

LA CONTAMINATION RADIOACTIVE INTERNE

RÉSUMÉ

C'est l'introduction involontaire dans l'organisme d'une substance radioactive qui n'existe pas déjà « à l'état naturel » dans le corps (Par exemple. potassium K 40, carbone C 14, tritium T, rubidium Rb 87).

La contamination volontaire de l'organisme est utilisée en médecine à des fins diagnostiques ou thérapeutiques, en utilisant des molécules diverses (cétones, acides aminés, hormones..), marquées par des radionucléides d'origine artificielle (ex. phosphore P 32, iode I 131).

Personnes susceptibles d'être exposées

Les personnes potentiellement exposées à un risque de contamination radioactive sont :

- les travailleurs de l'industrie nucléaire.
- les personnels des services médicaux utilisant des substances radioactives en sources non scellées.
- le public en général, du fait des expérimentations nucléaires ou en cas d'accidents nucléaires importants.

Voies d'entrée

La contamination interne est consécutive à une pénétration dans le corps de radionucléides :

- par voie externe à travers une peau saine (ex. tritium) ou lésée (ex. contamination par une blessure due à un objet contaminé)
- par voie respiratoire (inhalation d'aérosols contaminés)
- par voie digestive (ingestion d'aliments contaminés)

Les étapes d'une contamination interne

On distingue cinq étapes :

- l'**incorporation** et ses modalités (inhalation, ingestion, etc....) est le fait du prélèvement par l'organisme d'une quantité de radioactivité dans le milieu extérieur sous forme de composé chimique d'un radionucléide.
- le **dépôt** au niveau de la porte d'entrée correspond à la quantité incorporée sauf dans le cas de l'appareil respiratoire où une partie est exhalée et la peau.
- le **transfert** par épuration de la porte d'entrée et absorption de tout ou partie du dépôt dans le sang, la lymphe et les liquides extracellulaires (secteurs systémiques).
- la **distribution** et la **rétenion** dans les organes et les tissus. Selon le radionucléide, la rétenion peut se faire dans un organe, qui devient l'organe cible, ou dans le corps entier.
- l'**élimination** et l'**excrétion** du radiotoxique, soit par voie directe (filtration rénale) soit par voie indirecte à l'inverse de l'étape 4, par remise en circulation à partir des tissus, après inversion des concentrations dans les tissus et dans le sang.

Que faire en cas de contamination interne

On peut écourter de plusieurs manières la durée de contamination.

- une contamination interne à la radioactivité cesse lorsque les matières radioactives sont éliminées de l'organisme par les voies biologiques naturelles (expiration, excrétion, transpiration) ou par décroissance naturelle de la radioactivité.
- En outre, certains radionucléides peuvent être évacués de l'organisme plus rapidement grâce à des traitements de décontamination appropriés.

1. BASES PHYSICO-CHIMIQUES RÉGISSANT LA CONTAMINATION INTERNE

En approximation grossière, les radionucléides peuvent se classer en éléments transférables et non transférables, bien qu'il n'y ait pas de solution de continuité entre ces deux catégories.

1.1. ÉLÉMENTS TRANSFÉRABLES

Les éléments dits « transférables » sont solubles en milieu biologique et sont donc susceptibles de diffuser dans l'organisme. En général, ils sont déjà présents dans l'organisme soit sous forme d'un isotope stable (iode par exemple) soit d'un analogue chimique (ex. Cs peut remplacer K ou Sr, Ra peut remplacer Ca), ce qui permet de prévoir leur métabolisme et leur fixation dans les tissus et les organes du corps.

Ils se répartissent en deux grandes familles, avec des comportements métaboliques différents :

- les Alcalins : Na, Cs, K, etc. ... qui se répartissent dans l'organisme entier
- les Alcalino-terreux : Ca, Sr, Ba, etc. qui se concentrent au niveau du squelette

D'autres éléments n'appartiennent pas à ces familles et ont un comportement qui leur est particulier : C, tritium, gaz rares, iode.

1.2. ÉLÉMENTS NON TRANSFÉRABLES

Ces éléments s'opposent point par point aux précédents, ils n'existent pas naturellement dans l'organisme et n'ont pas d'homologues naturels.

