l'indique.

Revenons à l'observation de la maladie. Cela débute par une brusque convulsion interne suivie par une toux de divers produits issus du noyau.

Dans ces produits, qui sont les constituants de la radioactivité, on peut trouver :

- les particules « **alpha** » [α], constituées chacune de deux protons et de deux neutrons ;
- les particules « **bêta** » [β], qui sont des électrons (formés dans le noyau par la transformation d'un neutron en proton) ;
- les rayons « **gamma** » [γ], qui sont l'équivalent des rayons **X** mais généralement plus puissants en énergie.



Figure 4 | Wilhelm Röntgen (1845-1923).

Les rayons X (découverts par Wilhelm Röntgen (cf. figure 4) en 1895) et gamma appartiennent à la grande famille des rayonnements électromagnétiques (comme les ultraviolets, la lumière visible, les infrarouges, les micro-ondes, ...).

L'expulsion d'une particule α (deux protons et deux neutrons) fait perdre quatre unités de poids à l'atome malade et le fait rétrograder de deux numéros atomiques dans le tableau de classement des atomes. Ce tableau est issu du tableau périodique des éléments de Mendeleïev.

Ce tableau de classement compte aujourd'hui presque 3 000 cases.

LE TABLEAU PÉRIODIQUE

Le russe Dimitri Mendeleïev a été le premier à proposer en 1869 le modèle de tableau que nous utilisons aujourd'hui. Il avait remarqué qu'en disposant (à quelques interversions près) les atomes par poids croissant, on voyait apparaître une périodicité rigoureuse dans l'ordre de placement.

La perte d'une particule β (un électron produit par la transformation d'un neutron en un proton) ne cause aucune diminution sensible de poids mais un des neutrons se transforme en un proton. L'atome malade se transforme et progresse d'une place dans le tableau de classement des atomes.

Cette perte de particules α et β s'accompagne d'une forte fièvre qui provoque le dégagement de chaleur, de rayons X et aussi de rayons gamma plus énergétiques.

Dans le cas de l'uranium, il faudra 14 transformations avant qu'il n'atteigne un état de stabilité et ne soit plus malade. La phase finale aboutit à un atome de la famille Plomb qui possède 82 protons et 124 neutrons et qu'on appelle le plomb-206 (82 + 124). Cet atome est immunisé contre la maladie : il est stable et n'évoluera plus au cours du temps.

En résumé : la maladie provoque pour l'uranium-238, la perte successive de huit particules α et six particules β avec des périodes intermédiaires, pendant lesquelles il emprunte provisoirement l'identité d'autres éléments, avant d'aboutir à un état stable de plomb-206.

Cette maladie touche de nombreux atomes : près de 2500 atomes, dont la plupart ont été fabriqués par l'homme, sont radioactifs. Il est également important de noter que tous les rayonnements sont énergétiques.

Prenons d'autres exemples :

Le césium-137 (bien connu maintenant du grand public après Tchernobyl et Fukushima puisque c'est ce que l'on appelle un produit de fission) possède 55 protons et 82 neutrons. Il a un excès de neutrons. Pour revenir à un état stable, il va émettre un électron (particule β). La transformation aboutit à un atome de baryum-137 qui est stable.

Le fluor-18 utilisé dans le domaine médical, possède neuf protons et neuf neutrons. Pour revenir à un état stable, il va émettre un électron un peu particulier qu'on nomme positon, un électron chargé positivement (c'est en fait de l'antimatière). La transformation aboutit à un atome d'oxygène-18 qui est stable.

« Mais dans quel but a-t-on fabriqué ces atomes radioactifs ? » pourriez-vous me dire. Nous allons essayer d'en voir quelques illustrations au travers de ce livre.

HISTOIRE

Le polonium, premier élément découvert par Pierre et Marie Curie en 1898, est un élément hautement radioactif et toxique. Même pour de faibles quantités (quelques microgrammes), la manipulation du polonium-210 est très dangereuse et nécessite un équipement spécial et des procédures strictes. Absorbé par les tissus, il provoque des dommages directs par émission de particules alpha. L'absorption de 1 à 10 microgrammes est suffisante pour provoquer la mort. Certains services secrets l'ont utilisé pour se « débarrasser » de personnes. C'est le cas d'Alexandre Litvinenko et, peut-être, de Yasser Arafat.

