

LES CRITÈRES SANITAIRES DE TRI DES DÉCHETS NUCLÉAIRES

Pourquoi est-il souhaitable, d'un point de vue sanitaire, de trier les déchets nucléaires ? Afin de créer, pour chaque catégorie d'entre eux, les meilleures conditions pour empêcher, limiter ou retarder pendant le temps nécessaire à la disparition de leur radioactivité, leur migration dans l'environnement et l'exposition des personnes. Ceci permet ainsi d'éviter les effets certains (dits déterministes) des rayonnements comme leurs effets tardifs aléatoires (dits stochastiques). Dans tous les cas, l'incorporation de radionucléides par l'homme ou son irradiation ne sauraient avoir lieu qu'à très faible dose et à très faible débit de dose. Les doses calculées correspondantes sont de plus d'un ordre de grandeur inférieures au niveau de l'irradiation naturelle (2,5 millisieverts par an) et de plusieurs ordres de grandeur inférieures aux doses pour lesquelles ont pu être observés des effets sur la santé après irradiation chronique (plusieurs centaines de millisieverts).

Le tri, le conditionnement, le mode de gestion des déchets radioactifs sont entrepris en fonction des conditions dans lesquelles ils sont produits (origine hospitalière, industrielle, cycle du **combustible**...) et de considérations sanitaires. L'objectif sanitaire est d'éviter une exposition pouvant entraîner des effets déterministes ou certains et limiter le risque d'effets tardifs aléatoires (ou stochastiques).

Effets certains, aléatoires et objectifs sanitaires

Pour empêcher la survenue des effets déterministes, qui sont observés au-delà d'une **dose absorbée** comprise entre 0,5 et 1 Gy (**gray**), il faut éviter l'irradiation aiguë en réduisant la concentration des **radionucléides** dans l'environnement. *A priori* deux attitudes sont possibles : la **dilution** des radionucléides par les **isotopes** stables présents dans l'environnement ; la **concentration** et le conditionnement des radionucléides (encadré A, **Qu'est-ce qu'un déchet nucléaire ? Les différents types de déchets**) pour limiter et retarder, pendant le temps nécessaire à une décroissance radioactive suffisante, leur migration dans l'environnement.

Les radionucléides ont dans l'organisme un comportement biologique semblable à celui des isotopes stables correspondants (cas de l'iode, du tritium...) ou d'éléments considérés comme des analogues chimiques (par exemple le strontium et le calcium). Ils se répartissent dans l'ensemble du corps (tels le tritium, le carbone) ou sont retenus dans certains organes (iode dans la thyroïde, strontium dans le squelette). Les **actinides** sont retenus préférentiellement au niveau du foie et du squelette.

Les effets cancérogènes des rayonnements ionisants ont une fréquence qui augmente

(1) Temps nécessaire pour que la radioactivité d'une quantité donnée de molécules comportant un radionucléide ait diminué de moitié en tenant compte également de la décroissance radioactive du radionucléide.

avec la **dose équivalente**, au-delà de 100 mSv (millisievert) après une irradiation aiguë, au-delà de 0,5 - 1 Sv après une irradiation prolongée à plus faible **débit de dose**. Il n'a pas été observé d'accroissement d'effets héréditaires, même à dose élevée. Le risque d'apparition d'effets tardifs est donc estimé sur la base du risque cancérogène, pour lequel les radiobiologistes considèrent qu'il n'y a pas de seuil, par le calcul de la **dose efficace** (en mSv). Pour chaque radionucléide, la dose efficace est calculée à partir de l'**activité** incorporée (en becquerel Bq).

Les études épidémiologiques et expérimentales sur les effets des radionucléides montrent que les radionucléides retenus préférentiellement au niveau du squelette (ostéotrope) et émetteurs **alpha** induisent des cancers des os (ostéosarcomes) selon une relation qui n'est pas linéaire. Les cancers n'apparaissent qu'au-delà d'une certaine dose correspondant à une activité de 37 MBq (= 1 mCi, activité d'un gramme de radium 226) avec ensuite une augmentation de la fréquence qui est exponentielle.

Sur la base de ces résultats biologiques, les objectifs sanitaires sont, en résumé, d'éviter une exposition aiguë (> 0,5 Gy) pour empêcher les effets déterministes ; de limiter l'exposition chronique pour réduire le risque de cancer (débit de dose faible, dose efficace très inférieure à 100 mSv, restreindre l'exposition aux émetteurs alpha pour rester en deçà du seuil de cancers des os) ; de tenir compte de la durée d'exposition possible et de la quantité (en masse) pouvant être absorbée.

Les critères de tri et de transfert dans l'environnement

Le tri des radionucléides se fait en fonction de plusieurs critères :

- leur **activité spécifique**. Le conditionnement et le mode de gestion doivent être adaptés pour que le débit de dose de radionucléides transférés dans l'environnement, en particulier l'eau, soit faible ;

- leur **période radioactive**. L'activité spécifique décroît de plus d'un facteur 1 000 en 10 périodes radioactives. Dans le cas de chaînes de filiation, il est indispensable de tenir compte des périodes des descendants. Il faut également considérer à ce niveau le processus d'élimination par l'organisme qui implique la notion de période biologique⁽¹⁾ ;
- leur **teneur en émetteurs alpha**. Le conditionnement et le mode de gestion doivent être adaptés pour éviter un transfert à l'homme de fortes concentrations d'émetteurs alpha ostéotropes.

L'effet éventuel est lié à la capacité de migration de chacun des radionucléides dans l'environnement jusqu'à l'incorporation à l'homme par ingestion ou inhalation ainsi qu'à la **radio-toxicité** propre à chaque radionucléide. La migration elle-même dépend de la solubilité du radionucléide dans le milieu qui l'entoure. Schématiquement, un radionucléide soluble migre facilement mais en même temps se dilue car il se mélange aux éléments stables homologues. Par contre, un radionucléide peu soluble ne migrera que très lentement. Dans les deux cas, la dilution (produits solubles) ou la migration lente dans l'environnement font que l'incorporation de radionucléides chez l'homme aura toujours lieu à très faible concentration, donc à très faible dose et très faible débit de dose.

Il faut noter que le risque chimique n'a pas été directement pris en considération, bien qu'un radionucléide puisse avoir une toxicité chimique dont les effets au niveau d'un ou de plusieurs organes cibles peuvent se manifester pour des concentrations ne mettant pas en évidence d'effets radiotoxiques. ●

Anne Flüry-Hérard*
et Florence Ménétrier

Direction des sciences du vivant -
cellule Carmin

CEA/Fontenay-aux-Roses

*Cabinet du Haut-Commissaire
à l'énergie atomique
CEA/Siège (Paris)