Il peut s'agir :

- soit de substances insolubles à tout pH, tels que certains métaux ou certains oxydes calcinés à haute température qui ne diffusent pratiquement pas dans l'organisme et dont l'organe de rétention sera la porte d'entrée (ex : PuO₂)
- soit de substances solubles seulement à pH acide, comme certains sels qui s'hydrolysent avec l'augmentation du pH pour donner naissance à des hydroxydes qui polymérisent sur place. Pour ceux là, les organes de rétention seront, en plus de la porte d'entrée, le foie et l'os (ex : ²³⁹Pu (NO₃)₄)

À noter qu'il peut y avoir une faible fraction absorbée au début. Ensuite, l'absorption est sous la dépendance de la dégradation des polymères par le milieu vivant. Elle est toujours très lente.

En résumé : même en cas de contamination par un produit non transférable, une partie du contaminant peut être transférée. A signaler également la possibilité de contamination par des mélanges de produits transférables et non transférables.

2. EVALUATION DE LA QUANTITÉ INCORPORÉE

Elle peut être calculée, selon le radionucléide incorporé par des méthodes :

- directes (ex : anthropogammamétrie)
- indirectes : dosage du (des) radionucléide(s) dans des prélèvements biologiques : sang, urine, selles, sécrétions nasales, air expiré ...

Les méthodes indirectes sont réservées aux radionucléides indécélables par mesure directe. La nature des prélèvements dans lesquels sera mesurée la quantité du (ou des) radionucléides présents est fonction de la porte d'entrée et de la nature chimique de l'élément contaminant. L'évaluation de la quantité incorporée à partir des méthodes indirectes est possible grâce à l'utilisation de modèles expérimentaux et issus de données humaines décrivant l'épuration du contaminant par l'organisme en fonction de la porte d'entrée.

3. ÉVALUATION DE LA DOSE ENGAGÉE

L'évaluation de la quantité incorporée permet de calculer la dose engagée.

Cette dose représente le total de l'énergie qui sera transférée à l'organisme ou à l'organe cible pendant la rétention du contaminant, jusqu'à son élimination naturelle complète ou jusqu'à la fin des émissions radioactives.

L'évaluation de cette dose doit prendre en compte :

- les caractéristiques radiologiques du contaminant (principales émissions, types, énergie en MeV, période radioactive)
- la nature chimique de l'élément contaminant

- la période biologique : c'est le temps au bout duquel la moitié de la masse d'un élément a été éliminée de l'organisme ou de l'organe cible par des processus physiologiques

On en déduit ainsi la **période effective** : temps au bout duquel la moitié de la masse d'un radioélément a été éliminée de l'organe critique ou de l'organisme, à la fois par désintégration et par le processus radiologique.

La relation entre les valeurs de ces différentes périodes est la suivante : $1/T_e = 1/T_p + 1/T_b$
(T_e : Période effective ; T_p : Période physique ; T_b : Période biologique).

On peut ainsi évaluer :

- la dose engagée (en Gy) qui est la dose physique
- l'équivalent de dose engagée (en Sv) pondérée par un facteur de qualité du rayonnement
- l'équivalent de dose efficace (en Sv) : équivalent de dose qui, reçu de façon homogène au corps entier, entraînerait les mêmes dommages tardifs (effets cancérogènes par exemple) que l'ensemble des irradiations partielles reçues par un même sujet; par l'introduction d'un facteur de pondération tenant compte de ce risque

4. PRINCIPES DES TRAITEMENTS DES CONTAMINATION INTERNES

L'évaluation de la quantité incorporée permet de calculer la dose engagée.

4.1. MESURES IMMÉDIATES

Toute contamination interne doit être traitée au plus tôt, l'efficacité d'un éventuel traitement étant liée à la rapidité de sa mise en œuvre. Avant de traiter spécifiquement la contamination interne, décontaminer doucement :

- le visage avec de l'eau et du savon au moyen de compresses en allant des orifices vers la partie externe du visage,
- les narines et les oreilles avec des cotons-tiges imbibés d'eau ou de sérum physiologique,
- le reste du corps par un savonnage et un rinçage prudents.

Ne pas empêcher une toux spontanée de la victime car elle favorise l'expulsion des radio-contaminants inhalés.

Contamination par voie cutanée

- Si la peau est saine, elle constitue une barrière pour la plupart des produits radioactifs, à l'exception de l'eau tritiée et de l'iode. Laver avec de l'eau et du savon.
- Si la peau est lésée (plaie, piqûre, brûlure, lésion cutanée type eczéma, psoriasis, acné surinfectée...), laver avec de l'eau et du savon.
- S'assurer d'un suivi médical adapté : évaluation de la contamination interne pour l'eau tritiée et l'iode et, en cas de contamination sur peau lésée, si une intervention chirurgicale est nécessaire, renseigner le chirurgien sur la localisation et la nature de la contamination.

