

Les radionucléides dans l'environnement

Fiche info

La radioactivité est un phénomène naturel. Elle se manifeste lorsque des atomes instables, les isotopes radioactifs, cherchent à revenir à un état stable en émettant de l'énergie sous la forme de radiations (désintégration radioactive). La quantité d'énergie émise et la nature du rayonnement varient fortement d'un élément radioactif à un autre. Les substances hautement radioactives comme le césium 137 se désintègrent très rapidement, de nombreuses fois par seconde, et présentent donc une demi-vie assez courte. D'autres isotopes, comme d'uranium 235 ou l'uranium 238, ne manifestent que quelques désintégrations par seconde et se caractérisent par une demi-vie de plusieurs millions d'années. Le champ d'utilisation des radionucléides est extrêmement vaste : suivant leurs propriétés, il peut aller de l'imagerie médicale et du traçage des phénomènes géologiques et biologiques à l'élaboration d'armes de destruction massive.

Les sources de radioactivité dans l'environnement

Chaque matrice environnementale, que ce soit l'eau, l'air, les sols, les roches ou les milieux vivants, présente une certaine radioactivité naturelle. Ce « bruit de fond » provient de radionucléides à longue durée de vie apparus lors de la formation de la Terre, de leurs descendants et du rayonnement cosmique. Le corps humain renferme lui aussi un certain nombre de radioéléments naturels comme le potassium 40. Nous sommes d'autre part exposés à des radiations émises par certains produits de consommation, comme les téléviseurs, certains détecteurs de fumée ou les peintures phosphorescentes radioactives. La principale source d'irradiation de la population humaine est le radon, un gaz qui se forme dans les roches et le sol suite à la désintégration naturelle de l'uranium. Selon l'Organisation mondiale de la santé, la présence de radon sur le lieu de travail et dans les pièces d'habitation représenterait l'un des principaux risques d'exposition de la population aux rayonnements ionisants et serait responsable de la mort par le cancer du poumon de dizaines de milliers de personnes par an. Dans les pays industrialisés, la quantité de radiations reçues dans le cadre médical peut être supérieure à la radio-exposition due au radon. Pourtant, l'opinion publique et les médias se focalisent principalement sur les risques dus aux émissions involontaires de radionucléides artificiellement créés par l'homme.

Devenir dans l'environnement

Les propriétés des éléments radioactifs varient en fonction de leur source et de leurs conditions d'émission. Les accidents nucléaires majeurs comme ceux de Tchernobyl ou de Fukushima Daiichi causent la dissémination de particules radioactives de composition, de taille, de forme et de structure très variées. Les fragments et les particules de grande taille se déposent à proximité du lieu d'émission tandis que les éléments de plus petite taille peuvent être transportés sur de longues distances dans l'atmosphère. Les colloïdes et nanoparticules mobiles peuvent également transiter longuement dans le milieu aquatique. Avec le temps, ces particules finissent par se déposer et par s'accumuler dans le sol et les sédiments où elles constituent une source de radioactivité diffuse.

Modalités d'exposition aux rayonnements

Les isotopes radioactifs ne se distinguent pas chimiquement de leurs homologues stables. Les propriétés et processus qui régissent le devenir et l'accumulation d'une espèce chimique dans l'environnement sont propres à l'élément lui-même et sont donc les mêmes pour tous ses isotopes, qu'ils soient radioactifs ou non. Cependant, alors que l'exposition aux polluants chimiques se limite aux zones de contact avec l'organisme (les organes cibles), la pollution radioactive peut l'atteindre aussi bien de l'intérieur que de l'extérieur. La contamination interne s'effectue, comme pour les polluants chimiques, par ingestion ou inhalation puis transit et accumulation dans les tissus. L'exposition externe, quant à elle, provient de la présence dans le sol, l'eau ou les sédiments contaminés de radionucléides avec lesquels le sujet entre en contact. La dose reçue dépend de son côté de nombreux facteurs tels que la nature des éléments radioactifs présents et leur quantité, la disposition spatiale des cibles potentielles par rapport à la source de radioactivité, les propriétés du milieu de transmission ou encore la position et la taille des organismes concernés. L'action de plusieurs radionucléides se cumule et le rayonnement total reçu est la somme des doses en exposition interne et externe de tous les éléments radioactifs présents.

Quel est l'effet des radionucléides sur les êtres vivants et les populations ?

Les êtres vivants réagissent tous de manière similaire à une irradiation : les rayonnements ionisants se répandent dans les tissus où ils provoquent une augmentation de température, une excitation et une ionisation des atomes, une rupture des liaisons chimiques et finalement un endommagement des structures et fonctions biologiques. En général, ces dommages impliquent des radicaux libres qui provoquent différents types de lésions au niveau de l'ADN. Ces radicaux se forment toutefois dans l'organisme sous l'effet de différents stress, qui peuvent être d'origine radioactive mais aussi photo-oxydative (rayonnements UV) ou chimique. Les attaques de radicaux libres sont si courantes que tous les organismes – de la plus petite cellule de levure au plus complexe des mammifères – disposent de méca-

nismes de réparation des dommages occasionnés. Malheureusement, ces systèmes peuvent être défailants ou saturés et il arrive que les agressions subies conduisent à des mutations et à la mort des cellules.

