



Conséquences sanitaires d'un accident nucléaire

Questions-réponses pour
les professionnels de santé

SOMMAIRE

1- GÉNÉRALITÉS	4
2- LE DOMAINE DE LA SANTÉ	8
2.1 Les maladies radio-induites : cancers, maladies cardiaques, système immunitaire	8
2.2 Les maladies de la thyroïde : cancers, interactions avec la prise de comprimés d'iode	17
2.3 La prise de comprimés d'iode stable : effets indésirables, effets secondaires, précautions	19
2.4 La distribution des comprimés d'iode stable : organisation	24
2.5 Mesure et traitement de la contamination interne : examens et traitements possibles	26
2.6 La conception, la sexualité	29
2.7 La maternité	32
2.8 L'enfance, l'adolescence	35
2.9 La santé mentale : crises d'angoisse, consommation d'anxiolytiques	35
2.10 Professionnels de santé et radioprotection : risques professionnels au cabinet médical, à l'hôpital et d'une façon générale pour les professionnels de santé	38
3- LA VIE EN SOCIÉTÉ	44
3.1 Les relations sociales : contamination / irradiation de contact	45
3.2 L'alimentation : l'eau, le potager, la chasse et la pêche	47
3.3 L'eau	49
3.4 Les produits alimentaires dans le commerce	49
3.5 Les produits du potager	50
3.6 Les produits de la chasse, de la pêche et de la cueillette	52
3.7 La vie quotidienne : comportement, déchets, déplacements, logement, jardin	55
3.8 Les vêtements	56
3.9 Le jardin	57
3.10 La vie à l'extérieur	58
3.11 Les déplacements	59
3.12 Questions diverses	60
3.13 Les animaux domestiques	60
4- LES ACTIVITÉS PROFESSIONNELLES	63
4.1 L'agriculture	63
4.2 Les risques professionnels	65
5- L'ENVIRONNEMENT	69
6- LA PHASE D'URGENCE	74
6.1 L'information de la population	78
6.2 La mise à l'abri	78
6.3 L'évacuation	79
6.4 La gestion des zones contaminées	80
6.5 Les dédommagements	83
GLOSSAIRE	85

AVANT-PROPOS

L'analyse des crises récentes, qu'elles soient technologiques comme l'incendie de l'usine Lubrizol, ou sanitaires comme la pandémie de Covid-19, montre que les professionnels de santé constituent des interlocuteurs vers qui se tournerait naturellement la population affectée par un événement ayant des conséquences sanitaires.

Le présent document est destiné à fournir aux professionnels de santé des éléments de réponse aux questions qui pourraient leur être posées dans une situation d'accident nucléaire.

Sur le fond, il repose sur des bases scientifiques et médicales solides ; sur la forme, il vise à la clarté et à la vulgarisation.

Ce document fait partie d'un ensemble d'outils produits par le Comité directeur pour la gestion de la phase post-accidentelle d'un accident nucléaire (Codirpa), qui est chargé de proposer une stratégie de gestion à long terme des territoires affectés par un accident nucléaire et une stratégie de protection de la population. La publication de ce document fait suite à la mise en place du site Internet www.post-accident-nucleaire.fr et à la publication du *Guide pratique pour les habitants d'un territoire contaminé par un accident nucléaire*.

Ce document est le fruit d'un travail collectif de deux groupes :

- un groupe de professionnels de santé (médecins, praticiens hospitaliers, psychiatre, médecin du travail, pharmacien, vétérinaire, infirmière, sage-femme) de la région de Poitiers habitant à proximité d'un site nucléaire. Ce groupe a produit une liste de plus de 200 questions couvrant tous les aspects d'un accident nucléaire ;
- un groupe d'experts issus de différents horizons comprenant des experts institutionnels (ASN, IRSN, DGS, DGEC, DGT, SPF, ARS), et des représentants de la société civile (CNAM, CEPN, CLI et ANCCLI, ACRO), chargé de rédiger les réponses, ainsi que les encarts complémentaires « pour en savoir plus ».

Le Codirpa remercie sincèrement toutes les personnes impliquées dans la préparation de ce document, et plus particulièrement les pilotes des deux groupes, respectivement M. Joël Robert et le Pr Catherine Luccioni.

Bernard Doroszczuk
Président du Codirpa
Président de l'ASN

1- GÉNÉRALITÉS

1 Généralités sur la radioactivité, la contamination, les voies d'exposition des personnes.

La radioactivité, les rayonnements ionisants

Certains éléments chimiques ont des isotopes qui sont naturellement instables, c'est-à-dire radioactifs. Ces isotopes radioactifs sont appelés radionucléides. La radioactivité est un phénomène physique dû à l'instabilité du noyau atomique de ces radionucléides, qui tendent vers une forme stable par désintégration. Cette radioactivité est d'origine naturelle (par exemple l'uranium-238 ou le radium-226) ou artificielle (par exemple le césium-137 ou l'iode-131). Lors de ce phénomène, les radionucléides se transforment en d'autres éléments chimiques (on dit qu'ils se désintègrent) en émettant des rayonnements ionisants. Chaque radionucléide se désintègre plus ou moins rapidement. La période radioactive, caractéristique de chaque isotope radioactif, correspond au temps nécessaire pour que la moitié des radionucléides se désintègrent. Par exemple, la période radioactive du césium-137 est d'environ 30 ans. Donc, il reste 50% du césium-137 après 30 ans, 25% après 60 ans et 12,5% après 90 ans. Il faut environ 10 périodes radioactives pour que la radioactivité résiduelle ait baissé d'un facteur 1 000, soit environ 300 ans pour le césium-137 (voir figure 1). Les périodes radioactives des principaux isotopes trouvés dans l'environnement à la suite d'un accident nucléaire sont données dans le tableau 1.

Tableau 1 : Période radioactive des principaux radionucléides rejetés lors d'un accident dans une centrale nucléaire et ayant une importance pour la radioprotection de la population.

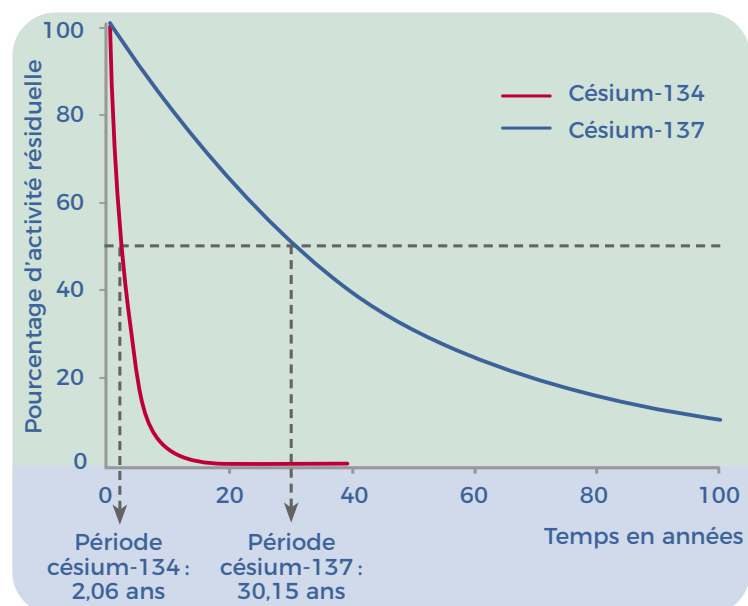
Isotope	Période
Iode-131	8,02 jours
Césium-134	2,06 ans
Césium-137	30,15 ans
Strontium-90	28,8 ans
Américium-241	432,2 ans

Différents types de rayonnements peuvent être émis, selon le mode de transformation des radionucléides :

- le rayonnement alpha (α) est une particule constituée de deux protons et deux neutrons qui est émise par l'atome lors de sa transformation. Les périodes radioactives des radionucléides émetteurs α sont souvent longues : par exemple 4,5 milliards d'années pour l'uranium-238, 1 600 ans pour le radium-226 ;
- le rayonnement bêta (β) est constitué d'électrons chargés soit négativement (β^-) soit positivement (β^+). Le rayonnement β^- est émis lors de la transformation d'un neutron en proton à l'intérieur du noyau, le rayonnement β^+ lors de la transformation inverse. Les périodes radioactives des radionucléides émetteurs bêta sont plus courtes que celles des émetteurs alpha

Figure 1. Décroissance radioactive du césium-134 et du césium-137.

Pour que l'activité diminue par décroissance radioactive d'un facteur 1 000, il faut environ 20 ans pour le césium-134 et un peu plus de 300 ans pour le césium-137.



(par exemple 29,1 années pour le strontium-90, 8 jours pour l'iode-131), parfois même très courtes (110 minutes pour le fluor-18);

- le rayonnement gamma (γ) est constitué de photons. Ce rayonnement électromagnétique est produit lors de la désexcitation d'un noyau dans un état excité à la suite de l'émission des rayonnements alpha ou bêta: c'est le cas par exemple lors de la désintégration du césium-137 et du césium-134;
- des neutrons sont issus lors de la fission de noyaux lourds (plus de 90 protons et neutrons dans le noyau). Certains noyaux instables se cassent de manière spontanée ou lors d'interactions avec des rayonnements, en donnant deux noyaux plus légers (produits de fission) et des neutrons. À noter que les neutrons ne sont présents que dans le cœur des réacteurs nucléaires. Ils ne présentent pas de danger pour la population en situation post-accidentelle.

Le rayonnement alpha est rapidement arrêté dans la matière. Il suffit de quelques centimètres dans l'air et de moins d'un centième de millimètre dans les tissus biologiques pour l'arrêter.

Le rayonnement bêta est plus pénétrant mais peut être arrêté par quelques millimètres de plastique ou de tissu biologique au maximum. Dans le cas particulier du rayonnement β^+ (parfois appelé positon), deux photons gamma très énergétiques sont produits après l'interaction du positon avec un électron de la matière; ce phénomène est utilisé pour la tomographie par émission de positons (TEP).

Le rayonnement gamma est quant à lui produit lors de la désexcitation d'un noyau après émission alpha ou bêta et est beaucoup plus pénétrant. À titre d'exemple, en fonction du niveau d'énergie et de l'intensité de la source de rayonnement, il faudra plusieurs centimètres de plomb ou des dizaines de centimètres de béton pour se protéger efficacement du rayonnement gamma.

Ces rayonnements sont dits ionisants car, lors de leur traversée de la matière, ils sont capables d'arracher des électrons aux atomes qu'ils rencontrent. Ce sont les phénomènes d'ionisation de la matière qui, s'il s'agit de tissus biologiques, induisent des lésions au niveau moléculaire et cellulaire qui peuvent être à l'origine d'effets sur l'organisme. Les rayonnements alpha sont beaucoup plus nocifs que les rayonnements bêta et gamma car ils transfèrent la totalité de leur énergie sur une distance beaucoup plus courte dans la matière.

Les voies d'exposition aux rayonnements ionisants

On parle d'irradiation ou d'exposition externe lorsque la source radioactive se trouve à l'extérieur du corps de la personne. Si on enlève la source radioactive, l'irradiation (ou l'exposition) s'arrête. L'irradiation externe est due principalement aux radionucléides présents dans l'environnement et qui émettent un rayonnement gamma. En effet, les rayonnements alpha et bêta sont rapidement arrêtés dans l'air ou la matière. Il est possible de se protéger de l'irradiation externe soit en diminuant le temps passé à proximité des sources ou des zones



Figure 2. À gauche, contamination interne par ingestion d'eau contaminée; au milieu, irradiation par une source externe; à droite, contamination externe par transfert de radioactivité depuis un objet contaminé vers la main de la personne.

fortement contaminées, soit en s'en éloignant, soit en utilisant un écran de protection. C'est la règle du temps/distance/écran.

On parle de contamination externe lorsque la radioactivité s'est déposée sur la personne (peau ou vêtements). Il est possible d'éliminer cette contamination externe en enlevant les vêtements contaminés et en se lavant (lavage de mains, douche, etc.). Les vêtements contaminés peuvent aussi être décontaminés par lavage. La contamination cutanée ne peut induire des effets nocifs que s'il s'agit de radionucléides émetteurs de rayonnements bêta très énergétiques (cas du strontium-90 par exemple), beaucoup plus rarement avec des émetteurs de rayonnements alpha ou gamma.

On parle de contamination interne lorsque la radioactivité a été incorporée dans l'organisme, que ce soit par inhalation, par ingestion ou par passage transcutané. Tous les types de rayonnements ionisants sont concernés. Le rayonnement alpha est particulièrement nocif lorsque les radionucléides qui en émettent sont incorporés dans l'organisme (cas du plutonium et de l'uranium par exemple). Les rayonnements bêta et gamma, émis depuis l'intérieur de l'organisme, peuvent également induire des effets nocifs. Les radionucléides incorporés dans l'organisme sont éliminés par deux mécanismes : la décroissance radioactive d'une part et l'élimination par les processus biologiques naturels d'autre part. La période effective est le temps nécessaire pour que la quantité de radionucléides présents dans l'organisme diminue de moitié, en tenant compte de ces deux mécanismes. Par exemple, le tritium a une période radioactive de 12,3 ans et une période effective d'une dizaine de jours sous forme d'eau tritiée et de six mois environ sous forme de thymidine tritiée.

Les grandeurs d'activité et de dose (dose absorbée, dose équivalente et dose efficace)

Dans le domaine de la radioprotection, quatre grandeurs sont utilisées :

- la radioactivité correspond au nombre de désintégrations par unité de temps. L'unité est le becquerel (symbole Bq), du nom d'Henri Becquerel découvreur de la radioactivité naturelle. 1 Bq correspond à une désintégration par seconde. À titre d'exemple, le corps d'un homme de 70 kg contient près de 10 000 Bq ; pour les sources radioactives, on parle souvent en megabecquerel (MBq : million de becquerels), en gigabecquerel

(GBq : milliard de becquerels) et même parfois en terabecquerel (TBq : mille milliards de becquerels). Le Bq est l'unité officielle dans le système international d'unités ; cependant, on trouve encore une ancienne unité, le curie (symbole : Ci, nommé ainsi en l'honneur de P. et M. Curie). 1 Ci = 37 milliards Bq (37 GBq) ;

- la dose absorbée (symbole D) est la quantité d'énergie déposée par unité de masse dans la matière par interaction des rayonnements ionisants. En effet, les rayonnements ionisants cèdent peu à peu leur énergie en traversant les tissus biologiques. La dose s'exprime en gray (symbole Gy), nommé en hommage à Louis Gray, physicien britannique. Dans le système international d'unité, 1 Gy = 1 joule/kilogramme. La nocivité des rayonnements ionisants dépend de leur nature et de la sensibilité de l'organe touché. La dose absorbée ne renseigne pas sur le risque sanitaire. Il a donc fallu introduire d'autres grandeurs ;
- la dose équivalente (symbole H) permet une évaluation des dommages biologiques en fonction de la nature des rayonnements ionisants. Elle s'exprime en sievert (symbole Sv) en hommage à Rolf Sievert, physicien suédois. Chaque type de rayonnement ionisant (alpha, bêta, gamma ou encore neutrons) se voit attribuer un facteur de pondération, appelé w_R , qui reflète la dangerosité du rayonnement en question par rapport à celle des photons. Par exemple, la valeur du facteur de pondération est égale à 1 pour les rayonnements gamma et bêta, et égale à 20 pour les rayonnements alpha qui sont 20 fois plus nocifs que les photons. Donc, une dose absorbée de 1 mGy due au rayonnement gamma du césium-137 correspond à une dose équivalente de 1 mSv, alors qu'une dose absorbée de 1 mGy due à un rayonnement alpha correspond à une dose équivalente de 20 mSv. En radioprotection, la dose équivalente s'applique aux organes pris individuellement. On parle, par exemple, de dose équivalente à la thyroïde ou aux poumons ;
- la dose efficace (symbole : E) permet de tenir compte de la différence de sensibilité des organes aux rayonnements ionisants. La dose efficace est la somme des doses équivalentes reçues par chacun des organes, pondérée par un facteur, appelé facteur de pondération tissulaire. Ce facteur de pondération tissulaire, appelé w_T , reflète le risque d'effets stochastiques, en particulier de cancers ; en effet, le risque de survenue d'effets stochastiques est plus élevé pour certains organes

(moelle osseuse, thyroïde) que pour d'autres (muscles, os). La dose efficace est exprimée en sievert (Sv), comme la dose équivalente. À titre d'exemple, le facteur de pondération est de 0,12 pour la moelle osseuse, 0,03 pour la thyroïde et de 0,01 pour les os. Si la thyroïde d'un adulte a reçu une dose équivalente de 10 mSv sans exposition du reste de l'organisme, alors la dose efficace est de $10 \times 0,03 = 0,3$ mSv. Quelques exemples de valeurs d'exposition dans différentes situations sont donnés dans la figure 3. L'utilisation de la même unité pour deux grandeurs différentes est souvent source de confusion. Il est donc fortement recommandé de toujours préciser si on parle de dose équivalente ou de dose efficace.

L'activité et la dose sont des grandeurs physiques, c'est-à-dire mesurables, comme le mètre ou le kilogramme. En revanche, la dose efficace et la dose équivalente ne sont pas accessibles directement par la mesure, elles ne peuvent être que calculées.

Dans le langage courant, on utilise très souvent le terme de dose pour la dose efficace et, dans ce cas, la dose est exprimée en Sv.

Le sievert (Sv)

C'est l'unité de mesure des effets de la radioactivité sur le corps.

1 sievert = 1 000 millisieverts (mSv)

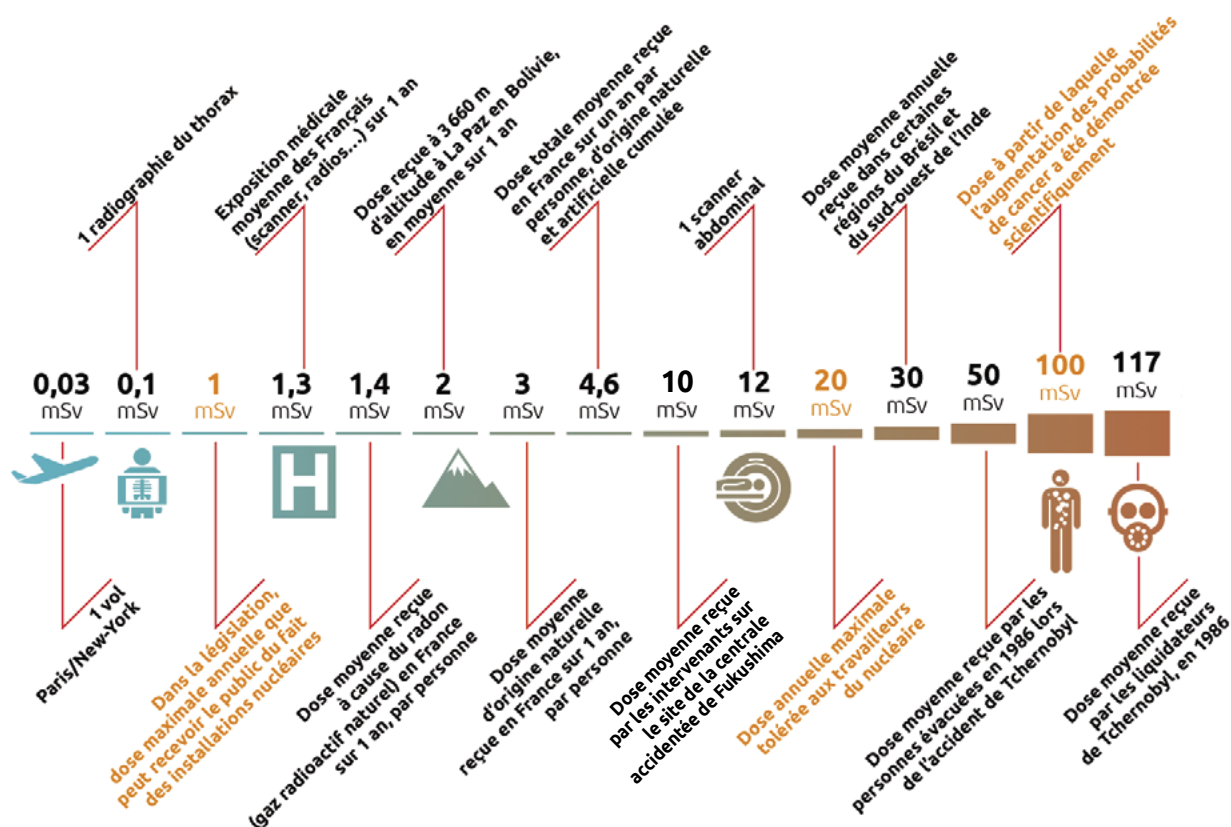


Figure 3. Quelques exemples de niveaux d'exposition de l'homme avec l'indication de la dose efficace moyenne par an ou de la dose efficace ponctuelle, exprimée en mSv. Source : ASN/IRSN,

2- LE DOMAINE DE LA SANTÉ

2.1 | Les maladies radio-induites : cancers, maladies cardiaques, système immunitaire

2 | Quels sont les effets des rayonnements ionisants pour la santé ?

Relation dose-effet, existence d'un seuil ou non, etc.

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

- les effets déterministes (encore appelés réactions tissulaires nocives), dus en grande partie à la mort ou au 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 dans 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 après quelques jours à quelques semaines après l'exposition. Il s'agit par exemple de brûlures cutanées, pertes de cheveux, stérilité (temporaire ou définitive selon la dose), atteinte des lignées sanguines (leucopénie, thrombopénie et plus tardivement anémie), atteinte de la muqueuse intestinale (syndrome gastro-intestinal), etc. Certains effets déterministes, comme la cataracte ou certaines maladies 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. Ces effets sont 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 cancérigènes des rayonnements ionisants ont été démontrés chez les survivants des bombardements atomiques d'Hiroshima et Nagasaki au Japon, ainsi que chez d'autres populations exposées à des sources de rayonnements environnementales, médicales ou professionnelles. Pour la plupart des cancers radio-induits, un excès de risque a été observé après un délai d'au moins cinq à dix ans après l'exposition aux rayonnements. Cependant, ce temps de latence peut être plus court, par exemple pour le cancer de la thyroïde chez les enfants avec un délai de trois à cinq ans, ainsi que pour la leucémie avec un délai minimum de deux ans. Étant donné que l'exposition de la population restera faible voire très faible dans une situation d'accident sur un réacteur nucléaire, seule une augmentation potentielle du risque de cancers (effets stochastiques) est à considérer, notamment le cancer de la thyroïde chez les personnes exposées pendant l'enfance avec un délai d'apparition pouvant aller de quelques années à plusieurs dizaines d'années.

Les rayonnements ionisants sont par ailleurs susceptibles de produire des altérations génétiques potentiellement transmissibles à 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 (*voir questions 45 et 49*). Cela ne signifie pas qu'aucun dommage n'a été occasionné, mais simplement que, s'il existe, le risque est trop faible pour être observable compte tenu des doses auxquelles la population a été exposée (y compris à Hiroshima et Nagasaki).

3 | Quels sont les différents symptômes de l'irradiation ou de la contamination en fonction de leur gravité ?

L'irradiation et la contamination peuvent induire des effets sur la santé avec des symptômes précoces ou tardifs selon le niveau de dose reçue (*voir questions 2 et 98*).

Étant donné que l'exposition de la population restera faible voire très faible, seule une augmentation potentielle du risque de cancers (effets stochastiques) est à considérer, notamment le cancer de la thyroïde chez l'enfant avec un délai d'apparition de quelques

années. Le risque de cancers de la thyroïde peut être considérablement réduit par l'application des recommandations des pouvoirs publics : prise d'iode stable, non-consommation d'aliments, etc.

À forte dose, les rayonnements ionisants peuvent induire des réactions précoces (dans une échelle de temps allant de plusieurs heures à quelques semaines) comme des réactions tissulaires de type inflammatoire comme l'érythème voire la brûlure cutanée, ou des effets graves comme la dépression du système hématopoïétique. Des niveaux de contamination interne suffisamment élevés pour induire des complications précoces ne sont rencontrés que de manière exceptionnelle et ne sont pas attendus en situation post-accidentelle pour la population (voir question 5). 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 la sténose de vaisseaux sanguins conduisant à une nécrose profonde des tissus à la suite d'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 sténoses intestinales provoquées par l'ulcération grave des muqueuses. Dans la plupart des tissus, les effets sont d'autant plus graves que les volumes concernés sont grands.

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

Les réactions décrites ci-dessus sont aussi appelées effets déterministes (voir questions 2 et 98) 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).

4 Y a-t-il des maladies déclenchées ou aggravées par une exposition à la radioactivité ? (asthme, cancer, allergies, maladies auto-immunes, etc.)

Les rayonnements ionisants peuvent induire des effets nocifs de différents types sur la santé, déterministes et stochastiques (voir question 2). L'accroissement du risque de cancer est démontré par des études épidémiologiques et expérimentales pour des doses supérieures à environ 100 mSv. Le risque d'apparition de cancer radio-induit dépend également du débit de dose. À dose égale, le risque est plus faible à faible débit de dose qu'à débit de dose élevé (voir aussi l'encart « La relation linéaire sans seuil, base du système de radioprotection » page 14). Les études portant sur les survivants des bombardements d'Hiroshima et de 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)¹ alors que le niveau de preuve scientifique est faible pour d'autres cancers (pancréas et prostate notamment).

Plus le sujet est jeune, plus le risque de développer un cancer est élevé pour une même dose. Pour des expositions externes 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 (voir également la réponse à la question 6).

Les études montrent également que l'embryon est radiosensible, mais avec des conséquences différentes selon la période de gestation. Durant la phase pré-implantatoire, la réponse de l'embryon est une réponse « tout ou rien ». Si les cellules embryonnaires arrivent à réparer les dommages radio-induits, alors l'embryon se développera normalement. Dans le cas contraire, l'embryon disparaîtra. Pendant la période d'organogenèse (de la 2^e à la 8^e semaine de gestation), il y a un risque d'induction de malformations pour des doses supérieures à environ 100 mSv (voir question 51 et encart page 31). Durant la phase de développement du système nerveux central (première partie de la phase de développement foetal, de la 8^e à la 15^e semaine de gestation), il y a également un risque d'apparition d'un retard mental. Les données sur les survivants des bombardements d'Hiroshima et de Nagasaki, mais aussi les données de nombreuses autres études relatives à l'induction d'un retard mental grave après irradiation pendant la période de la 8^e à la 15^e semaine après la conception, sont en faveur

¹ Par exemple, une liste de cancers potentiellement radio-induits est proposée dans le cadre de l'indemnisation des vétérans des essais nucléaires dans l'annexe du décret n°2014-1049 dans sa version consolidée du 24 juin 2019.

de l'existence d'un seuil supérieur à 100 mSv pour cet effet et par conséquent de l'absence de risques aux faibles doses.

Des maladies non cancéreuses (cataractes, maladies cardiovasculaires) peuvent par ailleurs apparaître chez des personnes exposées aux rayonnements ionisants, cela étant démontré pour des doses supérieures à environ 500 mSv (voir également question 8)².

Les personnes résidant dans des territoires contaminés, comme après les accidents de Tchernobyl et de Fukushima, sont exposées à des doses plus faibles que celles mentionnées ci-dessus, en général inférieures à 20 mSv la première année, avec de faibles débits de doses et potentiellement sur de longues périodes. Le risque pour ces personnes de développer un cancer lié à leur exposition aux rayonnements ionisants n'a pas été démontré jusqu'à présent, en dehors du cancer de la thyroïde chez les enfants et adolescents lié à l'exposition en phase d'urgence et en l'absence de prophylaxie. Cependant, ce risque ne peut pas être totalement exclu.

À 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 maladies préexistantes (asthme, allergies, maladies auto-immunes).

5 Quels sont les symptômes précoces d'un problème de santé à la suite d'une contamination ?

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

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; elles ne peuvent donc pas entraîner d'effets précoces sur la santé. En revanche, des effets sanitaires liés à l'anxiété et aux changements de mode de vie peuvent survenir comme cela a été observé après les accidents de Tchernobyl et

de Fukushima : troubles du sommeil, dépression, augmentation des allergies, des cas de diabète et de maladies cardiovasculaires. Certains de ces symptômes sont susceptibles d'apparaître de façon précoce après l'exposition, mais sans lien direct avec celle-ci.

6 Y a-t-il des maladies spécifiques liées à l'âge du patient, causées par la radioactivité ?

Il est reconnu que l'enfant est plus radiosensible que l'adulte. À dose identique reçue, le risque de cancer est multiplié par cinq à dix lorsque l'irradiation se produit dans la petite enfance ou durant la vie foétale. De plus, pour une même activité incorporée totale, la dose reçue par un enfant est plus élevée que celle reçue par l'adulte; par exemple, la dose est 1,6 fois plus élevée pour le nourrisson que pour l'adulte à la suite d'une ingestion de césium-137; elle est 8,2 fois plus élevée à la suite de l'incorporation d'iode-131. Les différences de radiosensibilité et de dose expliquent l'augmentation du taux d'incidence du cancer de la thyroïde observée seulement chez les personnes exposées pendant l'enfance et l'adolescence, à la suite de l'accident de Tchernobyl.

S'agissant des maladies non cancéreuses, il n'y a pas de données épidémiologiques permettant de quantifier l'effet de l'âge. Si un effet existe, le risque est faible pour la population en phase post-accidentelle.

7 Existe-t-il des interactions entre une contamination et certains médicaments ?

Dans l'état actuel des connaissances chez l'homme, il n'existe pas d'interaction directe entre une contamination interne par des radionucléides et la prise de médicaments. Par conséquent, il n'y a pas lieu d'envisager un changement de traitement, sauf en cas d'apparition d'effets indirects liés à l'accident. En effet, des perturbations dans les habitudes de vie à la suite d'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 de cas de diabète ou de maladies cardiovasculaires.

² ICRP statement on tissue reactions and early and late effects of radiation in normal tissues and organs – Threshold doses for tissue reactions in a radiation protection context. ICRP publication 118. Ann. ICRP 41(1/2).

8 J'ai un patient atteint de maladie cardiaque, est-ce que le fait de vivre dans une zone contaminée risque d'aggraver sa maladie ou d'atténuer la prophylaxie ?

Les expositions à de fortes doses de rayonnements ionisants induisent des effets délétères et potentiellement 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. À ce jour, il n'y a pas de consensus sur l'existence d'un seuil d'apparition de maladie cardiaque due aux irradiations.

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-URSS et celle sur la cohorte internationale Inworks³ (travailleurs américains, anglais et français de l'industrie nucléaire), ont mis en évidence une association significative entre l'exposition aux rayonnements ionisants et le risque de maladie cardiaque chez des personnes exposées en dessous de 500 mSv. En revanche, une récente étude transversale sur des enfants résidant dans 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. Il a été observé que la prévalence de ces arythmies était significativement plus faible dans les territoires contaminés (13,3 %) que dans les territoires non contaminés (15,2 %). En tout état de cause, il conviendrait de suivre les enfants jusqu'à l'âge adulte où les maladies cardio-vasculaires sont plus fréquentes.

Plusieurs études expérimentales ont montré que l'exposition aux faibles doses de rayonnement est plutôt en faveur d'une diminution de l'inflammation, qui joue un rôle important dans les phénomènes initiateurs des maladies cardiovasculaires.

9 Si je constatais, lors d'épidémies virales, un plus grand nombre de patients qui viennent consulter qu'avant l'accident, y aurait-il une relation causale ? N'y aurait-il pas une incidence des radio-isotopes ingérés sur le système immunitaire ?

Les rayonnements ionisants peuvent avoir un effet direct significatif sur le système immunitaire, mais uniquement pour des expositions supérieures à 500 mSv. Cet effet 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.

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. D'autres facteurs (apports alimentaires, facteurs psychosomatiques, etc.) peuvent influencer, indépendamment de l'exposition, sur le statut immunitaire, avec par exemple une fréquence plus importante de manifestations allergiques, pouvant expliquer une augmentation des consultations en période d'épidémie virale ou bactérienne.

10 Dois-je conseiller les activités physiques à mes patients ? Même dans les lieux contaminés ?

Une fois les rejets terminés, il est tout à fait possible – et même conseillé d'une manière générale – d'avoir une activité physique extérieure. Il est recommandé de suivre les consignes données par les pouvoirs publics concernant l'accès à certains lieux (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.

3 Leuraud K, Richardson DB, Cardis E, Daniels RD, Gillies M, O'Hagan JA, Hamra GB, Haylock R, Laurier D, Moissonnier M, Schubauer-Berigan M, Thierry-Chef I, Kesminiene A. Ionizing radiation and leukaemia and lymphoma: Findings from an international cohort study of radiation-monitored workers (INWORKS). *The Lancet Haematol*. 2015 July; 2: e276-e281. [http://dx.doi.org/10.1016/S2352-3026\(15\)00094-0](http://dx.doi.org/10.1016/S2352-3026(15)00094-0).

11 Y aura-t-il un suivi spécifique des personnes n'ayant pas pris de comprimés d'iode ?

La prise d'iode stable n'est prescrite par les pouvoirs publics que lors de rejets d'iode radioactif et sur un certain périmètre. Après l'accident, un recensement des personnes concernées sera effectué dans des centres d'accueil et d'information du public. Ce sera l'occasion de signaler la non-prise de comprimé(s) d'iode stable. Toutefois, le suivi médical des personnes ne dépendra pas exclusivement 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 stable 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. Un suivi spécifique pour rechercher des maladies radio-induites de la thyroïde pourra être proposé, mais il ne devrait pas être obligatoire ou systématique. En effet, un suivi systématique peut entraîner un sur-diagnostic de maladies bénignes de la thyroïde (nodules et kystes bénins) sans risque de développement cancéreux, mais aussi entraîner une grande anxiété inutile chez ces personnes, comme cela a été observé à la suite de l'accident de Fukushima (voir l'encart « les cancers de la thyroïde après un accident nucléaire » page 18). S'agissant des personnes ayant une maladie de la thyroïde préexistante, un suivi particulier sera envisagé (voir question 18).

12 Comment limiter aujourd'hui les conséquences de l'exposition passée ?

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 atomes radioactifs. Le traitement n'est préconisé que pour des cas de contamination importante sur conseil des experts (voir également question 43).

13 Certaines personnes relatent des anomalies chez les oiseaux, les abeilles ou les arbres, ne serait-ce pas un signal pour les maladies chez l'homme ?

Les anomalies détectées chez les espèces non-humaines peuvent traduire la présence de polluants dans différents milieux de notre environnement. Cependant, les animaux « sentinelles » ne se substituent pas aux tests toxicologiques classiques, ni aux études épidémiologiques chez l'homme ou aux études démographiques des populations animales, ils sont un complément. Étant 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 aux rayonnements ionisants. 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.

14 Dans le cadre de ma formation initiale, il me semblait que lorsqu'on manipulait des sources radioactives, on portait des lunettes. Quel est le rôle des faibles doses sur les problèmes de vue (myopie du jeune, cataracte chez la personne âgée, etc.) ?

Une augmentation du risque de cataracte a été mise en évidence après exposition aux rayonnements ionisants, à forte dose (radiothérapie) ou à plus faible dose (chez les professionnels de santé qui reçoivent de faibles doses lors de procédures interventionnelles, mais de manière répétée). 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 l'ordre de 500 mSv au cristallin.⁴

⁴ ICRP statement on tissue reactions and early and late effects of radiation in normal tissues and organs – Threshold doses for tissue reactions in a radiation protection context. ICRP publication 118. Ann. ICRP 41(1/2).

15 En cas d'accident nucléaire, la prise d'iode serait-elle compatible avec un traitement anti-cancéreux, notamment chez l'enfant ?

En situation d'urgence, il ne faut pas arrêter le traitement anti-cancéreux et il faut prendre l'iode stable, sauf en cas de cancer de la thyroïde. D'une manière générale, la prise d'iode stable est compatible avec tout traitement n'interférant pas sur la fonction thyroïdienne. À l'exception du cancer de la thyroïde, il n'existe pas d'incompatibilité avec un traitement anti-cancéreux, y compris chez l'enfant. Cependant, ces traitements étant de nature très diverse, il est recommandé de ne pas retarder la prise d'iode (pour assurer la protection de la thyroïde) et d'en discuter *a posteriori* avec un médecin oncologue.

POUR EN SAVOIR PLUS

Effets déterministes et effets stochastiques

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

- les effets déterministes, dus en grande partie à la mort des cellules à la suite de fortes doses. Ils sont également appelés « réactions tissulaires » ;
- les effets stochastiques, comprenant les cancers résultant de la mutation de gènes dans des cellules somatiques et les effets héréditaires dans la descendance du fait de la mutation de gènes dans des cellules reproductives (cellules germinales).

