

Fontenay-aux-Roses, le 28 février 2019

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté  
nucléaire  
15 rue Lejeune  
CS70013  
92541 Montrouge cedex

**Avis/IRSN N° 2019-00043**

**Objet :** Rédaction de réponses à des questions sur des généralités et les risques professionnels: groupe de travail « professionnels de santé » du CODIRPA - 6ème lot

**Votre Réf.** CODEP-DIS-2019-0002876 du 18 janvier 2019

Sous l'égide du CODIRPA, le groupe de travail pluraliste « professionnels de santé » mis en place doit expérimenter une démarche pour établir des éléments de langage pour les professionnels de santé sur les conséquences sanitaires potentielles d'un accident nucléaire et sur les conseils corollaires à délivrer aux populations.

A cette fin, vous avez demandé à l'IRSN d'élaborer des propositions de réponses à des questions portant sur des généralités et les risques professionnels en situation post-accidentelle.

Les réponses proposées par l'IRSN sont présentées en annexe. Elles répondent aux questions pouvant se poser à la suite d'un accident de réacteur. Cependant, elles pourront également servir de base de réponses à d'autres situations d'accidents nucléaires ou radiologiques conduisant à des rejets de radioactivité auxquels la population pourrait être exposée. Enfin, il convient de noter que ces éléments viendront compléter des consignes données par les autorités locales afin de protéger au mieux la santé des populations.

**Adresse courrier**  
BP 17  
92262 Fontenay-aux-Roses  
Cedex France

**Siège social**  
31, av. de la Division Leclerc  
92260 Fontenay-aux-Roses  
Standard +33 (0)1 58 35 88 88  
RCS Nanterre B 440 546 018

Pour le Directeur général et par délégation

Alain RANNOU  
Adjoint au Directeur de la Santé

PJ : 1 annexe

**Question 7 : Peut-on boire l'eau du robinet ou à partir de quand pourra-t-on la boire ? (Toutes phases)**

Sauf indication contraire des autorités, la consommation d'eau potable issue du réseau d'adduction public reste possible, les réserves d'eau potable étant peu vulnérables à la contamination radioactive en cas d'accident. De plus, une surveillance spécifique de la qualité radiologique de l'eau sera mise en place rapidement par les pouvoirs publics pour s'en assurer. Concernant l'eau prélevée dans des puits privés, il est recommandé de la mesurer avant de la consommer.

Plus généralement, il convient de se référer aux consignes communiquées par les pouvoirs publics.

**Question 8 : Peut-on utiliser l'eau du robinet pour la cuisine? (Toutes phases)**

Dans la mesure où l'eau est consommable *via* le réseau d'adduction d'eau potable, il n'y a aucune restriction à ce qu'elle soit utilisée pour la cuisine (cf. question 7).

**Question 28 : Quels sont les risques pour les animaux (domestiques, d'élevage, sauvages) s'abreuvant dans les eaux stagnantes ? (Toutes phases)**

Les animaux se contaminent principalement par ingestion d'aliments eux-mêmes contaminés, y compris l'eau d'abreuvement. Les eaux stagnantes ou dormantes (étendues d'eau douce au courant très faible ou nul telles que les mares, étangs, lacs, marais avec eau libre, chenaux calmes) peuvent être plus ou moins fortement contaminées à la suite de l'accident. Ceci affecte particulièrement les animaux sauvages, raison pour laquelle la chasse et la pêche peuvent être restreintes par les autorités.

Afin de limiter la contamination des animaux d'élevage, dès l'accident et le plus rapidement possible, il est recommandé de retirer les bêtes du pâturage. Cette mesure permet de maîtriser leur alimentation, d'éviter la consommation de fourrage frais de la libre pâture qui pourrait être contaminé par des retombées radioactives et de choisir une source d'eau d'abreuvement protégée de la contamination radioactive comme les nappes phréatiques, ou moins sensible aux conséquences des dépôts radioactifs comme les eaux courantes.

**Question 30 : Est-ce que je dois donner des comprimés d'iode à mes animaux, quelle dose ? (Urgence)**

Non. La distribution d'iode aux animaux, bien que possible, n'est pas conseillée au regard des conséquences de l'exposition aux iodures radioactifs qui peuvent être considérées comme faibles sur leur santé. En phase d'urgence, la mise à l'abri des animaux domestiques pourrait être conseillée, dans la mesure du possible, dans la zone où la mise à l'abri des populations est décidée par les pouvoirs publics.

(Cf. également question 31)

**Question 33 : Faut-il déconseiller la présence d'animaux domestiques aux jeunes enfants, aux personnes âgées ? (Post-accidentel)**

Non. La présence d'animaux domestiques ne présente pas de risque particulier pour les enfants ou les personnes âgées en situation post-accidentelle. Leur éventuelle contamination ne peut être qu'à l'état de traces. Les règles d'hygiène habituelles à l'égard de ces animaux suffisent donc. Leur présence apporte potentiellement plus de bienfaits que d'inconvénients pour les enfants et les personnes âgées.

**Question 34 : J'ai une chienne qui vient de faire un cancer de la chaîne mammaire, est-ce un signal pour des cancers chez l'homme et en particulier pour moi ? (Post-accidentel)**

Non, ceci pour de multiples raisons.

En premier lieu, les connaissances scientifiques actuelles ne permettent pas d'être sûr que le cancer observé chez cet animal est dû à une exposition aux rayonnements ionisants. Il s'agit au mieux d'une probabilité, celle-ci augmentant avec l'exposition.

Par ailleurs, si le mécanisme d'induction tumorale est probablement le même chez l'homme et l'animal, le risque chez ce dernier peut différer de celui chez l'être humain en raison des différences d'absorption, de biotransformation, de distribution et d'élimination des substances radioactives incorporées, c'est-à-dire des multiples facteurs qui déterminent les doses délivrées aux tissus.