L'ACTIVITÉ

Le nombre de transformations par seconde caractérise la grandeur que l'on appelle **activité** (que l'on note A). À cette

grandeur est attachée une unité comme le mètre à la longueur ou le volt à la tension électrique.

L'unité choisie est le **becquerel** (en hommage à Henri Becquerel). On l'écrit sous forme symbolique **Bq**.

Un becquerel est égal à une désintégration par seconde.

Autant dire que c'est une unité toute petite. On est obligé d'utiliser les multiples, comme le kilo (mille fois plus), le méga (un million de fois plus) et le giga (un milliard de fois plus) pour rendre compte de la radioactivité.

LA DÉCROISSANCE RADIOACTIVE

La radioactivité évolue dans le temps. Il n'est pas possible de prévoir cette évolution pour un atome isolé. En revanche, on peut suivre le comportement de plusieurs atomes radioactifs en faisant des comptages. Nous verrons cela dans le chapitre concernant la mesure. C'est ce que l'on nomme la **décroissance radioactive** et elle se produit d'une manière aléatoire au sein de cette communauté.

C'est comme au loto ! Il y a des atomes qui gagnent (ils se transforment) et d'autres non et on ne sait pas lequel dans une population « gagnera ».

LA PÉRIODE

On appelle **période** (que l'on note T) le temps nécessaire à la disparition de la moitié des individus d'une communauté donnée (les professeurs au lycée parlent parfois de demi-vie). À titre d'exemple et pour une quantité donnée :

- la moitié des atomes d'uranium-238 disparaît au bout de 4,5 milliards d'années ;
- la moitié des atomes d'uranium-235 disparaît au bout de 710 millions d'années ;
- la moitié des atomes de césium-137 disparaît au bout de 30 ans ;

- la moitié des atomes de fluor-18 disparaît au bout de 110 minutes.

À chaque produit radioactif sa période !

Si aujourd'hui, il n'y a que 0,7 % d'uranium-235 dans l'uranium naturel, cette proportion était de 14 % lors de la formation du système solaire, il y a 4,6 milliards d'années !

On a vainement essayé d'enrayer le processus de décroissance radioactive (cf. figure 5) mais toutes les études qui ont été faites, arrivent à la conclusion qu'il n'est possible ni de ralentir, ni d'accélérer cette évolution.

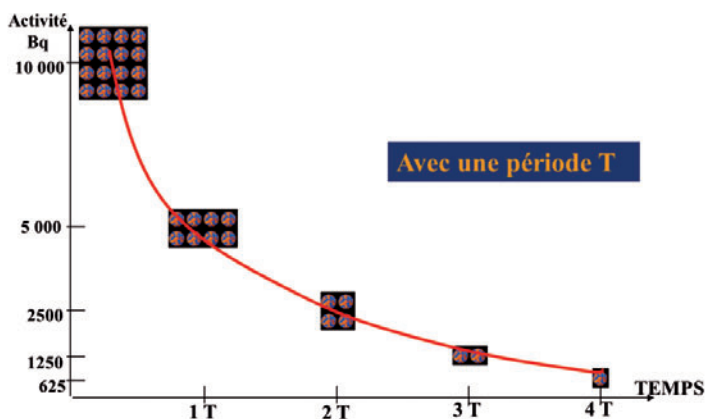


Figure 5 | Courbe de décroissance radioactive de l'activité en fonction du temps.

LA RELATION ACTIVITÉ-PÉRIODE-MASSE

Il existe bien entendu une relation entre l'activité et la période, et également une relation entre l'activité, la période et la masse d'un produit radioactif.

Toujours à titre d'exemple, le tableau 1 donne le radioélément et la masse m qu'il faudra pour avoir une même activité par exemple, de 37 milliards de becquerels (37 gigabecquerels que l'on note 37 GBq).