Les effets déterministes sont par exemple des brûlures cutanées, pertes de cheveux, vomissements, stérilité (temporaire ou définitive), chute du nombre de cellules sanguines (globules blancs, plaquettes et plus tardivement globules rouges), syndrome gastro-intestinal. Ce sont des effets à seuil, c'est-à-dire qui apparaissent de manière certaine au-dessus d'un niveau de dose (effet de seuil) qui varie de quelques centaines de mGy à plusieurs Gy selon l'organe et le type d'effet (*figure page suivante*). Ces niveaux de dose ne sont rencontrés que très rarement lors d'un accident, et seulement pour des intervenants. La gravité de ces effets augmente avec la dose. Par exemple, pour la brûlure radiologique, les premiers effets (inflammation, épilation localisée ou décoloration de la peau) apparaissent pour des doses d'environ 5 Gy. Des doses supérieures à 20 Gy induisent une nécrose sévère de la peau. Les effets déterministes sont géné-

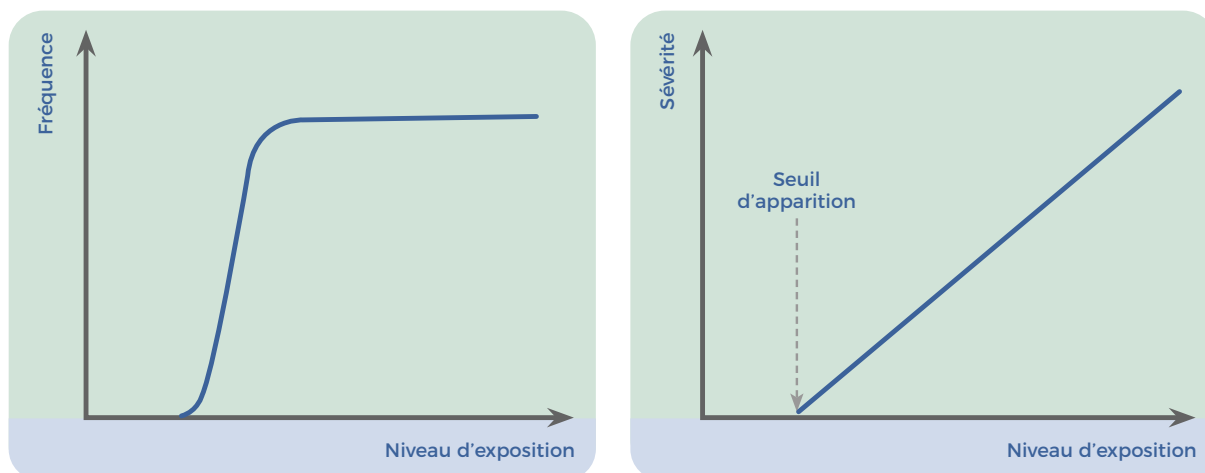
ralement précoces, apparaissant de quelques jours à quelques semaines après l'exposition. Certains effets déterministes, comme les cataractes ou les pathologies cardiovasculaires, peuvent survenir à long terme (plusieurs années après l'exposition).

Les effets stochastiques, qui sont principalement des cancers, sont des effets qui se produisent de manière aléatoire parmi les personnes exposées. Ces effets sont 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 (*figure page suivante*). Jusqu'à présent, la démonstration d'un excès de cancers a été faite pour des expositions supérieures à environ 100 mSv. Des études récentes menées sur des cohortes de très grande taille avec des expositions chroniques à plus faibles doses semblent confirmer l'existence d'un risque d'effets cancérogènes. Ce risque de cancer est également dépendant du débit de dose.

Les effets cancérogènes des rayonnements ionisants ont été démontrés chez les survivants des bombardements atomiques d'Hiroshima et de Nagasaki, ainsi que dans d'autres populations exposées à des sources de rayonnements environnementales, médicales ou professionnelles. Pour la plupart des cancers, un excès de risque a été observé après un délai (temps de latence) de cinq à dix ans, voire même 30 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 minimum de quatre ans, ainsi que pour la leucémie avec un délai minimum de deux ans.

Les rayonnements ionisants sont par ailleurs susceptibles de produire des altérations génétiques transmissibles à la descendance après l'irradiation des cellules germinales parentales et donc des effets héréditaires. Toutefois, chez l'homme, les études épidémiologiques n'ont pas démontré d'effets héréditaires après exposition aux radiations d'un ou des deux parents. Cela 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 la population était exposée.

Effets déterministes



Effets stochastiques

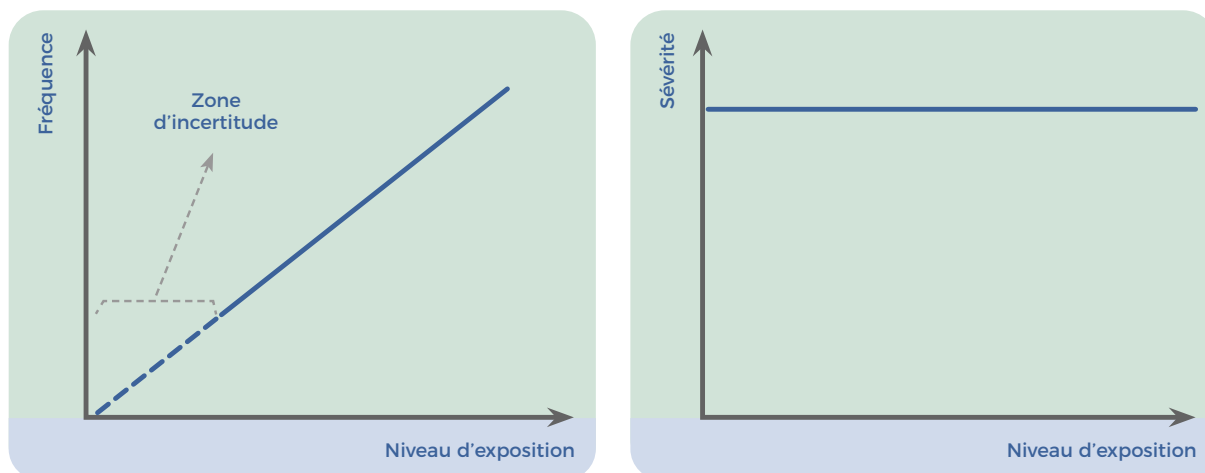


Figure 4. Différence entre effets déterministes et effets stochastiques. Les effets déterministes (en haut) apparaissent systématiquement à partir d'un certain seuil d'exposition, mais leur sévérité augmente avec le niveau d'exposition. À l'inverse, les effets stochastiques (en bas) apparaissent plus fréquemment en fonction du niveau d'exposition, mais leur gravité est toujours la même. Pour les effets stochastiques, il reste des incertitudes sur la forme de la relation dans le domaine des faibles doses (trait en pointillé).

La relation linéaire sans seuil, base du système de radioprotection

À l'origine du système de radioprotection actuel, dans les années 1900 à 1920, c'est la protection contre les effets déterministes, et en particulier contre les atteintes de la peau chez les radiologues, qui a conduit à proposer les premières limites d'exposition aux rayonnements ionisants. La protection contre les effets déterministes est relativement aisée, puisqu'il s'agit d'effets à seuil : si la dose reçue est inférieure à ce seuil, alors il n'y a pas d'effet.

Cependant, il est apparu dans les années 1930 que le risque de cancer devait également être pris en compte dans le système de radioprotection. De fait,

les cancers induits par une irradiation peuvent apparaître pour des doses nettement inférieures aux doses seuils pour l'apparition des effets déterministes. Les cancers radio-induits apparaissent en plus des cancers dus à d'autres causes et sont impossibles à distinguer, du point de vue anatomo-pathologique. Le seul moyen pour connaître la fréquence des cancers radio-induits est donc de faire des études épidémiologiques qui consistent à comparer la fréquence d'apparition d'un cancer dans une population exposée aux rayonnements ionisants avec celle d'une population comparable mais non-exposée. La première étude épidémiologique de grande ampleur sur l'apparition de cancers radio-induits a été conduite sur les survivants des bombardements d'Hiroshima et de Nagasaki, soit environ 86 000 personnes. Les victimes

ont reçu une dose d'irradiation comprise entre 0,05 et 3 Gy, ce qui a permis d'établir une relation entre la fréquence d'apparition des cancers (de toute nature) et la dose d'irradiation reçue. Il en résulte que, sur la base de l'étude des survivants des bombardements d'Hiroshima et de Nagasaki, le risque d'apparition d'un cancer est augmenté d'environ 5% par Sv en dose efficace chez l'adulte, et que l'augmentation est linéaire en fonction de la dose entre 0,1 Sv et 3 Sv (figure ci-dessous). C'est la base du système de radioprotection actuel. Le risque d'apparition d'un cancer n'est pas le même pour tous les organes, c'est ce que reflète le coefficient w_T utilisé pour le calcul de la dose efficace (voir l'encart « les grandeurs d'activité et de dose » page 6).

La fréquence d'apparition d'un cancer varie en fonction de nombreux paramètres : âge, sexe, facteurs génétiques, mode de vie, nature de l'irradiation, débit de dose (dose reçue par unité de temps). Par exemple, le tabac et l'alcool sont des facteurs aggravants connus. Ces facteurs aggravants ne sont pas

toujours faciles à évaluer dans les études épidémiologiques et induisent une incertitude sur leurs résultats. De plus, toutes les études épidémiologiques ne sont pas concordantes et peuvent donner un risque par unité de dose différent pour un même cancer.

Afin d'assurer la protection de toute personne exposée, que l'origine de l'exposition soit professionnelle, médicale, ou en situation post-accidentelle, la commission internationale de radioprotection (CIPR) a choisi de retenir, pour la gestion du risque, l'hypothèse d'une relation linéaire sans seuil entre la dose reçue et le risque d'apparition d'un cancer radio-induit. Cette hypothèse implique que toute dose reçue peut induire un risque supplémentaire de cancer proportionnel à cette dose. Calculée sur la base de la relation définie à forte dose, une exposition à 10 mSv induirait une augmentation de risque de cancer radio-induit d'environ 0,05%, à comparer au risque de mortalité par cancer qui est en moyenne de 28% en France.

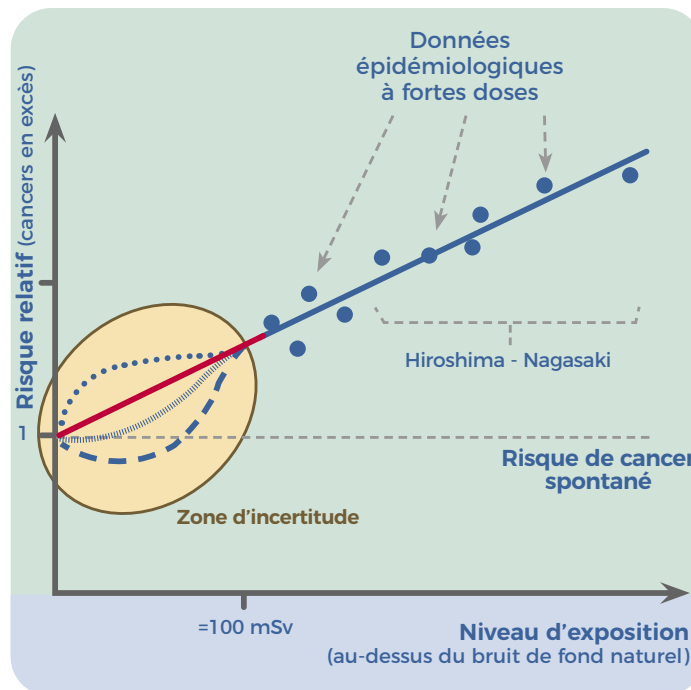


Figure 5. Représentation schématique des différentes possibilités d'extrapolation, à faible dose, pour la relation entre exposition aux rayonnements ionisants et excès de risque de cancer. Chaque point bleu schématise une valeur de risque relatif obtenu dans les études épidémiologiques réalisées dans la gamme des fortes doses. Les données épidémiologiques permettent d'établir avec certitude une relation linéaire pour une exposition au-dessus de 100 mSv (trait bleu plein). En dessous de 100 mSv environ, les incertitudes sont trop importantes pour pouvoir statuer de façon certaine sur la forme de la relation (zone entourée en vert). Pour les expositions inférieures à 100 mSv, l'hypothèse prudente d'une relation linéaire sans seuil a été retenue (droite rouge), dans la prolongation de la relation linéaire attestée pour les expositions supérieures à 100 mSv. Cette hypothèse de relation linéaire sans seuil est la base du système de radioprotection actuel. Cette hypothèse semble être confirmée par des études épidémiologiques récentes menées sur des cohortes de très grande taille avec des expositions chroniques à plus faibles doses.

Les différents types de cancers

Les effets cancérigènes des rayonnements ionisants ont été démontrés dans de nombreuses études épidémiologiques portant sur différentes populations exposées à des sources de rayonnements environnementales, médicales, professionnelles ou accidentelles. Plusieurs de ces études (dont celles sur les Japonais survivants des bombardements atomiques d'Hiroshima et de Nagasaki, les mineurs d'uranium ou encore la population exposée aux retombées de l'accident de Tchernobyl) ont permis de mettre en évidence une relation entre l'exposition aux radiations et la survenue de cancers. Plusieurs types de cancers peuvent être radio-induits, tels que les cancers solides (poumon, sein, estomac, côlon, thyroïde, etc.) et les leucémies. Dans l'étude des survivants des bombardements atomiques d'Hiroshima et de Nagasaki, une augmentation du risque de cancer a été observée quelques années après l'exposition aiguë aux rayonnements ionisants et continue encore d'être observée à ce jour. De la même manière, les études sur les travailleurs de l'industrie nucléaire, exposés à de plus faibles doses mais répétées dans le temps, ont montré une augmentation du risque de tumeurs solides et de leucémies après de telles expositions.

Certaines expositions spécifiques peuvent entraîner la survenue de cancers ciblés. Par exemple :

- les études sur l'exposition au radon ont montré une association entre cette exposition et le risque de cancer du poumon, que ce soit l'exposition professionnelle des mineurs d'uranium exposés ou celle de la population générale dans l'habitat ;
- à la suite de l'accident de Tchernobyl, il a été démontré une augmentation du risque de cancer de la thyroïde chez les enfants exposés à l'iode radioactif, le délai d'apparition variant de quelques années à plusieurs dizaines d'années ;
- à la suite de l'application de techniques thérapeutiques anciennes comme lors de la réalisation de pneumothorax avec expositions répétées à de fortes doses de rayonnements ionisants à visée thérapeutique, une augmentation du risque de cancer du sein a été démontrée chez des jeunes femmes ne présentant pas d'autres facteurs de risque par ailleurs ;

- l'administration de Thorotrast, contenant du dioxyde de thorium et utilisé comme produit de contraste dans le passé, a conduit à une augmentation du risque de cancer du foie.

A contrario, le lien entre les cancers d'autres organes et une exposition aux rayonnements ionisants n'est pas clairement établi⁵, c'est-à-dire qu'il n'existe pas assez de preuves scientifiques permettant de confirmer une relation de cause à effet entre l'exposition aux rayonnements ionisants et l'apparition de cancers dans ces organes. C'est le cas par exemple des cancers affectant le rectum, le pancréas, l'intestin grêle, l'ovaire, l'utérus, la prostate. Cependant, ces cancers peuvent être reconnus comme possiblement radio-induits et donc faire l'objet d'une indemnisation⁶.

Par ailleurs, dans l'état actuel des connaissances scientifiques, il n'existe pas de marqueur d'effet permettant d'attribuer avec certitude un cancer individuel à une exposition aux rayonnements ionisants.

L'importance de l'âge au moment de l'exposition

La survenue de cancers dus à une exposition aux rayonnements ionisants dépend de nombreux facteurs, tels que le niveau de dose et de débit de dose, le mode d'exposition (contamination interne par inhalation ou ingestion, irradiation externe), le type de radiation (alpha, bêta, gamma, X, neutron) ou encore la zone corporelle irradiée (organes spécifiques ou corps entier). Certains facteurs individuels, comme l'âge, le sexe, certains facteurs liés au mode de vie et des particularités génétiques (comme certaines mutations par exemple) ont également un rôle important dans la survenue d'un cancer à la suite d'une exposition aux rayonnements ionisants.

Concernant l'âge à l'exposition, de nombreuses études ont démontré que, pour une même dose reçue, le risque de cancer était plus élevé après une exposition ayant eu lieu pendant l'enfance ou l'adolescence plutôt qu'à l'âge adulte. Chez les survivants des bombardements atomiques d'Hiroshima et de Nagasaki, il a été montré que plus une personne était exposée jeune, plus le risque de cancer était important. Ainsi, le risque de cancer du sein chez les femmes est augmenté lorsque l'irradiation survient au moment de la puberté. À la suite de l'accident de

5 UNSCEAR, 2017. Sources, effects and risks of ionizing radiation. Annex B: Epidemiological studies of cancer risk due to low-dose rate radiation from environmental sources. United Nations, New-York. IARC. 2012. A review of human carcinogens. Part D: Radiation. IARC working group on the evaluation of carcinogenic risks to humans. IARC, Lyon, France.

6 Par exemple, une liste de cancers potentiellement radio-induits est proposée dans le cadre de l'indemnisation des vétérans des essais nucléaires dans l'annexe du décret n°2014-1049 dans sa version consolidée du 24 juin 2019.

Tchernobyl, une augmentation du risque de cancer de la thyroïde a été démontrée chez les personnes exposées aux retombées durant l'enfance ou l'adolescence, mais pas chez les personnes exposées à l'âge adulte.

La nature multifactorielle de l'apparition d'un cancer

Les rayonnements ionisants sont un agent cancérigène avéré, mais il existe de nombreux autres facteurs de risques cancérigènes. Ces facteurs, liés au mode de vie (consommation de tabac, d'alcool, activité physique et certains aliments), environnementaux (pollution atmosphérique, substances chimiques, ultra-violets, etc.), ou génétiques peuvent également augmenter le risque de survenue d'un cancer. L'apparition d'un cancer est le plus souvent multifactorielle.

D'après un rapport du Centre international de recherche sur le cancer de l'Organisation mondiale de la santé⁷, environ 40% des nouveaux cas de cancer chez l'adulte, en France en 2015, sont attribuables aux facteurs de risque liés au mode de vie et à l'environnement. Le tabac est responsable du plus grand nombre de cas de cancer (20%), suivi de l'alcool (8%). L'exposition aux rayonnements ionisants (radon dans l'habitat, exposition professionnelle, exposition médicale à visée diagnostique) arrive en 8^e position (2%) parmi les 13 facteurs de risque étudiés. Cependant, ces pourcentages ne rendent pas compte des effets conjoints des différents cancérigènes.

En effet, la survenue d'un cancer peut être due à l'effet conjoint de plusieurs facteurs simultanés. Par exemple, le tabac et le radon sont deux facteurs de risque du cancer du poumon. Certains cancers pulmonaires peuvent être dus au tabac, d'autres au radon, et la combinaison des deux facteurs accentue le risque au-delà de l'effet séparé de chaque facteur. Si une personne est fortement exposée au radon, son risque de cancer du poumon lié à cette exposition est plus important si elle fume que si elle ne fume pas. D'après les estimations, parmi les personnes atteintes d'un cancer pulmonaire attribuable au radon en France, 75% fument, 20% sont des anciens fumeurs et seulement 5% n'ont jamais fumé⁸.

L'état des connaissances scientifiques sur les interactions entre divers facteurs cancérigènes n'est pas suffisant pour identifier qui développera un cancer parmi des personnes exposées aux radiations ou à

tout autre cancérigène. L'identification des facteurs conjoints d'aggravation du risque de cancer est donc importante pour émettre des recommandations en matière de prévention, en particulier chez les personnes exposées aux rayonnements ionisants.

2.2 | Les maladies de la thyroïde : cancers, interactions avec la prise de comprimés d'iode

16 On parle beaucoup de cancer de la thyroïde chez les jeunes, mais n'en va-t-il pas de même chez l'adulte ou la personne âgée exposée à l'iode radioactif ?

La thyroïde est d'autant plus sensible à l'action cancérigène des rayonnements ionisants, que ce soit par contamination interne ou après une exposition externe (par exemple après une radiothérapie), que le sujet a été exposé dans son enfance alors que sa thyroïde était en croissance. À la suite de l'accident de Tchernobyl, le lien entre cancer de la thyroïde et exposition à l'iode radioactif a été très clairement démontré pour les personnes âgées de moins de 15 ans au moment de l'accident. L'excès de cancers de la thyroïde persiste lorsque ces personnes exposées durant l'enfance ou l'adolescence sont devenues adultes. À ce jour, une seule étude a observé un risque de cancer de la thyroïde accru après une exposition interne à l'âge adulte (liquidateurs russes, biélorusses et baltes), mais avec un niveau de risque environ dix fois plus faible que celui observé après une exposition durant l'enfance.

17 Que faire avec des malades de la thyroïde : poursuite du traitement ? Prise d'iode stable ?

Les personnes traitées pour une maladie thyroïdienne doivent poursuivre leur traitement et, si cela est prescrit par les pouvoirs publics à la suite de l'accident, elles doivent prendre de l'iode stable, selon la posologie adaptée en fonction de l'âge, en veillant toutefois à consulter leur spécialiste 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,

⁷ Wild CP, Weiderpass E, Stewart BW, editors (2020). World cancer report: Cancer research for cancer prevention. Lyon, France: International Agency for research on cancer. <http://publications.iarc.fr/586>

⁸ Leuraud et al, Rad Res 176(6): 375-387, 2011.

lithium, diurétiques, anti-inflammatoires, thérapie par l'iode radioactif) qu'il est recommandé de faire *a posteriori* un bilan de la fonction thyroïdienne.

18 En cas d'hyper ou hypothyroïdie : quelles sont les conséquences de l'exposition à la radioactivité sur une maladie préexistante et le lien de cause à effet ?

Chez la personne exposée à l'âge adulte, il n'a pas été mis en évidence d'augmentation de dysfonctionnements thyroïdiens liés à la contamination par l'iode radioactif après l'accident de Tchernobyl. Compte tenu des quantités de radioactivité susceptibles d'être incorporées après un accident nucléaire, le risque de déséquilibrer une hypo ou une hyperthyroïdie, s'il existe, serait minime. Cependant les études n'ayant pas porté spécifiquement sur les personnes présentant une maladie thyroïdienne préexistante, ce risque ne peut pas être totalement exclu. En revanche, la prise d'iode stable en grande quantité peut entraîner le déséquilibre d'un dysfonctionnement thyroïdien préexistant.

L'accident peut entraîner une anxiété ou rendre plus difficile la prise régulière d'un traitement et ainsi perturber l'équilibre hormonal chez un patient traité pour une hypo ou une hyperthyroïdie. Là encore, il conviendra de consulter son spécialiste qui adaptera si nécessaire les posologies.

19 J'ai été opéré de la thyroïde, dois-je prendre quand même les comprimés d'iode ?

Pour une personne ayant subi une ablation totale de la thyroïde, les comprimés d'iode ne sont pas utiles.

Il est quand même préférable de vérifier auprès du spécialiste que l'ablation subie a bien été totale. En cas d'ablation partielle ou de doute, il est préférable de prendre les comprimés d'iode. La question du surdosage est traitée *question 29*.

20 J'ai été opéré de la thyroïde et j'ai pris quand même les comprimés d'iode, est-ce grave ? Qu'est-ce que je risque ?

Si l'opération a consisté en une ablation totale de la thyroïde, la prise d'un comprimé d'iode stable ne présente pas de risque pour la personne opérée ;

l'iode ne pourra en effet pas se fixer sur la thyroïde et sera éliminé dans les urines dans les heures suivant la prise.

Pour une personne ayant subi une ablation partielle de la thyroïde, la prise d'iode stable conserve son intérêt en cas d'accident nucléaire ; il conviendra toutefois de consulter un spécialiste dans les semaines suivantes. La question du surdosage est également traitée *question 29*.

21 La prise de comprimés d'iode stable chez l'adulte ou la personne âgée est-elle susceptible d'expliquer certaines hyper ou hypothyroïdies ?

Compte tenu de la quantité d'iode présente dans deux comprimés dosés à 65 mg d'iodure de potassium (posologie recommandée pour toute personne âgée de plus de 12 ans, soit 100 mg d'iode stable), il est très peu probable d'observer des hyper ou des hypothyroïdies consécutives à la prise de ces deux comprimés, et ce d'autant plus que la personne concernée ne présentait pas de perturbation de sa fonction thyroïdienne. Cependant, tout sujet pouvant réagir de manière différente à la prise d'un médicament, il appartiendra au spécialiste de prescrire les examens complémentaires lui permettant d'éclairer son avis sur une éventuelle perturbation de la fonction thyroïdienne consécutive à la prise d'iode stable.

Les cancers de la thyroïde après un accident nucléaire

Les deux principaux cancers qui sont apparus après l'accident de Tchernobyl sont le cancer de la thyroïde (surtout chez les enfants) et la leucémie (principalement chez les « liquidateurs »). Il faut noter que ces cancers sont essentiellement dus aux expositions survenues pendant les jours et semaines qui ont suivi l'accident ou lorsque les personnes n'ont pas été suffisamment protégées pendant la phase d'urgence. Pour les liquidateurs, c'est surtout l'absence du port de protections et des temps d'intervention trop longs qui en étaient responsables. Pour la population, c'est l'application trop tardive ou l'absence d'actions de protection, comme la mise à l'abri, l'évacuation, ou encore la prise de comprimés d'iode stable, qui a été le principal responsable de l'apparition de ces cancers.

Les premiers cancers de la thyroïde sont apparus à partir de 1991, cinq ans après l'accident de Tchernobyl.

Ils ont été diagnostiqués en très grande majorité après une exposition *in utero* ou durant l'enfance avant l'âge de 15 ans au moment de l'accident. Ils sont directement dus à la contamination par l'iode radioactif pendant la phase de rejet et à l'ingestion de produits alimentaires locaux, eux-mêmes contaminés par les dépôts radioactifs. Ainsi, le lait (de vache ou de brebis) et les légumes feuilles des potagers ont été une source importante de contamination par de l'iode radioactif dans les trois mois qui ont suivi l'accident. Cela a contribué pour une part importante à l'apparition de cancers de la thyroïde. Ces cancers ont été diagnostiqués principalement dans les régions contaminées de Biélorussie et d'Ukraine. Il s'agissait essentiellement de cancers de type papillaire, c'est-à-dire avec des cellules cancéreuses différenciées (moins proliférantes), retenant certaines des fonctions des cellules saines comme la fixation d'iode et la production d'hormones thyroïdiennes. Il est à noter qu'il n'existe aucun moyen, dans l'état actuel des connaissances, de distinguer un cancer de la thyroïde radio-induit d'un cancer de la thyroïde apparaissant en dehors de toute cause reconnue. Ces cancers de type papillaire sont de bon pronostic et relativement faciles à traiter lorsqu'ils sont pris à temps. Toutefois, ils nécessitent un traitement hormonal de substitution à vie. Ces cancers sont survenus pour des doses équivalentes à la thyroïde estimées supérieures à 100 mSv.

Un dépistage systématique a été proposé à près de 360 000 personnes exposées à la suite de l'accident de Fukushima. Une décennie après l'accident de Fukushima, aucun excès de cancer de la thyroïde n'avait encore été observé chez les enfants japonais, contrairement à l'accident de Tchernobyl. Cela pourrait être dû à une moindre carence en iode de la population japonaise du fait de leurs habitudes alimentaires par rapport à la population soviétique, aux rejets moins importants et aux doses plus faibles que celles reçues après l'accident de Tchernobyl. Cependant, il n'est pas possible d'exclure l'apparition d'un excès de cancers de la thyroïde dans les années à venir, surtout en tenant compte de facteurs aggravants.

Le dépistage systématique a permis d'évaluer l'incidence des modifications de la thyroïde parmi la population japonaise, incluant des lésions bénignes (kystes et nodules de moins de 5 mm de diamètre). Cela a entraîné une prise en charge thérapeutique inutile dans certains cas puisque toutes les lésions bénignes n'évoluent pas systématiquement vers une forme cancéreuse. Par ailleurs, cet effet de sur-

détection a engendré un stress supplémentaire et une angoisse inutile parmi la population.

La recommandation en France serait donc de proposer un dépistage par échographie, sans toutefois le rendre systématique, sur la base des recommandations internationales⁹.

2.3 | La prise de comprimés d'iode stable : effets indésirables, effets secondaires, précautions

22 La prise de comprimés d'iode est-elle nécessaire ?

Un accident survenant dans une centrale nucléaire peut provoquer un rejet d'iode radioactif (iode-131 ou autres isotopes radioactifs de l'iode) qui peut être incorporé dans l'organisme, par voie respiratoire (inhalation) ou par l'alimentation (ingestion). Une fois dans le corps humain, l'iode radioactif va alors s'accumuler dans la thyroïde. Si aucune action de prévention n'est mise en place, l'irradiation qui en résulte est susceptible d'induire un cancer de la thyroïde dans les années suivant l'exposition, avec une probabilité qui augmente avec la dose reçue.

La prise de comprimés d'iodure de potassium en cas d'urgence nucléaire est une mesure particulièrement efficace pour protéger la thyroïde dans la population générale et plus particulièrement chez les enfants et les adolescents. En effet, l'iode non radioactif contenu dans les comprimés d'iode stable sature la glande thyroïde et empêche ainsi l'accumulation d'iode radioactif.

L'efficacité de cette action de protection est maximale si la prise d'iode stable intervient avant une éventuelle inhalation d'iode radioactif. Si la prise a lieu dans les six heures qui suivent l'exposition, une protection supérieure à 50% est toujours garantie. Cependant, la protection s'avère faible lorsque la prise de comprimés d'iode a lieu plus de 12 heures après l'exposition et devient inefficace après 24 heures.

En cas de prolongation des rejets radioactifs, les autorités pourraient être amenées à prescrire une prise d'iode supplémentaire, avec une posologie adaptée¹⁰. Pour l'enfant de moins de 12 ans et la femme enceinte ou allaitante, une prise répétée d'iode stable peut cependant présenter des risques de toxicité (voir encarts sur la prise d'iode pages 22 à 24).

⁹ CIRC-OMS, 2018: Thyroid health monitoring after nuclear accidents.

¹⁰ Fiche mesure 6.2 du plan national de réponse à un accident nucléaire ou radiologique majeur : <https://www.gouvernement.fr/risques/plan-national-de-reponse-a-un-accident-nucleaire-ou-radiologique-majeur>

En cas de rejets prolongés il pourrait être préférable d'évacuer les zones exposées aux rejets et d'interdire la consommation de produits alimentaires exposés aux rejets.

La prise de comprimés d'iode protège uniquement la thyroïde : elle n'apporte aucune protection contre une contamination par les autres composés radioactifs libérés lors d'un accident nucléaire. Elle ne protège pas non plus contre les rayonnements X ou gamma. Les comprimés d'iode stable ne sont donc pas un moyen de protection contre tout type d'irradiation ou de contamination.

23 Si j'ai pris un comprimé d'iode, est-ce utile de continuer à suivre les recommandations des pouvoirs publics ?

Même après une prise d'iode stable, 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 pouvoirs publics pourraient alors être amenés à prescrire une prise d'iode supplémentaire, avec une posologie adaptée¹¹. Pour le jeune enfant et la femme enceinte ou allaitante, une prise répétée d'iode stable peut présenter des risques de toxicité (voir encarts sur la prise d'iode pages 22 à 24). En cas de rejets prolongés il pourrait être préférable d'évacuer les zones exposées aux rejets et d'interdire la consommation de produits alimentaires exposés aux rejets.

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.

24 Pendant combien de temps faudra-t-il prendre des comprimés d'iode ?

La prophylaxie par l'iode stable dans un contexte d'accident nucléaire consiste en une prise unique

de comprimés d'iode de préférence juste avant les rejets radioactifs. En cas de prolongation des rejets radioactifs, les autorités pourraient être amenées à prescrire une prise d'iode supplémentaire, avec une posologie adaptée¹². Pour l'enfant de moins de 12 ans et la femme enceinte ou allaitante, une prise répétée d'iode stable peut cependant présenter des risques de toxicité (voir encarts sur la prise d'iode pages 22 à 24). En cas de rejets prolongés il pourrait être préférable d'évacuer les zones exposées aux rejets et d'éviter la consommation de produits alimentaires exposés aux rejets.

Après la fin des rejets, il est déconseillé de prendre de façon prolongée de l'iode stable. Il est en revanche recommandé de ne pas consommer les denrées fraîches locales qui auraient pu être exposées aux rejets radioactifs. En effet, une fois les rejets terminés, seule la consommation de denrées alimentaires peut encore conduire à l'incorporation d'iode radioactif.

En tout état de cause, il convient de se conformer strictement aux instructions du préfet et ne pas répéter la prise d'iode sans en avoir reçu la consigne.

25 Faut-il prescrire de l'iode stable après la fin d'un accident ?

La prise d'iode stable est une action de protection à mettre en œuvre avant l'exposition ou à défaut dans les six heures suivant la contamination. Si la prise d'iode n'a pas été réalisée avant le début des rejets, il est donc encore possible de le faire dans les premières heures suivant l'accident. Cette action de protection perd ensuite la plus grande partie de son efficacité, voire devient totalement inefficace si elle intervient plus de 24 heures après l'exposition. Passé ce délai après la fin des rejets, il est donc inutile de prescrire de l'iode stable sous réserve que les consignes de restrictions alimentaires, émises si nécessaire par les pouvoirs publics, soient bien respectées.

En effet, une fois les rejets terminés, seule la consommation de denrées alimentaires peut encore conduire à l'incorporation d'iode radioactif. C'est pourquoi les pouvoirs publics mettent en place des restrictions de consommation et de contrôle des denrées afin d'écartier ce risque d'exposition.

11 Fiche mesure 6.2 du plan national de réponse à un accident nucléaire ou radiologique majeur : <https://www.gouvernement.fr/risques/plan-national-de-reponse-a-un-accident-nucleaire-ou-radiologique-majeur>

12 Idem.

26 Quels sont les effets secondaires de la prise d'iode stable ?

En fonction des patients, la prise de comprimés d'iode stable peut conduire à la survenue de l'un des effets indésirables suivants : goût métallique dans la bouche, nausée et vomissement, maux d'estomac, diarrhée, éruptions cutanées, agitation, palpitations cardiaques. Cependant, ces effets indésirables après prise de comprimés d'iode sont rares, transitoires et dans la majorité des cas sans gravité ; ils disparaissent dans les heures ou jours qui suivent la prise (à condition de ne pas avoir repris de comprimés d'iode).

Dans de très rares cas en particulier chez les porteurs d'un goitre ancien, l'ingestion de comprimés d'iode peut provoquer une hyperactivité de la thyroïde se traduisant par un pouls plus élevé, des suees, de l'insomnie, des tremblements, de la diarrhée ou une perte de poids. La prise d'iode stable en fin de grossesse ou juste après la naissance peut également provoquer chez l'enfant un épisode d'hypothyroïdie réversible et sans séquelle. Il est donc recommandé que les personnes suivantes consultent leur médecin après une prise d'iode stable : femmes enceintes, nouveau-nés ayant été exposés à de l'iode stable après la 12^e semaine de gestation, nourrissons de moins de un an, femmes allaitantes, sujets porteurs de goitre ancien ou ayant des antécédents, ou d'une maladie thyroïdienne évolutive.

27 Pourquoi donner de l'iode stable même aux adultes, alors que ce n'est plus efficace à partir d'un certain âge ?

En France, la prise d'iode stable, sur instruction du préfet uniquement, concerne toutes les tranches d'âge de la population, y compris les personnes âgées, car la prise d'iode stable, au moment adapté, réduit l'incorporation d'iode radioactif quel que soit l'âge de la personne.

Il est vrai que certains pays recommandent aux adultes âgés de plus de 45 ans de ne pas prendre de comprimés d'iode stable, d'une part parce que l'excès de risque de cancer de la thyroïde dû à l'exposition à l'iode radioactif est beaucoup plus faible chez l'adulte ou la personne âgée que chez l'enfant ou l'adolescent (comme cela a été montré à la suite de l'accident de Tchernobyl (voir encart « importance de l'âge au moment de l'exposition » page 16), d'autre part, parce que les adultes sont plus sensibles aux effets secondaires d'un blocage thyroïdien.

En France, tout comme dans d'autres pays européens, il a été considéré que l'administration d'iode stable à l'ensemble de la population française concernée par un accident nucléaire présentait plus d'avantages que d'inconvénients.

28 Toute ma famille peut-elle bénéficier des comprimés d'iode ?

Tout le monde peut prendre des comprimés d'iode stable. L'iode stable est particulièrement indiqué pour protéger les fœtus (donc les femmes enceintes), les nourrissons, les enfants, les adolescents et les jeunes adultes dont la thyroïde est plus sensible.

La posologie est la suivante (chaque boîte contient 10 comprimés d'iode stable dosés à 65 mg).

- **Adulte et jeune de plus de 12 ans** : 2 comprimés (y compris les femmes enceintes).
- **Enfant de 3 à 12 ans** : 1 comprimé.
- **Enfant de 1 mois à 3 ans** : 1/2 comprimé.
- **Nourrisson** : 1/4 de comprimé pour les bébés jusqu'à 1 mois.