Enfin, même à dose délivrée identique, la variabilité dans le type et la sensibilité des tumeurs induites par les rayonnements chez différentes espèces animales et même parmi différentes souches de la même espèce rend difficile d'extrapoler à l'homme ce qui est observé chez l'animal.

**Question 36 : Peut-on avoir des relations sexuelles sans crainte d'être contaminé avec une personne exposée lors de l'accident ? (post-accidentel)**

Si une personne a une contamination déposée sur la peau (appelée contamination externe), on ne peut pas exclure qu'une très petite quantité de cette contamination soit transférée sur la peau du partenaire lors d'une relation sexuelle. Cependant, le niveau de contamination externe attendu à la suite d'un accident nucléaire est suffisamment faible pour ne pas nécessiter de précautions particulières, même en cas de contact rapproché. Si le niveau de contamination externe suspecté et mesuré est plus important, la personne a été douchée pour traiter cette contamination et toutes les activités habituelles, y compris les relations sexuelles, peuvent être envisagées. Si la personne exposée présente une contamination interne (après inhalation ou ingestion de la radioactivité), la salive comme la sueur, voire le liquide séminal, étant des voies d'excrétion possibles de la contamination interne, il n'est pas impossible pour une personne contaminée de transmettre lors d'une relation sexuelle une petite partie de sa contamination. Cependant, le niveau attendu de la contamination interne après un accident nucléaire est faible et la fraction susceptible d'être excrétée dans la salive, la sueur ou le liquide séminal elle-même très limitée ; aucune précaution particulière n'est donc nécessaire.

**Question 42 : Est-ce que la contamination peut se transmettre par un baiser (salive) ? (post-accidentel)**

En ce qui concerne le risque de transmission d'une contamination externe ou interne lors d'un baiser intime, voir les réponses apportées pour la question 36 sur les relations sexuelles. Les mêmes réponses peuvent être apportées pour tous les contacts rapprochés, y compris les baisers intimes.

**Question 43 : Le port du préservatif sera-t-il recommandé lors des relations sexuelles ? (post-accidentel)**

La suspicion d'une contamination interne après un accident nucléaire, qu'elle ait été ou non confirmée par une mesure, n'entraîne pas de recommandation particulière sur le port du préservatif. En effet, même si la possibilité d'excrétion de la radioactivité *via* le liquide séminal ne peut être totalement exclue, le niveau de contamination interne attendu après un accident nucléaire est faible et le risque d'excrétion et de transmission lors d'une relation sexuelle très limité. Ce risque de transmission ne justifie donc pas le port du préservatif. (cf. question 36)

**Question 45 : Que faire des vêtements portés lors de l'accident ? (Urgence)**

Pour les personnes qui n'auraient pas été à l'abri au moment du passage du panache radioactif, il est conseillé de laver les vêtements portés. Un lavage aussi bien en lave-linge qu'à la main est suffisant pour éliminer d'éventuelles traces de contamination. Les personnes qui étaient à l'abri, chez elles ou dans tout autre bâtiment, peuvent continuer à porter leurs vêtements sans précaution particulière.

**Question 47 : Comment aujourd'hui limiter les conséquences de l'exposition passée ? (Post-accidentel)**

Les doses prises dans le passé ne peuvent plus être atténuées. Toutefois, il est possible d'éviter ou de limiter l'exposition future à une contamination résiduelle dans son environnement. Par ailleurs, s'agissant de contamination interne par ingestion ou inhalation, l'exposition se poursuit aussi longtemps que les particules radioactives se trouvent dans le corps. Il existe des traitements qui consistent à administrer un médicament permettant de diminuer l'absorption digestive de la contamination et d'accélérer l'élimination de ces particules radioactives. Le traitement n'est préconisé que pour des cas de contamination importante (voir également question 87).

**Question 60 : En cas de controverse avec d'autres acteurs de la société (associations, syndicats, professionnels de santé, etc.) à qui faire confiance ? (qui dois-je écouter ?)**

En situation post accidentelle, des controverses apparaîtront inévitablement. Dans cette situation complexe et difficile à appréhender, il reviendra à chacun de se forger sa propre opinion. Dans cette perspective, la diversité des sources d'information peut compliquer les choses mais elle est aussi un atout pour vérifier et comparer des éléments. On ne peut que recommander de se renseigner en recherchant des documents expliquant les enjeux de radioprotection dont certains, plus pédagogiques, seront mis à disposition de la population *via* Internet ou dans les CAI par exemple. En complément, l'approche visant à contrôler les niveaux de radioactivité par soi-même ou *via* les acteurs locaux (par la mise à disposition de dispositifs de mesure de la radioactivité) doit également permettre de mieux appréhender la situation. Enfin, il est toujours possible de poser ses questions à

différents spécialistes nationaux ou internationaux, appartenant ou non à des organisations gouvernementales et de comparer les réponses apportées par les uns et les autres et demander des compléments d'informations en cas de réponses à première vue incohérentes.

**Question 66 : Si on est confiné chez soi, faut-il couper la VMC ? Fermer les volets ? (Urgence)**

Lors d'un accident nucléaire les pouvoirs publics peuvent être amenés à demander à la population de se mettre à l'abri chez soi ou dans tout autre bâtiment. En étant à l'intérieur, portes et fenêtres fermées, les personnes seront davantage protégées qu'en se trouvant à l'extérieur. Dans la mesure du possible, il conviendra de couper la VMC et le système d'air conditionné s'il y en a. Il faut rester à l'écoute et suivre les consignes communiquées par les pouvoirs publics.

**Question 75 : Doit-on se couper les cheveux ? (Toutes phases)**

Non. Se couper les cheveux à la suite d'un accident nucléaire n'a aucun intérêt. Pour les personnes qui n'auraient pas été à l'abri lors du passage du panache radioactif, un shampoing classique est amplement suffisant pour éliminer d'éventuelles traces de contamination sur les cheveux.