Tableau 1. Radioélément et masse associée pour avoir une activité de 37 GBq.

Radioélément	Période T	masse m
Sodium-24	15 heures	0,11 µg
Iode-131	8 jours	8 mg
Cobalt-60	5,3 ans	0,9 mg
Uranium-238	4,5 milliards d'années	3 tonnes

(µg = microgramme le millionième du gramme)

Le fait qu'une quantité radioactive soit dangereuse, dépend de la nature des particules que l'atome émet et de sa période.

Attention ! Ce n'est pas parce qu'un atome radioactif a une période courte qu'il n'est pas dangereux. Dans ce cas, une quantité très faible en masse suffit pour générer une forte activité.

De même, ce n'est pas parce que vous aurez attendu un grand nombre de périodes (on entend souvent le nombre de dix périodes) que le produit sera inoffensif. Cela dépend de l'activité de départ.

CE QUE L'ON PEUT RETENIR

- L'instabilité de certains atomes, du fait d'un trop grand nombre de protons ou de neutrons, les oblige à se transformer. Ce phénomène a été baptisé par Pierre et Marie Curie : la radioactivité.
- Leur transformation (*désintégration*) s'accompagne de l'émission de différents rayonnements : alpha, bêta, gamma.
- L'*activité* est la grandeur qui traduit ces transformations. Son unité est le *becquerel* (Bq). 1 Bq = 1 désintégration par seconde.
- La *période* est le temps nécessaire pour que l'activité d'un produit radioactif soit divisée par deux. Chaque élément radioactif possède sa propre période. Au bout de dix périodes, il reste le millième de l'activité de départ.
- L'activité, la période et la masse sont liées.

2. LES DÉFINITIONS, LES GRANDEURS ET LES UNITÉS EN RADIOPROTECTION : « POURQUOI AUTANT DE NOTIONS ? »

La radioprotection désigne l'ensemble des mesures prises pour assurer la protection de l'homme et de son environnement contre les effets néfastes des rayonnements ionisants (alpha, bêta, gamma et X).

L'EXPOSITION

Comme son nom l'indique, un rayonnement ionisant produit des ionisations dans la matière qu'il traverse : un ion est un atome qui perd ou gagne un électron dans son cortège électronique.

Tout individu soumis à l'action des rayonnements ionisants est dit exposé. Ce que l'on définit comme l'**exposition**.

L'IRRADIATION

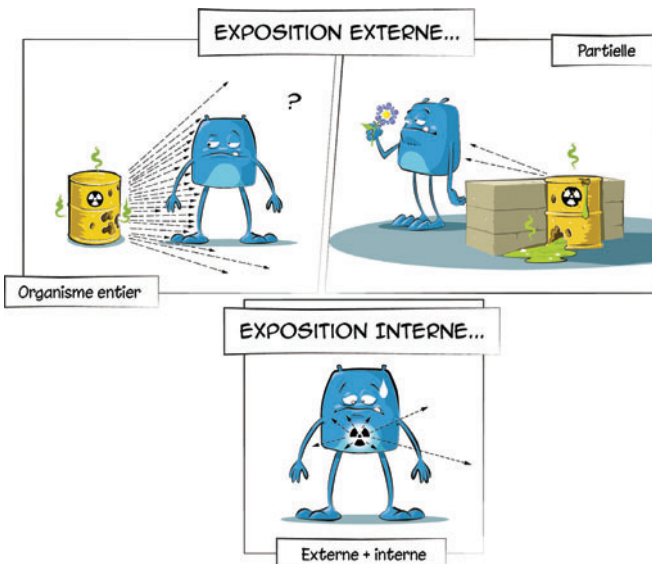
Si les sources d'émission des rayonnements sont situées à l'extérieur de l'organisme, l'exposition est externe. On définit aussi cette exposition sous le vocable « **irradiation** ».

Si la source d'émission des rayonnements est située à l'intérieur de l'organisme, on parle alors d'exposition interne.