La prise d'iode stable peut être répétée, uniquement sur instruction des autorités, et pour les sujets de plus de 12 ans et les adultes. La prise quotidienne de comprimés d'iode stable est déconseillée après la fin des rejets radioactifs (voir encarts sur la prise d'iode stable pages 22 à 24) car un surdosage en iode peut entraîner un dysfonctionnement de la thyroïde. Il est en revanche recommandé de ne pas consommer les denrées fraîches locales qui auraient pu être exposées aux rejets radioactifs. En effet, une fois les rejets terminés, seule la consommation de denrées alimentaires peut encore conduire à l'incorporation d'iode radioactif.

29 Quelles sont les conséquences d'une erreur de prise de comprimés d'iode (non prise, sous-dosage, surdosage) ?

La non-prise ou le sous-dosage d'iode stable a pour conséquence l'inefficacité totale ou partielle de cette action de protection. Il en résulte un risque d'accumulation d'iode radioactif et donc une augmentation du risque de cancer de la thyroïde chez les personnes exposées aux rejets radioactifs, surtout pour les enfants, les adolescents et les enfants à naître. La prise de comprimé d'iode stable peut

induire dans de rares cas des effets indésirables transitoires (voir question 26), mais ces effets indésirables sont mineurs en comparaison de la protection attendue contre les cancers de la thyroïde.

Toutefois, en cas de surdosage, il faudrait agir comme pour n'importe quel autre médicament et consulter un spécialiste qui conseillera les actions à mettre en œuvre, notamment en fonction de la quantité d'iode stable absorbée, de l'âge du patient et de ses éventuels antécédents médicaux.

30 La prise de comprimé d'iode n'est-elle pas recommandée pour éviter la panique ?

En cas de rejet d'iode radioactif dans l'atmosphère, la prise d'iode stable contribue efficacement à la protection des personnes, en particulier des enfants et les adolescents, contre le risque de cancer de la thyroïde.

L'iode stable est un médicament. La prise de comprimé se fait au moment opportun, sur instruction du préfet et selon la posologie indiquée en fonction de l'âge.

L'iode stable ne présente aucune utilité pour se protéger des effets des autres radionucléides ou de l'exposition externe à des rayonnements X ou gamma.

POUR EN SAVOIR PLUS

Est-il utile ou indispensable de prendre des comprimés d'iode ?

Un accident survenant sur un réacteur nucléaire peut provoquer un rejet d'iode radioactif (iode-131 ou autres isotopes radioactifs de l'iode) qui peut être incorporé dans l'organisme, par les voies respiratoires (inhalation) ou par l'alimentation (ingestion). Une fois dans le corps humain, l'iode radioactif va alors s'accumuler dans la thyroïde. Si aucune action de prévention n'est prise, l'irradiation qui en résulte est susceptible d'induire un cancer de la thyroïde dans les années suivant l'exposition, avec une probabilité qui augmente avec la dose reçue.

La prise de comprimés d'iodure de potassium en cas d'urgence nucléaire est une action particulièrement efficace pour protéger la thyroïde. En effet, l'iode non radioactif contenu dans les comprimés d'iode stable sature la glande thyroïde, empêchant ainsi la fixation et l'accumulation d'iode radioactif.

En cas d'exposition aiguë, l'efficacité de cette action est maximale si la prise d'iode stable intervient peu de temps avant l'incorporation d'iode radioactif. Si la prise a lieu dans les six heures qui suivent l'exposition, une protection supérieure à 50% est toujours garantie. En revanche, la protection s'avère faible lorsque la prise de comprimés d'iode a lieu plus de 12 heures après l'exposition aiguë et devient inefficace après 24 heures.

La prise de comprimés d'iode stable est plus particulièrement nécessaire chez les enfants, les adolescents et les femmes enceintes, puisque l'augmentation du risque de cancer est particulièrement élevée dans cette population, comme l'a montré l'accident de Tchernobyl.

Afin d'éviter une contamination chronique par l'ingestion d'iode radioactif, il est recommandé de ne pas consommer les aliments contaminés dans les deux à trois mois suivant les rejets radioactifs. La prise d'iode stable à forte dose et de façon répétée peut induire un blocage de la fonction thyroïdienne avec des effets secondaires potentiellement importants. La prise d'iode stable de façon quotidienne est déconseillée.

La prise de comprimés d'iode protège uniquement la thyroïde. L'iode stable n'apporte aucune protection contre une contamination par les autres composés radioactifs libérés lors d'un accident nucléaire. Il ne protège pas non plus contre les rayonnements X ou gamma. Les comprimés d'iode stable ne sont donc pas un moyen de protection contre tout type d'irradiation ou de contamination.

POUR EN SAVOIR PLUS

La prise d'iode est-elle indispensable pour les femmes enceintes et les enfants ?

L'iode passe la barrière placentaire. La captation de l'iode par la thyroïde fœtale commence vers 10-12 semaines de gestation. Elle est faible jusqu'à 22 semaines de gestation puis elle augmente rapidement jusqu'au terme. Si la mère est exposée à de l'iode radioactif pendant la grossesse (surtout après 22 semaines de gestation), la concentration d'iode radioactif sera plus élevée dans la thyroïde fœtale que dans la thyroïde maternelle. De plus, la thyroïde fœtale est probablement plus sensible aux rayonnements ionisants. Protéger le fœtus d'une captation d'iode radioactif est donc essentiel et il n'y a pas de contre-indication à la prise d'iode stable chez la femme enceinte, même en cas d'hyperthyroïdie maternelle.

Chez la femme allaitante, l'iode peut passer dans le lait. Protéger la femme allaitante afin d'éviter une contamination du nourrisson par le lait maternel est donc tout aussi important.

Protéger les enfants des effets de l'iode radioactif par la prise de comprimés d'iode stable est également important. À la suite de l'accident de Tchernobyl, les études épidémiologiques ont clairement démontré que le risque d'apparition d'un cancer de la thyroïde est d'autant plus important que l'enfant est jeune au moment de l'exposition. De plus, il a été démontré que le risque d'apparition d'un cancer de la thyroïde perdure à l'âge adulte pour les enfants âgés de moins de 15 ans au moment de l'exposition à l'iode radioactif.

La prise de comprimés d'iode stable peut parfois conduire à l'apparition d'effets indésirables (*voir-ci-après*). Cependant, ces effets sont rares, transitoires et de faible intensité. La prise d'iode stable, si elle est faite selon les recommandations, est très efficace pour protéger contre l'apparition d'un cancer de la thyroïde dû à l'iode radioactif. Il est donc indispensable, dans tous les cas, de prendre les comprimés d'iode stable en suivant les recommandations des autorités.

POUR EN SAVOIR PLUS

**Dr Julie Sarfati¹³, Dr Isabelle Keller¹⁴,
Pr Sophie Christin-Maitre¹⁵**

● Quelles sont les interactions médicamenteuses avec la prise d'iode stable ?

Aucun traitement *a priori* ne modifie l'efficacité de l'iode stable, toutefois la prise d'antiacide peut diminuer l'absorption digestive de l'iodure de potassium.

● Quels sont les effets secondaires de la prise d'iode stable ?

La prise de comprimés d'iode stable peut conduire à l'apparition dans de rares cas d'effets indésirables : goût métallique dans la bouche, nausée et vomissement, maux d'estomac, diarrhée, éruptions cutanées, agitation, palpitations cardiaques. Cependant, ces effets indésirables sont transitoires et mineurs.

Pour les effets secondaires après prise d'iode stable, Spallek rapporte, dans sa revue de la littérature (14 études sur plus de 40 000 personnes), 9 cas d'hypothyroïdies mais aussi 3 cas d'hyperthyroïdies¹⁶, ce qui montre que ces effets secondaires sont peu fréquents (environ trois cas pour 10 000 personnes).

Complément apporté par le groupe de travail¹⁷

À la suite de l'accident de Fukushima, environ 17 500 comprimés d'iode stable (50 mg de KI) ont été distribués à environ 2 000 intervenants. Ces intervenants ont ensuite été suivis pour déterminer l'occurrence d'effets secondaires à la prise d'iode stable. Aucun effet secondaire immédiat n'a été observé. Environ 230 de ces intervenants ont fait l'objet d'un suivi sanitaire pendant plus de six mois, soit parce qu'ils avaient pris de l'iode en continu durant plus de 14 jours, soit parce qu'ils avaient pris plus de 20 comprimés. Les dosages sanguins ont montré des modifications hormonales de TSH et FT4 transitoires chez trois travailleurs. Quatre travailleurs ont présenté des niveaux de TSH < 5,0 µIU/mL et des niveaux de FT4 normaux. Cela n'a pas été reconnu comme une augmentation de la fréquence des hyperthyroïdies attribuables à la distribution d'iode stable, le taux de base des hyperthyroïdies potentiellement observées chez l'homme étant de 1% à 3,5%.

● Que se passe-t-il si une personne a une maladie thyroïdienne ? Faudra-t-il adapter les posologies ?

Il y a un consensus pour dire qu'en cas d'antécédent de dysfonction thyroïdienne, le risque d'hypo ou d'hyperthyroïdie à la suite de prise d'iode stable est légèrement augmenté ; ce risque dépend du niveau de saturation en iode de la thyroïde¹⁶. *A priori*, il n'y a pas de données dans la littérature pour proposer une adaptation des posologies. Une surveillance du bilan thyroïdien sera bien sûr souhaitable *a posteriori*.

● Est-ce que la prise de comprimés d'iode stable est utile en cas d'ablation (totale ou partielle) de la thyroïde ? Si oui, doit-on adapter la posologie ?

En cas d'ablation totale, la prise d'iode stable ne semble pas nécessaire car le but de cette prise est de limiter la captation de l'iode radioactif par la thyroïde. En cas d'ablation partielle, il est souhaitable

13 Service d'endocrinologie, Hôpital Saint-Antoine, AP-HP Paris.

14 Service de médecine nucléaire, Hôpital Trousseau, AP-HP Paris.

15 Service d'endocrinologie, Hôpital Saint-Antoine, AP-HP Paris.

16 L. Spallek, L. Krill et al. : Adverse effects of iodine thyroid blocking: a systematic review. 2012 Radiation protection dosimetry Vol. 150, No. 3, pp. 267-277.

17 Sources, effects and risks of ionizing radiation: United Nations scientific committee on the effects of atomic radiation 2013 report. Volume I, annex A: Levels and effects of radiation exposure due to the nuclear accident after the 2011 great east-Japan earthquake and tsunami.

de protéger le reste de la thyroïde. Il n'y a pas dans la littérature d'élément pour répondre à une éventuelle adaptation des doses.

En cas d'incertitude, pour éviter une protection insuffisante, il est recommandé de prendre de l'iode stable.

- **Que faire en cas de surdosage en iode stable notamment en cas d'ablation (totale ou partielle) de la thyroïde ?**

En cas d'ablation totale, le surdosage en iode stable n'est pas possible puisque l'iode n'est pas capté du fait de l'absence de thyroïde. Il est éliminé par voie urinaire.

En cas d'ablation partielle, une surveillance de la TSH est à envisager.

POUR EN SAVOIR PLUS

Est-ce que la prise d'iode stable pendant la grossesse ou juste après la naissance peut provoquer chez l'enfant une hypothyroïdie ? Si oui, est-elle réversible et sans séquelle ?

Dr Julie Sarfati¹⁸, Dr Isabelle Keller¹⁹, Pr Sophie Christin-Maitre²⁰

L'iode passe la barrière placentaire. La captation de l'iode par la thyroïde fœtale commence vers 10-12 semaines de gestation. Elle est faible jusqu'à 22 semaines de gestation puis elle augmente rapidement jusqu'au terme²¹.

Après la distribution d'iodure de potassium lors de l'accident de Tchernobyl, des tests ont été réalisés chez 3 214 nouveau-nés dont les mères avaient reçu un traitement prophylactique²². Une hypothyroïdie était détectable chez seulement 12 d'entre eux (soit 0,37%). Ces anomalies disparaissaient toujours entre le 16^e et le 20^e jour de vie.

Chez la femme allaitante, il existe un passage d'iode dans le lait en quantité faible.

Le nouveau-né peut présenter un goitre et une hypothyroïdie temporaire dus à un blocage transitoire, par excès d'iode, de la transformation de l'iode sous forme minérale dans le sang en une forme orga-

nique. C'est l'organification de l'iode qui consiste en une réaction enzymatique de couplage de l'ion iodure à une molécule de thyroglobuline. Le blocage de l'organification de l'iode est appelé effet Wolff-Chaikoff et le fœtus y est particulièrement sensible. L'effet Wolff-Chaikoff est réversible, le phénomène d'échappement apparaît tardivement chez le fœtus, vers la 36^e semaine de gestation. L'effet Wolff-Chaikoff survient *a priori* seulement en cas de surcharge iodée maternelle.

Il est difficile de se prononcer en matière de séquelles vis-à-vis de l'hypothyroïdie néonatale. Une hypothyroïdie non diagnostiquée, même transitoire, pourrait affecter le développement neurologique à long terme du bébé. À l'inverse, une fois diagnostiquée, le traitement d'une hypothyroïdie est facile à mettre en place. L'hypothyroïdie néonatale fait partie des cinq maladies qui sont systématiquement dépistées par le test de Guthrie chez le nouveau-né entre le troisième et le cinquième jour de vie en France.

Il est à noter que, si la mère est exposée à de l'iode radioactif pendant la grossesse (surtout après 22 semaines de gestation), la concentration d'iode radioactif sera plus élevée dans la thyroïde fœtale que dans la thyroïde maternelle, du fait que la thyroïde du fœtus a une affinité pour l'iode plus forte que la thyroïde de sa mère. De plus, la thyroïde fœtale est probablement plus sensible aux irradiations.

Protéger le fœtus d'une captation d'iode radioactif est donc essentiel et il n'y a pas de contre-indication à la prise d'iode stable chez la femme enceinte, même en cas d'hyperthyroïdie maternelle.

2.4 | La distribution des comprimés d'iode stable : organisation

31 Comment et où trouver des comprimés d'iode stable ?

32 La délivrance des comprimés d'iode stable par un pharmacien se fera-t-elle en officine ou ailleurs ?

33 Y a-t-il des stocks d'iode stable dans les pharmacies de la région ?

18 Service d'endocrinologie, Hôpital Saint-Antoine, AP-HP Paris.

19 Service de médecine nucléaire, Hôpital Trousseau, AP-HP Paris.

20 Service d'endocrinologie, Hôpital Saint-Antoine, AP-HP Paris.

21 P. Verger, A. Aurengo et al. : Iodine kinetics and effectiveness of stable iodine prophylaxis after intake of radioactive iodine: A review. 2001 Thyroid Volume 11, Number 4.

22 J. Nauman, J. Wolff: Iodine prophylaxis in Poland after the Chernobyl reactor accident: Benefits and risks. 1993 Am J Med. N94:524-432.

Deux dispositifs de distribution existent afin de mettre à la disposition de la population de l'iode stable :

- une distribution préventive dans le périmètre du plan particulier d'intervention (PPI) de l'installation nucléaire, à savoir un rayon de 20 km autour des centrales nucléaires. Cela concerne les foyers, les entreprises publiques et privées et l'ensemble des établissements recevant du public (ERP), c'est-à-dire les écoles, administrations, présents dans les communes concernées. Dans ce périmètre, lors de campagnes nationales de distribution, la population et les responsables d'établissements sont invités à retirer gratuitement les comprimés d'iodure de potassium en pharmacie (voir www.distribution-iode.com) ;
- l'État a constitué des stocks de comprimés d'iode stable pour être en mesure de les distribuer au-delà des 20 km, en situation d'urgence dans le cadre des plans ORSEC iode départementaux. La population sera invitée par les médias (radio, télévision) à se rendre aux points de distribution prévus dans ces plans.

34 Comment une pharmacie d'officine peut se procurer des comprimés d'iodure de potassium ?

Dans le périmètre du plan particulier d'intervention (PPI), la pré-distribution d'iode stable est organisée régulièrement par l'État et l'exploitant. Ce dernier organise la mise à disposition des comprimés aux pharmacies d'officine qui réalisent la pré-distribution à la population.

En dehors du périmètre de pré-distribution (périmètre PPI), il n'est pas prévu de constituer des stocks de comprimés d'iode stable au sein des officines.

Le principe d'un seul site de stockage par département a été retenu. Ces sites seront alimentés à partir de stocks pré-positionnés sur les plateformes de Santé publique France²³.

35 Les pharmaciens seront-ils réquisitionnés pour délivrer des comprimés d'iode ?

Si, au vu des informations dont ils disposent, les préfets considéraient que la situation nécessite la prise de comprimés d'iode stable, notamment au-delà du périmètre du plan particulier d'intervention (PPI), les stocks stratégiques de l'État seraient déployés vers des points de distribution de proximité, mis en place par la préfecture dans le cadre du dispositif ORSEC iode (mairie, salle des fêtes, école, etc.). Ces points de distribution seront alors indiqués au public par les médias.

En situation d'urgence, la distribution sera faite par des pharmaciens mais elle pourra aussi être réalisée par d'autres professionnels de santé ou par les services de l'État, en application de l'article L. 4211-5-1 du code de la santé publique²⁴.

Si nécessaire, les pharmaciens pourront être réquisitionnés par le préfet, comme toute personne pouvant être utile à la gestion de la situation.

36 Est-ce que d'autres personnes seront autorisées à délivrer des comprimés d'iode ?

Dans le périmètre du plan particulier d'intervention (PPI), la pré-distribution de comprimés d'iode stable est réalisée par les pharmaciens, seuls habilités à délivrer des médicaments. Elle est coordonnée par l'État et les comprimés d'iode stable sont mis à la disposition des pharmaciens par l'exploitant.

Cependant, en situation d'urgence, la distribution peut aussi être réalisée par d'autres professionnels de santé ou par les services de l'État, en application de l'article L. 4211-5-1 du code de la santé publique²⁵.

²³ Circulaire interministérielle DGS/DUS n°2011-340 et DSC n°2011-64 du 11 juillet 2011 relative au dispositif de stockage et de distribution des comprimés d'iodure de potassium hors des zones couvertes par un plan particulier d'intervention (PPI).

²⁴ Article L. 4211-5-1 du code de la santé publique : « Par dérogation au 4° de l'article L. 4211-1, en cas d'accident nucléaire ou d'acte terroriste constituant une menace sanitaire grave nécessitant leur délivrance ou leur distribution en urgence, les produits de santé issus des stocks de l'État et figurant sur une liste arrêtée par le ministre chargé de la santé peuvent être délivrés ou distribués lorsqu'aucun pharmacien n'est présent, sous la responsabilité du représentant de l'État dans le département, par d'autres professionnels de santé que les pharmaciens et, à défaut, par les personnes mentionnées à l'article L. 721-2 du code de la sécurité intérieure ou par les personnels des services de l'État ou des collectivités territoriales, désignés dans des conditions fixées par décret. »

²⁵ Idem

Le programme de distribution d'iode

Le programme de distribution des boîtes de comprimés d'iode stable a deux composantes distinctes :

- une distribution préventive dans le périmètre du plan particulier d'intervention (PPI) de l'installation nucléaire, à savoir un rayon de 20 km autour des centrales nucléaires. Cela concerne l'ensemble des établissements recevant du public (ERP), notamment les écoles, ainsi que les administrations et entreprises publiques ou privées et l'ensemble des foyers présents dans les communes concernées. Dans ce périmètre, lors de campagnes nationales de distribution, la population et les responsables d'établissements sont invités à retirer gratuitement les boîtes de comprimés d'iode en pharmacie. Pour plus d'informations, voir le site dédié²⁶ ;
- l'État a constitué des stocks de comprimés d'iode stable pour être en mesure de les distribuer le cas échéant au-delà des PPI (rayon de 20 km autour des centrales nucléaires), en situation d'urgence dans le cadre des plans ORSEC-Iode départementaux. Le principe d'un seul site de stockage par département a été retenu. Ces sites seront approvisionnés à partir de stocks pré-positionnés sur les plateformes de Santé publique France. Des points de distribution de proximité sont pré-identifiés par les préfetures et seront mis en place avec le concours des mairies. La population sera invitée par les médias à se rendre aux points de distribution prévus dans ces plans (si la situation l'exige).

2.5 | Mesure et traitement de la contamination interne : examens et traitements possibles

37 Que doivent faire les personnes qui craignent d'avoir été exposées ?

À la sortie de la phase d'urgence, les personnes qui craignent d'avoir été exposées doivent s'adresser à l'un des centres d'accueil et d'information (CAI) ou centres d'accueil et de regroupement (CARE), mis en place par la préfeture, ou à défaut à leur médecin traitant.

Au CAI ou au CARE, elles seront recensées et des spécialistes pourront évaluer leur exposition réelle 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 radiotoxologiques des excréta (dosage de radioactivité dans les selles ou les urines). Dans tous les cas, la réalisation des examens prescrits dépendra de leur nécessité du point de vue médical. 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 questions 197, 39 et 40).

38 Est-il possible de pratiquer un dosage sanguin pour connaître sa contamination ?

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 radiotoxologiques des excréta (dosage de radioactivité à partir de prélèvements d'urines ou selles) (voir encart « Quels sont les examens médicaux pour détecter une contamination interne ? » page 28).

39 Qui aura vocation à prescrire l'anthroporadiométrie ?

En phase d'urgence, les pouvoirs publics décideront de faire procéder, si nécessaire, à des mesures de la contamination individuelle interne de la population et des travailleurs intervenant en situation d'urgence radiologique. Dans la phase post-accidentelle, les médecins pourront prescrire une analyse radiotoxologique ou un examen anthroporadiométrique si cela est justifié (voir question 38).

40 Sur quels critères un médecin généraliste devra-t-il prescrire une anthroporadiométrie d'urgence ?

Sauf cas exceptionnel, rien ne justifie la réalisation d'un examen anthroporadiométrique en urgence.

²⁶ www.distribution-iode.com

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 définies (voir également questions 38 et 39).

41 Y a-t-il des risques supplémentaires à réaliser des diagnostics radiologiques à des personnes contaminées ?

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, cela d'autant plus lorsqu'il s'agit de jeunes enfants qui sont plus radiosensibles. Pour autant, ce risque 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 d'environ 15 mSv. Il convient ensuite de prendre des dispositions 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 délivrée doit être la plus faible possible, en application du principe d'optimisation. D'une façon générale, toutes les prescriptions et réalisations d'examens mettant en jeu des rayonnements ionisants doivent s'appuyer sur ces deux principes du système de radioprotection.

42 Existe-t-il des aliments/alicaments permettant d'éviter ou d'abaisser a posteriori la contamination corporelle ?

Après une contamination interne corporelle, les éléments radioactifs sont éliminés de l'organisme par les voies biologiques naturelles (respiration, urines, selles et 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 (trois à quatre litres dans la journée pour une personne de

40 à 80 kg, l'objectif étant d'avoir des urines claires et d'uriner au moins quatre ou cinq fois par jour) permet d'accélérer l'élimination du radionucléide. 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 la capacité de la pectine (présente dans certains fruits comme les pommes et les coings) à fixer le césium-137, mais les études expérimentales visant à réduire le taux de contamination corporelle par du césium-137 en utilisant de la pectine ne font pas consensus. En revanche, 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.

43 Existe-t-il un médicament permettant d'abaisser la contamination corporelle ?

Oui, les comprimés d'iode stable permettent de limiter la fixation d'iode radioactif par la thyroïde et sont utilisés à titre préventif.

Il existe d'autres médicaments qui permettent d'abaisser la contamination interne corporelle. Toutefois, ces traitements ne se justifient que pour des contaminations à des niveaux élevés qui ne seront pas rencontrés par la population après un accident nucléaire. Certains médicaments diminuent l'absorption digestive de la contamination ; par exemple, le bleu de Prusse (Radiogardase®) accélère l'élimination du césium et de 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, etc.).

La contamination externe de la peau est quant à elle éliminée par lavage à 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 ou créer des microlésions, 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).

Hormis l'iode stable, les traitements ne sont préconisés que pour des cas de contamination interne importante sur conseil des experts.

POUR EN SAVOIR PLUS

Quels sont les examens médicaux disponibles pour détecter une contamination interne ?

Deux types d'examens médicaux peuvent être prescrits pour déterminer le niveau de contamination interne d'une personne :

- l'anthroporadiométrie consiste à mesurer la quantité de radionucléides présents dans un organisme humain, en totalité ou bien localisés dans une zone plus précise, comme la thyroïde ou les poumons. La mesure est réalisée en plaçant la personne devant un détecteur de rayonnements. Cet examen ne peut détecter que les radionucléides qui émettent un rayonnement gamma, comme le potassium-40 (radionucléide naturel), l'iode-131, le césium-134, le césium-137 et autres. En revanche, les radionucléides émetteurs de rayonnements alpha ou bêta uniquement ne peuvent pas être mesurés par cet examen car ces rayonnements ont un parcours trop court (au maximum quelques millimètres). La mesure est rapide (de l'ordre de la dizaine de minutes), indolore et sans effets secondaires mais elle doit être réalisée par un laboratoire accrédité. Le résultat est exprimé en becquerels (voir encart « unités d'activité et de doses », page 6) ;
- l'analyse radiotoxicologique consiste à quantifier dans les excréta (urine, selles) les radionucléides qui peuvent être éliminés de l'organisme par les voies naturelles. Tous les radionucléides peuvent être détectés par cette mesure. La détection des radionucléides émetteurs de rayonnements alpha comme l'uranium ou bêta comme le strontium-90, nécessitent une préparation chimique des échantillons adaptée aux radionucléides recherchés. Cette analyse demande donc beaucoup de temps (de quelques heures à quelques jours) pour être réalisée et rendre des résultats probants. Elle sera réalisée sur les personnes susceptibles d'être les plus exposées, en complément de l'anthroporadiométrie et uniquement par un laboratoire spécialisé et agréé.

Dans tous les cas, ces examens médicaux doivent être prescrits par un médecin. Leurs résultats, combinés à une estimation de l'exposition externe, permettent d'évaluer les risques pour la santé de l'individu. En fonction de cette évaluation, un suivi sanitaire individuel et des recommandations, voire un traitement de la contamination interne par un antidote (voir encart « quels sont les moyens de décontamination ? » ci-dessous), peuvent être proposés en cas de contamination interne élevée, pouvant potentiellement induire des effets sur la santé de la personne.

Quels sont les examens médicaux pour détecter une irradiation externe ?

Si une personne a été fortement irradiée, un examen médical permet de le confirmer : il s'agit du dénombrement d'aberrations chromosomiques dans les cellules sanguines, également appelé dosimétrie biologique. Cet examen consiste à étudier le caryotype des lymphocytes à partir d'un prélèvement de sang pour déterminer la fréquence de certaines aberrations chromosomiques spécifiquement induites par une irradiation, comme les chromosomes dicentriques et les anneaux centriques.

Cependant, cet examen est complexe, long (au moins sept jours) et sa sensibilité est limitée. En effet, la dosimétrie biologique ne permet d'évaluer une irradiation externe que pour des doses d'irradiation aiguë supérieures à 100 mSv, ce qui dépassera les doses attendues pour la population en situation d'accident nucléaire. De plus, cet examen doit être réalisé dans les semaines qui suivent l'exposition aux rayonnements ionisants, du fait de la durée de vie limitée des cellules porteuses de ces aberrations chromosomiques. La dosimétrie biologique est donc réservée aux cas d'irradiation externe les plus sévères et sur avis des experts uniquement ; elle ne concernera, très probablement, que les travailleurs de l'installation affectée ou les intervenants les plus exposés.

Quels sont les moyens de décontamination ?

Les moyens de décontamination d'une personne dépendent des radionucléides en jeu, de la nature de la contamination (externe ou interne) et de son niveau. Ceux qui sont présentés ici sont des produits d'efficacité reconnue.

Si la contamination est uniquement cutanée (par dépôt de radionucléides sur la peau), un lavage soigné (douche prolongée par exemple) à l'eau fraîche ou tiède, sans frotter, avec un savon doux (pour éviter d'agresser la peau et créer des microlésions qui

pourraient permettre la pénétration des radionucléides dans la peau) est le plus souvent suffisant, quel que soit le radionucléide.

Le DTPA (acide diéthylènetriamine penta-acétique) est également efficace pour éliminer la contamination cutanée de plusieurs radionucléides dont certains transuraniens (plutonium, américium).

Pour les cas de contamination cutanée persistante, il est possible d'utiliser une crème décontaminante spécifique (Cevindra® Calixarene), efficace pour certains radionucléides, en particulier l'uranium, le plutonium, l'américium, le thorium, le cobalt, le césium et le strontium. Ce produit doit être utilisé sous contrôle médical et sur une peau non lésée pour éviter la pénétration de la crème sous la peau.

Dans le cas d'une contamination interne, les traitements dépendent du radionucléide :

- l'iode-131, étant donné sa demi-vie très courte, disparaît totalement quelques semaines après l'accident. En phase post-accidentelle, il n'y a donc plus de risque de contamination par ce radionucléide, dans les deux à trois mois après la fin des rejets ;
- pour les césiums-134 et 137, l'administration de bleu de Prusse (ferrocyanure ferrique, Radiogardase®) est un traitement possible permettant d'empêcher le passage du césium de l'intestin vers le sang. L'élimination de ce radionucléide par les voies naturelles est ainsi facilitée. Cependant, ce traitement peut présenter des effets secondaires et doit être pris sous contrôle médical ;
- le DTPA peut être administré en aérosols (en cas de contamination pulmonaire) ou en intraveineuse ;
- pour certains radionucléides, comme le strontium-90, il n'existe pas de traitement spécifique.

Dans tous les cas, les traitements de décontamination doivent être pris sous contrôle médical et ils ne sont utiles que si le niveau de contamination est élevé, ce qui est peu probable pour la population.

Pour rappel, un *Guide national d'intervention médicale en cas d'événement nucléaire ou radiologique*²⁷ est à la disposition des professionnels de santé.

2.6 | La conception, la sexualité

44 Les personnes exposées auront-elles une baisse de leur fertilité ?

La stérilité n'est induite que par des fortes doses d'irradiation des gonades. Des cas de stérilité transitoire ont été rapportés à partir de 0,15 Sv et définitive entre 3,5 et 6 Sv ; ces doses sont observées dans un contexte médical (notamment en radiothérapie) et pourraient l'être pour des travailleurs de l'installation exposés au moment de l'accident.

Durant le processus de la spermatogénèse, les cellules précurseurs des spermatozoïdes pourraient être affectées par des expositions aux rayonnements ionisants à faibles doses au travers de divers mécanismes potentiels induisant des modifications telles que caractéristiques de mobilité, augmentation du taux d'anomalies morphologiques, fragmentation de l'ADN cellulaire et hyper-méthylation globale. Les données épidémiologiques disponibles à ce jour ne permettent cependant pas de prédire quels sont les risques de ces expositions à faible dose pour le système de reproduction masculin. À ce jour, il n'a pas été démontré d'effets sur la fertilité de l'homme dans la population exposée lors de l'accident de Tchernobyl ou résidant dans les territoires contaminés.

À la suite des accidents de Tchernobyl et de Fukushima, certaines études ont mis en avant une augmentation du nombre de fausses couches ou de naissances prématurées. Ces observations, qui n'ont pu être reliées au niveau d'exposition aux rayonnements ionisants, ont été attribuées aux effets du stress lié à l'accident sur l'issue de ces grossesses et non à l'exposition aux rayonnements ionisants.

45 L'exposition aux radiations entraîne-t-elle un risque pour les descendants d'un enfant ou d'un fœtus exposé ?

Peu d'études ont été menées sur les descendants de personnes exposées *in utero* ou pendant l'enfance à la suite de l'accident de Tchernobyl ou aux bombardements atomiques d'Hiroshima et de Nagasaki. Ces études n'ont pas montré un excès de risque de maladie radio-induite chez ces personnes. Plus généralement, aucune augmentation du risque de cancer (en incidence et mortalité) ou d'autres maladies n'a été mise en évidence chez les descendants de personnes exposées aux radiations, quel que soit leur âge au

27 <https://www.asn.fr/l-asn-reglemente/guides-de-l-asn/guide-national-d-intervention-medicale-en-cas-d-evenement-nucleaire-ou-radiologique>

moment de l'exposition. Cette question concerne les effets héréditaires qui sont également traités dans les questions 49 et 54 ; il faut les distinguer des effets sur le fœtus lui-même qui sont traités dans les réponses aux questions 51 et 53.

46 Peut-on avoir des relations sexuelles sans crainte d'être contaminé avec une personne exposée lors de l'accident ?

47 Est-ce que la contamination peut se transmettre par un baiser (salive) ?

48 Le port du préservatif sera-t-il recommandé lors des relations sexuelles ?

Si une personne a été victime d'une contamination par dépôt de radionucléides 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 sera douchée pour éliminer cette contamination et toutes les activités habituelles, y compris les relations sexuelles, pourront être menées. Si la personne exposée présente une contamination interne (après inhalation ou ingestion de la radioactivité), il n'est pas impossible qu'elle transmette, par la salive, la sueur, voire le liquide séminal, une partie extrêmement faible de sa contamination lors d'une relation sexuelle. Cependant, aucune précaution particulière n'est nécessaire puisque le niveau attendu de la contamination interne après un accident nucléaire est faible et que la fraction susceptible d'être contenue dans la salive, la sueur ou le liquide séminal est elle-même encore plus limitée. Pour cette raison, il n'y a pas de recommandation particulière sur le port du préservatif, mis à part les recommandations habituelles de protection contre les maladies sexuellement transmissibles.

49 Les jeunes filles et femmes exposées peuvent-elles donner naissance à des enfants souffrant de malformations ?

En cas d'exposition de jeunes filles et de femmes avant la grossesse, il n'a pas été montré que le taux d'incidence de malformations ou autres troubles du développement était plus élevé que celui qui était naturellement observé en l'absence d'exposition.

En cas d'exposition pendant la grossesse, ce risque n'a été montré que pour une exposition au cours du 1^{er} trimestre de grossesse, et pour des doses supérieures à une centaine de mSv. En cas d'accident, il est peu probable que des personnes du public soient exposées à des niveaux atteignant cette valeur durant le temps de la grossesse, surtout en phase post-accidentelle (voir question 51).

50 Y a-t-il un risque de malformation si nous concevons un enfant, si un des deux parents est contaminé, si les deux le sont ?

Aucune augmentation significative de la fréquence de malformations congénitales n'a été observée parmi les enfants nés de parents ayant été exposés avant la conception, que ce soit par irradiation externe ou par contamination interne (voir questions 45 et 54). De manière générale, la question des risques de malformation peut se poser en cas d'exposition *in utero* à des doses supérieures à une centaine de mSv délivrées en une seule fois et à débit de dose élevé (voir questions 49 et 51). De tels niveaux de dose ont une probabilité extrêmement faible d'être atteints pour la population générale en situation post-accidentelle.

51 Je suis enceinte. Dois-je me faire avorter ?

La Commission internationale de protection radiologique²⁸ (CIPR) considère qu'une dose inférieure à une centaine de mSv ne doit pas être considérée comme une raison de mettre un terme à la grossesse. En cas d'accident, il est peu probable que des personnes du public soient exposées à de tels niveaux durant le temps de la grossesse, surtout en phase post-accidentelle. Ainsi, aucune mesure particulière autre que le suivi médical classique n'est préconisé pour la femme enceinte. Il est cependant important de rester vigilant quant au respect des consignes des pouvoirs publics.

²⁸ <http://www.icrp.org/>

52 Je suis enceinte. Dois-je prendre une double dose d'iode pour protéger également le fœtus/le bébé ?

Non. La posologie à respecter pour les femmes enceintes est la même que celle recommandée pour toute personne âgée de plus de 12 ans, à savoir deux comprimés d'iodure de potassium à 65 mg. Si une femme enceinte prend ses comprimés d'iode en cas d'accident nucléaire, elle protège en même temps son enfant à naître qui peut accumuler également de l'iode dans sa thyroïde à partir de la 12^e semaine de grossesse (c'est-à-dire une fois que la thyroïde est formée). *Ce point est également traité question 51.*

53 Je suis enceinte et je vis dans la zone contaminée. Est-ce que mon bébé risque quelque chose ? Dois-je déménager ?

En phase post-accidentelle, une femme enceinte résidant dans une zone contaminée n'est pas susceptible d'être exposée à des niveaux de dose permettant d'envisager des effets tératogènes pour l'enfant à naître (voir questions 49 et 51). En effet, des restrictions de consommation et de commercialisation de denrées alimentaires, mises en œuvre dans cette zone, limiteront les risques de contamination.

Il est recommandé aux femmes enceintes d'être particulièrement vigilantes dans l'application de ces consignes (voir les chapitres 3.2, 3.3, 3.5 et 3.6) en particulier dans les deux premiers mois suivant l'accident durant lesquels le risque de présence d'iode radioactif dans les aliments est le plus élevé.

54 Les lésions de l'ADN liées à l'exposition à la radioactivité peuvent-elle se transmettre aux générations futures ? Quels risques pour mes enfants, mes petits-enfants ?

Il convient de noter que, dans les cellules, l'ADN est soumis continuellement à des facteurs endogènes et exogènes (environnementaux) portant atteinte à son intégrité. Les facteurs environnementaux sont le plus souvent de nature chimique, comme certains polluants, ou physique, comme les radiations ultraviolettes et les rayonnements ionisants naturels. Les facteurs endogènes sont essentiellement les radicaux libres formés naturellement par les réactions biochimiques au sein des cellules. On estime entre

1 000 et 10 000 le nombre de lésions de l'ADN par cellule et par jour. Cependant, seul un type particulier de lésions peut être immédiatement délétère pour la cellule, ce sont les cassures double-brin, qui apparaissent avec une fréquence de 20 à 40 par Gy et par cellule²⁹.