**Question 78 : Puis-je utiliser mon téléphone portable, normalement ou avec un kit oreillette ? (Toutes phases)**

Sauf consignes des pouvoirs publics, qui peuvent par exemple inviter la population à limiter l'usage du téléphone en phase d'urgence pour ne pas saturer le réseau, aucun changement n'est à apporter à vos habitudes d'utilisation du téléphone portable.

**Question 79 : Dois-je conseiller les activités physiques à mes patients ? Même dans les lieux contaminés ?**

Il est tout à fait possible - et même conseillé d'une manière générale - de mener une activité physique extérieure. Il est recommandé de suivre les consignes données par les pouvoirs publics concernant l'accès aux lieux de pratique d'une activité physique (à titre d'exemple, si l'accès aux zones forestières est restreint, il sera bien entendu recommandé de ne pas pratiquer la course à pied dans ces zones). Sauf consignes des pouvoirs publics, aucun changement n'est à apporter aux habitudes d'activités physiques de vos patients.

**Question 81 : Quels sont les effets des rayonnements ionisants pour la santé ? Effets, relation dose-effet, existence d'un seuil ou non ... (toutes phases)**

Les effets nuisibles de l'exposition aux rayonnements ionisants peuvent être regroupés en deux catégories générales :

- les effets déterministes (encore appelées réactions tissulaires nocives), dus en grande partie à l'élimination/dysfonctionnement de cellules à la suite de fortes doses ;
- les effets stochastiques, comprenant les cancers résultant de la mutation de cellules somatiques et les effets héréditaires chez la descendance du fait de la mutation des cellules reproductives (germinales).

Les effets déterministes sont des effets à seuil, c'est-à-dire qui apparaissent de manière certaine au-dessus d'un certain niveau de dose (de quelques centaines de mSv à plusieurs Sv selon le type

d'effet). Au-delà de ce seuil, la gravité de l'effet augmente avec la dose. Les effets déterministes sont généralement précoces, apparaissant de quelques jours à quelques semaines après l'exposition. Il s'agit par exemple de brûlures cutanées, pertes de cheveux, vomissements, stérilité (temporaire ou définitive selon la dose), chute des lignées sanguines (globules blancs, plaquettes et plus tardivement globules rouges), syndrome intestinal... Certains effets déterministes, comme les cataractes ou les pathologies cardiovasculaires, peuvent survenir à plus long terme (plusieurs années) après l'exposition.

Les effets stochastiques sont des effets qui se produisent de manière aléatoire parmi des personnes exposées. Ce sont des effets considérés comme étant sans seuil, c'est-à-dire pouvant se produire même pour des faibles doses reçues. Contrairement aux effets déterministes, c'est la fréquence d'apparition des effets stochastiques qui augmente avec la dose, et non leur gravité. Les cancers sont les principaux effets stochastiques. Les effets cancérogènes des rayonnements ionisants ont été démontrés chez les survivants japonais des bombardements atomiques d'Hiroshima et Nagasaki, ainsi que chez d'autres populations exposées à des sources de rayonnements environnementales, médicales ou professionnelles. Pour la plupart des cancers, un excès de risque de cancer a été observé après un délai d'au moins 5 à 10 ans après l'exposition aux rayonnements. Cependant, ce temps de latence peut être plus court, par exemple pour le cancer de la thyroïde avec un délai de 3 à 5 ans, ainsi que pour la leucémie avec un délai minimum de 2 ans. Les rayonnements ionisants sont par ailleurs susceptibles de produire des altérations génétiques potentiellement transmissibles dans la descendance après l'irradiation des cellules germinales parentales. Chez l'homme, les études épidémiologiques n'ont pas démontré d'effets héréditaires après exposition d'un ou des deux parents aux radiations (cf. questions 35 et 39). Ceci ne signifie pas qu'aucun dommage n'a été occasionné, mais simplement que, s'il existe, le phénomène est trop peu fréquent pour être observable compte tenu des doses auxquelles les populations sont exposées (y compris les Japonais affectés par les bombes d'Hiroshima et Nagasaki).

**Question 82 : Que doivent faire les personnes qui craignent d'avoir été exposées ? (toutes phases)**

Les personnes qui craignent d'avoir été exposées doivent s'adresser soit à leur médecin traitant soit à l'un des centres d'accueil et d'information (CAI) mis en place par la Préfecture.

Au CAI, des spécialistes pourront évaluer l'exposition réelle des personnes au regard des circonstances et éventuellement les orienter vers une structure adaptée, comme une structure médicale ou hospitalière si besoin.

La structure médicale et le médecin traitant seront en mesure de prescrire des examens spécifiques si cela s'avère nécessaire. Il peut s'agir d'un examen anthroporadiométrique (afin de mesurer la radioactivité retenue dans l'organisme de la personne) ou bien dans des cas très spécifiques, d'analyses radiotoxicologiques des excréta (dosage de radioactivité dans les selles ou les urines). Dans tous les cas, la réalisation des examens prescrits dépendra de leur caractère d'urgence et des capacités de mesure. S'il s'avère que le risque que la personne soit contaminée est faible compte tenu de l'endroit où elle se trouvait au moment de l'accident, il pourra être décidé d'attendre quelques jours (voir aussi question 84).

**Question 84 : Les véhicules anthroporadiométriques de l'IRSN sont-ils accessibles aux handicapés ?**

**(Urgence)**

En cas d'accident nucléaire ou radiologique, les moyens mobiles de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) seront déployés pour permettre une mesure rapide d'une potentielle contamination interne des personnes. Dans ces véhicules équipés de détecteurs de radioactivité, les mesures sont faites sur les personnes en position assise. Le contrôle de personnes en position couchée ou en fauteuil est également possible avec un portique spécifique.

**Question 86 : Comment la contamination radioactive évolue dans l'environnement ? Y-a-t-il des lieux de concentration ?**

A la suite d'un rejet atmosphérique accidentel de radionucléides, les radionucléides déposés au sol peuvent se concentrer, par ruissellement de l'eau de pluie (« effet impluvium »), sur de petites surfaces, tant en milieu naturel qu'en milieu urbain.