L'exposition du corps entier (considérée comme homogène) est ce que l'on appelle une exposition globale par opposition à l'exposition partielle, relative à une partie du corps (exemple une radiographie du poignet quand vous avez une fracture), ou à un ou plusieurs organes ou tissus. La somme des expositions interne et externe constitue l'exposition totale. Globale et totale déjà une différence !

ANECDOTE

Étant en poste à l'ASN, je reçois un appel téléphonique d'une personne qui rachetait le cabinet d'un dentiste pour en faire sa résidence principale. Au détour de la conversation cette personne me demande : « Combien y a-t-il de rayons X encore dans les murs ? » Si vous avez bien lu, vous pouvez répondre : aucun ! Il s'agit d'une source de rayonnements externe qui cesse dès l'arrêt de l'appareil. Les rayons dissipent alors leur énergie dans les murs en disparaissant par des effets bien connus (effet photoélectrique et effet Compton) sans les rendre radioactifs pour autant.



L'irradiation (ou exposition externe) à distance n'existe que pendant le temps où vous êtes en présence d'une source de rayonnements qui se trouve à l'extérieur du corps. Elle peut se maîtriser. Nous verrons également l'influence du temps, de la distance et des écrans sur l'irradiation.

Une personne exposée à une source externe de rayonnements (comme une radiographie) ne sera jamais porteuse de la moindre trace de radioactivité.

LA CONTAMINATION

La **contamination radioactive** est souvent définie comme étant « la présence indésirable de substances radioactives à la surface ou à l'intérieur d'un milieu quelconque, y compris le corps humain ».

Une contamination est nécessairement le résultat de la dispersion d'une substance radioactive, suite à la manipulation de produits facilement dispersables ou d'une manipulation sans précaution, de sources sous forme liquide ou gazeuse par exemple, ou suite à la destruction accidentelle de l'enveloppe de confinement d'une source scellée (enveloppe en principe étanche).

La dissémination d'une partie de la source peut créer une contamination de l'environnement dite surfacique et/ou atmosphérique selon la nature et la forme physicochimique de la substance radioactive.

La contamination des individus ou contamination corporelle peut être externe ou interne (cf. figure 1), selon que la substance radioactive disséminée est déposée sur la peau ou s'est introduite à l'intérieur de l'organisme par inhalation, ingestion ou migration à travers la peau (lésée ou non) (cf. figure 2).

Une contamination externe engendre une exposition externe, une contamination interne, une exposition interne.

La contamination corporelle externe provoque presque toujours une exposition intense de la peau et des tissus sous-jacents, permanente (24 heures sur 24) jusqu'à ce qu'elle soit découverte et éliminée.

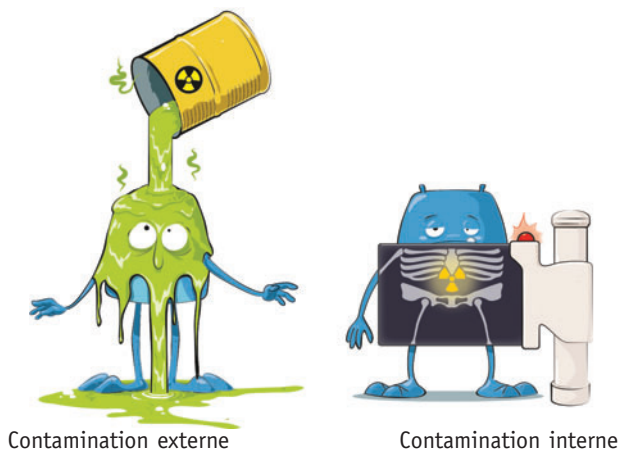


Figure 1 | Les différentes contaminations corporelles.

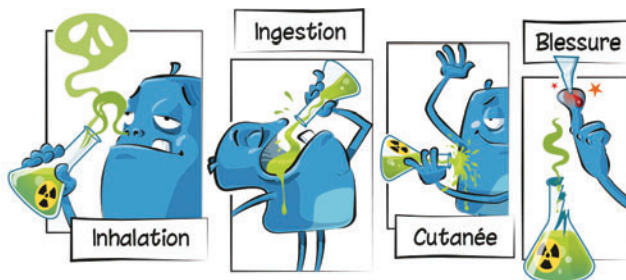


Figure 2 | Voies de pénétration de la contamination.