Pour corriger ces altérations, la cellule possède des systèmes enzymatiques complexes lui permettant de les réparer. Ces réparations sont d'autant plus efficaces que les altérations sont simples et/ou peu nombreuses.

Chez l'homme, les études épidémiologiques n'ont pas démontré la survenue d'effets héréditaires après exposition d'un ou des deux parents aux radiations (voir réponses aux questions 45 et 49). Cela 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 la population est exposée (y compris les Japonais affectés par les bombardements d'Hiroshima et de Nagasaki).

Des études sur la souris montrent pourtant que les mutations de lignées germinales causées par les rayonnements à fortes doses (supérieures à 100 mSv) engendrent des effets génétiques observables dans la descendance. Ces données expérimentales obtenues sur l'animal sont prises en compte dans l'évaluation des effets des rayonnements sur l'homme et dans l'élaboration du système de radioprotection par les instances internationales compétentes.

POUR EN SAVOIR PLUS

Un embryon ou un fœtus peut être soumis à une exposition externe et/ou être exposé à des substances radioactives transférées par le cordon, la mère pouvant être contaminée par les aliments et la boisson (exposition interne). La dose interne ou externe que reçoit le fœtus tend à être inférieure à celle reçue par la mère dans la plupart des situations. L'exposition à l'iode-131 est un cas particulier, la dose délivrée au fœtus peut être supérieure à celle de la mère, étant donné l'affinité élevée de la thyroïde du fœtus pour l'iode. Cela justifie d'autant plus le respect des actions de protection éventuellement décidées par les pouvoirs publics en cas d'accident : mise à l'abri, évacuation, interdictions de consommation alimentaire et/ou prise d'iode stable par la femme enceinte en cas d'accident avec rejets d'iode radioactif, cette prise bénéficiant aussi au fœtus (voir question 52).

²⁹ SV Costes, I Chiolo et al. : Spatiotemporal characterization of ionizing radiation induced DNA damage foci and their relation to chromatin organization. 2010. Mutation Research, 704(1-3), pp. 78-87.

Le développement embryonnaire est divisé en trois phases : la phase préimplantatoire (depuis la conception jusqu'environ la 2^e semaine de gestation), la phase d'organogenèse (de la 2^e semaine à la 8^e semaine de gestation) et la phase de développement fœtal, de la 8^e semaine de gestation jusqu'à la naissance. Le développement du système nerveux du fœtus prend place essentiellement pendant la première partie de cette dernière phase, de la 8^e semaine à la 25^e semaine (figure 6).

Le développement de l'embryon et du fœtus est sensible aux rayonnements ionisants durant toute la période de gestation, les effets potentiels étant, d'une part, les effets tératogènes (malformations, effets sur le système nerveux central), d'autre part, les risques accrus de cancers. Durant la phase préimplantatoire, la réponse de l'embryon est une réponse « tout ou rien » : si les dommages dus aux rayonnements ionisants sont trop importants, l'embryon ne s'implante pas et disparaît.

Les effets tératogènes dépendent du stade de développement au moment de l'exposition et de la dose absorbée par l'embryon ou le fœtus. La sensibilité aux malformations est très élevée durant la phase d'organogenèse et au début du développement fœtal (1^{er} trimestre de gestation), avec des risques de retard mental. Ainsi, il a été estimé un risque de perte de 30 points de quotient intellectuel par Gy entre la 8^e et la 15^e semaine de développement, période qui correspond à la phase de développement du système nerveux. La sensibilité aux malformations est un peu moins élevée au cours du 2^e trimestre de la grossesse et encore moins au cours du 3^e trimestre. Toutefois, il est admis que le risque de malformations devient négligeable pour une dose inférieure à un niveau de l'ordre de 100 mSv. De même, aucun effet significatif sur le système nerveux central, tel qu'une diminution du quotient intellectuel, n'est observé en dessous de 100 mSv. Cela est à mettre en relation avec une incidence d'environ 0,5% de retard mental spontané dans la population générale.

S'agissant des risques de cancers, leur survenue est aléatoire, leur probabilité d'apparition proportionnelle à la dose reçue et il est présumé que l'embryon ou le fœtus réagit comme le jeune enfant. Compte tenu des doses susceptibles d'être reçues à la suite d'un accident nucléaire, le principal risque à considérer est le risque de cancer de la thyroïde, cet organe étant susceptible d'accumuler de l'iode radioactif chez le fœtus à partir de la 12^e semaine de grossesse (c'est-à-dire une fois que la thyroïde est formée).

Le risque d'apparition d'autres types de cancers après exposition *in utero* n'est pas établi scientifiquement. Le Comité scientifique des Nations unies pour l'étude des effets des radiations (UNSCEAR) a estimé, pour les enfants à naître, le risque d'être affectés par des effets de l'irradiation³⁰. L'UNSCEAR a conclu que moins de 0,2% des enfants, ayant été exposés à une dose de 10 mSv pendant la grossesse risquent d'être affectés, à comparer aux 6% qui en souffriront naturellement. Cette estimation de risque couvre majoritairement les risques d'apparition de cancers et dans une moindre proportion les risques de malformation et de déficience intellectuelle.

2.7 | La maternité

55 Une protection particulière des femmes enceintes et des nourrissons est-elle nécessaire ?

En raison de leurs différences anatomiques et physiologiques, les effets de l'exposition aux rayonnements chez les adultes et les enfants diffèrent. En effet, pour la même quantité de radionucléides incorporée, les doses résultantes pour les enfants sont généralement plus élevées que pour les adultes. De plus, les enfants (surtout de moins de quatre ans) sont davantage radiosensibles. Ainsi, le risque de cancer de la thyroïde après exposition à l'iode radioactif est plus élevé chez l'enfant que chez l'adulte.

Certaines études suggèrent que les enfants de moins de dix ans présentent un risque trois à quatre fois plus élevé de mortalité par leucémie que les adultes pour une même exposition externe. Toutefois, s'agissant des nourrissons, leur risque d'exposition reste très limité, ils passent la plus grande part de leur temps à l'intérieur de la maison et leur alimentation peut être maîtrisée : d'une part l'allaitement peut être suspendu en cas de contamination suspectée ou avérée de la mère, essentiellement par de l'iode-131, à condition que du lait artificiel soit disponible (voir question 56). De plus, le lait, les pots pour bébé et les autres aliments achetés dans le commerce peuvent être consommés sans danger. Il convient d'être prudents avec les produits du jardin et d'éviter les produits de la cueillette dans les territoires contaminés (voir chapitres 3.2, 3.3, 3.5 et 3.6). Pour ce qui concerne la protection de la femme enceinte en cas d'accident nucléaire, voir questions 51 et 53.

³⁰ Sources, effects and risks of ionizing radiation: United Nations scientific committee on the effects of atomic radiation 2013 report. Volume II. Annex B Effects of radiation exposure of children.

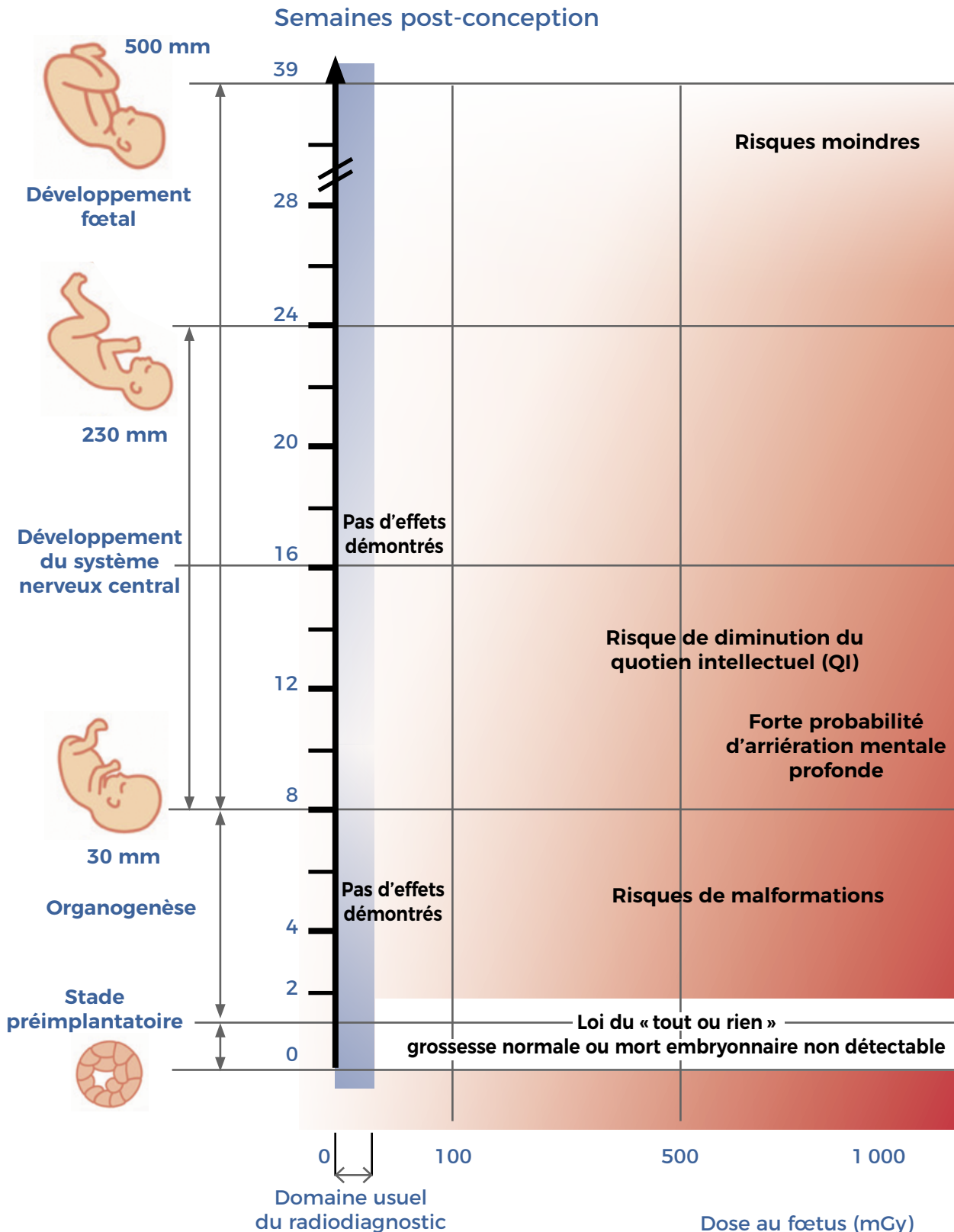


Figure 6. Effets potentiels des rayonnements ionisants sur le développement de l'embryon et du fœtus, d'après la publication 90 de la CIPR³¹ (source : IRSN).

31 ICRP, 2003. Biological effects after prenatal irradiation (embryo and fetus). ICRP Publication 90. Ann. ICRP 33 (1-2).

56 Peut-on allaiter son enfant si l'on craint d'avoir été exposée lors de l'accident ?

Les radionucléides émis lors d'un accident nucléaire et qui sont les plus à risque pour la santé humaine (iode, césium et strontium radioactifs) passent assez facilement dans le lait maternel. Cependant la question de l'allaitement après un tel accident se pose essentiellement pour l'iode-131 pendant les deux premiers mois après l'accident, ce radionucléide étant à l'origine du risque de cancer de la thyroïde observé chez les jeunes enfants (voir question 60). Il est préférable de suspendre l'allaitement, si du lait artificiel est disponible, en cas d'impossibilité pour la mère de prendre de l'iode stable pendant la phase de rejets. Il en va de même si la mère a consommé des produits contaminés ou en cas de rejets prolongés.

Pendant la phase d'urgence, il est recommandé que la mère allaitante prenne de l'iode stable pour réduire fortement la quantité d'iode radioactif fixé dans sa thyroïde et la fraction transférée dans le lait maternel, selon les instructions des autorités (*prise unique et posologie adaptée à l'âge, voir question 28*). Il est tout aussi important que de l'iode stable soit également pris par le nourrisson. En cas de rejets prolongés, les autorités peuvent être amenées à prescrire une prise d'iode supplémentaire, avec une posologie adaptée³². Cependant, il est fortement déconseillé de prendre de l'iode stable de façon quotidienne, en particulier pour les femmes enceintes ou allaitantes, les enfants de moins de 12 ans et les nourrissons. Cela peut induire un blocage de la fonction thyroïdienne avec des conséquences potentiellement importantes.

Vis-à-vis des radionucléides autres que l'iode, il est possible de s'en protéger en veillant à consommer des aliments non contaminés ou les moins contaminés possibles. Ceux vendus dans le commerce ne posent pas de problème (voir chapitres 3.2, 3.3, 3.5 et 3.6).

Des interdictions de consommation et des contrôles avant la commercialisation de denrées alimentaires, mises en œuvre dans les zones les plus contaminées, limiteront les risques de contamination.

57 Les nourrissons sont-ils plus à risque ?

Oui. Les enfants (surtout de moins de quatre ans) et plus particulièrement les nourrissons sont plus radiosensibles que les adultes pour la survenue de

cancers en raison de périodes particulières de développement des organes. En particulier, les enfants et les nourrissons ont un risque plus élevé de développer des cancers thyroïdiens en cas d'exposition à l'iode radioactif.

Durant la phase d'urgence, il convient de bien respecter les consignes, notamment de mise à l'abri ou d'évacuation et de prise d'iode stable. En cas d'impossibilité pour la mère de prendre de l'iode stable, il est préférable de cesser l'allaitement du nourrisson, bien entendu si du lait artificiel est disponible (voir question 56). Trois mois après l'arrêt des rejets (en cas de rejets d'iode), le risque d'exposition à l'iode radioactif des nourrissons et de l'ensemble de la population est très limité (voir question 55).

58 J'ai consommé des aliments contaminés de mon jardin et j'allaite mon enfant. Que risque-t-il ?

Les radionucléides émis lors d'un accident nucléaire et qui comportent le plus de risques pour la santé humaine (iode, césium et strontium radioactifs) passent assez facilement dans le lait maternel. La consommation par la mère de produits du jardin contaminés par ces radionucléides expose par conséquent l'enfant qu'elle allaite. Le risque pour l'enfant dépend du radionucléide présent, du niveau de contamination des produits et des quantités consommées. Par exemple, la dose reçue par le nourrisson est environ 2,5 fois plus élevée que celle reçue par la mère qui l'allaité si les produits contiennent de l'iode-131; elle est environ cinq fois plus faible s'il s'agit de césium-137. La consommation épisodique d'un produit contaminé à des valeurs supérieures aux niveaux maximum admissibles (NMA) fixés par les pouvoirs publics (voir question 60) n'est pas dangereuse. Le risque résulte surtout d'une consommation répétée et se pose essentiellement pendant la phase de rejets et au cours des trois mois qui suivent. Il peut être préférable de cesser l'allaitement, si du lait artificiel est disponible, durant cette période. Il est en revanche fortement déconseillé de prendre de l'iode stable de façon répétée durant la phase post-accidentelle, en particulier pour les femmes enceintes ou allaitantes, les enfants de moins de 12 ans et les nourrissons. Cela peut induire un blocage de la fonction thyroïdienne avec des conséquences potentiellement importantes (voir question 56).

³² Fiche mesure 6.2 du plan national de réponse à un accident nucléaire ou radiologique majeur : <https://www.gouvernement.fr/risques/plan-national-de-reponse-a-un-accident-nucleaire-ou-radiologique-majeur>

2.8 | L'enfance, l'adolescence

59 J'ai un patient adolescent qui présente des troubles du comportement. Il vit avec sa famille en zone contaminée depuis plusieurs années. N'y aurait-il pas un phénomène lié au stockage/relargage des radioéléments, du césium notamment ?

À ce jour, il n'y a pas d'élément permettant de dire que l'exposition à des radionucléides, tels que le césium, présents dans l'environnement à la suite d'un accident nucléaire, peut engendrer des troubles du comportement chez l'être humain.

Le Comité scientifique des Nations unies pour l'étude des effets des radiations (UNSCEAR) reconnaît cependant l'importance des effets psychosomatiques de tout accident, y compris des accidents nucléaires. Des modifications de comportement chez des enfants ou adolescents peuvent être en lien avec un changement important des habitudes de vie, le stress associé à l'accident nucléaire et à ses conséquences ou la charge émotionnelle des enfants et adolescents ainsi que de leur entourage.

60 N'y a-t-il pas de risque de voir apparaître certaines maladies lors de la puberté ?

À la suite de l'accident de Tchernobyl, une augmentation importante du taux de prévalence des maladies thyroïdiennes, en particulier des nodules et des cancers de la thyroïde, a été observée (minimum 3-4 ans après l'exposition) chez les personnes exposées à de l'iode radioactif *in utero* ou durant leur enfance ou leur adolescence.

Le suivi médical des survivants des bombardements atomiques d'Hiroshima et de Nagasaki a mis en évidence un risque accru de leucémie, en particulier chez les individus exposés durant leur enfance ; ces leucémies sont survenues assez tôt après l'exposition aux radiations (minimum deux ans et maximum 30 ans après l'exposition). Après l'accident de Tchernobyl, seule une étude ukrainienne publiée en 2010 a montré une augmentation du risque de survenue des leucémies chez les enfants âgés de moins de cinq ans au moment de l'accident et résidant dans les zones les plus fortement contaminées.

D'autres maladies ont également été évoquées chez les enfants et les adolescents, telles que les troubles cardio-vasculaires, les anomalies chromosomiques,

les déficits du système immunitaire, les effets sur la capacité future de reproduction ou les effets psychologiques, mais aucun lien de cause à effet avec l'exposition aux rayonnements ionisants n'est établi à ce jour. Il est possible que ces effets soient liés aux perturbations dans les modes de vie à la suite de l'accident (voir question 59).

61 J'ai un patient jeune qui m'indique être malade depuis l'accident, où dois-je l'orienter ?

Une évaluation du contexte, incluant une potentielle exposition radiologique est nécessaire. Les symptômes seront évalués et, le cas échéant, le patient sera orienté vers une consultation ou un service spécialisé.

2.9 | La santé mentale : crises d'angoisse, consommation d'anxiolytiques

62 Quelle incidence émotionnelle peut avoir un accident nucléaire sur les femmes enceintes et les enfants ? Comment peut-on les aider ?

Les études menées à la suite de l'accident de Fukushima ont montré que les mères résidant dans les territoires affectés étaient plus souvent sujettes à un état dépressif. Les sujets d'anxiété maternelle identifiés étaient les suivants : la sécurité des aliments, la sécurité à l'extérieur, l'effet de la radioactivité sur le fœtus, l'effet sur les enfants, leur propre exposition aux radiations, les problèmes économiques et la méfiance à l'égard de l'information dispensée.

Les enfants ont également été perturbés par l'accident, se montrant généralement plus stressés, et ayant un risque plus élevé de difficultés lors de tests d'auto-évaluation comportementale. Par ailleurs, l'inquiétude des parents et les restrictions de sorties des enfants pour des activités extérieures ont conduit à une augmentation des taux d'obésité des enfants dans les territoires contaminés trois ans après l'accident de Fukushima. Cependant, les études sur les enfants des territoires affectés suggèrent que, bien que leur état de santé déclaré soit moins satisfaisant que celui des autres enfants, leur développement émotionnel, scolaire et social est comparable.

Pour aider les personnes concernées à comprendre et gérer cette situation, il est important que tous

les professionnels de santé (médecins de famille, obstétriciens, pédiatres, pharmaciens, infirmières, kinésithérapeutes, etc.) soient suffisamment informés des conséquences sanitaires (radio-induites ou non), sociétales et psychologiques d'un accident nucléaire, y compris pour eux-mêmes. C'est l'objectif du présent document.

Dans un contexte post-accidentel, la première façon d'aider les patients est d'assurer la continuité des soins. Par exemple, il a été démontré qu'une interruption du suivi obstétrical est un facteur de risque pour les femmes enceintes. Il est également important de prendre en compte la dimension d'anxiété et de dépression chez les personnes affectées, comme dans tout contexte de crise.

Les professionnels de santé pourront informer les personnes concernées ou les orienter vers des sources d'information fiables comme les centres d'accueil et d'information mis en place par les pouvoirs publics, ou des organismes à même de les renseigner sur :

- leurs droits à un soutien matériel ou social et les personnes à contacter ;
- les connaissances scientifiques sur les rayonnements ionisants et la radioprotection ;
- les associations : soutien aux victimes, collectifs d'entraide, etc.

63 Comment gérer l'angoisse des enfants séparés de leurs parents ? (et réciproquement)

Pendant la phase d'urgence, si les enfants sont à l'école, les personnels enseignants ont la charge de leur protection durant la mise à l'abri et l'évacuation. Les enseignants ont l'habitude de gérer les enfants, y compris en situation difficile. Il est rappelé aux parents qu'il ne faut pas aller chercher ses enfants à l'école durant la phase d'urgence.

Dans les autres cas, il est préférable de ne pas séparer les enfants des parents.

Les enfants et les parents présentant des signes d'angoisse pourront être pris en charge par les personnels de santé dans les points d'urgence médico-psychologique (PUMP) de la cellule d'urgence médico-psychologique (CUMP). Le médecin traitant pourra orienter le patient vers des spécialistes.

64 Quel est le risque de panique générale pendant et après l'accident ?

Le risque de panique générale lors d'une catastrophe nucléaire est difficile à estimer. Parmi tous les risques de sécurité civile, le risque nucléaire est très certainement le plus anxiogène. Il est donc à craindre que si un accident nucléaire devait se produire, le risque de panique engendré notamment par les réseaux sociaux sera disproportionné par rapport au risque radiologique réel.

65 Quel est le risque de non-respect des consignes pendant et après l'accident ?

Dans le domaine de la sécurité civile, chacun est responsable de sa propre sécurité. Les pouvoirs publics donnent des recommandations qui, si elles sont suivies, permettent de garantir au maximum l'intégrité physique des personnes. Si ces recommandations ne sont pas appliquées, la personne s'exposera à des risques de contamination ou d'irradiation supplémentaires.

66 Beaucoup de patients m'indiquent être victimes d'ostracisme de la part de leur entourage (famille, amis) depuis l'accident. Que puis-je leur répondre ?

Les victimes d'accidents nucléaires majeurs sont souvent stigmatisées et discriminées socialement et économiquement. Cela peut s'expliquer du point de vue des personnes non exposées par la peur d'une contamination croisée ou d'une contagiosité de la contamination radioactive, par les perturbations sociétales apportées par l'arrivée soudaine d'un grand nombre d'évacués, voire par la jalousie envers les personnes affectées qui bénéficient de mesures de soutien social ou matériel. Cette discrimination peut avoir un effet psychologique non négligeable sur les personnes qui en sont victimes, qu'elles soient contaminées ou non.

Les professionnels de santé peuvent d'abord expliquer que les personnes résidant dans un territoire contaminé ou déplacées ne sont pas nécessairement contaminées et que, même si elles l'étaient, elles ne contamineraient pas les personnes qu'elles croisent ou côtoient. La radioactivité n'est pas contagieuse. Ce document fournit aux professionnels de santé des éléments de base en radioprotection et des informa-

tions sur les conséquences d'un accident nucléaire afin qu'ils puissent expliquer les niveaux d'exposition et les risques qui peuvent en résulter.

Les professionnels de santé sont à même d'apporter un soutien psychologique pour apaiser les symptômes de souffrance psychologique ou d'orienter les personnes vers des spécialistes si nécessaire.

Par ailleurs, ils peuvent aussi orienter les personnes concernées vers des sources d'information fiables comme les centres d'accueil et d'information mis en place par les pouvoirs publics, ou des organismes à même de les renseigner sur :

- leurs droits à un soutien matériel ou social et les personnes à contacter ;
- les connaissances scientifiques sur les rayonnements ionisants et la radioprotection ;
- les associations : soutien aux victimes, collectifs d'entraide, etc.

67 Vers qui orienter un patient qui a des crises d'angoisse ?

Les personnes présentant des signes d'angoisse pourront être prises en charge par les personnels de santé dans les points d'urgence médico-psychologique (PUMP) de la cellule d'urgence médico-psychologique (CUMP). Le médecin traitant pourra orienter le patient vers des spécialistes.

68 Y a-t-il une alternative à la prescription d'anxiolytiques pour la population ayant subi l'accident ?

La prise d'anxiolytiques ne devrait pas être systématique et ne peut être faite que sur avis médical. D'autres modalités efficaces de prise en charge peuvent être mises en place (groupes de parole, etc.).

POUR EN SAVOIR PLUS

Les effets psychologiques d'un accident nucléaire majeur

Une revue réalisée en 2014³³ a montré que, comme toute situation catastrophique, les accidents nucléaires de Three Mile Island (TMI) aux États-Unis et de Tchernobyl dans l'ex-URSS ont engendré des conséquences émotionnelles telles que la dépression, l'anxiété, le stress post-traumatique et des symptômes somatiques. Ces effets sont souvent durables et associés à la crainte de développer un cancer. Dans les études incluant le suivi sur plusieurs années de populations exposées dans la région de Tchernobyl, l'importance des conséquences psychologiques est soulignée par leur chronicité. Plusieurs de ces études montrent qu'une mauvaise santé mentale est associée à des problèmes de santé physique, une mortalité précoce, un handicap et une surutilisation des services médicaux. Les études à la suite de l'accident de Fukushima ont confirmé ces observations.

Les études menées sur la population évacuée ou résidant dans les territoires contaminés après l'accident de Tchernobyl montrent que les mères de jeunes enfants sont un des groupes les plus à risque. Les conséquences émotionnelles se produisent indépendamment de l'exposition réelle reçue. À la suite de l'accident de Fukushima, les études menées ont montré que les mères vivant dans les territoires à proximité de la centrale accidentée avaient plus souvent un dépistage positif vis-à-vis de la dépression. En effet, une étude³⁴ faite auprès de 8 196 femmes enceintes entre le 1^{er} août 2010 et le 31 juillet 2011 et habitant la préfecture de Fukushima a montré que, lors du dépistage réalisé 16 mois après l'accident, 28% d'entre elles ont présenté un syndrome dépressif. Ce dépistage a mis en évidence que les femmes de la région de Soso (où se situe la centrale) et celles ayant changé de centre de suivi obstétrique présentaient une plus forte incidence de dépression que les femmes des régions d'Iwaki et d'Aizu (peu marquées par les retombées). Une autre étude faite sur 269 mères de famille suggère que les principaux sujets d'anxiété maternelle sont : la contamination radiologique des aliments et de l'environnement, l'effet de la radioactivité sur le fœtus et sur les enfants, les problèmes économiques et la méfiance à l'égard de l'information dispensée³⁵.

33 Bromet EJ. Emotional consequences of nuclear power plant disasters. *Health Phys.* 2014 Feb;106(2):206-10.

34 Goto A, Bromet EJ, Fujimori K. Immediate effects of the Fukushima nuclear power plant disaster on depressive symptoms among mothers with infants: a prefectural-wide cross-sectional study from the Fukushima Health Management Survey. *BMC Psychiatry* [Internet]. 2015 Mar 26 [cited 2020 Mar 10];15. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4393633/>

35 Hatsumi Yoshii et al. Report on maternal anxiety 16 months after the great east Japan earthquake disaster: Anxiety over radioactivity. 2014 doi:10.5539/gjhs.v6n6p1. <http://dx.doi.org/10.5539/gjhs.v6n6p1>

Les études sur des enfants élevés à proximité des installations de TMI et de Tchernobyl suggèrent que, bien que leur état de santé auto-déclaré soit moins satisfaisant que celui des autres enfants, leur développement émotionnel, scolaire et psychosocial est équivalent. Une revue de la littérature scientifique sur le sujet faite par le même auteur ne montre pas de résultats cohérents en faveur d'un effet cognitif ou neuropsychiatrique des expositions des enfants aux retombées de Tchernobyl³⁶. Les enfants résidant autour de Fukushima ont aussi été perturbés par l'accident. Ils sont généralement plus stressés, et présentent un risque plus élevé de difficultés lors de tests d'auto-évaluation comportementale de type SDQ^{37 38}. Par ailleurs, l'inquiétude des parents et les restrictions de sorties des enfants pour des activités extérieures a conduit, trois ans après l'accident, à une augmentation du taux d'obésité des enfants dans les territoires contaminés³⁹. Le pourcentage d'enfants évacués considérés comme ayant besoin d'un soutien psychologique était d'environ 20% en 2011, immédiatement après le séisme et l'accident nucléaire. Il a progressivement diminué pour tous les groupes d'âge pour atteindre environ 12% en 2016, ce qui reste plus élevé, pour tous les groupes d'âge, que celui observé dans une précédente étude ciblant des personnes non touchées par une catastrophe au Japon⁴⁰.

2.10 | Professionnels de santé et radioprotection : risques professionnels au cabinet médical, à l'hôpital et d'une façon générale pour les professionnels de santé

69 Les professionnels de santé devront-ils disposer de matériels de détection de la radioactivité de leur patient ?

Dans la majorité 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 les règles d'hygiène habituelles à l'égard de leurs patients. Le contrôle de non-contamination de leurs patients n'est pas nécessaire.

70 Quelle est la conduite à tenir en présence d'une personne irradiée ou contaminée ?

71 Quels pourraient être les risques pour les professionnels de santé qui soignent des personnes potentiellement contaminées ou irradiées ?

72 Y a-t-il des précautions à prendre pour le soignant vis-à-vis des personnes résidant dans la zone contaminée (ne pas lui serrer la main, porter un masque chirurgical, etc.) ?

Les travailleurs intervenant en situation d'urgence sont susceptibles d'être exposés à des niveaux plus élevés que la population, ils feraient l'objet de contrôles et d'un suivi spécifique (voir question 77).

Les niveaux d'exposition auxquels la population serait soumise ne sont pas susceptibles d'induire des signes cliniques dus aux rayonnements ionisants.

Les expositions accidentelles peuvent donner lieu à une irradiation externe, une contamination interne ou une contamination externe (cutanée ou vestimentaire). La combinaison de ces différentes voies d'exposition est possible.

Irradiation

L'irradiation n'entraîne pas d'augmentation de la radioactivité corporelle. Le fait de soigner une personne irradiée ne présente en soi aucun risque radiologique pour les professionnels de santé.

Contamination interne

Lorsqu'une personne présente une contamination interne mais pas de contamination externe, une partie de l'activité qu'elle a incorporée est éliminée par les urines et les selles (dans des proportions respectives qui dépendent du radionucléide concerné). Le risque pour son entourage est suffisamment faible pour ne pas nécessiter de précautions particulières (voir question 75).

36 Bromet EJ, Havenaar JM, Guey LT. A 25 year retrospective review of the psychological consequences of the Chernobyl accident. Clin Oncol R Coll Radiol G B. 2011 May;23(4):297-305.

37 Le questionnaire sur les forces et les difficultés (SDQ) est un bref questionnaire de dépistage émotionnel et comportemental destiné aux enfants et aux jeunes. Il vise à identifier les symptômes émotionnels, les problèmes de comportement, d'hyperactivité et d'inattention, les problèmes de relations entre pairs et le comportement pro social chez les personnes interrogées.

38 Maeda M, Oe M. Mental health consequences and social issues after the Fukushima disaster. Asia Pac J Public Health. 2017 Mar;29(2_suppl):36S-46S

39 Yamamura, E. Impact of the Fukushima nuclear accident on obesity of children in Japan (2008-2014). Econ Hum Biol. 2016;21:110-121.

40 Les conséquences sanitaires de l'accident de Fukushima Bilan IRSN 2019 : https://www.irsn.fr/FR/connaissances/Installations_nucleaires/Les-accidents-nucleaires/accident-fukushima-2011/fukushima-2019/Documents/IRSN-NI_Fukushima-2019-sante_201903.pdf

Contamination externe

Lors de la prise en charge d'une personne présentant une contamination cutanée ou vestimentaire, le risque pour le professionnel de santé serait de se contaminer. Dans la plupart des cas, le niveau de contamination des personnes attendu à la suite d'un accident nucléaire serait faible. Le risque pour les professionnels de santé devient extrêmement faible s'ils utilisent des équipements de protection habituels (blouse, gants, masque), qui permettent d'éviter le transfert de contamination par les vêtements et la salive ou la sueur (l'excrétion des radionucléides incorporés par ces voies est très limitée) (voir la question 89).

Si le niveau de contamination suspecté est plus important, la personne doit être orientée vers un établissement de santé de référence (voir l'arrêté du 30 décembre 2005 relatif à la liste des établissements de santé de référence). En attendant la prise en charge de cette personne par une équipe spécialisée, quelques moyens de protection doivent être mis en œuvre car elle est potentiellement contaminante. Ces moyens de protection comportent deux aspects :

- la protection des professionnels de santé par le port d'équipement appropriés : une blouse, un masque et une paire de gants (éventuellement doublée) à usage unique ;
- la décontamination externe du patient avec les recommandations suivantes :
 - déshabiller le patient en évitant de disperser la contamination (pour cela, rouler les vêtements sur eux-mêmes de l'intérieur vers l'extérieur). Cette étape permet souvent d'éliminer 80 à 90% de la contamination. Les vêtements peuvent ensuite être lavés ou éliminés ;
 - savonner le patient soigneusement sans frotter (pour éviter les microlésions de la peau) sous une douche avec de l'eau tiède (pas chaude), laver les cheveux, rincer et sécher ;
 - si la peau est lésée, laver avec de l'eau et du savon doux sans frotter.

La mise en œuvre de ces moyens de protection ne doit cependant pas retarder la prise en charge du patient en cas d'urgence médico-chirurgicale, ni entraver la réalisation des gestes techniques car le transfert de contamination d'une personne à l'autre est limité. Par exemple, en l'absence de port de gants pour intervention urgente, le lavage des mains après intervention dans les conditions décrites ci-dessus permet d'éliminer la contamination cutanée à condi-

tion qu'il n'y ait pas de plaie. En effet, une plaie à la main est une voie d'entrée de la contamination en cas de contact avec une surface contaminée.

73 Quel équipement dois-je porter pour une consultation dans mon cabinet (gants, lunettes, masque chirurgical) ?

Lors de la prise en charge d'une personne présentant une contamination cutanée ou vestimentaire, le risque pour le professionnel de santé serait de se contaminer. Dans la plupart des cas, le niveau de contamination des personnes attendu à la suite d'un accident nucléaire serait faible. Le risque pour les professionnels de santé devient extrêmement faible s'ils utilisent des équipements de protection habituels (blouse, gants, masque), qui permettent d'éviter le transfert de contamination par les vêtements et la salive ou la sueur (l'excrétion des radionucléides incorporés par ces voies est très limitée).

74 Quels sont les bons gestes à avoir pour maintenir mon cabinet ou mon officine radiologiquement propre ?

Les bons gestes pour maintenir les locaux médicaux propres et exempts de contamination radioactive significative résident dans l'application des règles d'hygiène habituelles (voir également questions 119 et 125).

75 Les prélèvements biologiques d'une personne exposée lors de l'accident sont-ils à manipuler avec des précautions particulières ?

Lorsqu'une personne ne présente qu'une contamination interne, le risque pour son entourage est suffisamment faible pour ne pas nécessiter de précautions particulières. Une partie de l'activité qu'elle a incorporée est éliminée par les urines et les selles (dans des proportions respectives qui dépendent du radionucléide concerné). Les niveaux de contamination attendus dans ces excréta à la suite d'un accident nucléaire sont toutefois suffisamment faibles pour ne pas nécessiter de précautions particulières, par exemple si la personne est amenée à utiliser les toilettes. De même, les risques radiologiques associés à la manipulation des urines (après sondage par exemple) sont très faibles et n'appellent pas

d'autres dispositions que celles prises habituellement, notamment le port des équipements de protection habituels (gants, blouse, etc.).

D'une manière générale, les fluides biologiques d'une personne contaminée sont plus ou moins radioactifs selon le fluide considéré, le radionucléide en jeu et bien entendu le niveau de contamination de la personne. Dans la plupart des cas, le niveau de contamination attendu est très faible (traces) et les risques pour les personnels également très faibles. Les prélèvements notamment de sang et des urines ne nécessitent pas de précautions autres que celles prises habituellement, notamment le port d'une tenue de travail à manches longues et de gants (*voir également question 71*).

D'une manière générale, le transport d'échantillons biologiques issus de personnes contaminées ne nécessite pas de protection radiologique particulière mais doit respecter les règles habituelles d'envoi d'échantillons biologiques, en particulier la règle du triple emballage.

76 De quels équipements de protection individuels disposeront les personnels de santé réquisitionnés ? Faut-il porter des gants en permanence ?

À l'exception des soins aux personnes fortement contaminées (*voir question 82*), il n'est pas nécessaire que le personnel médical porte des équipements de protection spécifiques, en dehors des pratiques habituelles.