En milieu boisé, le ruissellement sur les branches et le long des troncs d'arbres peut induire des « taches » de contamination de faibles dimensions (de l'ordre du décimètre carré). Ces taches peuvent influencer, de manière modérée, le débit de dose local et engendrer très localement des concentrations plus élevées dans des champignons ou des baies.

Un effet impluvium peut également induire des concentrations plus importantes dans les sols situés en contre-bas de plateformes rocheuses inclinées. L'importance du phénomène dépend de la configuration des lieux, notamment de la surface de collecte des dépôts radioactifs pluvieux. Une augmentation très locale du débit de dose pourrait être observée sur ces points.

En milieu naturel, des phénomènes de re-concentration très hétérogène ont été observés en altitude, notamment dans les Alpes françaises, suite à des dépôts radioactifs neigeux. Les dépôts neigeux les plus épais et denses se sont transformés en plaques de glace. Au printemps, les eaux de fonte de ces plaques de glace ont concentré les radionucléides sur de petites surfaces de sol (« points chauds » de quelques décimètres carrés à quelques mètres carrés).

Enfin, les phénomènes de ruissellement lors de dépôts pluvieux peuvent constituer aussi des « points chauds » à l'origine de débits de dose plus importants à proximité des habitations : écoulements de gouttières, pieds de toitures... Après l'accident de Fukushima, l'identification et le traitement (retrait et mise en déchets des matières contaminées) de ces points chauds ont été une préoccupation importante des opérations de décontamination.

Pour en savoir plus :

Une fois les dépôts radioactifs constitués, les sols en milieux naturels et agricoles constituent un lieu de fixation et de stockage pour la plupart des radionucléides déposés, susceptible d'alimenter les autres composantes de l'environnement : les eaux de surface par drainage lors des pluies, les végétaux par absorption racinaire, et l'air par remise en suspension. Avec le temps, la mobilité des radionucléides devient progressivement plus réduite et n'est associée qu'à des déplacements de masse : colluvionnement, érosion des sols, drainage. Ces déplacements peuvent amener une redistribution des radionucléides et une augmentation de l'activité en surface, mais il n'a pas été observé d'augmentations importantes d'activité en profondeur qui puissent être qualifiées de

phénomènes de concentration. Il faut cependant noter qu'en milieu forestier, le césium fixé à la matière organique, notamment dans la litière, est libéré lors de sa décomposition et se trouve ainsi à nouveau biodisponible pour le vivant (alors que dans les sols agricoles, la fixation du césium aux argiles devient progressivement irréversible, diminuant au fil des années sa biodisponibilité et donc son transfert aux plants cultivées). C'est ce cycle en milieu forestier qui est principalement à l'origine de la persistance de niveaux de contamination élevés dans les champignons, baies et gibiers, telle qu'observée après les accidents de Tchernobyl et de Fukushima. Par ailleurs, il faut signaler que certaines espèces de champignons qui vivent en association (symbiose) avec un arbre, peuvent générer un processus assimilable à une accumulation. Toutefois, d'autres facteurs peuvent expliquer la persistance de fortes concentrations de césium dans certains champignons : intensité des dépôts initiaux, profondeur du mycélium, teneur des sols en potassium, pH...

En milieu urbain, une fois la fraction labile enlevée par les premières pluies ou par les opérations de nettoyage, le césium, adsorbé à la surface des matériaux n'est quasiment plus mobilisable et ne s'élimine quasiment plus que par décroissance radioactive ou usure des matériaux de construction.

**Question 87 : Existe-t-il un médicament permettant d'abaisser la contamination corporelle ? (toutes phases)**

Oui. Il existe plusieurs médicaments qui permettent d'abaisser la contamination interne corporelle. Certains sont spécifiques du composé radioactif responsable de la contamination. Par exemple les comprimés d'iode stable permettent de limiter la fixation d'iode radioactif par la thyroïde. D'autres composés dépendent de la voie d'incorporation, en particulier les médicaments qui diminuent l'absorption digestive de la contamination ; par exemple, le bleu de Prusse (Radiogardase®) accélère l'élimination du césium et certains autres produits de fission. Dans tous les cas ces médicaments doivent être pris sur indication des autorités sanitaires ou des services de santé qui sont à même de prescrire le médicament adapté aux éléments radioactifs responsables de la contamination et aux circonstances de la contamination (inhalation, ingestion...).

La contamination externe de la peau est quant à elle éliminée par lavage avec de l'eau (de préférence froide ou tiède) et du savon. Dans tous les cas ce lavage doit être doux afin de ne pas irriter la peau ce qui pourrait entraîner une absorption de la contamination à travers l'épiderme. Il existe également des crèmes lavantes et décontaminantes efficaces pour traiter les contaminations externes à l'uranium, plutonium, américium, thorium, cobalt, césium et strontium (Cevibra® Calixarene).

**Question 88 : Est-il possible de pratiquer un dosage sanguin pour connaître sa contamination ? (Post-accidentel)**

Ce n'est pas un dosage sanguin qui est pratiqué pour connaître la contamination interne d'une personne. Une contamination peut être recherchée en réalisant soit des examens anthroporadiométriques (mesures réalisées en plaçant les personnes devant un détecteur de radioactivité), soit des analyses radiotoxicologiques des excréta (dosage de radioactivité à partir de prélèvements d'urines ou selles).