Contamination par inhalation

Ce mode de contamination concerne des éléments radioactifs les plus volatils.

- S'assurer du suivi médical.
- Horodater et conserver toutes les urines et selles de la victime pour examen radiotoxicologique (suivi de la décroissance de la contamination). Faire de même avec les mouchoirs.

Une anthroporadiamétrie peut s'avérer nécessaire (voir définition en page suivante).

Contamination par ingestion

Elle accompagne presque obligatoirement toute contamination par inhalation (déglutition réflexe).

- S'assurer du suivi médical : les laxatifs doux peuvent favoriser l'élimination de radiocontaminant.

4.2. TECHNIQUES DE TRAITEMENT

Les techniques de traitement des contaminations radioactives internes ont été fondées sur des données métaboliques associées à des bases physicochimiques.

Principe général :

Il faut :

- **empêcher l'entrée du contaminant dans l'organisme à partir de la porte d'entrée**
- **et, s'il y a eu contamination interne, accélérer ou favoriser l'élimination du contaminant**

Pour les radionucléides transférables :

- le traitement local (au niveau de la porte d'entrée), le plus précoce possible, doit entraîner une **in solubilisation** du contaminant afin de limiter sa diffusion
- le traitement général doit entraîner une saturation de l'organe de dépôt pour l'empêcher de fixer le contaminant radioactif, quand cela est possible (ex : iode stable pour la thyroïde)

Pour les radionucléides non transférables :

- le traitement local fait appel à l'utilisation d'un produit chélateur rapidement éliminé (ex : DTPA) formant un complexe avec le contaminant permettant son élimination rapide
- le traitement général n'est actif que pendant le séjour du contaminant dans le sang et dans les liquides extracellulaires. Le délai dont on dispose pour piéger la partie qui peut être complexée est de courte durée. Il est donc indispensable d'agir vite

Cas particuliers :

- eau tritiée : accélération du turn-over de l'eau
- iode : blocage rapide de la thyroïde
- il existe des thérapeutiques particulières pour le strontium, le césium

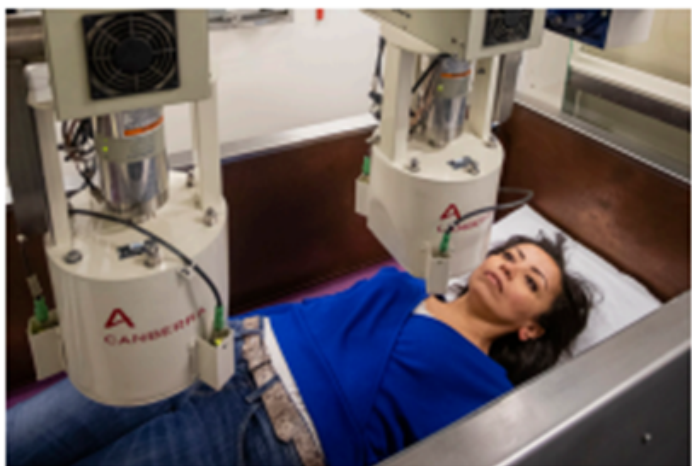
CAS PARTICULIER DE L'INHALATION D'IODE RADIOACTIF

L'organe cible étant la thyroïde, il existe un protocole spécifique mis en œuvre par le médecin en charge d'assurer le suivi médical. Il s'agit d'administrer rapidement de l'iodure de potassium (IK) qui inhibe la fixation de l'iode radioactif sur la thyroïde limitant le risque d'irradiation :

- 1 comprimé de 130 mg d'IK 1 heure après la contamination diminue la fixation de l'iode radioactif de 90 %
- 1 comprimé de 130 mg d'IK 2 heures après la contamination diminue la fixation de l'iode radioactif de 84 %
- 1 comprimé de 130 mg d'IK 3 heures après la contamination diminue la fixation de l'iode radioactif de 60 %

L'anthroporadiométrie est la mesure in vivo par spectrométrie des rayonnements X ou gamma émis par les radionucléides présents dans l'ensemble du corps ou dans un organe en particulier.

L'activité retenue mesurée est exprimée en becquerel (Bq). Les rayonnements alpha et bêta ne sont pas détectables par cette mesure.

**5. PRINCIPES DES TRAITEMENTS DES CONTAMINATION INTERNES**

Fiche 17 du CNRS-DGRD : Mesures de prévention et conduite à tenir en cas d'exposition accidentelle
<https://www.dgdr.cnrs.fr>