77 Quelle protection pour les personnels de santé intervenant en zone contaminée ?

En phase d'urgence, l'intervention des personnels de santé en zone contaminée, notamment au plus près du site, s'inscrit dans un cadre réglementé (articles R. 4451-96 à R. 4451-110 du code du travail). Ces personnels doivent en particulier être dotés d'équipements de protection individuelle adaptés à la nature de l'intervention (tenues NRBC⁴¹ par exemple) et bénéficier d'une surveillance dosimétrique individuelle (irradiation et/ou contamination interne).

En phase post-accidentelle, les professionnels de santé ne sont *a priori* pas soumis à un risque radiologique supérieur à celui de la population. S'il s'avère que les patients qu'ils ont à soigner sont contaminés,

le risque est limité par les équipements de protection appropriés que sont : une tenue de travail à manches longues, un masque et une paire de gants éventuellement doublée (*voir également question 71*). En tout état de cause, conformément aux dispositions réglementaires de radioprotection (articles R. 4451-136 et R. 4451-137 du code du travail), une évaluation des risques doit être réalisée pour les travailleurs intervenant en situation d'exposition durable résultant d'une situation d'urgence radiologique et, dans les cas où leur exposition est susceptible de dépasser la limite de dose pour le public, les dispositions de protection renforcées (formation, surveillance dosimétrique, etc.) doivent être mises en œuvre.

78 Comment protéger les lieux de santé de la contamination ?

Les règles habituelles de prise en charge des patients s'appliquent (port de gants et de blouse). De même, les règles habituelles d'hygiène et de propreté des locaux (aération, aspirateur et nettoyage avec un linge humide par exemple) sont suffisantes pour les lieux de santé courants, comme les autres lieux recevant du public.

79 Doit-on laisser rentrer chez eux en zone contaminée des patients soignés ?

À la suite d'un accident nucléaire, si le niveau de contamination le requiert, une zone d'éloignement durable de la population pourra être délimitée par les pouvoirs publics. 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. En tout état de cause, une exposition interne ou externe aux radiations à faibles doses n'aggraverait pas une maladie préexistante (*voir question 4*).

80 Les véhicules sanitaires utilisés devront-ils être nettoyés tous les jours ?

Voir questions 144 et 145.

Une fois les rejets terminés, seuls les véhicules qui circulent dans les zones les plus fortement contaminées peuvent se contaminer du fait de la remise en suspension des dépôts au sol. Cette contamination va le plus souvent se fixer en certains points, notamment dans les filtres à air, sur les pneus et les

41 Nucléaire, radiologique, biologique et chimique.

passages de roues ou encore les essuie-glaces. Dans l'habitacle, la moquette et les tissus peuvent aussi présenter des traces de contamination. Le nettoyage régulier de l'intérieur du véhicule avec un aspirateur devrait suffire pour éliminer ces traces de contamination. Les risques d'exposition restent, en tout état de cause, très faibles.

81 Qui dois-je prévenir en fonction de mes symptômes ?

Le médecin traitant reste le point d'entrée pour toutes les personnes, y compris celles résidant dans un territoire affecté par un accident nucléaire. Le médecin traitant pourra ensuite vous réorienter vers un service spécialisé en cas de besoin.

Étant donné les niveaux d'exposition aux rayonnements ionisants attendus sur le long terme pour les personnes résidant dans un territoire contaminé, l'observation de symptômes traduisant une dose élevée est peu probable sur ces personnes.

82 Comment prendre en charge des patients qui arrivent contaminés à l'hôpital ?

Lors d'un événement majeur ayant un effet sur l'offre de soins, la mise en œuvre du dispositif de protection de l'établissement et d'accueil de victimes passe par le déclenchement du plan blanc de l'établissement en particulier son volet nucléaire radiologique ou chimique (NRC), du plan de gestion des tensions hospitalières et des situations sanitaires exceptionnelles (SSE) et le grément d'une cellule de crise hospitalière (CCH).

La disposition opérationnelle immédiate, qui doit être mise en œuvre par l'établissement, est l'organisation d'un accueil et d'un circuit adapté de prise en charge des patients avec une contamination externe potentielle pour éviter :

- que les personnels et patients hospitalisés sans lien avec l'événement NRC ne soient exposés ;
- que les services d'hospitalisation et d'urgence ne soient contaminés, ce qui pourrait engendrer la perte de l'outil et de ses capacités de prise en charge pour une durée plus ou moins longue.

À cet effet, ces patients doivent être orientés vers un point de regroupement des victimes (PRV) à l'hôpital et bénéficier d'une décontamination radiologique. Dans l'idéal, l'unité de décontamination est placée de manière à éviter toute entrée dans les services de l'établissement, sans prise en charge préalable liée à la décontamination des patients.

En situation d'urgence radiologique, le secteur hospitalier ne pourra/devra accueillir que des personnes nécessitant une prise en charge en milieu hospitalier.

Hors urgence vitale, les patients arrivant à l'hôpital auront été contrôlés radiologiquement et, si nécessaire, auront été décontaminés.

En cas d'urgence vitale, il est possible de suivre un protocole allégé de décontamination du patient avant son entrée dans le service d'urgence. Le personnel soignant aura un équipement classique : masque chirurgical, gants, blouse, sur-chaussures, calot.

Le contrôle de la contamination externe et une décontamination permettent de réduire le niveau d'exposition du personnel soignant (voir questions 2 et 72).

En phase post-accidentelle, les personnes résidant dans un territoire contaminé ne sont *a priori* pas exposées à des niveaux de contamination nécessitant une prise en charge hospitalière particulière. Les patients pourront suivre les parcours de santé et d'hospitalisation habituels.

Pour plus de détails, se référer au *Guide d'aide à la préparation et à la gestion des tensions hospitalières et des situations sanitaires exceptionnelles*⁴² :

- fiche technique sur l'accueil et le parcours de prise en charge des victimes contaminées (voir p. 133 du Guide SSE) ;
- fiches techniques sur la décontamination d'urgence et approfondie (voir p. 136 et 139 du Guide SSE).

Pour rappel :

Articles R. 3131-13 et R. 3131-14 du code de la santé publique définissent les modalités du plan blanc.

42 Guide SSE : https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/guide_situation_sanitaire_exceptionnelle.pdf

83 Doit-on reporter certaines interventions chirurgicales ?

D'une façon générale, le report d'interventions chirurgicales peut être envisagé en cas de saturation des capacités d'accueil des hôpitaux. En cas d'accident dans une centrale nucléaire, le nombre de victimes radiologiques nécessitant une prise en charge immédiate ou différée ne devrait pas conduire à un dépassement des capacités hospitalières. Une saturation est cependant envisageable en cas d'événements combinés (séisme, inondation, incendie, etc.).

Par ailleurs, le principe général est que les urgences vitales doivent être prises en charge, même si la personne est contaminée.

En cas d'urgence vitale, il est possible de suivre un protocole de décontamination allégé du patient avant son entrée dans le service d'urgence. Le personnel soignant aura un équipement classique : masque chirurgical, gants, blouse, sur-chaussures, calot.

Quoi qu'il en soit, un contrôle de la contamination externe et une décontamination préalable à l'intervention chirurgicale permettent de réduire le niveau d'exposition du personnel soignant (voir questions 2 et 72).

Pour plus de détails, se référer au *Guide d'aide à la préparation et à la gestion des tensions hospitalières et des situations sanitaires exceptionnelles*⁴³.

84 Qui s'occupera du suivi de la santé sur le long terme des personnes exposées ?

Le suivi à long terme des personnes exposées est en premier lieu assuré au niveau individuel par le médecin traitant sur la base de recommandations nationales.

Si un dispositif de suivi collectif de la santé de la population est également mis en place, il sera coordonné par les ARS avec les professionnels de santé et les acteurs locaux concernés.

Un suivi spécifique à long terme de type épidémiologique pourrait également être mis en place, il serait assuré par des organismes de surveillance ou de recherche compétents.

85 Les personnes exposées seront-elles mises en quarantaine et où ?

Les dispositions prises durant la phase d'urgence (évacuation, mise à l'abri, prise d'iode stable et restrictions alimentaires) sont destinées à protéger la population de l'exposition aux rejets radioactifs. Malgré ces actions de protection il ne peut pas être exclu que des personnes soient contaminées par des radionucléides pendant la phase d'urgence. Cependant, les niveaux attendus de contamination de ces personnes seront limités et ne justifient en aucun cas une mise en quarantaine. Une contamination radioactive, à la différence d'une contamination par des virus ou des bactéries, n'est pas contagieuse. En revanche, une contamination par les rejets radioactifs peut justifier la prise en charge des personnes concernées par les services de secours ou par des services médicaux pour une estimation de leur contamination et une décontamination éventuelle.

86 Comment accueillir les personnes venant de la zone de confinement dans les établissements de santé ?

En cas d'accident nucléaire, pendant la phase de rejets radioactifs, il est prévu de délimiter un périmètre de mise à l'abri. Une fois les rejets terminés, la mise à l'abri pourra être levée et les personnes ne seront pas soumises à une quarantaine.

En effet, les personnes venant d'un périmètre de mise à l'abri ne sont pas nécessairement contaminées. Même si elles l'étaient, elles ne contamineraient pas les personnes qu'elles croisent ou côtoient. La radioactivité n'est pas contagieuse.

Ces personnes seront accueillies par les centres d'accueil et de regroupement (CARE) pour un recensement et une évaluation de leur contamination. Elles seront éventuellement orientées vers des établissements de santé et traitées selon les procédures adaptées, en tenant compte de leur niveau de contamination, présumé faible.

Les personnes arrivant spontanément dans un établissement de santé sans être préalablement passées par un CARE seront invitées à se faire recenser dans le CARE le plus proche, sauf en cas d'urgence vitale. Dans ce cas, le traitement est prioritaire, le recensement sera fait dans l'établissement de santé (voir questions 82 et 83).

43 Guide SSE : https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/guide_situation_sanitaire_exceptionnelle.pdf

87 Qui paiera le forfait hospitalier si on doit garder les malades plus longtemps que prévu ?

En cas de menace sanitaire grave constatée par le ministre chargé de la santé, un fonds finance les actions nécessaires à la préservation de la santé de la population, ainsi que les compensations financières auxquelles elles peuvent donner lieu (article L. 3131-5 du code de la santé publique). Cette question ne doit en aucun cas affecter la prise en charge médicale de patients.

3- LA VIE EN SOCIÉTÉ

POUR EN SAVOIR PLUS

Les actions de protection de la population pendant la phase post-accidentelle

À la fin des rejets, il est possible que certaines parties du territoire soient considérées comme trop fortement contaminées par les rejets radioactifs qui se sont déposés pour qu'il soit permis d'y vivre de façon permanente, cela pour une durée plus ou moins longue. Sur les autres parties du territoire présentant une contamination moindre, les autorités permettront de continuer d'y vivre et d'y travailler, moyennant la mise en place d'actions de protection et d'accompagnement.

Les trois objectifs principaux de la gestion de ces territoires durant la phase post-accidentelle sont de :

- protéger la population contre les dangers des rayonnements ionisants ;
- apporter un appui à la population affectée par les conséquences de l'accident ;
- assurer le maintien ou la reprise des activités environnementales, sociales et économiques dans les territoires affectés par les rejets radioactifs.

L'atteinte de ces objectifs doit permettre de vivre et travailler dans les territoires concernés, dans des conditions dignes et compatibles avec la santé publique. Pour cela, les principales actions de protection seront mises en place en fonction d'un zonage, qui sera évolutif. Il comportera :

- un périmètre d'éloignement, *a priori* de longue durée. Ce périmètre concerne les zones trop fortement contaminées pour y permettre d'y vivre de façon permanente. Dans cette zone, des dérogations ponctuelles pourront être accordées après la fin des rejets afin de gérer les troupeaux ou de mettre en sécurité les installations industrielles. À plus long terme, les activités seront restreintes aux activités sur le site de l'installation accidentée et ses alentours et aux actions de réduction de la contamination. Cette disposition est destinée à limiter autant que possible l'irradiation par les dépôts de particules radioactives ;
- une zone⁴⁴ dans laquelle il est interdit de consommer des denrées fraîches locales issues des productions privées (jardins potagers, vergers, basse-cours). Cette recommandation s'applique également aux produits issus de la chasse, de la pêche et de la cueillette (champignons, baies

sauvages). Cette disposition est destinée à limiter autant que possible la contamination par ingestion de produits contaminés ;

- une zone de contrôle des productions agricoles sur l'ensemble des territoires concernés par une contamination radioactive susceptible de conduire à un dépassement des normes européennes. Dans cette zone, l'objectif est de mettre en place, par filière de production, un contrôle de la contamination radioactive pour que seules des productions agricoles conformes à la réglementation européenne (règlement Euratom 2016/52 du 15 janvier 2016) soient mises sur le marché. Cette disposition est destinée à limiter autant que possible la contamination par ingestion de produits contaminés.

En complément, il est possible que des restrictions d'accès soient mises en place dans des zones qui concentrent plus particulièrement la radioactivité ou techniquement difficiles à décontaminer, comme dans les massifs forestiers ou montagneux, par exemple.

Les autres actions de protection, qui pourront être mises en œuvre dans les territoires concernés, sont principalement :

- une évaluation de l'exposition pour la population et un suivi dosimétrique pour les travailleurs ;
- un suivi médical potentiellement à long terme et, si nécessaire, une prise en charge médicale et psychologique ;
- une surveillance épidémiologique de la population et des travailleurs ;
- le maintien ou la restauration des services publics (fourniture d'eau potable, d'électricité, de gaz, ramassage des déchets ménagers, transports, écoles, services de santé, services administratifs, etc.) ;
- la caractérisation de l'état radiologique dans les lieux de vie et dans l'environnement afin de connaître l'étendue des territoires contaminés et l'effet de cette contamination, avec en particulier, la mise en place rapide d'une démarche de suivi renforcé de la qualité de l'eau du robinet ;
- la réalisation d'actions de réduction de la contamination, sur la base de la caractérisation radiologique de l'environnement, en ciblant les lieux de vie les plus contaminés pour favoriser une reprise de la vie quotidienne (lieux d'habitation, établissements recevant du public, locaux industriels et

⁴⁴ La dénomination des différentes zones est provisoire et sera précisée suite à une concertation avec des panels citoyens.

commerciaux, aires de loisir, etc.). Cette action doit s'accompagner d'une stratégie de gestion des déchets radioactifs ;

- la mise en œuvre d'une aide financière d'urgence et l'engagement des démarches d'indemnisation de la population et des entreprises concernées (voir chapitre 6.5 « indemnisations » page 83) ;
- la mise à disposition de la population d'une information transparente et accessible, ainsi que d'un soutien à la mesure de la radioactivité par les citoyens. Ces éléments doivent permettre une appropriation par la population des enjeux de radioprotection liés à la vie dans un territoire contaminé ;
- la mise en place d'une nouvelle gouvernance locale fondée sur la vigilance et la participation active des acteurs locaux, favorisant ainsi la vie économique et sociale.

Tous les périmètres concernés et toutes les actions de protection de la population seront régulièrement réévalués et ajustés en fonction de l'évolution de la situation, en particulier radiologique. L'étendue des zones de protection diminuera avec le temps, du fait à la fois de l'évolution de la radioactivité dans l'environnement, en particulier liée à la décroissance radioactive, et des actions de protection de la population, en particulier les actions de décontamination.

3.1 | Les relations sociales : contamination / irradiation de contact

88 Un enfant exposé pendant l'accident est-il susceptible de contaminer les enfants avec qui il est gardé (école, crèche, nourrice, etc.) ?

Non. Une personne ayant été soumise à des rayonnements ionisants, par exposition externe (irradiation) ou interne (inhalation ou ingestion), n'est pas susceptible de contaminer d'autres personnes. Certes, en cas de contamination interne, une partie des radionucléides est éliminée par les voies naturelles (urines et selles) mais le risque de transfert est évitable par les mesures d'hygiène élémentaires (se laver les mains après les toilettes et en revenant d'une zone potentiellement contaminée comme les jardins, les forêts, etc.) ; les couches pour bébé ne présentent pas de danger et peuvent être éliminées comme d'habitude. Si les vêtements ou la peau ont été contaminés par des dépôts radioactifs, cette contamination peut éventuellement être transférée à d'autres personnes, mais le risque est très faible. Un moyen très

simple de le prévenir est de laver ses vêtements (en machine, à 90°C en cycle long si c'est du coton, à adapter pour les autres textiles, afin de favoriser le « décrochage » de la contamination) et de se doucher (cheveux compris) régulièrement (au moins une fois par jour l'hiver, deux fois l'été).

89 Peut-on fréquenter sans crainte des personnes ayant été exposées ? (mon professeur, un élève, un collègue, un voisin, etc.)

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 1), n'est pas susceptible de contaminer d'autres personnes car l'irradiation n'entraîne pas d'augmentation de la radioactivité corporelle. 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 des voies possibles d'excrétion des radionucléides ayant été incorporés par cette personne. Toutefois, 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.

90 Peut-on embrasser une personne exposée lors de l'accident, sans craindre d'être contaminé ?

Oui. Il n'y a aucun risque à embrasser une personne contaminée lors de l'accident. La salive et la sueur sont des voies possibles d'excrétion 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 (voir questions 45, 46 et 47).

91 Si cela dure, est-ce que les enfants pourront être / seront scolarisés ailleurs ? Dans quelle région ?

Parallèlement au relogement, les enfants seront scolarisés dans les établissements scolaires à proximité des hébergements mis à disposition des personnes évacuées.

92 Les membres de la famille seront-ils autorisés à nous rendre visite ?

Pendant la phase post-accidentelle, et en dehors du périmètre d'éloignement, il sera possible de mener une vie normale, moyennant quelques précautions (respect des consignes d'interdiction de certaines zones par les autorités, précautions à propos de l'alimentation (voir chapitres 3.2 « alimentation », page 46 et 3.7 « vie quotidienne », page 55). Il n'y a donc pas lieu de penser que la visite de la famille ou d'amis soit restreinte.

93 Les spectacles seront-ils annulés ?

Pendant la phase post-accidentelle, et en dehors du périmètre d'éloignement, il sera possible de mener une vie normale, moyennant quelques précautions (respect des consignes d'interdiction de certaines zones par les autorités, précautions à propos de l'alimentation (voir chapitres 3.2 « alimentation », page 46 et 3.7 « vie quotidienne », page 55). Il n'y a donc pas lieu de penser que la vie sociale soit interrompue.

94 Les examens et concours seront-ils maintenus ?

Pendant la phase post-accidentelle, et en dehors du périmètre d'éloignement, il sera possible de mener une vie normale, moyennant quelques précautions (respect des consignes d'interdiction de certaines zones par les autorités, précautions à propos de l'alimentation (voir chapitres 3.2 « alimentation », page 46 et 3.7 « vie quotidienne », page 55). Les services publics et en particulier les activités d'éducation (écoles, établissements d'enseignement secondaire et supérieur) seront maintenus ou rétablis.

95 Pourra-t-on aller à la banque ou retirer de l'argent au distributeur ? Les administrations seront-elles ouvertes (sécurité sociale, impôts, préfecture, etc.) ?

Pendant la phase post-accidentelle, et en dehors du périmètre d'éloignement, il sera possible de mener une vie normale, moyennant quelques précautions (respect des consignes d'interdiction de certaines zones par les autorités, précautions à propos de l'alimentation (voir chapitres 3.2 « alimentation », page 46 et 3.7 « vie quotidienne », page 55). Les activités commerciales et tertiaires seront rétablies ou maintenues.

96 Qui prend en charge les résidents des établissements médico-sociaux ? Les familles des résidents peuvent-elles venir les chercher ?

Les pouvoirs publics sont chargés de l'évacuation des personnes ne pouvant pas s'évacuer par leurs propres moyens, comme dans le cas des résidents en établissements médico-sociaux et les crèches. Les familles ne doivent pas essayer de venir les chercher, elles entraveraient l'organisation des secours et pourraient prendre des risques inutiles.

Pendant la phase post-accidentelle, et en fonction de l'évaluation des risques pour la santé qui sera faite, les zones évacuées durant la phase d'urgence pourront soit être incluses dans un périmètre d'éloignement (auquel cas le retour ne sera pas immédiatement possible) soit être autorisées au retour.

97 Qui prendra en charge l'évacuation des établissements scolaires ?

Les pouvoirs publics sont chargés de l'évacuation des personnes présentes (élèves, professeurs et autres personnels) dans les établissements scolaires. En aucun cas, les familles ne doivent essayer de venir les chercher, elles entraveraient l'organisation des secours et pourraient prendre des risques inutiles.

Pendant la phase post-accidentelle, et en fonction de l'évaluation des risques pour la santé qui sera faite, les zones évacuées durant la phase d'urgence pourront soit être incluses dans un périmètre d'éloignement (auquel cas le retour ne sera pas immédiatement possible) soit être autorisées au retour.

3.2 | L'alimentation : l'eau, le potager, la chasse et la pêche

Généralités

98 Quels sont les effets sanitaires potentiels de la consommation de produits contaminés ?

Les expositions qui résultent de la consommation d'aliments contaminés sont généralement faibles et seuls des effets stochastiques à long terme sont susceptibles d'apparaître, leur probabilité dépendant des doses reçues. Dans les pays de l'ex-URSS affectés par l'accident de Tchernobyl, l'ingestion, dans les premières semaines qui ont suivi l'accident, de denrées fraîches contaminées en iode-131 (lait et légumes principalement) a été en partie à l'origine de l'augmentation des cancers de la thyroïde. Cette augmentation a été observée à partir de 1991 chez les individus qui étaient enfants (*in utero* et jusqu'à 15 ans) en 1986, plus particulièrement ceux qui avaient moins de cinq ans et qui sont aujourd'hui devenus adultes. D'autres effets ne sont pas exclus (notamment d'autres types de cancers, comme la leucémie) mais, s'ils existent, leur incidence est trop faible pour avoir pu être mise en évidence. Au Japon, à la suite de l'accident de Fukushima, l'ingestion de denrées contaminées est apparue comme une voie d'exposition plus faible qu'en ex-URSS, en raison des contaminations généralement moins élevées et de la mise en place d'un contrôle strict des filières de production, mais aussi d'une alimentation plus variée.

Il convient de noter par ailleurs que, en temps normal, tout individu ingère quotidiennement des produits naturellement radioactifs car des radionucléides sont présents dans l'environnement et donc dans les aliments. Les produits de la mer sont les aliments qui, proportionnellement, contribuent le plus à l'incorporation de radionucléides naturels. Recommander une réduction d'ingestion de ces aliments irait cependant à l'encontre du message de santé publique qui promeut une alimentation diversifiée avec la consommation régulière de produits de la mer et ne serait pas justifié compte tenu du niveau d'exposition.

99 Y a-t-il des aliments à privilégier ?

Il y a plutôt une vigilance à recommander vis-à-vis de certains aliments (voir question 111). En tout état de cause, les denrées protégées hermétiquement (voir question 108) et celles mises sur le marché dans

le respect des seuils en vigueur sont consommables sans restriction. Il est également important de diversifier sa nourriture et la provenance de ses aliments pour limiter l'incorporation de radioactivité.

100 Y a-t-il des aliments à éviter ? Doit-on arrêter viande, poissons, légumes frais ?

Il convient d'abord de respecter les consignes et recommandations des pouvoirs publics. Celles-ci peuvent cibler des denrées particulières. Pour tous les produits hors circuit de vente officiel, il convient d'être très vigilant car ces produits ne sont pas contrôlés. Il est recommandé de ne pas acheter d'aliments sur des marchés non officiels échappant à tout contrôle de contamination par les pouvoirs publics.

Il convient d'être également vigilant vis-à-vis de certains légumes, notamment les légumes à feuilles (salades, épinards, choux, etc.), des produits sauvages issus de la cueillette (champignons, baies, plantes sauvages), de la chasse, de la pêche (dont la pêche à pied) et de l'élevage domestique (poules, etc.) ou non domestique (miel, escargots, etc.).

101 Devra-t-on contrôler les produits avant leur utilisation ? Un seuil sera-t-il défini ? Qui fera les mesures et où ?

Pour les produits de consommation autres qu'alimentaires, des contrôles pourront éventuellement être décidés par les pouvoirs publics, au cas par cas.

Les produits alimentaires, destinés à la commercialisation et susceptibles d'être contaminés, seront soumis à un contrôle de qualité radiologique préalable. Ils ne pourront être commercialisés que s'ils présentent une contamination inférieure aux niveaux maximaux admissibles (NMA) qui ont été définis au niveau européen.

Les produits des jardins et des élevages privés, de la chasse, de la pêche et de la cueillette, hors circuit de commercialisation, peuvent être contaminés de façon importante. Il est donc fortement conseillé de mesurer ou de faire mesurer ces produits avant de les consommer, voire d'éviter de les consommer. Les autorités pourraient être amenées à interdire la consommation de denrées fraîches produites localement dans des zones où la contamination des produits dépasse des niveaux définis par les autorités.

La mesure peut être effectuée par les résidents eux-mêmes, à condition de disposer de l'appareillage nécessaire et de suivre un protocole précis. Sinon, il sera possible de s'adresser aux centres d'accueil et d'information (CAI).

Certains radionucléides (cas du strontium par exemple) sont difficiles à mesurer et leur mesure doit être effectuée par des spécialistes.

Il est à noter que la consommation occasionnelle ou en petites quantités de produits contaminés à des valeurs supérieures aux NMA ne présente pas de risque particulier pour la santé.

POUR EN SAVOIR PLUS

La gestion des denrées alimentaires en situation post-accidentelle

Durant la phase d'urgence, les autorités pourront interdire la consommation de denrées fraîches issues des potagers, vergers et élevages privés et exposées

aux rejets de l'installation nucléaire accidentée, et la commercialisation des denrées agricoles. Il sera notamment interdit (dans un périmètre défini) de consommer les produits des potagers et vergers privés, les produits issus de la chasse, de la pêche (y compris de la pêche à pied en bord de mer) et de la cueillette (champignons, baies sauvages).

Durant la phase post-accidentelle, les autorités mettront en place, dans les territoires affectés, des contrôles radiologiques par filière des produits alimentaires qui devront notamment respecter des normes européennes de commercialisation (voir tableau 2). Pour les denrées autoproduites ou issues de la cueillette (productions potagères privées, animaux de basse-cour et produits dérivés comme les œufs ou le miel), les autorités pourront émettre des recommandations, éventuellement accompagnées de valeurs repères. D'une façon générale, pour toutes les denrées ne provenant pas d'une filière commerciale, il est recommandé de les mesurer (ou de les faire mesurer) avant de les consommer. En outre, il est aussi recommandé de diversifier ses aliments et leur provenance.

Catégories de denrées alimentaires

	Aliments pour nourrissons	Produits laitiers	Autres denrées alimentaires (à l'exception des denrées de moindre importance)	Aliments liquides	Denrées de moindre importance*
Radionucléides					
Isotopes du strontium (⁹⁰ Sr)	75	125	750	125	7 500
Isotopes de l'iode (¹³¹ I)	150	500	2 000	500	20 000
Isotopes du plutonium et transplutoniens (²³⁹ Pu et ²⁴¹ Am)	1	20	80	20	800
Autres radionucléides à période radioactive > 10 jours (¹³⁴ Cs et ¹³⁷ Cs)	400	1 000	1 250	1 000	12 500

*Les denrées de moindre importance sont les denrées consommées en très faible quantité : épices, câpres, truffes, vanille par exemple.

Tableau 2. Niveaux maximaux admissibles (NMA) de contamination radioactive des denrées alimentaires commercialisées, en Bq/kg de produit frais ou en Bq/L. Extrait du règlement Euratom 2016/52 du 15 janvier 2016⁴⁵.

⁴⁵ Règlement Euratom 2016/52 du conseil du 15 janvier 2016 fixant les niveaux maximaux admissibles de contamination radioactive pour les denrées alimentaires et les aliments pour animaux après un accident nucléaire ou dans toute autre situation d'urgence radiologique.

Les expositions qui résultent de la consommation d'aliments contaminés sont généralement faibles et seuls des effets stochastiques à long terme sont susceptibles d'apparaître, leur probabilité dépendant des doses reçues et des éventuels facteurs aggravants (voir l'encart sur les effets déterministes et les effets stochastiques, page 13). Dans les pays de l'ex-URSS affectés par l'accident de Tchernobyl, l'ingestion, dans les premières semaines qui ont suivi l'accident, de denrées fraîches contaminées en iode radioactif (lait et légumes principalement) dans les zones rurales a été en partie à l'origine de l'augmentation des cancers de la thyroïde. Cette augmentation a été observée à partir de 1991 après une exposition en 1986 *in utero* ou pendant l'enfance et l'adolescence jusqu'à 15 ans. D'autres effets ne sont pas exclus (notamment d'autres types de cancers, comme la leucémie) mais, s'ils existent, l'excès d'incidence est trop faible pour avoir pu être mis en évidence dans la population (hors « liquidateurs »). Au Japon, à la suite de l'accident de Fukushima, l'ingestion de denrées contaminées est apparue comme une voie d'exposition plus faible qu'en ex-URSS, en raison des rejets moins importants, de contaminations alimentaires généralement moins élevées et de la mise en place d'un contrôle des filières de production, mais aussi d'une alimentation plus variée.

Il faut rappeler qu'une consommation occasionnelle ou en petites quantités de produits faiblement contaminés ne présente pas un risque significatif pour la santé. Par ailleurs, en temps normal, tout individu ingère quotidiennement des produits naturellement radioactifs car des radionucléides sont présents dans l'environnement et donc dans les aliments.

3.3 | L'eau

102 Peut-on boire l'eau du robinet ou à partir de quand pourra-t-on la boire ?

Sauf indication contraire des pouvoirs publics, la consommation d'eau potable issue du réseau public d'adduction 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.

Il est rappelé que l'eau prélevée dans des puits privés n'est pas considérée comme potable selon le règlement sanitaire départemental type⁴⁶. Cela reste valable en cas d'accident nucléaire.

Plus généralement, il convient de se référer aux consignes des pouvoirs publics.

103 Peut-on utiliser l'eau du robinet pour la cuisine ?

Dans la mesure où l'eau distribuée *via* le réseau d'adduction d'eau potable est consommable, il n'y a aucune restriction à ce qu'elle soit utilisée pour la cuisine (voir question 102).

104 La consommation des glaçons issus de l'eau du robinet est-elle possible ?

Sauf indication contraire des pouvoirs publics, la consommation d'eau potable des réseaux publics reste possible. Donc, si les glaçons ont été préparés avec de l'eau du réseau d'eau potable, ils sont consommables.

105 L'eau du robinet est-elle utilisable pour la préparation des biberons ?

Sauf indication contraire des pouvoirs publics, la consommation d'eau potable des réseaux publics reste possible. Il est donc possible de préparer les biberons avec l'eau du robinet.

3.4 | Les produits alimentaires dans le commerce

106 Peut-on consommer sans danger des denrées dont les niveaux de contamination ont été déclarés inférieurs aux niveaux maximaux admissibles (NMA) ?

Oui. Les niveaux maximaux admissibles (NMA), définis⁴⁷ au plan européen, sont des seuils réglementaires pour la commercialisation et donc l'achat des denrées après un accident nucléaire. Ils ont été établis pour qu'un consommateur moyen puisse manger ces

⁴⁶ Règlement sanitaire départemental type du 04/10/2004, Article 2 de la section 1 du titre premier.

⁴⁷ Règlement n°2016/52 EURATOM du Conseil du 15 janvier 2016 fixant les niveaux maximaux admissibles de contamination radioactive pour les denrées alimentaires et les aliments du bétail après un accident nucléaire ou dans toute autre situation d'urgence radiologique.

aliments sans conséquence connue pour la santé. Ces niveaux étant très faibles, on peut estimer que la consommation occasionnelle d'un aliment avec un niveau de contamination supérieur au NMA n'entraîne pas d'effets indésirables.

La dose efficace résultant de la consommation de denrées dont 10% atteignent les NMA ne serait pas supérieure à 1 mSv/an. Ce niveau de dose est faible et sans conséquence connue sur la santé.

À titre de comparaison, la dose moyenne reçue par la population française du fait de la radioactivité naturelle contenue dans l'eau de boisson et les aliments est estimée à 0,55 mSv/an; les individus ayant une forte consommation de produits marins, souvent riches en radionucléides naturels, peuvent recevoir des doses supérieures à 1 mSv/an.

107 Les supermarchés seront-ils encore approvisionnés ? Comment mangera-t-on ? Les restaurants, les cantines des écoles et les restaurants d'entreprises seront-ils fermés ?

En dehors du périmètre d'éloignement, les services publics seront maintenus ou rétablis et les magasins seront approvisionnés.

Les denrées commercialisées ou servies dans les services de restauration collective ou dans les restaurants seront contrôlées par les pouvoirs publics. Elles peuvent être achetées et consommées.

108 Les produits comme les briques de lait ou les conserves entreposés à domicile, dans le garage ou dans les caves peuvent-ils être consommés ?

Oui. Les produits contenus dans un emballage hermétique ne sont pas contaminés et peuvent être consommés. Plus généralement, les denrées, entreposés dans des boîtes, placards, réfrigérateurs, congélateurs, etc., au moment des retombées radioactives, sont consommables sans restriction.

109 Des aliments frais (pommes de terre) entreposés dans une cave sont-ils protégés ?

A priori oui. Dès lors que ces aliments ont été maintenus à l'abri des dépôts de radioactivité, ils ne devraient pas être contaminés, ou très peu si la radioactivité a réussi à s'infiltrer. Il est recommandé de les laver et de les éplucher. En cas de doute, il est possible de faire une mesure de contrôle.

110 La viande a-t-elle été contaminée par les retombées de l'accident de Tchernobyl et de Fukushima ?

Après l'accident de Tchernobyl, en 1986, la viande d'élevage française a pu atteindre, voire dépasser, 1000 Bq/kg de matière fraîche en césium-137 dans certaines zones de l'est du pays. Cette contamination a ensuite régulièrement décliné au fil des années. Elle est aujourd'hui très faible, et souvent trop faible pour être mesurée. De mars à mai 2011, c'est-à-dire après l'accident de Fukushima, du césium-134 et une légère augmentation des activités de césium-137 ont été décelés de manière fugace dans de la viande française. Il ne reste rien aujourd'hui des retombées en France de l'accident de Fukushima.

3.5 | Les produits du potager

111 Les personnes peuvent-elles consommer les produits de leur potager ou des maraîchers locaux en zone contaminée ?

Dans tous les cas, il convient de se référer aux consignes des pouvoirs publics.

Les produits issus de l'agriculture locale et des potagers privés et plus particulièrement les légumes à feuilles (salades, épinards, etc.), peuvent être contaminés lors des premières semaines après un dépôt radioactif. La consommation répétée de produits contaminés peut constituer une voie d'exposition importante de la population.

Les productions agricoles locales en particulier maraîchères, y compris en circuit court (marchés de producteurs, circuits d'achats directs, etc.), ne seront mises sur le marché que si leur niveau de contamination est inférieur à des valeurs seuils fixées par les pouvoirs publics.

En ce qui concerne les produits issus de potagers et vergers privés, il est prévu de délimiter une zone dans laquelle la contamination est suffisamment faible pour que la population puisse continuer à résider et vivre sur place moyennant le respect de bonnes pratiques (voir le *Guide pratique pour les habitants d'un territoire contaminé par un accident nucléaire*⁴⁸) et des consignes édictées par les pouvoirs publics. Cependant, la consommation de produits potagers et des vergers privés y est interdite en particulier pour les enfants, sauf s'il est possible de les mesurer ou de les faire mesurer. Les résultats de la mesure sont à comparer aux valeurs repères qui seront fixées par les pouvoirs publics. Toutefois, une consommation occasionnelle de denrées présentant une contamination au-dessus de ces valeurs n'engendrerait que des doses faibles et donc un risque faible pour la santé.

Pour rappel, les produits du potager récoltés et mis à l'abri avant les rejets peuvent être consommés comme habituellement. En outre, il est important de diversifier sa nourriture et la provenance de ses aliments pour limiter le risque d'exposition.

En dehors de la zone définie précédemment, les produits du potager peuvent être consommés de façon habituelle. Néanmoins, les mesures de contrôle resteront possibles à l'initiative des particuliers.

112 Puis-je consommer les légumes de mon jardin ? Quand saurai-je que je peux les consommer ?

Dans tous les cas, il convient de se référer aux consignes des pouvoirs publics.

Les produits issus des potagers privés, et plus particulièrement les légumes à feuilles (salades, épinards, etc.), peuvent être contaminés après un dépôt radioactif. La consommation répétée de produits contaminés peut constituer une voie d'exposition principale de la population.

Pendant la phase d'urgence, il convient de suivre les consignes des pouvoirs publics, en particulier celles émises dès les premières heures de l'accident sur la question de l'alimentation et de la consommation des denrées fraîches produites localement. Dans l'attente de consignes, il convient de s'abstenir de manger des produits du jardin.