**Question 95 : Est-ce que les terres cultivables resteront longtemps inutilisables ?**

Le sol a une forte capacité de piégeage de la plupart des radionucléides, notamment du césium, dès lors qu'il contient suffisamment d'argile ou de matière organique (voir question 86), ce qui est le cas de la grande majorité des sols français ; plus de trente ans après l'accident de Tchernobyl, l'essentiel du césium déposé se trouve encore dans les 20 cm de surface des sols non remaniés depuis les dépôts de mai 1986. Des cas de lessivage important entraînant des radionucléides vers la profondeur des sols ont cependant été observés, par exemple en Corse où, 15 ans après l'accident, l'essentiel du césium avait disparu de certains sols très pauvres en argile. La diminution de la concentration du césium dans les sols est donc variable. La période de décroissance du césium dans les sols observée en France après l'accident de Tchernobyl, c'est-à-dire le délai nécessaire pour que sa concentration diminue de moitié, varie de 8 ans à plus de 20 ans.

Le césium reste donc longtemps présent dans les sols. Toutefois, c'est l'importance de son absorption racinaire qui détermine la contamination des denrées. Or, la fixation du césium dans les argiles fait qu'il est de moins en moins présent dans l'eau du sol absorbée par les racines, ce qui se traduit par une diminution de sa biodisponibilité et donc de son transfert vers les végétaux cultivés. En outre, des techniques d'assainissement des sols (utilisation d'engrais au potassium ou labourage profond, par exemple) permettent de réduire la disponibilité du césium ou de l'éloigner en profondeur, ce qui diminue son captage par les racines des plantes.

En vue de réduire, voire d'éviter, l'exposition de la population par ingestion de denrées alimentaires contaminées, les pouvoirs publics émettront des interdictions de mise sur le marché de denrées alimentaires produites dans certaines zones et des recommandations de ne pas consommer les produits du jardin ou de la cueillette. L'étendue et la durée de ces mesures dépendront bien évidemment des niveaux de contamination observés.

**Question 110 : Disposera-t-on de radiamètres individuels ? (Post-accidentel)**

En cas d'accident nucléaire, il n'est pas prévu que les pouvoirs publics mettent à disposition du public des appareils de mesure, sauf circonstances particulières (initiative d'une collectivité par exemple). La disponibilité de radiamètres sur le marché devrait toutefois être encouragée ; chacun devrait ainsi pouvoir en acheter auprès de fabricants ou de fournisseurs.

**Question 112 : Quels sont les différents symptômes de l'irradiation ou de la contamination en fonction de leur gravité ? (toutes phases)**

L'irradiation et la contamination peuvent induire des effets sur la santé avec des symptômes précoces ou tardifs selon le niveau de dose reçue. Les réactions précoces (dans une échelle de temps allant de plusieurs heures à quelques semaines) peuvent être des réactions tissulaires de type inflammatoire comme l'érythème voire la brûlure cutanée, ou des réactions organiques comme la dépression du système hématopoïétique. Des niveaux de contamination interne suffisamment élevés pour induire des effets sanitaires précoces ne sont rencontrés que de manière exceptionnelle (voir question 126). Les réactions tardives (sur une période allant de quelques mois à quelques années) se produisent à la suite d'une lésion directe des tissus, par exemple le rétrécissement de vaisseaux sanguins conduisant à une nécrose profonde des tissus suite à des irradiations prolongées. Les réactions tardives peuvent

aussi survenir à la suite de réactions précoces, par exemple la nécrose du derme par dénudation sévère de l'épiderme suivie d'une infection chronique ou des strictions intestinales provoquées par l'ulcération grave des muqueuses. Dans la plupart des tissus, les effets sont d'autant plus importants lorsque les volumes concernés sont grands.

Par ailleurs, les tissus diffèrent non seulement en termes de réaction dans le temps, mais également en termes de radiosensibilité. L'ovaire et les testicules, la moelle osseuse et le cristallin font partie des tissus les plus radiosensibles.

Les réactions décrites ci-dessus sont aussi appelées effets déterministes (voir question 80) car elles n'apparaissent que pour des doses moyennes ou fortes (supérieures à quelques centaines de mSv, hormis la stérilité temporaire qui peut être observée à la suite d'une irradiation flash des testicules à des doses de l'ordre de 150 mSv).

Compte tenu des niveaux de dose en jeu, ce type d'effets au sein de la population n'est pas attendu à la suite d'un accident nucléaire. Seule l'augmentation du risque de cancers est à considérer, notamment le cancer de la thyroïde chez l'enfant avec un délai d'apparition de quelques années.

**Question 122 : Y-a-t-il des pathologies déclenchées par une exposition à la radioactivité ? (asthme, cancer, allergies, maladies auto-immunes...) (post-accidentel)**

Les rayonnements ionisants peuvent induire des effets nocifs de différents types sur la santé, déterministes et stochastiques (voir question 81). L'accroissement du risque de cancer est largement démontré par des études épidémiologiques et expérimentales pour des doses supérieures à environ 100 mSv. Les études portant sur les survivants des bombardements d'Hiroshima et Nagasaki, mais aussi celles relatives aux expositions médicales et professionnelles montrent que certains types de cancers sont davantage associés à l'exposition aux rayonnements ionisants (poumons et sein par exemple) alors que les preuves sont faibles pour d'autres cancers (pancréas et prostate notamment). Pour des expositions pendant l'enfance, le risque de leucémie est supérieur à celui des cancers solides, avec un excès de risque significatif à partir de quelques dizaines de mSv. Les études montrent également que l'embryon est radiosensible, tout particulièrement pendant la période d'organogénèse majeure, avec un risque d'induction de malformations pour des doses supérieures à environ 100 mSv (voir question 38). Par ailleurs, les données sur les survivants des bombardements d'Hiroshima et Nagasaki relatives à l'induction d'un retard mental grave après irradiation pendant la période prénatale la plus sensible (de la 8<sup>ème</sup> à la quinzième semaine après la conception) sont en faveur de l'existence d'un seuil d'au minimum 300 mGy pour cet effet et par conséquent de l'absence de risques aux faibles doses.

Des pathologies non cancéreuses (cataractes, pathologies cardiovasculaires) peuvent par ailleurs apparaître chez des personnes exposées aux rayonnements ionisants, ceci étant démontré pour des doses supérieures à environ 500 mSv.