Bien qu'ils présentent tous les mêmes mécanismes de défense, les être vivants sont plus ou moins sensibles aux radiations : la dose mortelle en exposition aiguë peut varier d'un facteur 104, la radiosensibilité la plus élevée étant observée chez les mammifères, les oiseaux et les conifères et la plus faible chez les virus et les mollusques. En dehors de cet aspect, l'influence que peut avoir une mutation à l'échelle de la population dépend de l'endroit où elle apparaît : si elle touche des cellules somatiques normales, elle peut entraîner le développement d'un cancer ou la mort cellulaire. Localisée dans les tissus reproducteurs, elle peut provoquer une diminution du nombre de cellules germinales et un accroissement de la mortalité embryonnaire et se transmettre aux générations suivantes. Les mutations particulièrement handicapantes sont généralement éliminées de la population du fait des faibles chances de survie des individus touchés. Lorsqu'elles n'affectent pas directement cette capacité de survie, les mutations peuvent toutefois se transmettre sur plusieurs générations. Pour l'être humain, les scientifiques ont évalué le risque de cancers non mortels et d'effets héréditaires chez les descendants d'individus irradiés. Concernant les autres groupes du vivant, les implications des atteintes observables au niveau moléculaire et les conséquences des effets intergénérationnels héréditaires sur les populations sont encore mal connues.

Les principaux radionucléides émis lors de la catastrophe de Fukushima ont été l'iode 131, le césium 134 et le césium 137. Une partie de la radioactivité s'est évacuée dans l'atmosphère tandis que le reste a gagné le milieu marin par le biais des eaux de refroidissement contaminées et des retombées atmosphériques indirectes. Une équipe de chercheurs a déjà observé des effets sur la faune locale : en étudiant des papillons, ils ont constaté que les dommages génétiques déjà présents deux mois après l'accident nucléaire s'étaient amplifiés quatre mois plus tard. Par ailleurs, le nombre d'espèces d'oiseaux, de papillons et de cigales était considérablement réduit dans les lieux présentant une forte radioactivité. Les suites de la catastrophe de Tchernobyl survenue en 1986 ont montré que, 25 ans après, l'abondance des individus et des espèces d'oiseaux, de bourdons et d'autres animaux reste encore plus faible qu'ailleurs sur les lieux présentant de forts niveaux de radioactivité résiduelle. Alors que jusqu'à présent, la radiotoxicité est encore la principale responsable du déclin de la faune à Fukushima, les effets des mutations accumulées et transmises de génération en génération jouent un rôle majeur à Tchernobyl : les taux de mutations et de malformations y sont plus élevés qu'ailleurs chez les oiseaux, les mammifères, les poissons et les végétaux supérieurs tandis que leur taux de survie et leur fertilité ont fortement baissé.

L'une des particularités de l'accident de Fukushima Daiichi a été l'énorme quantité de matières radioactives libérées dans la mer. Or leur impact sur les organismes marins est très mal connu en raison, notamment, de la plus grande résistance de ces derniers aux rayonnements par rapport à l'homme. Cette particularité complique notamment la réalisation d'essais de laboratoire. D'un autre côté, les animaux marins sont de ce fait capables d'accumuler des quantités considérables d'éléments radioactifs sans encourir de dommages. Ces radionucléides peuvent donc être transférés le long de la chaîne alimentaire et présenter un risque pour les organismes supérieurs. Pour l'heure, peu de données ont filtré sur Fukushima. L'avenir montrera à quel degré et pour combien de temps la faune et la flore environnantes seront affectées par la catastrophe.

Liens utiles

Communiqué de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) sur le radon en Suisse

<http://www.bafu.admin.ch/dokumentation/medieninformation/00962/index.html?lang=fr&msg-id=8366>

Page Wiki sur la radioprotection dans l'environnement. Propose des liens d'accès aux autorités et bases de données nationales et internationales ainsi que presque tous les outils nécessaires à la réalisation d'une évaluation du risque radiologique dans le cadre des projets patronnés par la Commission européenne

<https://wiki.ceh.ac.uk/display/rpemain/Radiological+protection+of+the+environment+-+sharing+knowledge>

Commission internationale de protection radiologique (ICRP) <http://www.icrp.org/>

Comité scientifique des Nations Unies sur les effets des rayonnements ionisants <http://www.unscear.org/>. Dernier rapport sur les effets des rayonnements ionisants sur les organismes non humains

http://www.unscear.org/docs/reports/2008/11-80076_Report_2008_Annex_E.pdf

Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) <http://www.iaea.org/>

Autorité de sûreté nucléaire (ASN). Site français proposant de très nombreux liens et explications sur la radioactivité, la radioprotection et la sûreté nucléaire. www.asn.fr

Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) www.irsn.fr

Société française de radioprotection (SFRP) www.sfrp.asso.fr

Renseignement

Carmen Casado-Martinez, Telefon +41 21 693 0896, carmen.casado@centrecotox.ch

cc et as; mai 2013