Après la fin des rejets, les pouvoirs publics effectueront des mesures et définiront un zonage géographique en

fonction des niveaux de contamination. Il est notamment prévu de délimiter une zone dans laquelle la contamination est suffisamment faible pour que la population puisse continuer à résider et vivre sur place moyennant le respect de bonnes pratiques (voir le *Guide pratique pour les habitants d'un territoire contaminé par un accident nucléaire*⁴⁹) et des consignes édictées par les pouvoirs publics. Dans cette zone, la consommation de produits potagers et des vergers privés y est interdite en particulier pour les enfants, sauf s'il est possible de les mesurer ou de les faire mesurer. Les résultats de la mesure sont à comparer aux valeurs repères qui seront fixées par les pouvoirs publics. Toutefois, une consommation occasionnelle de denrées présentant une contamination au-dessus de ces valeurs n'engendrerait que des doses faibles et donc un risque faible pour la santé.

Pour rappel, les produits du potager récoltés et mis à l'abri avant les rejets peuvent être consommés comme habituellement. En outre, il est important de diversifier sa nourriture et la provenance de ses aliments pour limiter le risque d'exposition.

En dehors de la zone définie précédemment, les produits du potager peuvent être consommés de façon habituelle. Toutefois, les mesures de contrôle resteront possibles à l'initiative des particuliers.

Les productions agricoles locales en particulier maraîchères, y compris en circuit court (marchés de producteurs, circuits d'achats directs, etc.), et destinées à la commercialisation ne seront mises sur le marché que si leur niveau de contamination est inférieur à des valeurs seuils fixées par les pouvoirs publics (voir *encart « éléments généraux concernant la contamination des denrées après un accident nucléaire » page 53*).

113 Puis-je consommer les œufs de mes poules, mes lapins, le miel de mes récoltes ?

Les poules et les lapins seront plus ou moins contaminés, en fonction de leur alimentation et de leur abreuvement. S'ils vivent en plein air ou si leur alimentation est constituée de nourriture fraîche de provenance locale, il vaut mieux éviter de les consommer, de même que les œufs. Il est inutile de les sacrifier pour autant, leur éventuelle contamination diminuerait après quelques jours de nourriture non contaminée (venant des zones non-contaminées, par exemple) et en privilégiant l'élevage en intérieur.

⁴⁸ <https://post-accident-nucleaire.fr/preparation-la-gestion-post-accidentelle-dun-accident-nucleaire>

⁴⁹ Idem.

En cas de doute, un contrôle est recommandé. Le miel produit après l'accident peut être contaminé dans les zones concernées. Il est préférable de le mesurer ou de s'abstenir de le consommer.

114 Que puis-je faire de mes légumes du potager si c'est la période de récolte ?

Si l'accident survient dans une période de récolte et que l'on se trouve en zone touchée par le panache radioactif, il est préférable de ne pas consommer les légumes. Ils peuvent être laissés sur place (pas forcément arrachés et jetés).

115 La contamination des denrées peut-elle être réduite par rinçage ou ébullition ?

Le rinçage est recommandé principalement pour enlever la contamination labile, c'est-à-dire non fixée dans les denrées : par exemple de la terre ou des poussières adhérentes potentiellement plus radioactives que la denrée elle-même. Cela concerne particulièrement les légumes-feuilles matures au moment des dépôts radioactifs. L'ébullition permet de réduire en partie la contamination, de même que le pelage d'un fruit ou d'un légume-racine. Ces pratiques sont recommandées mais elles ne permettent pas d'éliminer toute la contamination. Il convient de rappeler que le bouillon ne doit pas être bu dans ce cas ! En effet, la chaleur ne neutralise pas la radioactivité, elle permet simplement de favoriser son « décrochage » des aliments. La radioactivité se retrouve alors dans l'eau de cuisson.

3.6 Les produits de la chasse, de la pêche et de la cueillette

116 Je suis chasseur, puis-je consommer les produits de la chasse ?

Il convient de suivre les consignes des pouvoirs publics sur le gibier, qui ne fait pas partie des denrées qui seront contrôlées. En l'absence de consignes, il convient de s'abstenir d'en consommer.

Du fait de son mode de vie, le gibier est davantage susceptible d'accumuler de la contamination que le cheptel domestique. Il convient donc d'être particulièrement vigilant. Le gibier sera probablement interdit à la vente, sur une période plus longue que

pour les autres denrées et dans une zone sans doute plus étendue. Il est donc préférable de s'abstenir de consommer du gibier, sauf s'il a été contrôlé auparavant. Il convient toutefois de noter que, même si elle n'est pas recommandée, en particulier pour les enfants, la consommation épisodique de denrées présentant une contamination au-dessus des seuils n'engendre que des doses très faibles et donc un risque très faible pour la santé.

117 Je suis pêcheur, puis-je consommer les produits de la pêche ?

Il convient d'abord de respecter les consignes et recommandations des pouvoirs publics.

Si la zone aquatique continentale (rivières, lacs) est affectée par la contamination, des restrictions concerneront l'usage de l'eau et les produits de la pêche. Dans le cas de poissons lacustres (lacs, étangs, etc.), ces restrictions dureront potentiellement plus longtemps, voire beaucoup plus longtemps, que pour les autres denrées. Comme pour le gibier, il est préférable de s'abstenir de consommer des produits de la pêche, sauf s'ils ont été contrôlés auparavant. Pour ce qui concerne la pêche en mer ou la pêche à pied, cela dépend des dépôts de radioactivité dans la zone concernée. Il faut appliquer les consignes des pouvoirs publics. Il est rappelé que, même si elle n'est pas recommandée, en particulier pour les enfants, la consommation épisodique de denrées présentant une contamination au-dessus des seuils n'engendre que des doses très faibles, et donc un risque pour la santé lui-même très faible.

118 Faut-il recommander de faire contrôler systématiquement les produits de récolte, de la chasse et de la pêche avant de les consommer ?

Au début, il est préférable de faire contrôler, surtout en cas de doute. Puis, des mesures de l'environnement et des produits correspondants seront disponibles, le contrôle pourra alors être adapté (plus épisodique, par échantillonnage ou ciblé). Les mesures pourront être réalisées par des laboratoires agréés (obligatoirement pour les produits commercialisés). Les pouvoirs publics et des associations mettront aussi probablement des appareils de mesure à disposition des particuliers.

Éléments généraux concernant la contamination des denrées après un accident nucléaire

La contamination des denrées dans les premiers mois suivant un dépôt radioactif

Cas des denrées d'origine agricole

À la suite d'un rejet radioactif accidentel dans l'air, quels que soient les radionucléides en cause, les niveaux les plus élevés de contamination des denrées sont atteints immédiatement après les dépôts radioactifs. Ces niveaux maximaux concernent les productions agricoles en cours de culture et dont la récolte est imminente (quelques jours). Ils résultent de l'interception, par le feuillage, des radionucléides présents dans l'air ou dans l'eau de pluie. Les denrées les plus sensibles sont donc celles dont on consomme précisément le feuillage: les légumes à feuilles (salades, épinards, choux, poireaux, etc.) en cours de récolte. Pour ce type de denrée, quel que soit le radionucléide concerné, on peut s'attendre dès le premier jour suivant le dépôt radioactif à des activités massiques de quelques centaines de Bq/kg de matière fraîche pour un dépôt par temps sec⁵⁰ de 1000 Bq/m².

Cette contamination des légumes diminue ensuite très rapidement dans les jours et semaines qui suivent le dépôt radioactif: de 100 à 1000 fois en deux à trois mois, et cela quel que soit le radionucléide considéré, car cette diminution est essentiellement liée à la croissance du végétal.

Seule une petite partie de la contamination interceptée par le feuillage des végétaux est transférée aux autres organes de la plante (fruit, légume-fruit, grain, racine, etc.) et l'importance de ce transfert dépend du radionucléide concerné et de la plante considérée. Pour les radionucléides les plus transférés, comme l'iode et le césium, la contamination des fruits ou des grains sera environ dix fois moindre que celle de leur feuillage (et donc que celle d'un légume à feuille). Pour certains radionucléides, comme le plutonium ou le ruthénium, ce transfert est extrêmement faible et seuls les légumes à feuilles seront à surveiller.

Par ailleurs, même pour l'iode et le césium, le transfert des feuilles vers les organes consommés (fruits, grains, etc.) n'est important que si le dépôt radioac-

tif se produit après la floraison. La contamination d'une céréale ou de fruits de verger restera modérée si le dépôt radioactif se produit en hiver, avant la floraison. En revanche, si le dépôt radioactif intervient après la floraison, elle sera, à la récolte, du même niveau que celle des légumes-fruits ou des légumes-racines dans les premiers jours. Ainsi, si un accident se produit au printemps, des niveaux de contamination encore importants peuvent être atteints aux récoltes (moissons, vendanges, etc.), plusieurs semaines ou mois après la diminution de la contamination des productions légumières touchées immédiatement après les dépôts.

Cas des denrées issues de l'élevage

Les animaux se contaminent principalement par ingestion d'aliments eux-mêmes contaminés et les activités massiques (Bq/kg) des produits de l'élevage dépendent très directement de celles des aliments qui leurs sont donnés, y compris l'eau d'abreuvement. Un animal élevé sur une surface contaminée mais qui consomme des aliments non contaminés fournira des produits dont la contamination sera modérée. Il peut s'agir d'aliments importés de zones non touchées par les retombées radioactives ou d'aliments déjà récoltés au moment des dépôts radioactifs (cas de bovins ou ovins en stabulation au moment des dépôts, et cas fréquents des élevages de volaille, de lapins en clapiers, etc.). Les conditions d'entreposage des fourrages au moment des dépôts peuvent conduire à des variations importantes de leur contamination. Les activités massiques des produits d'élevage, faibles à modérées, sont alors liées à la contamination potentielle du lieu d'élevage.

Après la première incorporation d'un aliment contaminé, le transfert vers les denrées animales (lait, viande, œuf) dépend de l'élément radioactif et du produit. Il est assez important et très rapide (2-3 jours) pour l'iode et le césium dans le lait. Dans ce cas, la denrée la plus immédiatement préoccupante sera donc le lait pour des animaux en libre pâture consommant de l'herbe qui a été couverte par des dépôts radioactifs. Ainsi, l'activité volumique peut atteindre, au bout de deux jours, quelques dizaines de Bq/L pour un dépôt de l'ordre de 1000 Bq/m² (à titre de comparaison, à dépôt égal, l'activité massique d'un légume-feuille est de quelques centaines de Bq/kg de matière fraîche). Cette contamination du lait va diminuer rapidement dans les jours/semaines suivants, en raison de la diminution de celle de l'herbe: de 10 à 100 fois en deux à trois mois. Cette

50 Dans le cas d'un dépôt par temps sec, cette relation est extrapolable à tous les niveaux de dépôt. En revanche, en raison du dégouttement de la pluie sur le feuillage, la contamination de la chaîne alimentaire n'augmente pas proportionnellement aux dépôts radioactifs en cas de dépôt pluvieux. Approximativement, on peut retenir que la contamination des feuilles ne sera que deux à trois fois plus importante pour un dépôt radioactif dix fois plus élevé en raison de la pluie.

diminution pourra être fortement accélérée par le retrait du pâturage et l'alimentation avec du fourrage « propre ».

Le transfert vers les muscles, et donc la viande, sera plus progressif, avec une activité maximale atteinte au bout d'un à deux mois. Toutefois cette activité maximale pourra être plus élevée que celle du lait dans les premiers jours. De plus, la diminution sera aussi beaucoup plus lente que celle du lait. Dans tous les cas, le retrait du pâturage et l'alimentation avec du fourrage « propre » sera à mettre en œuvre rapidement. Pour de l'élevage à viande, un abattage différé de deux à trois mois après affouragement propre permettra la disparition complète de l'iode-131, mais seulement une diminution de moitié de l'activité massique en césium.

Certains radionucléides sont très peu transférés au lait et à la viande. C'est notamment le cas du plutonium, de l'américium ou du ruthénium. La contamination des produits d'élevage dans le cas d'un dépôt de ces radionucléides restera une préoccupation secondaire.

La contamination des denrées au-delà des premiers mois suivant un dépôt radioactif

Une fois récoltées les cultures sur pied au moment des dépôts, la contamination des productions agricoles ultérieures résulte de l'absorption racinaire des radionucléides présents dans les sols, à l'exception des fruits de végétaux pérennes (vignes et vergers), pour lesquels une rémanence du transfert foliaire initial persiste. Par ailleurs, les radionucléides de courte période radioactive, comme l'iode-131, ont disparu.

Les activités résultant du transfert racinaire sont 100 à plus de 1000 fois plus faibles que celles qui ont résulté de l'interception foliaire des dépôts. Dans le cas du césium, on pourra observer que, dès lors que le débit de dose provenant des sols contaminés permet de résider dans la zone, et donc potentiellement de cultiver, la contamination des productions agricoles sera inférieure aux normes de commercialisation (niveaux maximaux admissibles NMA) ou, dans quelques cas, atteindre ces niveaux. Ainsi, pour un dépôt initial de 1 000 000 de Bq/m² d'un mélange de césium-134 et 137 (activité surfacique à partir de laquelle il est nécessaire de faire une évaluation de la dose externe pour pouvoir résider de façon permanente), l'activité massique des productions agricoles attendue serait de l'ordre de quelques centaines de Bq/kg de matière fraîche. En revanche, ces activités ne diminueront que lentement au fil des années.

Dans le cas des fruits de verger et de la vigne, la rémanence de la contamination issue du transfert foliaire initial fait que les activités des récoltes successives ne baissent que lentement; il n'y a pas de chute rapide de la contamination d'une récolte à l'autre, comme c'est le cas pour les céréales par exemple. En conséquence, le dépassement des NMA pour la première année peut être suivi d'un dépassement pour les récoltes suivantes et il n'existe pas de solution pour accélérer cette diminution.

La contamination des denrées issues de l'élevage reste directement liée à celle des productions fourragères et peut être maîtrisée par l'alimentation du bétail. Il faut toutefois rappeler que, dans le cas de la viande, la réponse à un changement du niveau de contamination des aliments (à la baisse comme à la hausse) n'est pas immédiate.

Cas des denrées sauvages

Les denrées sauvages terrestres (champignons, gibiers, baies, plantes sauvages) se distinguent des productions agricoles et d'élevage par la persistance de leur contamination initiale (souvent parmi les plus élevées), pendant des années, voire des décennies.

De manière générale, là où il est possible de résider (au regard de l'exposition externe), seules les denrées sauvages peuvent dépasser durablement les normes de contamination et nécessiter la poursuite d'interdictions (de la chasse ou de la cueillette).

À dépôt radioactif égal, la contamination des poissons d'eaux douces dans les premiers jours/semaines restera faible à modérée, au regard de celle des productions agricoles et des denrées sauvages. Directement liée à la contamination du milieu dans lequel ces poissons vivent, elle résulte principalement du ruissellement/drainage des radionucléides présents dans les sols avoisinants. La diminution des activités dépendra de la capacité d'épuration du milieu (plus forte pour les cours d'eau, notamment ceux à fort débit, que pour les lacs) et, dans une moindre mesure, des habitudes alimentaires de l'espèce (de nombreux radionucléides peuvent être piégés dans les sédiments et contaminer les espèces s'y nourrissant).

La contamination des poissons d'eau de mer dépend de l'importance des dépôts, en relation avec la concentration en radionucléides dans l'eau et dans les sédiments. Les espèces démersales (se nourrissant sur le fond) sont globalement plus contaminées que les espèces pélagiques.

Après l'accident de Fukushima, des concentrations typiques en césium radioactif de 2000 à 3000 Bq/kg de

matière fraîche et une valeur maximale de 18 700 Bq/kg de matière fraîche ont été mesurées dans des poissons pêchés en mer, dans des zones où les dépôts étaient d'environ 200 000 à 300 000 Bq/m². La contamination des poissons de mer a atteint son maximum mi-mai 2011 puis diminué régulièrement (d'environ un facteur 100 en cinq ans). Des contaminations atteignant plusieurs centaines de milliers de Bq/kg de matière fraîche ont pu être mesurées début 2013 dans des poissons démersaux pêchés dans le port adjacent à la centrale.

Les autres organismes marins (mollusques notamment) ont présenté des contaminations variant de quelques Bq/kg de matière fraîche à plus de 1 000 Bq/kg de matière fraîche. Les concentrations d'iode-131 dans ces organismes ont eu tendance à diminuer plus rapidement que les concentrations de césium-134 et 137 en raison des périodes radioactives, de la dispersion environnementale et du renouvellement du biota.

3.7 | La vie quotidienne : comportement, déchets, déplacements, logement, jardin

D'une façon générale, les conseils pour la vie quotidienne sont repris dans le *Guide pratique pour les habitants d'un territoire contaminé par un accident nucléaire*.

La maison

119 Comment nettoyer au mieux son logement ?

À la suite de la phase d'urgence (donc après la fin des dépôts radioactifs), il est conseillé de faire une première fois un grand nettoyage (aspirateur, lavage des sols, etc.) puis de revenir à des pratiques habituelles.

Sauf consigne particulière des pouvoirs publics, aucun changement n'est à apporter aux habitudes d'hygiène. Il est notamment recommandé de conserver des mesures d'hygiène simples et efficaces comme le nettoyage et l'aération des lieux de vie, le lavage des mains et les règles d'hygiène alimentaire. Voir également question 125.

120 Comment ne pas contaminer l'intérieur des maisons ?

Les chaussures sont des vecteurs potentiels de contamination de la maison par les radionucléides

déposés sur les sols extérieurs à la suite d'un accident nucléaire, comme c'est le cas pour n'importe quelle source extérieure de salissures. Toutefois les niveaux d'exposition restent très faibles. Dans ces circonstances, les règles d'hygiène classiques comme s'essuyer les pieds ou se déchausser en entrant dans des lieux de vie sont d'autant plus bénéfiques. De la même manière, aérer régulièrement la maison et faire le ménage avec un linge humide sont des bonnes pratiques.

121 Est-il possible de passer l'aspirateur et, si oui, où jeter la poussière ?

Il est possible de continuer à utiliser l'aspirateur pour le nettoyage de l'intérieur du domicile. D'une façon générale, aucun changement n'est à apporter aux habitudes d'hygiène.

La poussière récoltée dans les aspirateurs peut être gérée en circuit normal de traitement des ordures ménagères.

122 Le service de ramassage des ordures ménagères sera-t-il maintenu ? Si non, pourra-t-on brûler les ordures ?

À l'intérieur du périmètre d'éloignement et à la suite de l'évacuation de la population, il n'y aura pas lieu de maintenir un service de ramassage des ordures. Dans les zones à l'extérieur du périmètre d'éloignement, il sera possible de mener une vie normale, moyennant quelques précautions (respect des consignes d'interdiction de certaines zones par les autorités, interdictions à propos de l'alimentation (voir chapitre « alimentation » page 46). Les services de ramassage des ordures ménagères seront donc maintenus.

En revanche, il est interdit de brûler les ordures ménagères sauf dérogation préfectorale⁵¹.

123 Qu'en sera-t-il de la salubrité publique si des déchets s'accumulent (rongeurs, insectes, etc.) ?

Il n'y a pas lieu de craindre une accumulation de déchets, car dans les endroits où la population sera autorisée, les services publics fonctionneront normalement.

51 Article 84 de la circulaire du 9 août 1978 relative à la révision du règlement sanitaire départemental type.

124 Existe-t-il des matériaux isolants pour l'intérieur des maisons qui pourraient protéger des radiations ?

Lors de la phase d'urgence, les autorités peuvent ordonner la mise à l'abri dans un bâtiment construit en « dur ». La raison est que les murs (brique, parpaing, béton) arrêtent les rayonnements ionisants et permettent donc de se protéger durant le passage des rejets. La densité du matériau est un élément clef pour apporter une protection contre les rayonnements ionisants. En cas de trop forte radioactivité, les pouvoirs publics éloigneront la population.

En France, la construction des maisons assure déjà une bonne protection contre les radiations. Il n'est donc pas nécessaire de les modifier.

POUR EN SAVOIR PLUS

Peut-on mesurer soi-même la radioactivité et comment ?

Les différentes mesures de radioactivité qui peuvent être faites sont :

- la mesure du débit de dose ambiant, avec un radiamètre ou un débimètre. Les grandeurs obtenues avec ces appareils sont des coups par seconde ou des sieverts par heure ;
- la mesure de l'exposition individuelle, avec un dosimètre. La grandeur obtenue est le sievert (dose efficace). Cependant, le port d'un dosimètre doit répondre à des règles strictes et la lecture du dosimètre doit être faite dans la plupart des cas par un laboratoire spécialisé ;
- la mesure de la contamination des aliments et de l'eau se fait avec un spectromètre. Les grandeurs mesurées sont des becquerels/kilogramme ou des becquerels/litre. Les mesures avec un spectromètre doivent être faites en suivant un protocole précis pour garantir la fiabilité de la mesure ;
- la mesure de la contamination du corps humain se fait par anthroporadiométrie ou par des examens de radiotoxicologie. Ces mesures ne peuvent être réalisées que dans un laboratoire spécialisé et uniquement sur avis médical (*voir encadré « Quels sont les examens médicaux disponibles pour détecter une contamination interne ? » page 28*).

La mesure la plus accessible est la mesure du débit de dose ambiant, qui permet d'évaluer la radioactivité

globale dans un endroit donné. Cette mesure prend en compte la radioactivité naturelle et la radioactivité déposée dans l'environnement à la suite d'un accident nucléaire. Pour réaliser soi-même des mesures de débit de dose ambiant, il existe des appareils de mesure ou des applications pour smartphone à disposition du public. Il convient d'être prudent sur l'interprétation des résultats de mesure. Il existe des plateformes Internet de partage des résultats de mesure à disposition du public qui permettent de comparer et d'interpréter plus facilement les résultats de mesure. Les principales plateformes sont Criter, OpenRadiation, Safecast.

3.8 | Les vêtements

125 Est-il possible de continuer de laver le linge dans la machine à laver ? Et de porter ses anciens vêtements ?

Les vêtements rangés à l'abri (dans un placard à l'intérieur) ou portés par des personnes à l'abri pendant le passage du panache radioactif seront suffisamment protégés pour continuer à être utilisés. En cas de doute, un lavage des vêtements en machine est suffisant pour éliminer les traces éventuelles de contamination.

126 Que faire des vêtements portés lors de l'accident ?

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 (à 90°C en cycle long si c'est du coton, à adapter pour les autres textiles, la température élevée permettant de favoriser le « décrochage » de la contamination). Les personnes qui étaient à l'abri, chez elles ou dans tout autre bâtiment, peuvent continuer à porter leurs vêtements sans précaution particulière.

127 Que faire du linge qui séchait dehors lors du passage du nuage radioactif ?

Les vêtements portés ou qui séchaient à l'extérieur durant le passage du panache sont susceptibles d'être contaminés par un dépôt de particules radioactives. Il est conseillé de les laver (à 90°C en cycle long si

c'est du coton, à adapter pour les autres textiles, la température élevée permet de favoriser le « décrochage » de la contamination) et il n'y a pas de contre-indication à les porter après lavage.

Après le passage du panache, il est possible de continuer de laver son linge à la main ou en machine à laver.

128 Un vêtement imperméable permet-il de se protéger de la contamination ?

Le port d'un vêtement bien couvrant, imperméable en cas de pluie, permet d'éviter les dépôts de radioactivité sur la peau si l'on se trouve à l'extérieur durant la phase de rejets. Il convient cependant de rester à l'abri pendant cette phase, conformément aux consignes des pouvoirs publics. Le vêtement pourra ensuite être lavé ou sera jeté en cas de doute. Après levée de la mise à l'abri, n'importe quel type de vêtement peut convenir pour sortir, en dehors des situations susceptibles de produire des poussières pour lesquelles le port de vêtements de protection est recommandé (voir question 141).

3.9 | Le jardin

129 Pourra-t-on se baigner dans l'eau de la piscine privée ? Faut-il la vider préalablement ?

En fonction de la distance par rapport à l'installation accidentée et des conditions météorologiques au moment du passage du panache radioactif, des dépôts plus ou moins importants peuvent se constituer à la surface de l'eau de la piscine, si celle-ci n'est pas recouverte, et de ses abords. Par précaution, même si les risques d'exposition associés sont faibles, il est recommandé avant la première baignade, de mesurer l'eau de la piscine.

130 Aura-t-on le droit de brûler son bois (entreposé à l'extérieur) en hiver pour se chauffer ?

Après le passage du panache radioactif, les bûches de bois non protégées ont pu être contaminées par un dépôt à leur surface. Dans ce cas, il est recommandé de ne pas brûler le bois non protégé (couche supérieure du tas de bois). En brûlant, les radionu-

cléides présents sur le bois se concentrent dans les cendres de combustion et, après mise en suspension dans l'air, pourraient être inhalés. Les radionucléides risqueraient aussi pour partie de se déposer dans le conduit de cheminée et ainsi de s'y concentrer progressivement. Le bois entreposé à l'intérieur ou à l'extérieur de la maison mais protégé par un abri ou par des bâches peut en revanche être utilisé.

131 Que faire des déchets végétaux de mon jardin (par exemple taille) ?

Les déchets végétaux provenant des jardins (taille, tonte, etc.) peuvent être évacués via les circuits habituels des déchets verts, sauf consignes des pouvoirs publics. Il est cependant recommandé de ne pas les brûler (voir question 137).

132 Puis-je utiliser mon compost dans mon jardin ?

Il est possible d'utiliser le compost issu des denrées alimentaires produites localement, dans les jardins potagers et les jardins d'ornement, sauf consignes des pouvoirs publics et dans la mesure où il est recommandé de contrôler ces denrées alimentaires avant de les consommer.

133 Peut-on couper les fleurs du jardin pour en faire un bouquet ?

Oui, il est possible de couper les fleurs des jardins pour en faire un bouquet.

134 Peut-on utiliser l'eau de son puits pour arroser le jardin ?

Dans le cas des jardins potagers, il sera nécessaire de se conformer aux consignes des pouvoirs publics. Dans le cas des jardins d'ornement ou de loisir, il n'y a pas de restriction quant à l'utilisation de l'eau des puits pour les arroser. Toutefois, il est préférable de mesurer l'eau du puits avant la première utilisation.

135 Peut-on utiliser l'eau de pluie pour arroser le jardin ?**136** L'eau de pluie de ma réserve peut-elle être utilisée pour arroser le jardin ?

Afin de limiter une éventuelle contamination des denrées alimentaires produites localement, il est préférable de vider la réserve d'eau de pluie collectée pendant, ou dans les premiers jours après le passage du panache radioactif, avant d'arroser son jardin potager. Ensuite, il est possible d'utiliser l'eau de pluie pour arroser le jardin.

Il n'y a pas de restriction à l'utilisation de l'eau de pluie (issue des réserves ou non) pour arroser les jardins d'ornement.

137 Que faire des feuilles mortes au sol si l'accident a lieu en automne ?

En zone contaminée en dehors du périmètre d'éloignement, les feuilles mortes (feuilles présentes sur les arbres et/ou déjà tombées au sol au moment du passage du panache) seront évacuées avec les déchets verts dans les circuits habituels. Il est recommandé de ne pas les brûler. Voir question 131.

3.10 | La vie à l'extérieur**138** Comment se protéger individuellement de la radioactivité dans les territoires affectés ?

La protection de la population durant un accident nucléaire repose sur le principe d'un zonage géographique. En phase post-accidentelle, le zonage sera établi en fonction des résultats des mesures de la contamination de l'environnement. Plusieurs zones pourront être définies :

- un périmètre d'éloignement dans lequel la population sera éloignée de façon durable ;
- une zone dans laquelle la contamination est suffisamment faible pour que la population puisse continuer à résider et vivre sur place moyennant le respect de bonnes pratiques (voir le *Guide pratique pour les habitants d'un territoire contaminé par un accident nucléaire*) et des consignes édictées par les pouvoirs publics ;

- à ces deux zones s'ajoute une zone de surveillance des productions agricoles locales, par filière.

Dans la zone où la population peut rester moyennant certaines précautions, il est notamment recommandé de :

- prendre connaissance des informations qui seraient diffusées et respecter les interdictions (arrêtés préfectoraux) ou les consignes des pouvoirs publics ;
- ne pas consommer les productions locales, notamment celles issues des potagers et des vergers privés, sauf s'il est possible de les mesurer ou de les faire mesurer (voir questions 111 et 112). Il en va de même pour les produits issus de la chasse, de la pêche et de la cueillette. Pour rappel, les produits du potager récoltés et mis à l'abri avant les rejets peuvent être consommés comme habituellement ;
- diversifier sa nourriture et la provenance de ses aliments pour limiter le risque d'exposition ;
- adopter des mesures d'hygiène simples : nettoyage et aération des lieux de vie, lavage des mains, hygiène alimentaire, etc. Le respect des règles d'hygiène est essentiel dans la vie courante et plus encore lorsque les personnes sont exposées aux contaminants.

Pour adopter les comportements permettant de réduire son exposition, se référer au *Guide pratique pour les habitants d'un territoire contaminé par un accident nucléaire*⁵².

Voir également questions 111 et 112.

139 Faut-il éviter de sortir les enfants ? (parc, bac à sable, promenade en forêt, baignade, jardin, etc.)

Durant la phase d'urgence, les pouvoirs publics peuvent donner des consignes de mise à l'abri ou d'évacuation afin de protéger la population du panache radioactif. Une fois ces consignes levées, il n'est plus utile de rester enfermé chez soi. Il est à noter que les enfants ont besoin d'exercice et que les en priver peut être plus néfaste qu'une exposition à de faibles doses de rayonnements.

Les pouvoirs publics mettront en place des campagnes de mesure de la radioactivité dans l'environnement afin d'établir des cartes les plus précises

⁵² <https://post-accident-nucleaire.fr/preparation-la-gestion-post-accidentelle-dun-accident-nucleaire>

possible de la contamination de celui-ci et procéderont, le cas échéant, à des opérations de nettoyage et de décontamination. Par exemple, le sable des bacs à sable peut être remplacé. Il est plus difficile de décontaminer une forêt; l'accès à certaines zones plus contaminées pourra donc être restreint voire interdit. Des activités telles que la cueillette de champignons ou de baies, la chasse et la pêche peuvent aussi être réglementées ou faire l'objet de consignes, de même que la baignade (par exemple dans les piscines découvertes, en attendant de mesurer l'eau de la piscine). En outre, les mesures élémentaires d'hygiène corporelle, notamment un lavage régulier des mains des enfants, suffiront à limiter les risques de contamination.

140 Une activité physique extérieure est-elle possible (course à pied, etc.) ?

Une fois la mise à l'abri levée, il est possible – et même conseillé d'une manière générale – de mener une activité physique extérieure, dans le respect des consignes données par les pouvoirs publics (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).

141 Faut-il porter un masque quand on sort de chez soi ?

De manière générale, il n'y a pas de raison de porter un masque lorsque l'on sort de chez soi. En situation post-accidentelle, en dehors de situations pouvant produire de la poussière (par exemple lors de travaux agricoles dans les champs ou d'opérations avec un nettoyeur haute pression), le risque d'inhalation de particules radioactives par remise en suspension est négligeable.

Pour les travaux produisant de la poussière, il est recommandé de protéger les voies respiratoires avec un masque bien positionné comme on devrait le faire y compris en l'absence de contamination radioactive.

3.11 | Les déplacements

142 Pour se déplacer quel est le moyen de locomotion le plus adéquat (voiture, etc.) en situation post-accidentelle ?

143 Vaut-il mieux circuler en voiture, en deux roues, ou à pied ?

Il n'y a pas de moyen de locomotion plus adéquat qu'un autre au regard de la situation. Une fois la mise à l'abri levée, il est possible de circuler à pied, à vélo ou en voiture dans les lieux ne faisant l'objet d'aucune restriction de la part des pouvoirs publics. Sauf consigne particulière, aucun changement n'est à apporter à vos habitudes de déplacement.

144 Quelle est la conduite à tenir pour les voitures ? Lavage ?

145 Mon véhicule peut-il être contaminé ? Que dois-je faire ?

Les véhicules les plus exposés au panache radioactif présenteront une contamination surfacique qu'il sera assez facile d'éliminer par un lavage à l'eau et au savon. Une fois le panache passé, les véhicules qui circulent dans les zones les plus fortement contaminées peuvent se contaminer du fait de la remise en suspension des dépôts au sol, mais les niveaux d'exposition restent, en tout état de cause, très faibles. Le nettoyage habituel du véhicule devrait suffire pour éliminer les éventuelles traces de contamination.

146 Les zones contaminées pourront-elles être survolées par des hélicoptères et avions (y a-t-il une altitude minimale), traversées par des trains (les gares contaminées seront-elles supprimées) ?

En situation post-accidentelle, dès lors que les rejets significatifs ont cessé et que le panache radioactif est passé, il n'y a pas de risques sanitaires à ce que les avions et/ou les hélicoptères survolent les zones contaminées et soient utilisés par le public.

Au sein du périmètre d'éloignement, le séjour sera interdit et les gares et autres bâtiments publics seront fermés mais sa traversée par route ou rail sera possible sans risque sanitaire pour les utilisateurs. En dehors de ce périmètre d'éloignement, les restrictions seront moindres. Il est important de se référer aux arrêtés préfectoraux qui seront pris.

3.12 | Questions diverses

147 Doit-on se couper les cheveux ?

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. Un second lavage pour les cheveux longs peut être recommandé.

Dans le cas où une personne souhaiterait malgré tout se raser les cheveux, il est recommandé de ne pas utiliser un rasage manuel, afin de limiter le risque de plaies qui constituent une voie d'entrée pour la contamination radioactive⁵³.

148 Puis-je utiliser mon téléphone portable, normalement ou avec un kit oreillette ?

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.

3.13 | Les animaux domestiques

149 Quelles sont les précautions à prendre pour protéger mon chien ? Mon chat ?

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 de la population est décidée par les pouvoirs publics. En cas d'évacuation, il est compréhensible que les propriétaires d'animaux domestiques aient envie de les emmener avec eux et ce choix devrait être respecté également dans la mesure du possible. Toutefois, certains animaux (exotiques par exemple) ne sont pas aisément transportables ni faciles à héberger. De plus, tous les lieux d'accueil ne sont pas équipés pour recevoir des animaux. En outre, il ne serait pas raisonnable que la préparation des animaux (recherche d'un chien égaré par exemple) conduise à retarder sensiblement le départ des personnes. Il convient de faire preuve de pragmatisme.

Ainsi, la protection des animaux domestiques, dans la mesure où elle est simple à mettre en œuvre, peut être alignée sur celle de la population, sauf pour la prise de comprimés d'iode stable.

En outre, il n'y a pas de recommandation particulière vis-à-vis de la circulation des animaux domestiques dans les intérieurs.

150 Quelles précautions prendre avec la circulation des animaux domestiques dans les intérieurs ?

Tout comme n'importe quelle autre source de salissures extérieures peut être un vecteur potentiel de contamination de l'intérieur des maisons, la circulation d'un animal domestique entre l'intérieur et l'extérieur du domicile est susceptible de rapporter des radionucléides à l'intérieur. Cependant, les niveaux d'exposition restent très faibles et un nettoyage régulier des sols éventuellement avec un linge humide est une bonne pratique d'hygiène pour limiter la contamination de l'intérieur du domicile.

151 Quelle est la conduite à tenir pour les animaux domestiques ?

Comme les êtres humains, les animaux domestiques sont sensibles aux effets des rayonnements ionisants. Pour les protéger, il faut donc adopter les mêmes règles que pour les membres de la famille : éviter de promener son animal dans des zones fortement contaminées et respecter les interdictions d'accès, lui donner une alimentation exempte de contamination radioactive (aliments pour animaux du commerce par exemple). Cependant, il est inutile de vouloir contrôler totalement son alimentation ; il faut noter que, même en cas de consommation de produits contaminés, le niveau d'exposition de l'animal restera faible.

En cas de contamination externe de l'animal domestique, le brossage et le lavage sont les principales actions permettant de le décontaminer.

Enfin, la gestion des déjections de l'animal doit se faire selon les règles d'hygiène habituelles.

⁵³ Voir à ce sujet les fiches de prise en charge du *Guide d'intervention médicale en cas d'événement nucléaire ou radiologique* disponible sur le site Internet de l'ASN.

152 Mes animaux domestiques (chiens, chats) doivent-ils être confinés ?

Pendant la phase d'urgence, la protection des animaux domestiques peut être alignée sur la protection de la population, c'est-à-dire en les mettant à l'abri à l'intérieur des bâtiments ou en les évacuant, sous réserve que leur évacuation soit possible sans compliquer la tâche des services de secours. De fait, tous les lieux d'hébergement ne sont pas forcément adaptés à l'accueil d'animaux domestiques, et certaines espèces ou races seront plus difficiles à évacuer que d'autres. L'évacuation de ces animaux pourra se faire le cas échéant dans une phase ultérieure avec l'aide de personnels qualifiés (vétérinaires par exemple).

Par ailleurs, si l'animal est à l'extérieur pendant la phase d'urgence, il faut éviter de sortir pour le rechercher, en s'exposant aux rejets radioactifs.

Dans tous les cas, il n'est pas conseillé de donner des comprimés d'iode stable à un animal domestique. En effet, dans l'état actuel des connaissances, il n'est pas possible de garantir l'innocuité et l'efficacité de la prise d'iode stable pour un animal domestique.