Les personnes vivant sur des territoires contaminés, comme après les accidents de Tchernobyl et Fukushima, sont exposées à des plus faibles doses que celles mentionnées ci-dessus. Le risque pour ces personnes de développer un cancer lié à leur exposition aux rayonnements ionisants n'est pas démontré (en dehors du cancer de la thyroïde chez l'enfant) mais n'est pas non plus exclu. En l'état des connaissances il est présumé proportionnel à la dose.

**Question 124 : Existe-t-il des interactions entre contamination et certains médicaments ? (toutes phases)**

Dans l'état actuel des connaissances, il n'existe pas d'interaction entre une contamination interne par des radionucléides et la prise de médicaments, chez l'homme.

Cependant, les effets psychosomatiques de l'exposition aux radiations, réelle ou supposée, ou des changements dans les habitudes de vie suite à un accident nucléaire peuvent conduire à l'apparition ou à l'aggravation de symptômes non spécifiques: perte de sommeil, anxiété et stress, obésité, apparition ou aggravation du diabète ou de pathologies cardiovasculaires. Les changements éventuels de posologie doivent donc être envisagés avec prudence en tenant compte du contexte de stress psychosomatique.

**Question 125 : Y-a-t-il des pathologies aggravées par une exposition à la radioactivité ? (asthme, cancer, allergies, maladies auto-immune...) (toutes phases)**

A ce jour, il n'y a pas d'information disponible permettant de dire qu'une exposition interne ou externe aux radiations à faibles doses aggrave certaines pathologies.

**Question 126 : Quels sont les symptômes précoces d'un problème de santé suite à une contamination ? (post-accidentel)**

Des niveaux de contamination interne suffisamment élevés pour induire des effets sanitaires précoces ne sont rencontrés que de manière exceptionnelle. Seuls quelques cas de contamination aiguë en milieu professionnel ont été rapportés, pour lesquels des doses de plusieurs sieverts ont été estimées et des effets précoces sur la santé analogues à ceux induits par des irradiations externes à fortes doses ont été observés.

Dans une situation post-accidentelle, les doses d'exposition sont beaucoup plus faibles et délivrées avec un faible débit de dose potentiellement sur de longues périodes. Des effets sanitaires liés à l'anxiété et aux changements de mode de vie peuvent néanmoins survenir comme cela a été observé après les accidents de Tchernobyl et de Fukushima : troubles du sommeil, dépression, augmentation des allergies, des diabètes et des pathologies cardiovasculaires. Certains de ces symptômes sont susceptibles d'apparaître de façon précoce après l'exposition, mais sans un lien direct avec celle-ci.

**Question 129 : Les professionnels de santé devront-ils disposer de matériels de détection de la radioactivité de leur patient ? (Toutes phases)**

Dans la plupart des cas, le niveau de contamination attendu à la suite d'un accident nucléaire est suffisamment faible pour que les professionnels de santé n'aient pas à prendre des précautions autres que celles d'hygiène habituelles à l'égard de leurs patients. Le contrôle de contamination de leur patient n'est pas nécessaire. En cas de forte suspicion, une tenue à manches longues, un masque et une paire de gants éventuellement doublée seraient suffisants.

**Question 131 : J'ai un patient atteint de cardiopathie, est-ce que de vivre dans une zone contaminée risque d'aggraver sa pathologie ou d'atténuer la prophylaxie? (post-accidentel)**

Les expositions à de fortes doses de rayonnements ionisants induisent des effets délétères et potentialisants aussi bien sur le muscle cardiaque que sur les vaisseaux. Cependant, les personnes qui

vivent sur des territoires contaminés sont exposées à des doses et débits de dose faibles ou très faibles. A ce jour, il n'y a pas de consensus sur l'existence d'un risque de pathologie cardiaque en-dessous de 500 mSv environ.

En effet, certaines études épidémiologiques, notamment celle portant sur la population riveraine de la rivière Tetcha contaminée par l'usine de Mayak à l'époque de l'ex-Union Soviétique et celle sur la cohorte internationale Inworks (travailleurs américains, anglais et français de l'industrie nucléaire), ont mis en évidence une association significative entre les rayonnements ionisants et le risque de pathologie cardiaque chez des personnes exposées en-dessous de 500 mSv. A l'inverse, une récente étude transversale sur des enfants vivant sur des territoires contaminés par l'accident de Tchernobyl n'a pas mis en évidence d'association entre les arythmies cardiaques et le niveau de césium 137 dans ces territoires, et a observé que la prévalence de cette pathologie était significativement plus faible dans les territoires contaminés (13,3%) que dans les territoires non contaminés (15,2%).

Plusieurs études expérimentales ont montré que les faibles doses vont plutôt être en faveur d'une diminution de l'inflammation, qui joue un rôle important dans l'initiation des pathologies cardiovasculaires.

**Question 132 : Je constate, lors d'épidémies virales, un plus grand nombre de patients qui vient consulter qu'avant l'accident, y-a-t-il une relation causale ? N'y aurait-il pas une incidence des radio-isotopes ingérés sur le système immunitaire ? (post-accidentel)**

Les rayonnements ionisants peuvent avoir un impact direct significatif sur le système immunitaire, mais uniquement pour des expositions supérieures à 500 mSv. Cet impact est dû au fait que les lymphocytes sont très radiosensibles. Il peut donc en résulter un déficit de réponse immunitaire face à une infection virale ou bactérienne.

Pour les expositions inférieures à 500 mSv, il n'y a pas d'effet direct d'une exposition aux rayonnements ionisants sur le système immunitaire. Pour de très faibles expositions (inférieures à environ 20 mSv) il a même été montré dans des conditions expérimentales bien définies un effet stimulant potentiel de l'exposition, *via* une diminution de la réponse inflammatoire. Cependant, il faut également tenir compte des effets psychosomatiques de l'exposition, que celle-ci soit réelle ou supposée. De fait, il a été largement démontré que le statut psychosomatique de la personne va influencer sur son statut immunitaire, avec par exemple une fréquence plus importante de manifestations allergiques. Ces manifestations d'origine psychosomatiques peuvent également être à l'origine d'une augmentation des consultations en période d'épidémie virale ou bactérienne.