La contamination interne déclenche une exposition permanente des tissus et organes et sa diminution progressive grâce à la fois à la décroissance radioactive et à l'élimination biologique (période effective), peut dans certains cas être négligeable à l'échelle de temps d'une vie humaine.

Les contaminations superficielles ou corporelles peu fixées sur des supports, sont aisément décontaminables mais se propagent facilement ; en revanche, les contaminations fixées sont peu transférables mais beaucoup plus difficiles à éliminer.

L'ANDRA a défini des catégories avec des spécifications bien précises. La brochure « Guide d'enlèvement des déchets radioactifs », disponible sur son site Internet, donne de nombreuses informations.

Il faut insister sur le fait que la bonne gestion des déchets radioactifs doit être prévu et s'effectuer dès leur production, c'est-à-dire au niveau d'une installation ou d'un laboratoire.

CE QUE L'ON PEUT RETENIR

- *Créée en novembre 1979, l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs, l'ANDRA est chargée de la collecte et la gestion des déchets radioactifs.*
- *Hormis les missions et le statut de l'ANDRA, la loi définit un certain nombre de positions pour la protection de la nature, de l'environnement et du public, maintenant et pour le futur.*
- *L'ANDRA gère aujourd'hui les centres de stockage existants et mène des recherches pour l'implantation de nouveaux sites (en particulier le stockage longue durée).*
- *Dans une installation nucléaire, tout ce qui rentre en zone à risques de dispersion de produits radioactifs, est systématiquement considéré comme déchet radioactif et éliminé dans la filière faible ou très faible activité.*
- *Actuellement, les déchets à vie longue (période radioactive supérieure à 30 ans) et les déchets de haute activité n'ont pas de filière d'évacuation.*
- *Les déchets non produits par l'industrie nucléaire comme ceux du domaine médical ou celui de la recherche, ont leur propre filière d'élimination. Les déchets dont la période radioactive du contaminant est courte (inférieure à 100 jours), retourneront dans le domaine public après décroissance radioactive.*

D'AUTRES SOURCES D'INFORMATIONS : « POUR ALLER PLUS LOIN DANS LA CONNAISSANCE »

Elles sont très variées et là encore il est impossible de donner une liste exhaustive de tout ce qui existe.

Avec le mot « radioprotection », les moteurs de recherche sur Internet proposent l'accès aux sites suivants :

Les institutions

L'Autorité de sûreté nucléaire : www.asn.fr

L'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire : www.irsn.fr

L'Institut national de recherche en sécurité : www.inrs.fr

Les associations professionnelles

La Société française de radioprotection : www.sfrp.asso.fr

La radioactivité.com : www.laradioactivite.com

Radioprotection Cirkus : www.rpcirkus.org (dont je suis un des fondateurs)

L'ensemble des sites des exploitants nucléaires

ANDRA : www.andra.fr

AREVA : www.areva.com

CEA : www.cea.fr

EDF : www.edf.fr

Ces sites proposent eux-mêmes des liens qui donnent accès à bien d'autres sources d'informations.

On peut aussi consulter des sites d'associations comme la CRIIRAD ou « Robin des bois » ou encore des sites de vulgarisation scientifique comme celui des « atomes crochus ».

Ensuite, si vous êtes encore attaché au papier et aimez feuilleter des livres, les ouvrages de la collection « Personnes compétentes en radioprotection » édités chez EDP Sciences – d'un niveau supérieur – vous permettront de parfaire vos connaissances (www.edition-sciences.com/personne-competente-en-radioprotection.htm).

Le site rpcirkus.org vous conseillera notamment quelques ouvrages, images, vidéos sur le monde de la radioprotection. Nous avons un forum technique de discussions pour poser des questions.