153 Comment faire pour maintenir mon animal domestique enfermé ?

Pendant la phase d'urgence, dans le cas où une décision de mise à l'abri est prise, cette mise à l'abri sera temporaire, d'une demi-journée à une journée environ. Il devrait être possible de maintenir un animal domestique à l'intérieur pendant cette courte durée. Le maintien de l'animal à l'intérieur permet de faciliter une éventuelle évacuation. L'évacuation ne doit pas être retardée par la recherche d'un animal qui serait à l'extérieur. Cependant, il ne peut pas être exclu que la période de mise à l'abri puisse être prolongée par les autorités au-delà de 24 heures, afin de protéger la population en cas de rejets prolongés.

Dans tous les cas, la protection des personnes doit être privilégiée. C'est pourquoi les actions recommandées pour prévenir l'exposition des animaux domestiques doivent être très simples d'application et ne jamais entraver celles nécessaires à la protection des personnes.

154 Est-ce que je dois donner des comprimés d'iode à mes animaux ? Selon quelle posologie ?

Non. La distribution d'iode aux animaux, bien que possible, n'est pas conseillée. 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 de la population est décidée par les pouvoirs publics (*voir également question 149*).

155 Faut-il déconseiller la présence d'animaux domestiques auprès de jeunes enfants, de personnes âgées ?

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.

156 J'ai une chienne qui vient d'avoir un cancer des glandes mammaires, est-ce un signal pour des cancers chez l'homme et en particulier pour moi ?

Non, cela pour trois raisons principales.

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. La probabilité de survenue de cancers radio-induits est faible eu égard aux doses considérées.

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.

POUR EN SAVOIR PLUS

De même que chez l'homme, l'exposition des animaux à des rayonnements ionisants peut produire deux types d'effets sur la santé, à savoir :

- des effets déterministes, à forte dose ;
- des effets stochastiques (cancers et effets génétiques).

En cas d'accident, ce sont essentiellement les effets stochastiques qui pourraient se produire. Au regard des effets observés chez l'homme après l'accident de Tchernobyl, on peut s'attendre à l'apparition de cancers de la thyroïde chez les jeunes animaux. Leur délai d'apparition serait sans doute plus court que celui, de l'ordre de quatre ans, observé pour l'espèce humaine, du fait de la moindre longévité des animaux domestiques et des différences de physiologie entre l'animal et l'homme. Compte tenu des niveaux d'exposition envisageables en cas de rejets accidentels, on peut considérer que le risque sanitaire pour l'animal est faible. C'est pourquoi les actions recommandées pour prévenir son exposition doivent être simples d'application et ne jamais entraver celles nécessaires à la protection des personnes.

Pendant la phase d'urgence, dans la zone où la mise à l'abri de la population serait décidée, il peut également être recommandé la mise à l'abri de l'animal, autant que possible. La distribution d'iode stable aux animaux n'est pas conseillée.

En cas d'évacuation (durant la phase d'urgence) et/ou d'éloignement (durant la phase post-accidentelle) de la population, il est recommandé de permettre aux personnes d'emmener leurs animaux de compagnie dans la mesure où cela ne complique pas exagérément les opérations d'évacuation. À noter que certains lieux d'accueil ne sont pas en capacité, voire habilités à les héberger.

Pendant la phase post-accidentelle, même s'il est préférable que les animaux soient nourris avec des aliments non-contaminés (ce qui est le cas des aliments achetés dans le commerce et des restes des repas familiaux), il est vain de tenter de contrôler toute leur alimentation. Les doses induites seront de toute façon faibles.

En cas de contamination externe de l'animal domestique, la principale action permettant de décontaminer son pelage est le lavage et le brossage. Pour les oiseaux, le mieux est de ne rien faire. Enfin, pour limiter les risques d'exposition en cas de possible contamination interne de l'animal, il convient que les déjections soient éliminées régulièrement. Des actions simples et habituelles d'hygiène sont suffisantes.

4- LES ACTIVITÉS PROFESSIONNELLES

4.1 | L'agriculture

157 Est-ce que les terres cultivables resteront longtemps inutilisables ?

Après un accident sur un réacteur nucléaire, les principaux radionucléides présentant un enjeu sont les isotopes de l'iode et du césium. Après trois mois, l'iode a quasiment disparu par décroissance radioactive et le césium-137 devient le principal radionucléide dans l'environnement.

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 174), 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 à long terme 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 raisonnée 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 dispositions de protection dépendront bien évidemment des niveaux de contamination observés.

158 Quelle est la conduite à tenir pour les animaux d'élevage ?

En phase d'urgence, et comme précisé dans le *Guide ACTA*⁵⁴, il serait recommandé de mettre en place des actions préventives appropriées pour protéger les filières agricoles. Avant le passage du panache radioactif, afin de limiter l'exposition des animaux d'élevage à la contamination radiologique, et dans l'optique de favoriser la valorisation d'une majorité des productions, il s'agira de mettre en œuvre plusieurs actions :

- protéger les fourrages et les aliments entreposés ;
- rentrer et confiner les animaux dans les bâtiments afin d'être en mesure de maîtriser leur alimentation et de leur proposer, au plus tôt, de la nourriture (et de l'eau) peu ou pas contaminée ;
- dans la mesure du possible, fermer les bâtiments. Dans le cadre des élevages de porcs, de volailles et de veaux de boucherie, il s'agit de couper ou de réduire autant que possible la ventilation.

Néanmoins, ces actions préventives ne doivent pas entraver la mise en place des actions de protection de la population décidées par les pouvoirs publics.

L'abattage des troupeaux (ovins, bovins et caprins) pour des raisons de contamination radiologique n'est à considérer qu'en dernier recours.

En phase post-accidentelle, les niveaux de contamination des produits alimentaires issus des animaux d'élevage peuvent être très variables d'un produit à l'autre et d'un territoire à un autre. Afin de valoriser les productions animales (lait et viande), à court ou moyen terme, il est nécessaire de mettre en place des actions qui visent à réduire leur contamination. Si cela n'a pas été mené durant la phase d'urgence, il s'agit principalement de rentrer ou de maintenir

⁵⁴ Le *Guide ACTA* est un guide d'aide à la décision et à la gestion destiné au milieu agricole. Il a été conçu par un collectif de représentants d'organismes du monde agricole, sous l'égide de la DGAL et de l'ASN : https://post-accident-nucleaire.fr/sites/default/files/2019-05/IRSN_Guide-ACTA_2012.pdf

les troupeaux dans les bâtiments dans l'objectif de maîtriser leur alimentation (fournir une alimentation propre).

Dans le cas spécifique des productions de viande, le niveau de contamination des animaux déterminera la date de leur abattage.

Au sein du périmètre d'éloignement, s'il est décidé de valoriser les productions, les exploitations devront rester accessibles afin de mener les opérations nécessaires à la valorisation des productions.

159 Mes animaux d'élevage doivent-ils être confinés ?

La principale voie de contamination des produits animaux (lait et viande) est l'ingestion de fourrages contaminés. Dès le déclenchement de l'alerte, et avant les rejets, la priorité est donc de rentrer ou de maintenir les animaux d'élevage dans les bâtiments. Cette mise à l'abri permet de maîtriser leur alimentation en leur fournissant des aliments (fourrages et autres) dont le niveau de contamination radiologique sera compatible avec la poursuite de l'exploitation ; elle permet de plus d'assurer l'ensemble des soins aux animaux (traite et nourrissage notamment).

160 Que vont devenir mes animaux (vaches, moutons, chiens, chats, etc.) si je suis dans la zone interdite ?

En cas d'évacuation (durant la phase d'urgence) et/ou d'éloignement (durant la phase post-accidentelle), les personnes pourront emmener leurs animaux de compagnie, sous réserve que cela soit compatible avec les contraintes d'évacuation et d'hébergement d'urgence, et que cela ne retarde pas les opérations d'évacuation (voir questions 150 à 156).

Dans le cas des animaux d'élevage, et dans l'objectif de valoriser les troupeaux pour la production de lait ou de viande à court ou moyen terme, les agriculteurs, éleveurs et autres opérateurs de la filière pourront, en principe, accéder aux exploitations afin d'apporter les soins nécessaires aux animaux et de faciliter les approvisionnements et enlèvements. Si certains animaux ne sont pas valorisables pour des raisons radiologiques ou sanitaires, l'objectif est de les maintenir en vie (assurer leur alimentation et des conditions de vie acceptables) jusqu'à ce qu'une filière d'élimination des animaux contaminés soit

mise en place. Cependant, l'abattage des troupeaux (ovins, bovins et caprins) n'est à considérer qu'en dernier recours.

Par ailleurs, si les niveaux d'exposition des opérateurs ne permettent pas une gestion satisfaisante de l'exploitation, les troupeaux pourraient être déplacés vers une zone moins contaminée.

161 Faudra-t-il abattre tous les troupeaux de bovins, ovins, caprins en cas d'irradiation des fermes ?

Aucune action préventive vis-à-vis des animaux d'élevage susceptible de retarder les actions prises en phase d'urgence pour la protection de la population (mise à l'abri et évacuation) n'est recommandée. En revanche, tant que celles-ci ne sont pas engagées, avant le passage du panache radioactif, il est utile de mettre en œuvre des actions visant d'une part à mettre à l'abri les animaux d'élevage et à limiter leur exposition à la contamination radioactive dans l'optique de favoriser leur valorisation, d'autre part à protéger les stocks d'aliments pour animaux dans l'exploitation.

Il est ainsi recommandé de mettre en œuvre les actions suivantes au plus tôt :

- protéger les fourrages et les aliments entreposés (fermeture des granges de stockage du foin, mise sous bâche des aliments entreposés à l'extérieur) ;
- rentrer ou maintenir et mettre à l'abri dans les bâtiments les animaux afin d'être en mesure de maîtriser leur alimentation et de leur fournir, au plus tôt, de la nourriture (et de l'eau) non ou faiblement contaminée ;
- fermer les ouvertures des bâtiments dans la mesure du possible.

Si l'éloignement des personnes évacuées se prolonge alors que des animaux d'élevage ont été mis à l'abri sur place, une intervention devrait être organisée afin de les soigner ou de les évacuer.

En phase post-accidentelle, il est possible de valoriser le troupeau pour produire du lait ou de la viande, à court ou moyen terme, en fonction de la contamination effective de ces produits. Il s'agit donc de mettre en place des actions qui visent à réduire la contamination des produits alimentaires issus des animaux d'élevage. Dans le cas de production de viande, le niveau de contamination des animaux déterminera

la date de leur abattage. Ainsi, si l'action n'a pas été menée durant la phase d'urgence, il est recommandé de maintenir ou de rentrer les troupeaux dans les bâtiments dans l'objectif de maîtriser leur alimentation en leur fournissant une alimentation propre.

L'abattage des troupeaux (ovins, bovins et caprins) n'est à considérer qu'en dernier recours.

162 Quels sont les risques pour les animaux (domestiques, d'élevage, sauvages) s'abreuvant dans les eaux stagnantes ?

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. Cela affecte particulièrement les animaux sauvages, raison pour laquelle la chasse et la pêche peuvent être restreintes par les pouvoirs publics.

Pour les animaux destinés à l'alimentation humaine, il est recommandé, dès l'accident et le plus rapidement possible, de retirer les bêtes du pâturage. Cette action 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.

La protection des animaux de compagnie, dans la mesure où elle est simple à mettre en œuvre, peut être alignée sur celle de la population (*voir questions 150 à 156*).

163 Quel dédommagement ou reclassement pour un éleveur ou un agriculteur qui ne pourrait plus exploiter ?

Voir chapitre 6.5 « dédommagements » page 83.

La doctrine de gestion des territoires contaminés par un accident nucléaire ou radiologique majeur prévoit un accompagnement des acteurs économiques, y compris les agriculteurs, dans le maintien d'une activité sur le territoire.

POUR EN SAVOIR PLUS

En phase post-accidentelle, plusieurs stratégies peuvent être proposées en fonction de la zone où se situent les animaux d'élevage :

- pour les élevages situés dans la zone où la contamination des territoires ne permet pas de maintenir la population sur place (périmètre d'éloignement), la solution est de déplacer les animaux vers une zone moins contaminée afin de faciliter la gestion du troupeau (intervention du personnel plus aisée). Si cette solution est réalisable, à terme, les troupeaux pourront être soit valorisés, soit éliminés en fonction de différents critères (niveaux de contamination, état sanitaire ou choix stratégiques). En cas d'impossibilité il pourrait être envisagé en dernier recours d'éliminer les troupeaux sur place ;
- en dehors du périmètre d'éloignement, la stratégie vise à valoriser la production animale par des actions permettant de réduire la contamination des denrées issues de l'élevage (viande, lait). De fait, l'abattage des animaux est à proscrire dans l'immédiat, y compris si leur lait doit être détruit. Il est également recommandé de limiter la contamination de la ration alimentaire des animaux en leur fournissant du fourrage propre. Le déplacement des troupeaux dans des zones moins contaminées pourra également être envisagé.

4.2 | Les risques professionnels

164 Faut-il arrêter les chantiers en cours ? Par exemple : construction d'une maison avec toiture réalisée et toiture non réalisée.

Pendant la phase d'urgence, et si une décision d'évacuation est prise, tous les chantiers en cours devront être arrêtés. Tous les travaux extérieurs, comme ceux à l'intérieur d'une maison sans toiture, seront interdits lors d'une phase d'urgence.

Pendant la phase post-accidentelle, et sous réserve qu'ils ne soient pas contradictoires aux consignes du préfet (établissement d'un périmètre d'éloignement par exemple), les chantiers de construction pourront être réalisés normalement, dans le respect de la réglementation sur la protection des travailleurs contre les risques liés aux rayonnements ionisants (code du travail, livre IV, titre V, chapitre I).

165 Quels seront les moyens de contrôle dosimétrique des personnels ?

En situation d'urgence radiologique, les travailleurs impliqués bénéficient de dispositions particulières de protection en application des articles R. 4451-96 à R. 4451-110 du code du travail et des articles 22 et 23 de l'arrêté du 26 juin 2019 relatif à la surveillance individuelle de l'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants.

Ces dispositions ne s'appliquent pas en situation d'exposition durable (SED) telle que la situation post-accidentelle. Dans ce dernier cas, l'employeur reste responsable de la santé et de la sécurité de ses employés. Celles-ci seront assurées de façon adéquate en fonction des circonstances. Les dispositions relatives à la surveillance de l'exposition radiologique des travailleurs sont détaillées dans les articles R. 4451-1 et suivants du code du travail, y compris en situation post-accidentelle, comme indiqué dans les articles 4451-136 et 4451-137 du code du travail.

La démarche de prévention des risques professionnels associés à une exposition potentielle aux rayonnements ionisants s'applique, avec tout d'abord une évaluation des risques réalisée par le salarié mentionné au I. de l'article L. 4644-1 (préventeur) ou s'il est déjà présent dans l'entreprise ou l'établissement par le conseiller en radioprotection (CRP). Si cette évaluation met en évidence l'existence d'un risque pour la santé des travailleurs, l'employeur met en œuvre des actions de réduction du risque. Si malgré cela, le risque ne peut pas être réduit suffisamment, alors l'employeur met en place le dispositif renforcé prévu aux articles R. 4451-1 et suivants, du code du travail. Dans ce cadre, un suivi dosimétrique individuel et un suivi individuel renforcé (suivi médical) peuvent être mis en place par l'employeur pour les travailleurs concernés.

166 Qu'en est-il du droit de retrait pour les personnels réquisitionnés ?

Les salariés bénéficient, au titre des articles L. 4131-1 et suivants du code du travail d'un droit d'alerte et de retrait s'ils ont un motif raisonnable de penser qu'une situation de travail présente un danger grave et imminent pour leur santé. Le salarié ne peut reprendre son travail tant que le danger n'a pas été éliminé et aucune sanction ou retenue ne peut être prise à son encontre du fait de l'usage légitime de

ce droit. Ce droit de retrait doit être accompagné d'une procédure d'alerte sur la situation à risque.

La notion « d'imminence du danger » n'exclut pas la notion de « risque à effet différé ». Ainsi, par exemple, une maladie cancéreuse résultant de l'exposition aux rayonnements ionisants peut se manifester plusieurs années après l'exposition, mais le danger d'irradiation est, lui, immédiat.

Les articles L. 4131-1 et suivants s'appliquent à tous les travailleurs, y compris les fonctionnaires, sauf dispositions particulières spécifiques. Ainsi certains corps comme les pompiers, les policiers et gendarmes et les militaires n'ont pas la possibilité d'exercer de droit de retrait.

En situation de crise, les possibilités de recours au droit de retrait sont fortement limitées, dès lors que l'employeur a pris les dispositions de prévention et de protection nécessaires, conformément aux plans nationaux, aux dispositions réglementaires (articles L. 4451-1 et suivants du code du travail) et aux recommandations des circulaires en vigueur.

L'appréciation se fait donc au cas par cas. Cette appréciation relève des tribunaux judiciaires.

Les personnels réquisitionnés par le préfet le sont par arrêté, encadré par l'article L. 2215-1 du code général des collectivités territoriales. En cas de réquisition de service, le salarié peut exercer son droit de retrait auprès de son employeur. En cas de réquisition de personne (c'est-à-dire citée nommément dans l'arrêté de réquisition), le lien de subordination entre l'employeur et son salarié est suspendu de fait, de sorte que le droit de retrait prévu aux articles L. 4131-1 et suivants du code du travail ne trouve pas à s'appliquer.

Il faut rappeler que les personnels mobilisés, réquisitionnés ou pas, qui auront à travailler dans les zones affectées par l'accident nucléaire en situation post-accidentelle (en dehors des personnels intervenant auprès de l'installation accidentée) ne devraient pas être soumis à des expositions induisant des risques pour la santé.

167 Les taxis, ambulances VSL auront-ils le droit de rouler en zone contaminée ?

Pendant la phase post-accidentelle, et en dehors du périmètre d'éloignement, il sera possible de mener une vie normale, moyennant quelques précautions (respect des consignes d'interdiction de certaines

zones par les autorités, précautions à propos de l'alimentation (voir chapitre 3.2 « alimentation » page 47 et chapitre 3.7 « vie quotidienne » page 55). Les services de transport, en particulier sanitaires, seront rétablis ou maintenus.

168 Le SAMU devra-t-il intervenir en zone contaminée en cas de risque vital (accident, infarctus, AVC) ?

Oui, le service médical d'urgence et de réanimation (SMUR) est susceptible d'intervenir (voir le *Guide national – Intervention médicale en cas d'événement nucléaire ou radiologique*, disponible sur www.asn.fr). Le risque vital reste prioritaire sur le risque radiologique. Les interventions en zones contaminées ne sont pas susceptibles de conduire à des expositions importantes dans la mesure où les intervenants respectent les règles de radioprotection fixées par le code du travail.

Pour aller plus loin, il est possible de se référer au *Guide d'aide à la préparation et à la gestion des tensions hospitalières et des situations sanitaires exceptionnelles* (voir le *Guide SSE*)⁵⁵ :

- fiche technique sur l'accueil et le parcours de prise en charge des victimes contaminées (voir p. 133) ;
- fiches techniques sur la décontamination d'urgence et approfondie (voir p. 136 et 139) ;
- fiche technique sur le choix des équipements de protection individuels et protocoles d'habillage et de déshabillage (p. 143).

169 En cas d'incendie en zone contaminée, les pompiers viendraient-ils ?

Les pompiers continueront d'assurer leurs missions dans les zones contaminées.

170 Les personnels hospitaliers seront-ils réquisitionnés ?

Le directeur d'établissement a le droit et le devoir de maintenir ou de rappeler certains agents quand la situation le justifie pour assurer la continuité des soins et, le cas échéant, prendre en charge les patients (voir plan de continuité d'activité de l'établissement).

Les modalités et les conditions de maintien et de rappel du personnel sont établies et intégrées dans le plan de gestion des tensions hospitalières et des situations sanitaires exceptionnelles (SSE)⁵⁶ que le directeur d'établissement doit élaborer.

En ultime recours, la réquisition de personnel soignant est une possibilité encadrée juridiquement (L. 3131-1 et suivants du code de la santé publique). Pour le droit de retrait, voir question 166.

171 De quelle information disposeront les professionnels de santé réquisitionnés ?

Tous les professionnels de santé impliqués dans la gestion de la situation sanitaire exceptionnelle (SSE)⁵⁷, réquisitionnés ou non, disposeront de toutes les informations disponibles et pertinentes pour organiser leur protection individuelle, celle des patients et celle de l'établissement afin d'assurer une prise en charge adaptée à l'événement. Ces informations seront complétées au fur et à mesure.

Des informations sont intégrées dans le plan de gestion des tensions hospitalières et des SSE de l'établissement dont la responsabilité incombe au responsable d'établissement.

172 Serons-nous autorisés à nous déplacer avec notre véhicule personnel ou y aura-t-il des transports dédiés (transports publics, militaires, etc.) ?

En phase d'urgence, une fois l'évacuation décidée par les pouvoirs publics, le principe est celui de l'utilisation des moyens de transport personnels. Les pouvoirs publics ne prendront en charge que l'évacuation des personnes ne disposant pas de moyen de transport personnel ainsi que celle des écoles, des établissements de santé, des prisons, etc.

⁵⁵ https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/guide_situation_sanitaire_exceptionnelle.pdf

⁵⁶ Idem.

⁵⁷ Idem.

Pendant la phase post-accidentelle, et en dehors du périmètre d'éloignement, il sera possible de mener une vie normale, moyennant quelques précautions (respect des consignes d'interdiction de certaines zones par les autorités, précautions à propos de l'alimentation, voir *chapitre 3.2 « alimentation » page 47 et chapitre 3.7 « vie quotidienne » page 55*). Il n'y a donc pas lieu de penser que, en dehors des zones interdites au public, des restrictions de déplacements soient mises en place. L'utilisation des moyens de transport habituels (véhicule personnel, moyens de transport public) sera donc possible sans restriction (voir *questions 142 à 145*).

Au sein du périmètre d'éloignement, les déplacements ne sont pas autorisés pour la population sauf dérogation spéciale comme par exemple les personnes chargées des soins aux animaux d'élevage. Seuls les personnels d'intervention seront autorisés à entrer dans le périmètre d'éloignement, quel que soit le moyen de transport.

5- L'ENVIRONNEMENT

POUR EN SAVOIR PLUS

La surveillance de la radioactivité dans l'environnement

La surveillance de la radioactivité dans l'environnement répond à trois objectifs :

- contribuer à la connaissance de l'état radiologique de l'environnement et de son évolution spatiale et temporelle ;
- contribuer à la radioprotection de la population et de l'environnement ;
- contribuer à la transparence et à la qualité de l'information du public.

De nombreux acteurs participent à la surveillance de l'environnement. Ils sont regroupés en trois catégories :

- les exploitants d'installations nucléaires (EDF, Orano, CEA, Andra, etc.) qui doivent, selon les dispositions réglementaires, réaliser une surveillance locale de l'environnement autour de leurs sites nucléaires ;
- les différents acteurs publics que sont l'ASN, l'IRSN, les ministères, les services de l'État, etc. qui réalisent des missions de surveillance à l'échelle nationale (réseau de balises Téléray par exemple), ou bien des missions de surveillance spécifique (produits alimentaires, qualité de l'air, etc.) ;
- les acteurs de la société civile comme les associations agréées de surveillance de l'air, les collectivités locales, les commissions locales d'information (CLI), les associations de protection de l'environnement. Ils assurent une surveillance de l'environnement indépendante de celles des pouvoirs publics et des exploitants.

Différentes approches sont utilisées en fonction des objectifs recherchés, du site à surveiller et des radionucléides à considérer. Chaque acteur va déployer des moyens de mesure adaptés. Ces dispositifs peuvent être très différents et aller de la mesure de routine jusqu'à la recherche de traces par des systèmes de mesure très performants. Certains dispositifs permettent une surveillance de l'environnement en continu, avec une transmission des résultats en temps réel, ce qui permet de donner rapidement

l'alerte. Ces dispositifs sont le réseau Téléray (pour la mesure de la radioactivité dans l'air), les réseaux de balises des exploitants autour des installations nucléaires et le réseau Hydrotéléray pour la surveillance des principaux cours d'eau en aval de toutes les installations nucléaires. Une autre approche consiste à mesurer la radioactivité dans différents échantillons prélevés dans l'environnement, soit par prélèvements en continu de l'air ou de l'eau, soit par prélèvements réguliers d'eaux de pluie, de végétaux, de sols et de denrées alimentaires.

Toutes les mesures de radioactivité réalisées par des organismes agréés par l'ASN, quelle que soit leur nature, sont effectuées selon des protocoles normalisés, garantissant la qualité des mesures réalisées. Les 300 000 mesures réalisées annuellement sont centralisées par le réseau national de mesure de la radioactivité dans l'environnement (RNM) et mises à disposition du public sur www.mesure-radioactivite.fr/.

173 Quels sont les radionucléides rejetés lors de l'accident les plus dangereux pour la santé et quelles sont les voies d'atteinte ?

Lors d'un accident de réacteur nucléaire, comme celui de Tchernobyl ou de Fukushima, des produits de fission (c'est-à-dire les éléments radioactifs qui sont produits lors de la fission nucléaire dans le réacteur) comme l'iode, le césium et le strontium peuvent être dispersés dans l'air, sous forme gazeuse ou d'aérosols. Pour les accidents de réacteur, les radionucléides rejetés les plus problématiques pour la santé sont l'iode et le césium du fait des quantités importantes rejetées et de leur radiotoxicité.

Le panache radioactif va se déplacer au gré des vents et les radionucléides se déposeront sur le sol, contaminant l'environnement et en particulier la chaîne alimentaire. Un être humain peut être irradié et/ou contaminé dans ces circonstances. Il est irradié s'il est « atteint » depuis l'extérieur par les rayonnements issus des radionucléides présents dans l'environnement. Il est contaminé si des particules radioactives se déposent sur lui ou bien si elles sont ingérées ou inhalées.

Durant la phase d'urgence, la voie d'atteinte prépondérante est l'inhalation des radionucléides présents dans le panache et, dans une moindre mesure,

l'ingestion de produits alimentaires contaminés à la fin des rejets et durant la phase post-accidentelle, les voies d'atteinte potentielles sont essentiellement l'ingestion de produits alimentaires contaminés et l'irradiation externe par les radionucléides déposés sur le sol.

Les actions de protection prévues par les pouvoirs publics (évacuation, mise à l'abri, interdiction de consommation d'aliments, etc.) pendant la phase de rejets ont pour objectif de réduire l'exposition.

174 Comment la contamination radioactive évolue dans l'environnement ? Y a-t-il des lieux de concentration ?

À la suite d'un rejet atmosphérique accidentel, 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 faible dimension (de l'ordre de 100 cm²). 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 (colluvionnement). 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 hétérogènes ont été observés en altitude, notamment dans les Alpes françaises, à la suite des dépôts radioactifs neigeux après l'accident de Tchernobyl. 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 centaines de centimètres 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, etc. 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 lors des opérations de décontamination.

POUR EN SAVOIR PLUS

Une fois les dépôts radioactifs formés, les sols en milieux naturels et agricoles constituent un lieu de fixation et de stockage pour la plupart des radionucléides déposés, susceptible d'augmenter la contamination des 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 diminue progressivement et n'est associée qu'à des déplacements de masse : colluvionnement, érosion des sols, drainage. Ces déplacements peuvent amener à 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 aussi longtemps que les argiles restent en place, diminuant au fil des années sa biodisponibilité et donc son transfert aux plantes cultivées). C'est ce cycle en milieu forestier qui est principalement à l'origine de la persistance de niveaux élevés de contamination dans les champignons, baies et gibiers, tels qu'observés 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 engendrer 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, etc.

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.

175 Disposera-t-on de radiamètres individuels ?

En cas d'accident nucléaire, il n'est pas prévu que les pouvoirs publics mettent à disposition de la population des appareils de mesure. Il est vraisemblable que des structures collectives (associations, collectivités territoriales, universités, etc.) s'équiperont en matériels de mesure, voire en mettront à disposition du public. En outre, la disponibilité de radiamètres sur le marché devrait être encouragée; toute personne devrait pouvoir en acheter auprès de fabricants ou de fournisseurs.

176 Comment savoir si une zone est contaminée ou non ?

Pour savoir si une zone est contaminée ou non, il faut mesurer le niveau de radioactivité.

Les premiers résultats de mesure, particulièrement ceux issus des campagnes de mesure aéroportées permettront aux pouvoirs publics d'établir un zonage post-accidentel. Un périmètre d'éloignement au sein duquel la population serait durablement éloignée sera défini en priorité. Les accès à cette zone seront gérés par les pouvoirs publics (mise en place possible de barrières avec des panneaux d'interdiction, etc.). En dehors de cette zone, la population pourra demeurer et circuler. Des restrictions pourront être apportées en fonction des niveaux de contamination. Les informations seront fournies par les pouvoirs publics. Il est donc recommandé de se conformer aux consignes qui seront émises. La population pourra également s'équiper d'appareils lui permettant de mesurer le niveau de contamination aux alentours de leur habitation par exemple, comme ce fut le cas au Japon.

POUR EN SAVOIR PLUS

Les sources naturelles et artificielles de rayonnements ionisants

La population est exposée en permanence à différentes sources, naturelles ou artificielles, de rayonnements ionisants. Ces sources peuvent être regroupées en six grandes catégories, les quatre premières étant d'origine naturelle, et les deux dernières d'origine artificielle :

- le rayonnement cosmique : il provient du bombardement continu de la terre par des particules lourdes en provenance de l'espace (soleil, rayonnement galactique). L'interaction de ces particules lourdes avec les atomes de l'atmosphère conduit à l'apparition de différents rayonnements ionisants, qui entraînent une exposition externe, et de certains radionucléides (tritium, carbone-14, etc.), qui entraînent une contamination interne. L'exposition d'origine cosmique dépend principalement de deux facteurs :

- l'altitude : plus l'altitude est élevée, plus l'exposition est importante car l'atténuation du rayonnement cosmique est plus faible ;

- la latitude : le champ magnétique terrestre dévie en partie les particules lourdes, l'exposition est donc plus faible au niveau de l'équateur qu'au niveau des pôles.

Ainsi, un voyage en avion conduit à une exposition plus élevée qu'au niveau du sol.

En France, l'exposition due au rayonnement cosmique est en moyenne de 0,32 mSv/an au niveau du sol ;

- la radioactivité tellurique, due aux éléments radioactifs présents dans la croûte terrestre. Ces éléments sont dans les sols depuis la création de la terre. Ils ont persisté du fait de leur période très longue, de l'ordre de plusieurs centaines de millions à plusieurs milliards d'années. Ce sont pour l'essentiel l'uranium-235, l'uranium-238, le thorium-232, le potassium-40. L'irradiation tellurique varie donc en fonction de la composition des sols. En France, l'irradiation tellurique conduit à une exposition en moyenne égale à 0,62 mSv/an ;
- le radon est un gaz radioactif qui émane du sol et qui provient de la désintégration du radium. Le radium est un descendant de l'uranium et du thorium, présents dans la croûte terrestre. Le radon peut s'accumuler à l'intérieur des bâtiments et des cavités souterraines. L'exposition au radon par inhalation varie en fonction de la nature du sol, du type de construction et de l'utilisation du bâtiment.

En France, l'exposition moyenne due au radon est estimée à 1,43 mSv/an, avec de fortes disparités géographiques ;

- les radionucléides présents dans les chaînes alimentaires, quelle que soit leur origine (tellurique ou cosmique). Pour la population française,

l'exposition par ingestion est en moyenne de 0,55 mSv/an, avec de fortes variations en fonction du régime alimentaire;

- l'utilisation médicale de sources de rayonnements ionisants pour le diagnostic (radiographie, scanner, imagerie nucléaire), la thérapie (traitements anti-cancéreux) ou le dépistage (mammographie). L'exposition moyenne due aux actes d'imagerie médicale pour une personne est en moyenne de 1,6 mSv/an dans la population française. Les niveaux d'exposition sont très variables car ils dépendent des besoins diagnostique et thérapeutique de chaque individu;
- les utilisations à des fins industrielles et militaires:
 - l'utilisation des rayonnements ionisants à des fins industrielles. Il s'agit essentiellement de l'industrie nucléaire. Les expositions de la population qui en découlent proviennent des rejets des installations nucléaires en fonctionnement normal, de la contamination des sols résultant d'activités minières et des retombées des accidents nucléaires de Tchernobyl et de Fukushima;
 - l'utilisation de substances radioactives à des fins militaires. En France, il s'agit essentiellement des retombées radioactives des essais nucléaires aériens.

L'exposition cumulée de la population française due aux activités industrielles et militaires est en moyenne de 0,02 mSv par personne et par an.

Au total, l'exposition de la population française aux sources naturelles et artificielles de rayonnements ionisants est en moyenne de 4,5 mSv/an, avec la répartition indiquée dans la figure 7 (IRSN, 2021).

Cependant, comme mentionné précédemment, cette exposition est variable en fonction de nombreux facteurs comme la fréquence des voyages en avion (rayonnement cosmique), le lieu d'habitation (rayonnement tellurique et radon), les habitudes alimentaires (consommation de coquillages et crustacés), la consommation de tabac et la fréquence des examens médicaux utilisant des rayonnements ionisants (radios et scanners par exemple). Quelques exemples sont donnés dans la figure 8.

Le site Internet de l'IRSN propose une application permettant d'évaluer son exposition en fonction de paramètres comme le lieu d'habitation, la consommation de coquillages, les voyages en avion, etc. (calculatrice IRSN, disponible sur www.irsn.fr).

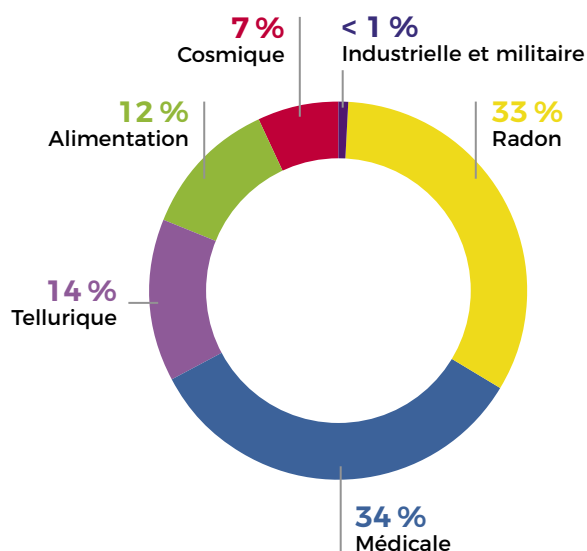


Figure 7. Exposition moyenne de la population française aux sources naturelles et artificielles de rayonnements ionisants sur la période 2014-2019⁵⁸. L'exposition annuelle moyenne est de 4,5 mSv/an. Cette valeur prend en compte le coefficient de dose radon réglementaire (arrêté du 1^{er} septembre 2003) et non pas le nouveau coefficient de dose radon proposé par la CIPR.

⁵⁸ Exposition de la population française, bilan 2014-2019. IRSN, 2021:

https://www.irsn.fr/FR/Actualites_presse/Communiqués_et_dossiers_de_presse/Documents/IRSN_Rapport%20EXPOP_def.pdf

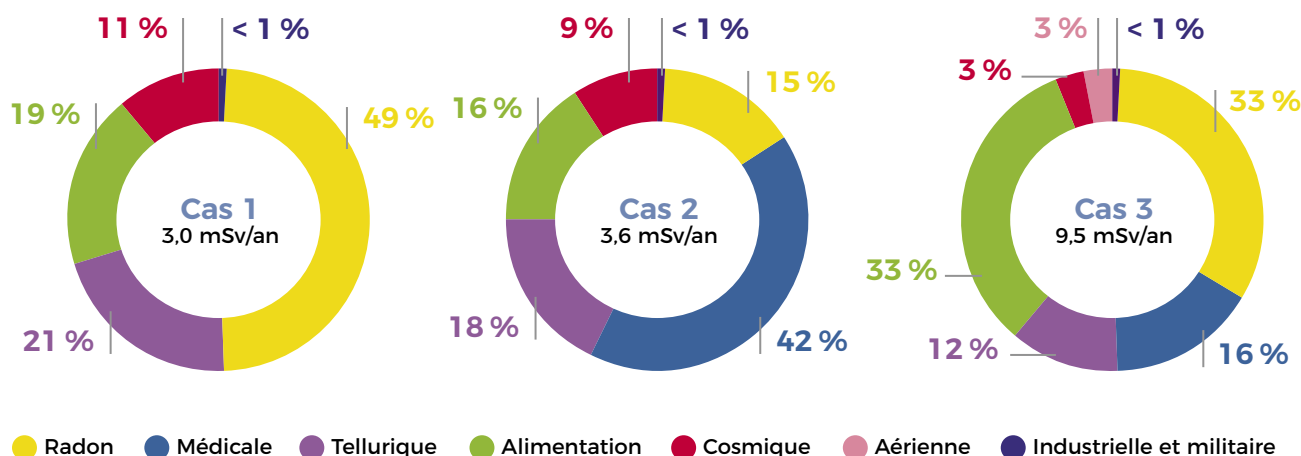


Figure 8. Exemples de trois situations (parmi les dix étudiées) montrant la variabilité de l'exposition individuelle en France en fonction de différents paramètres de vie (tabagisme, consommation de produits marins, lieu de vie, etc.).