**Question 133 : Qui aura vocation à prescrire l'anthroporadiométrie ? (Post-accidentel)**

En phase d'urgence, ce sont les pouvoirs publics qui décideront de faire procéder, si nécessaire, à des mesures de la contamination individuelle interne de la population intervenant en situation d'urgence radiologique. Dans la phase post-accidentelle, les médecins pourront prescrire une analyse radiotoxicologique ou un examen anthroporadiométrique (cf. question 88) si celui-ci est justifié au regard des recommandations qui seront établies par les pouvoirs publics.

**Question 135 : Sur quels critères un médecin généraliste devra prescrire une anthroporadiométrie d'urgence ? (Post-accidentel)**

Sauf cas exceptionnel, rien ne justifie la réalisation d'un examen anthroporadiométrique en urgence. Ce type d'examen devra s'inscrire dans le cadre du programme de contrôle qui sera mis en place par les pouvoirs publics, et tenir compte en particulier des priorités qui seront arrêtées (cf. également questions 88 et 133).

**Question 136 : Y-a-t-il des pathologies spécifiques liées à l'âge du patient, en lien avec la radioactivité ? (post-accidentel)**

Il est reconnu que l'enfant est plus radiosensible que l'adulte. A dose identique reçue, le risque de cancer est multiplié par 5 à 10 lorsque l'irradiation se produit dans la petite enfance ou durant la vie fœtale. De plus, pour une même activité incorporée, la dose reçue par un enfant est plus élevée que celle reçue par l'adulte ; par exemple, suite à l'ingestion de césium 137, la dose est 1,6 fois plus élevée pour le nourrisson que l'adulte, pour de l'iode 131 elle est 8,2 fois plus élevée. C'est ce qui explique l'augmentation de l'incidence du cancer de la thyroïde observée seulement chez les personnes exposées pendant l'enfance, suite à l'accident de Tchernobyl.

**Question 137 : Y-a-t-il des risques supplémentaires à effectuer des diagnostics radiologiques à des personnes contaminées ? (post-accidentel)**

De manière générale, il est admis que les risques pour la santé dus à de multiples expositions aux rayonnements ionisants augmentent avec la dose cumulée. Aussi, toute exposition inutile doit être évitée, ceci d'autant plus lorsqu'il s'agit de jeunes enfants qui sont plus radiosensibles. Pour autant, si le risque existe, il ne doit pas être une entrave à la réalisation d'un examen radiologique qui est nécessaire. Il est important tout d'abord d'évaluer le rapport bénéfice/risque de l'examen envisagé en ayant à l'esprit que les doses délivrées peuvent être plus ou moins importantes selon la technique utilisée et la zone anatomique explorée. Par exemple, la dose efficace liée à une radiographie du thorax est de l'ordre de 0,05 mSv, celle liée à une scintigraphie thyroïdienne d'environ 2 mSv et celle d'un angioscanner abdomino-pelvien proche de 20 mSv. Il convient ensuite de prendre des précautions supplémentaires pour limiter la dose délivrée à ce qui est nécessaire pour une qualité suffisante de l'examen à réaliser. Ainsi, chaque examen radiologique doit être justifié (faire plus de bien que de mal en application du principe de justification) et la dose la plus faible possible doit être délivrée, en application du principe d'optimisation de la protection. Toutes les prescriptions d'examens doivent s'appuyer sur ces deux principes.

**Question 138 : Certaines personnes relatent des anomalies chez les oiseaux, les abeilles ou les arbres, ne serait-ce pas un signal pour les pathologies humaines ? (Post-accidentel)**

Les anomalies détectées chez les espèces non-humaines peuvent traduire la présence de xénobiotiques dans différents milieux de notre environnement. L'utilisation d'animaux « sentinelles » n'est pas nouvelle puisqu'au siècle dernier, les mineurs de charbon utilisaient déjà des canaris, plus sensibles que l'homme, pour détecter le monoxyde de carbone. Ainsi, au moindre malaise des oiseaux, le chantier était évacué.

Cependant, les animaux sentinelles ne se substituent pas aux tests toxicologiques classiques, ni aux études épidémiologiques humaines ou aux études démographiques des populations animales, ils sont un complément. Etant souvent éloignés de l'homme du point de vue évolutif (cas des invertébrés ou des oiseaux), ils n'ont pas les mêmes modes de vie et donc d'exposition que l'homme, ni la même sensibilité. Ainsi, les observations qui peuvent être faites sur les animaux, et *a fortiori* sur la flore, ne peuvent pas être extrapolées à l'homme. Cependant, ils peuvent servir de système d'alerte pour la détection des risques toxiques pour l'homme.

**Question 139 : Existe-t-il des aliments/alicaments permettant d'éviter ou d'abaisser *a posteriori* la contamination corporelle ? (toutes phases)**

Après une contamination interne corporelle, les éléments radioactifs vont être éliminés de l'organisme par les voies biologiques naturelles (expiration, excrétion, dans une moindre mesure transpiration) ou par décroissance naturelle de la radioactivité. Dans le cas particulier d'une contamination par du tritium sous forme d'eau tritiée, boire plus d'eau permet d'accélérer l'excrétion du contaminant. Cet apport hydrique supplémentaire doit cependant être limité dans le temps et rester dans des quantités raisonnables pour ne pas entraîner d'effets toxiques sur l'organisme. En dehors de ce cas particulier, il n'y a pas actuellement d'aliment ou d'alicament avec des effets prouvés sur une contamination corporelle une fois que la radioactivité a été incorporée. Certains auteurs ont par exemple rapporté des effets bénéfiques de la pectine pour réduire les taux de contamination corporelle par du césium, mais les études présentant ces résultats ne font pas consensus. Par contre, de façon préventive, un apport en iode suffisant par l'alimentation permet de diminuer la fixation d'iode radioactif par la thyroïde en cas de contamination par cet élément.

**Question 141 : Dans le cadre de ma formation initiale, il me semblait que lorsqu'on manipulait des sources radioactives, on portait des lunettes. Quid du rôle des faibles doses sur les problèmes de vues (myopie du jeune, cataracte chez la personne âgée, etc.) ? (toutes phases)**

Il a été mis en évidence une augmentation du risque de cataracte après exposition aux rayonnements ionisants, à forte dose (radiothérapie) ou à plus faible dose (chez les cardiologues interventionnels et manipulateurs radio qui reçoivent de faibles doses, mais de manière répétée lors des examens pratiqués sur les patients). Le seuil d'apparition de la cataracte radio-induite admis aujourd'hui à partir d'études chez ces différentes catégories de personnes exposées est de 500 mSv.

**Question 144 : Peut-on fréquenter sans crainte des personnes ayant été exposées ? (mon professeur, un élève, un collègue, un nouveau voisin ...) (Post-accidentel)**

Oui. Il n'y a aucun risque à fréquenter des personnes exposées aux rayonnements ionisants. Une personne qui a été irradiée, c'est-à-dire soumise uniquement à une exposition externe aux rayonnements ionisants (voir question 80), n'est pas radioactive et donc pas susceptible de contaminer d'autres personnes. Si elle est contaminée, c'est-à-dire qu'elle a incorporé des radionucléides, elle ne présente pas non plus de risque significatif pour les autres personnes de son entourage. La salive et la sueur sont une voie d'excrétion possible des radionucléides ayant été incorporés par cette personne. Mais le niveau de contamination interne attendu après un accident

nucléaire étant faible et la proportion susceptible d'être excrétée dans la salive ou la sueur étant elle-même très limitée, le risque de contaminer les personnes de son entourage est insignifiant.

**Question 145 : Peut-on embrasser (bonjour) une personne exposée lors de l'accident, sans craindre d'être contaminé ? (post-accidentel)**

Oui. Il n'y a aucun risque à embrasser une personne contaminée lors de l'accident. La salive et la sueur sont une voie d'excrétion possible des radionucléides ayant été incorporées par inhalation ou ingestion. Cependant le niveau de contamination interne attendu après un accident nucléaire étant faible et la proportion susceptible d'être excrétée dans la salive ou la sueur étant elle-même très limitée, le risque de se contaminer au contact des personnes contaminées est insignifiant (cf. questions 42 et 36).

**Question 163 : Doit-on laisser rentrer chez eux en zone contaminée des patients soignés ? (Post-accidentel)**

En fonction de la situation, une zone d'éloignement durable de la population pourra être délimitée par les pouvoirs publics à la suite d'un accident nucléaire si le niveau de contamination le requiert. En dehors d'une telle zone, sauf indication particulière des pouvoirs publics ou du médecin traitant, il n'y a aucune raison d'empêcher un patient de rester ou de retourner chez lui.

**Question 186 : Y-aura-t-il un suivi spécifique des personnes n'ayant pas pris un comprimé d'iode ? (post-accidentel)**

Le suivi médical des personnes ne dépend pas de la prise ou non de comprimés d'iode. Il pourra être mis en place par les pouvoirs publics en fonction de l'estimation de leur exposition pendant la phase de rejet et de leur lieu de vie en phase post accidentelle. De fait, la prise d'iode ne permet de protéger que des effets de l'iode radioactif sur la thyroïde, et pas des effets potentiels des autres radionucléides et autres voies d'exposition. Les personnes n'ayant pas pris de comprimé d'iode seront suivies de la même façon que celles qui en auront pris. Un suivi spécifique pour les pathologies de la thyroïde pourra être proposé, mais ne devrait pas être obligatoire ou systématique. En effet, un suivi systématique peut entraîner un sur-diagnostic de pathologies bénignes de la thyroïde (nodules et kystes bénins) qui ne présentent pas par ailleurs de risque de développement cancéreux, mais aussi entraîner une grande anxiété inutile chez les personnes.

**Question 194 : Si j'ai pris un comprimé d'iode est-ce utile de continuer à suivre les recommandations des autorités ? (Toutes phases)**

Même si le comprimé d'iode a bien été pris, il est important de rester à l'écoute des consignes données par les pouvoirs publics. D'une part, les rejets peuvent ne pas être terminés ou peuvent éventuellement reprendre. Sachant que l'efficacité de l'iode stable diminue au cours du temps, les autorités pourraient alors être amenées à recommander l'administration d'un second comprimé pour se protéger. D'autre part, les comprimés d'iode stable protègent uniquement la thyroïde sur laquelle pourrait se fixer l'iode radioactif : ils n'apportent aucune protection contre une contamination par les autres composés radioactifs libérés lors d'un accident nucléaire. Ils ne protègent pas non plus contre

les expositions externes. C'est pourquoi d'autres recommandations de protection pourraient être émises par les pouvoirs publics et il convient de les suivre.

**Question 199 : Que faire avec des malades de la thyroïde : poursuite du traitement ? prise d'iode stable ? (Toutes phases)**

Les personnes traitées pour une maladie thyroïdienne prendront le comprimé d'iode stable en veillant toutefois à consulter leur médecin dans les semaines suivantes.

Les phénomènes d'allergie à l'iode sont extrêmement rares. Aucun traitement n'est incompatible avec la prise d'iodure de potassium. Il n'y a qu'en cas de certaines co-prescriptions (antithyroïdiens de synthèse, lithium, diurétiques, anti-inflammatoires, thérapie par l'iode radioactif) qu'il est recommandé de faire un bilan de la fonction thyroïdienne.