- **Cas n°1 :** Individu n'ayant bénéficié d'aucun examen médical, vivant dans une commune à concentration moyenne en radon et à niveau moyen de rayonnements telluriques, et ayant une consommation moyenne de denrées alimentaires riches en radionucléides naturels.
- **Cas n°2 :** Individu ayant une exposition médicale moyenne, vivant dans une commune à faible concentration en radon et niveau moyen de rayonnements telluriques, et ayant une consommation moyenne de denrées alimentaires riches en radionucléides naturels.
- **Cas n°3 :** Individu ayant une exposition médicale moyenne, vivant dans une commune à forte concentration en radon et à niveau élevé de rayonnements telluriques, fumant beaucoup, voyageant fréquemment en avion et ayant une consommation importante de denrées alimentaires riches en radionucléides naturels. Les autres cas et le détail des estimations sont présentés dans le rapport complet⁵⁹. Comme dans la figure précédente, les valeurs d'exposition prennent en compte le coefficient de dose radon réglementaire (arrêté du 1^{er} septembre 2003) et non pas le nouveau coefficient de dose radon proposé par la CIPR⁶⁰.

⁵⁹ Exposition de la population française, bilan 2014-2019. IRSN, 2021 :

https://www.irsn.fr/FR/Actualites_presse/Communiqués_et_dossiers_de_presse/Documents/IRSN_Rapport%20EXPOP_def.pdf

⁶⁰ ICRP, 2017. Occupational intakes of radionuclides: Part 3. ICRP Publication 137. Ann. ICRP 46(3/4).

6- LA PHASE D'URGENCE

POUR EN SAVOIR PLUS

Les accidents nucléaires

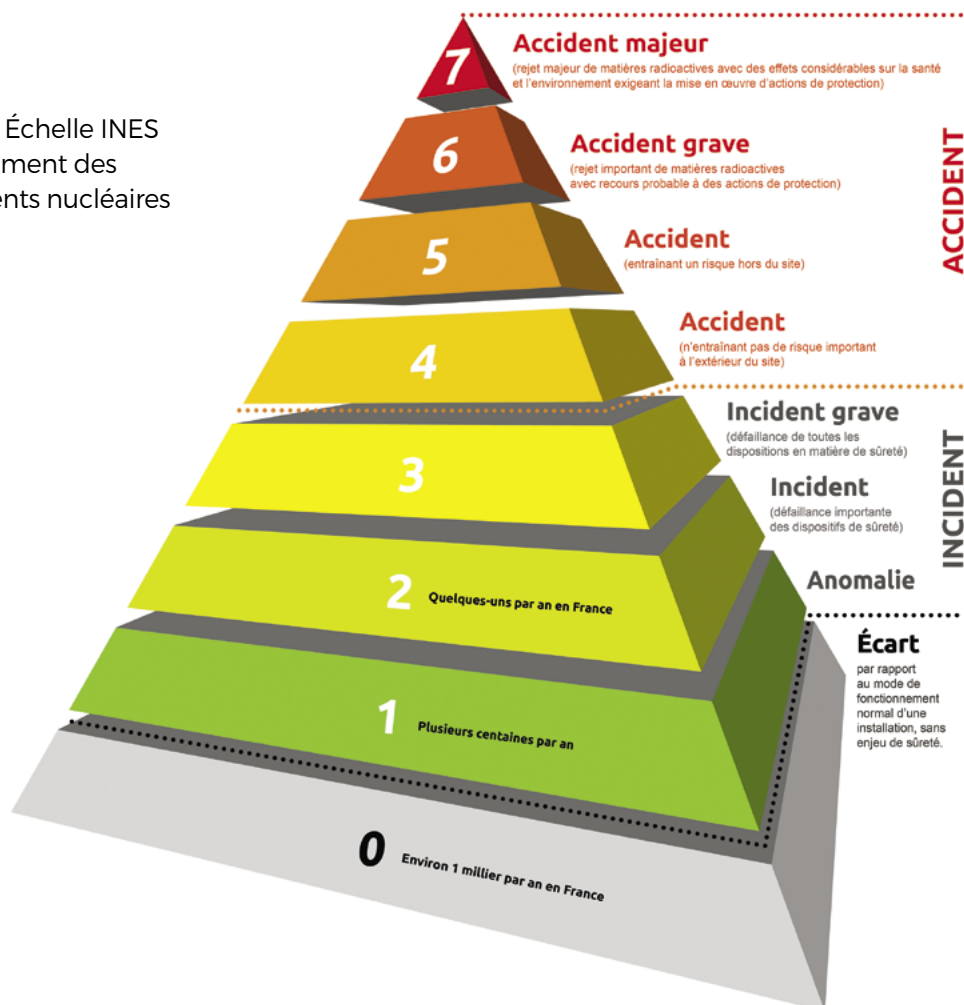
Les accidents nucléaires sont rares, mais leurs conséquences peuvent être importantes, en matière de surface des territoires affectés et de nombre de personnes concernées. Les conséquences peuvent être de nature sanitaire, environnementale, économique et sociétale. C'est ce qui a été observé à la suite des accidents de Tchernobyl en 1986 et de Fukushima en 2011.

L'origine des accidents nucléaires peut être variable. Ainsi, l'accident de Tchernobyl est essentiellement dû à la combinaison de défauts de conception de ce type de réacteur et de plusieurs erreurs humaines, conduisant à l'explosion d'un réacteur de la centrale. L'accident de Fukushima est dû à une cause externe. Un raz-de-marée, déclenché par un séisme, a ravagé la côte Est du Japon et noyé la centrale

de Fukushima Daiichi, détruisant de ce fait des éléments indispensables à la sûreté des réacteurs. L'occurrence d'un événement extérieur peut être un facteur déclenchant ou un facteur aggravant d'un accident nucléaire.

Un accident dans une centrale nucléaire peut conduire à des rejets de radionucléides dans l'environnement. L'importance et la nature des rejets sont variables et dépendent de la nature de l'accident et de son évolution dans le temps. Ainsi, les rejets de l'accident de Tchernobyl sont estimés à environ 1760 PBq d'iode-131, 54 PBq de césium-134, 85 PBq de césium-137 et 10 PBq de strontium-90. Par ailleurs, plus de la moitié des rejets étaient composés de gaz rares, avec une période courte. Ces rejets ont duré environ trois semaines, en continu (*source : UNSCEAR 2000, annexe J*). L'accident de Fukushima a conduit au rejet dans l'atmosphère d'environ 120 PBq d'iode-131, de 9 PBq de césium-134 et de 8,8 PBq de

Figure 9. Échelle INES de classement des événements nucléaires de 0 à 7.



césium-137, soit environ cinq à dix fois moins que l'accident de Tchernobyl. Ces rejets se sont étalés sur une période de deux semaines, de façon discontinue (Source : UNSCEAR 2013, annexe A).

Tous les événements pouvant porter atteinte à une installation nucléaire peuvent être classés sur une échelle de gravité, appelée échelle INES (pour international nuclear event scale, ou échelle internationale d'événement nucléaire, figure 9). Cette échelle est un outil pour faciliter l'information sur la gravité d'un accident nucléaire. Cette échelle INES comporte 7 niveaux, de 1 (anomalie de fonctionnement) à 7 (accident majeur). Les événements n'ayant aucune importance pour la sûreté de l'installation sont classés en dessous de l'échelle au niveau zéro. Les accidents de Tchernobyl et Fukushima ont été classés au niveau 7.

Les différentes phases d'un accident nucléaire

Schématiquement, on distingue deux phases (figure 10) :

- **la phase d'urgence.** Elle est caractérisée par la gestion de l'accident au niveau de l'installation et de ses conséquences immédiates. Cette phase est généralement composée d'une période de menace, résultant de défaillances de l'installation, au cours de laquelle l'exploitant tente de ramener l'installation à un état sûr, d'une période de rejets radioactifs dans l'environnement, et d'une période de retour de l'installation dans un état sûr avec la fin des rejets ;
- **la phase post-accidentelle.** Elle est marquée par la gestion des conséquences à moyen et long terme de l'accident. L'objectif est de limiter l'exposition de la population due aux dépôts radioactifs dans l'environnement et de recréer des conditions de vie (sociales et économiques) aussi proches que possible de la normale. Elle est classiquement divisée en deux périodes : la période de transition (quelques semaines à quelques mois), durant laquelle l'état radiologique de l'environnement doit encore être précisé et les risques d'exposition des personnes sont potentiellement encore importants, et la période de long terme (plusieurs années voire dizaines d'années), avec une contamination durable de l'environnement et des risques d'exposition différents pour les personnes.

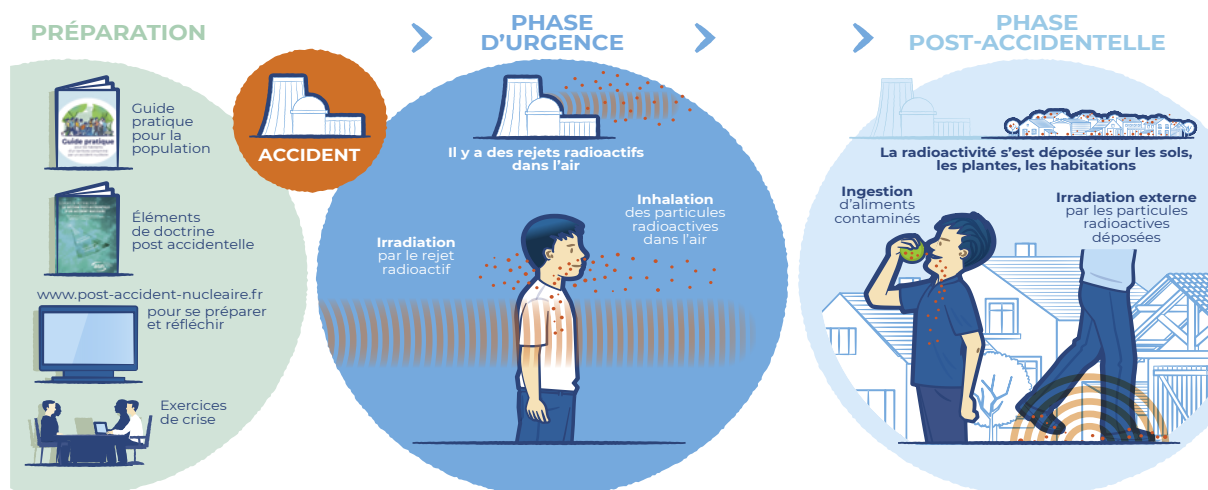


Figure 10. Le découpage d'un accident nucléaire en différentes phases. Ce découpage est théorique mais permet de séquencer les différentes actions à mettre en place. En phase de préparation, c'est la création des plans de secours qui seront appliqués. La doctrine de gestion post-accidentelle fait partie de ces documents, tout comme le plan national de réponse ou encore le *Guide ACTA*. Les exercices de crise réalisés avec les exploitants et les autorités permettent également de se préparer. En phase d'urgence, les actions de protection de la population qui peuvent être appliquées sont l'évacuation, la prise d'iode stable et la mise à l'abri. Durant la phase post-accidentelle, on distingue usuellement la phase de transition, qui permet de caractériser la contamination radiologique de l'environnement et de préparer les actions de protection des populations, en concertation avec les parties prenantes, et la phase de long terme, durant laquelle la principale action de protection est la mise en place du zonage post-accidentel. Les risques pour la population changent de nature, et donc les actions de protection seront différentes.

L'organisation des secours en cas d'accident nucléaire

En cas de menace ou d'accident sur une installation nucléaire, l'exploitant alerte immédiatement l'ASN et la préfecture du département où se trouve l'installation. L'exploitant doit également transmettre toutes les informations utiles à l'ASN et à l'IRSN, qui évaluent la pertinence technique des actions de l'exploitant. L'ASN conseille le préfet et le gouvernement quant aux actions de protection de la population à mettre en place.

Le préfet est le directeur des opérations de secours. À ce titre, il dirige l'action des forces de l'ordre (gendarmerie, police, armée) et des moyens de secours (pompiers, SAMU, sécurité civile). Il est également en lien avec les élus locaux pour le déploiement des plans communaux de sauvegarde (PCS) et avec les établissements scolaires pour l'activation des plans particuliers de mise en sécurité (PPMS) de ces établissements. Le préfet prend par arrêté préfectoral toutes les actions de protection qu'il juge nécessaires, après avoir pris connaissance des recommandations de l'ASN. Il est également en lien avec les représentants des acteurs locaux et plus particulièrement avec le représentant de la commission locale d'information.

Qui fait quoi pendant la gestion de la crise ?

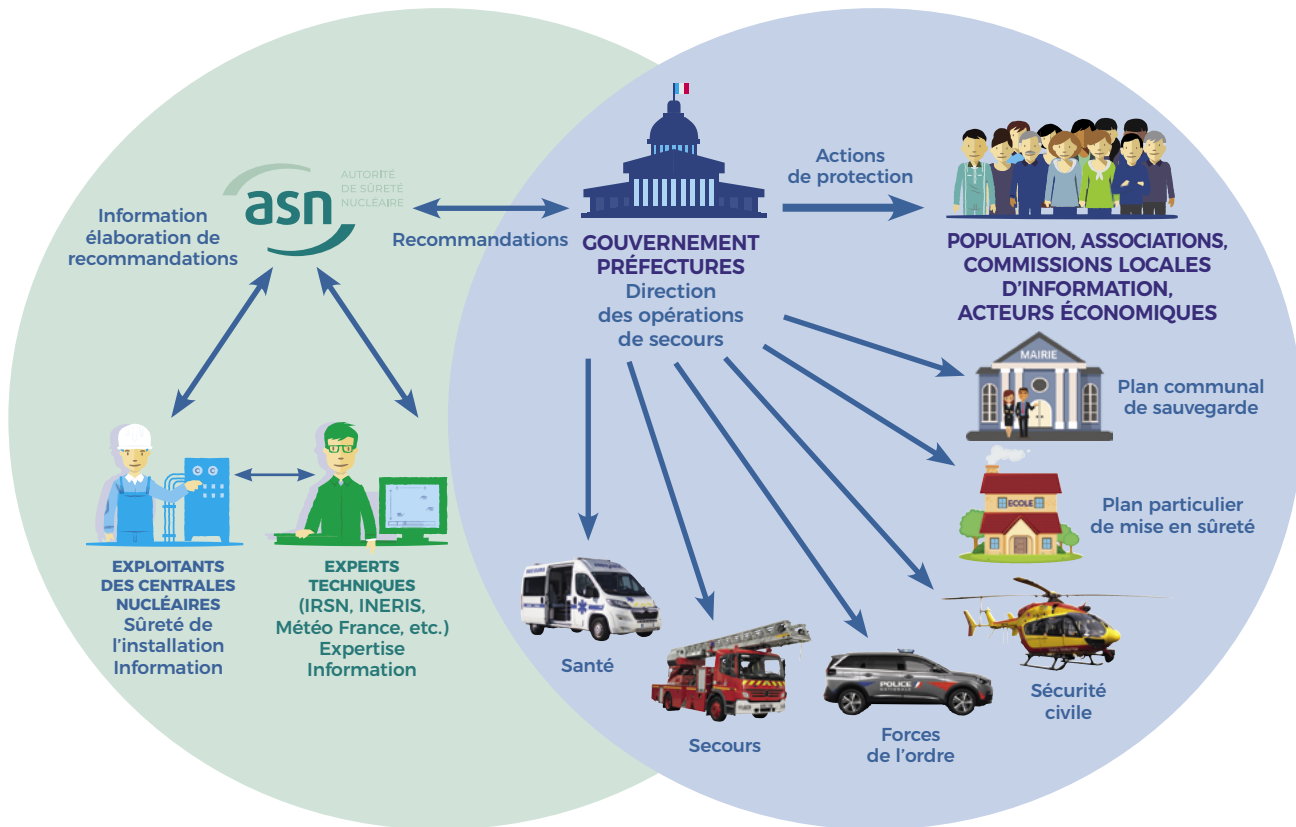


Figure 11. Représentation schématique de l'organisation des secours pour la gestion de la crise durant la phase d'urgence.

Les actions de protection d'urgence de la population

C'est durant la phase d'urgence que des actions spécifiques de protection de la population peuvent être prises par les autorités. Ces actions sont destinées à protéger la population des conséquences de l'exposition aux rejets radioactifs au cours de l'accident. Il y a essentiellement trois actions pouvant être décidées :

- **la prise de comprimé d'iode stable.** Cette action de protection est destinée à éviter la fixation d'iode radioactif dans la thyroïde. Pour plus de détails, voir les encarts sur la prise d'iode stable pages 22 à 24 et le site distribution iode⁶¹ ;
- **la mise à l'abri.** Il s'agit pour les personnes se trouvant sur la trajectoire des rejets radioactifs d'éviter de se retrouver exposées directement à ces rejets. Pour cela, il faut se mettre à l'abri dans un bâtiment en dur, fermer portes et fenêtres, couper si c'est possible, la ventilation (VMC en particulier), et attendre les instructions des autorités, qui seront diffusées par les média nationaux (télévision et radios). La mise à l'abri permet de limiter l'exposition aux rayonnements ionisants émis par le panache radioactif grâce à l'écran de protection que constituent les murs et le toit d'un bâtiment. L'absence de ventilation permet de limiter l'exposition par inhalation de radionucléides. Cette action de protection a une efficacité limitée dans le temps, parce qu'il est difficile de rester enfermé plus d'une demi-journée ou une journée pour des raisons d'approvisionnement et de regroupement familial et parce que la radioactivité finit par entrer dans les bâtiments. Cependant, il ne peut pas être exclu que les autorités puissent prolonger la mise à l'abri au-delà de 24 heures, en

cas de rejet long. Il faut noter que le confinement et la mise à l'abri sont deux actions de protection différentes. La mise à l'abri, utilisée comme action de protection de la population en cas de rejets radioactifs, consiste à rentrer à l'intérieur d'un bâtiment, en fermant portes et fenêtres et en coupant, si possible, la ventilation ; elle permet d'éviter de se trouver dans le nuage de rejets radioactifs. Le confinement est une mesure d'isolement d'un individu ou d'un groupe d'individus dans un lieu clos, pour éviter tout contact avec le reste de la population ; cette action de protection est décidée par exemple en cas d'épidémie ;

- **l'évacuation.** Son objectif est d'éviter une exposition trop importante des personnes directement exposées aux rejets radioactifs. Dans ce cas, les zones à évacuer et les zones d'accueil sont définies par les autorités. Cette évacuation est prise en charge par la collectivité pour les personnes à mobilité réduite. Une évacuation peut être décidée soit d'emblée, soit à la suite d'une mise à l'abri.

Les autorités peuvent également décider d'une interdiction de consommation des productions alimentaires locales, privées ou d'entreprises agricoles, ainsi que des produits de la chasse, de la pêche et de la cueillette pendant la phase d'urgence. Cette action est destinée à protéger la population des risques de contamination due à l'ingestion de produits locaux contaminés par les rejets radioactifs au moment de l'accident.

Les valeurs repères de niveaux d'exposition pour le déclenchement des actions de protection urgentes de la population sont indiquées dans le tableau ci-dessous. Ces actions peuvent être prises de façon successive ou combinée.

Action	Valeur repère	Durée
Mise à l'abri	10 mSv, dose efficace corps entier ⁶²	24 heures
Évacuation	50 mSv, dose efficace corps entier	Selon les circonstances
Prise de comprimés d'iode stable	50 mSv, dose équivalente à la thyroïde	Une prise, éventuellement renouvelée
Interdiction de consommation des denrées fraîches	NMA ⁶³	Peut être prolongée au-delà de la phase d'urgence

Tableau 3. Valeurs guides pour l'application des actions de protection de la population pendant la phase d'urgence d'un accident nucléaire^{63, 64}.

61 www.distribution-iode.com

62 Voir les définitions des unités utilisées en radioprotection dans l'encart « les grandeurs d'activité et de dose ».

63 Règlement Euratom 2016/52 du conseil du 15 janvier 2016 fixant les niveaux maximaux admissibles de contamination radioactive pour les denrées alimentaires et les aliments pour animaux après un accident nucléaire ou dans toute autre situation d'urgence radiologique.

64 Articles R. 1333-84 et R. 1333-85 du code de la santé publique.

6.1 | L'information de la population

177 Comment la population sera-t-elle informée ?

La population sera informée par plusieurs dispositifs d'alerte et par les médias :

- déclenchement des sirènes d'urgence ;
- alerte par système mobile des communes ou des services publics ;
- information par les médias (radio, télévision, Internet, réseaux sociaux).

À noter que des systèmes d'alerte sur smartphone (diffusion cellulaire) sont en cours de déploiement.

Des centres d'accueil (CARE ou CAI) seront ouverts dès que possible pour accueillir et informer la population et fournir un soutien psychologique et une aide aux démarches administratives (indemnisation, etc.).

178 Des consignes écrites ou sous forme de pictogrammes seront-elles données à la population résidant à proximité d'une centrale nucléaire ?

Ces consignes et conduites à tenir durant la phase d'urgence existent et sont diffusées lors des campagnes de distribution d'iode dans le périmètre des plans particuliers d'intervention. Ces consignes sont également diffusées par les centrales nucléaires, les mairies, les commissions locales d'information (CLI) et sur www.distribution-iode.com

Durant la phase post-accidentelle, il sera possible de se renseigner sur la conduite à tenir auprès des centres d'accueil et d'information (CAI) qui seront créés. Par ailleurs, il existe des outils d'information qui sont à la disposition du public, comme le site www.post-accident-nucleaire.fr

6.2 | La mise à l'abri

Préambule

Le confinement et la mise à l'abri sont deux actions de protection différentes. La mise à l'abri, utilisée comme action de protection de la population en cas de rejets radioactifs, consiste à rentrer à l'intérieur d'un bâtiment, en fermant portes et fenêtres et en

couplant, si possible, la ventilation ; cette action permet d'éviter de se trouver dans les rejets radioactifs. Le confinement est une action d'isolement d'un individu ou d'un groupe d'individus dans un lieu clos, pour éviter tout contact avec le reste de la population ; cette action est prise par exemple en cas d'épidémie.

179 Si on est confiné chez soi, faut-il couper la VMC ? Fermer les volets ?

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 (sans aller jusqu'à boucher les entrées d'air, colmater les fenêtres ou fermer les volets), 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 des pouvoirs publics.

180 Faudra-t-il rester à l'abri dans les maisons ou rejoindre des centres de secours ?

Pendant la phase d'urgence, il est impératif de rester à l'écoute des médias (radio, télévision) et de suivre les instructions des autorités. Pour la mise à l'abri, il est préférable de rester à son domicile, quand cela est possible, ou bien sur son lieu de travail ou à l'école, dans des locaux fermés. Si cela est possible, la ventilation devra être arrêtée ou réduite.

Il est rappelé qu'il ne faut pas aller chercher ses enfants à l'école durant la phase de la mise à l'abri, c'est la direction de l'établissement scolaire qui est chargée de leur mise à l'abri.

Il est possible d'accueillir chez soi une personne de passage, trop éloignée de son domicile, de son travail ou d'un point de rassemblement pour qu'elle puisse se mettre à l'abri rapidement (*voir également question 183*).

Il ne faut surtout pas rejoindre les centres de secours des sapeurs-pompiers qui n'ont pas de locaux adaptés pour mettre à l'abri l'ensemble de la population de leur secteur d'intervention.

181 Le personnel hospitalier devra-t-il continuer à travailler ou se mettre à l'abri si son établissement est dans la zone de passage des rejets radioactifs ? Que fera-t-on des malades ? Qu'en est-il des interventions médicales en cours ?

En fonction des caractéristiques de l'événement, le préfet de département et/ou de zone ou, le cas échéant, le gouvernement, peuvent décider la mise en place d'actions de protection de la population comme la mise à l'abri ou l'évacuation.

Si l'établissement de santé se trouve dans la zone de mise à l'abri, le personnel et les malades restent dans l'établissement. Les activités courantes sont maintenues. En revanche, les interventions du personnel soignant à l'extérieur doivent être autorisées au préalable par la direction de l'établissement et les autorités.

Selon les dispositions des plans particuliers d'intervention, les établissements de santé pourraient être évacués, et dans ce cas avec le soutien des services départementaux de secours et les services d'aide médicale d'urgence. L'évacuation des établissements médico-sociaux sera organisée par l'Agence régionale de santé ou par les collectivités concernées. Si un établissement devait être évacué, cela nécessiterait la mise en œuvre des actions identifiées dans le cadre de son plan de gestion des tensions hospitalières et des situations sanitaires exceptionnelles. L'évacuation complète prendra du temps. En effet, il s'agit d'une action délicate pour les patients et complexe à mettre en œuvre pour l'établissement.

La déprogrammation d'activités et la libération de lits sont envisageables et doivent être réservées aux situations pour lesquelles les autres actions de gestion s'avèrent insuffisantes. Il s'agit également d'actions de gestion lourdes de conséquences pour les patients et l'établissement (*voir question 83*).

182 Pendant l'urgence, vaut-il mieux respecter les consignes (évacuation, rester chez soi, rester au travail, etc.) ou d'autres impératifs de santé (aller chercher en pharmacie un traitement, se rendre dans un centre de soin, rejoindre son enfant nécessitant des soins particuliers, etc.) ?

Durant la phase d'urgence, il est impératif de suivre les consignes données par les pouvoirs publics.

Les urgences de santé, ne pouvant pas de ce fait être réalisées, doivent être rapidement signalées auprès du SAMU (15) afin d'être prises en compte par l'organisation des secours.

183 Pendant l'alerte, puis-je laisser rentrer une personne qui vient de l'extérieur ?

Oui. Si une décision de mise à l'abri est décidée par les autorités pendant la phase d'urgence, il est important d'accueillir les personnes qui sont trop éloignées de leur domicile, de leur lieu de travail ou d'un lieu de rassemblement pour qu'elles puissent se mettre à l'abri rapidement.

184 Ma maison (mon logement) est-elle dans la zone interdite ?

La définition de la zone d'évacuation en phase d'urgence et du périmètre d'éloignement en phase post-accidentelle sera faite par les autorités en fonction de la nature et de l'importance des rejets et des dépôts, et de l'évaluation des risques radiologiques pour la population. La liste des communes concernées sera publiée par arrêté préfectoral et l'information sera diffusée par les médias locaux et nationaux (radio, télévision, Internet, réseaux sociaux).

6.3 | L'évacuation

185 Pendant combien de temps vais-je être évacué ?

La décision d'évacuation est prise durant la phase d'urgence de l'accident nucléaire, sur la base des estimations de risques pour la population. Très rapidement, des mesures de radioactivité dans l'environnement permettront de mieux caractériser la situation et d'affiner les différents périmètres, mais aussi d'établir une prévision d'évolution de la radioactivité dans l'environnement.

La durée d'évacuation dépendra de cette évolution de la radioactivité dans l'environnement. En fonction de la nature des rejets et des dépôts (radionucléides à période courte comme l'iode radioactif ou bien radionucléides à vie longue comme le césium-137), l'évacuation peut durer de quelques jours à plusieurs décennies.

Voir également question 186.

186 Où vais-je être relogé (quel type de logement, proche de mes enfants, de mes voisins) ?

L'évacuation se déroulera en un ou deux temps suivant les conséquences de l'accident. Dans la phase d'urgence, la population sera évacuée et hébergée dans des centres d'accueil d'urgence du type gymnase.

Dès que possible, des mesures de radioactivité seront faites dans l'environnement proche de votre logement afin de vérifier la contamination éventuelle. Dans ce second temps, si votre logement est dans une zone présentant des risques, un hébergement vous sera proposé en tenant compte, autant que possible, de votre situation personnelle.

187 Que vont devenir mes affaires (meubles, souvenirs) si je suis évacué ?

Il ne sera pas possible de récupérer tous les objets dans les logements de la zone évacuée. Cependant, si vous êtes relogé pour une longue durée, vous pourrez éventuellement être autorisé à vous rendre temporairement dans votre logement et à récupérer certaines de vos affaires personnelles.

188 Un plan de relogement est-il étudié avant un éventuel accident ?

Les plans particuliers d'intervention prévoient l'installation et l'ouverture des centres d'accueil et de recensement de la population (CARE). Par ailleurs, les plans d'organisation des secours (plans ORSEC) prévoient l'ouverture de centres d'hébergement d'urgence pour les personnes évacuées (gymnases, école, etc.). Au-delà de la phase d'urgence, des hébergements seront proposés.

189 Sur combien de kilomètres la zone dangereuse pourrait-elle s'étendre ?

L'étendue des différentes zones (périmètre d'éloignement et zones de protection) dépendra de l'importance des rejets radioactifs, de leur dispersion en fonction des conditions météorologiques et des dépôts. Dans les situations les plus graves, ces zones pourraient être initialement très étendues. Dans tous les cas, ils seront évolutifs, notamment parce

qu'une proportion importante des rejets est constituée de radionucléides à vie courte (iode radioactif par exemple) qui disparaîtront en quelques semaines (de l'ordre de trois mois pour l'iode radioactif). Cette décroissance radioactive, associée à des actions de décontamination, permettra une reconquête progressive des territoires contaminés.

190 En cas de cambriolage ou d'agression en zone contaminée, la police se déplacerait-elle ?

La police ou la gendarmerie continueront d'exercer leurs missions dans la zone contaminée.

191 Comment les membres d'une même famille seront avertis du lieu de confinement, de regroupement, de relogement ?

Plusieurs dispositifs seront mis en œuvre pour apporter un soutien aux sinistrés. Des centres d'accueil (CARE ou CAI) seront ouverts dès que possible pour accueillir, recenser et informer la population et fournir un soutien psychologique et une aide aux démarches administratives (indemnisation, etc.). Un numéro vert sera mis en service aussi rapidement que possible.

192 Les communes proches de la centrale seront-elles désertées ?

Tout dépend de la nature et de l'ampleur de l'accident nucléaire. Pour un accident majeur, certaines communes pourraient être incluses dans un périmètre d'éloignement. Mais un accident nucléaire n'entraîne pas obligatoirement la définition d'une telle zone.

6.4 | La gestion des zones contaminées

193 Existe-t-il des endroits spécifiques où sont stockés des masques, combinaisons, matériels de décontamination aux alentours des centrales ?

Ce type d'équipements est utile pour la protection des personnes appelées à intervenir dans les zones les plus contaminées. Il existe des stocks de ces matériels de protection et de décontamination, en parti-

culier chez les exploitants d'installations nucléaires, pour leur personnel. Ces matériels demandent, pour être utilisés, une formation et un entraînement spécifiques.

Il n'est pas utile d'en doter la population car les zones les plus contaminées seront interdites d'accès.

194 L'électricité sera-t-elle coupée ? Serons-nous approvisionnés en gaz de citerne, en fuel pour le chauffage et en carburant pour les voitures ? Un rationnement est-il à prévoir ?

Durant la phase d'urgence, il n'y a pas de raison de penser que l'approvisionnement en énergie soit interrompu, sauf événement (de type climatique par exemple) extérieur à l'accident nucléaire. En effet, le maillage du réseau électrique permet de suppléer à l'arrêt d'une centrale nucléaire.

Après la phase d'urgence, et en dehors du périmètre d'éloignement, les services publics seront maintenus ou rétablis. Il en va de même pour les circuits de commercialisation.

195 Si une explosion survient, quelles seront les conséquences réelles et immédiates sur les communes aux alentours (maisons, personnes dehors, animaux, faune, flore) ?

Un accident nucléaire n'est pas systématiquement lié à une explosion. Il peut y avoir des phénomènes explosifs mais sans aucune commune mesure avec l'explosion d'une bombe atomique.

Dans une installation nucléaire, il peut y avoir des phénomènes explosifs (appareils sous pression, bouteilles de gaz inflammables, etc.) qui n'entraînent pas de rejets radioactifs.

Dans d'autres cas, une explosion (de nature chimique par exemple) peut provoquer ou aggraver la libération de substances radioactives dans l'environnement. Ainsi, les explosions observées sur le site de Fukushima Daiichi en 2011, qui étaient dues à l'accumulation d'hydrogène dans les bâtiments réacteurs, ont conduit à des rejets radioactifs dans l'environnement par endommagement des enceintes de confinement. De même, une explosion d'un cœur de réacteur, comme ce fut le cas lors de l'accident de Tchernobyl, peut entraîner la destruction du

bâtiment du réacteur et engendrer une dispersion importante du combustible nucléaire à l'extérieur de l'installation. Les rejets d'éléments radioactifs sont, dans ce cas, très importants, les surfaces contaminées également. Les conséquences aux alentours conduisent à des actions de protection (évacuation, mise à l'abri, interdiction de consommation de denrées alimentaires et éventuellement prise de comprimés d'iode stable) afin d'éviter ou de réduire les conséquences sanitaires de l'exposition consécutive aux rejets.

196 Si une explosion survient, qui se chargera de récupérer les corps dans les communes voisines ? Y aura-t-il des chapelles ardentes ? Où seront enterrées ou incinérées les victimes ?

Un accident nucléaire n'est pas systématiquement lié à une explosion et, si un phénomène explosif survenait, il n'y aurait aucune comparaison avec une bombe atomique (voir question 195). Seuls les travailleurs de l'installation pourraient éventuellement subir les conséquences de l'explosion.

Pour ce qui est du risque radiologique, les niveaux d'exposition aux rayonnements ionisants, attendus pour les personnes du public, sont le plus souvent inférieurs à quelques dizaines de mSv la première année après l'accident, dès lors que la population a été mise à l'abri ou évacuée à temps, même en cas d'accident grave. Ils ne seront pas *a priori* susceptibles d'induire des signes cliniques à court terme, encore moins des décès immédiats (voir chapitre 2 « le domaine de la santé » page 8).

POUR EN SAVOIR PLUS

Quelles pourraient être les origines d'un accident nucléaire ?

Dans une centrale nucléaire, deux grandes familles d'accidents peuvent conduire à des rejets de substances radioactives dans l'environnement. Elles présentent des caractéristiques très différentes, notamment en matière de rapidité, de durée et d'intensité des rejets radioactifs.

La première catégorie consiste en un relâchement dans l'environnement d'une partie de l'eau du circuit primaire qui est utilisée pour refroidir le combustible nucléaire. Cette eau, en contact avec le cœur du réacteur nucléaire, se contamine plus ou

moins lors du fonctionnement du réacteur. Certains accidents conduisent à des fuites d'eau contaminée qui se vaporise dans l'environnement. Ce sont des accidents au déroulement rapide pour lesquels les rejets dans l'environnement débutent quelques minutes après la rupture du circuit primaire. Les rejets sont généralement de courte durée (quelques minutes) et de faible intensité. Les conséquences du rejet peuvent conduire l'exploitant de la centrale nucléaire à déclencher les sirènes pour indiquer à la population de se mettre à l'abri dans un bâtiment en dur afin d'éviter d'être exposée (voir chapitre 6.2 « la mise à l'abri » page 78).

L'autre catégorie d'accident est caractérisée par un défaut de refroidissement du cœur du réacteur conduisant à sa dégradation sous l'effet de la chaleur (fusion des éléments combustibles) et au relâchement dans l'enceinte de confinement d'une grande quantité d'éléments radioactifs. Les enceintes de confinement des réacteurs nucléaires sont des structures très robustes qui vont contenir la plus grande partie de ces éléments. Néanmoins, ces structures ne sont pas complètement étanches et un faible rejet radioactif serait détecté dans l'environnement après la dégradation du cœur. Ce type d'accident conduirait les pouvoirs publics à déclencher le PPI et à évacuer dans un premier temps les personnes dans un rayon de 5 km autour de la centrale pour les soustraire à la radioactivité (voir chapitre 6.3 « l'évacuation » page 79).

Dans une situation aggravée, l'exploitant pourrait être obligé, après quelques jours, de faire baisser la pression dans l'enceinte de confinement du réacteur pour éviter qu'elle ne se dégrade. Cette opération, concertée et différée, aurait pour conséquence un relâchement important de gaz radioactifs dans l'environnement nécessitant d'étendre, avant les rejets, les actions de protection des personnes.

Dans une installation nucléaire, il peut y avoir des phénomènes explosifs (appareils sous pression, bouteilles de gaz inflammables, etc.) qui n'entraînent pas de rejets radioactifs. Dans d'autres cas, une explosion (de nature chimique par exemple) peut provoquer ou aggraver la libération de substances radioactives dans l'environnement. Ainsi, les explosions observées sur le site de Fukushima Daiichi en 2011, qui étaient dues à l'accumulation d'hydrogène dans les bâtiments réacteurs, ont conduit à des rejets radioactifs dans l'environnement par endommagement des enceintes de confinement. Cependant, en aucun cas un accident sur une installation nucléaire ne pourrait conduire à une explosion nucléaire similaire à l'explosion d'une bombe atomique.

197 Les véhicules anthroporadiométriques de l'IRSN sont-ils accessibles aux handicapés ?

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. Ils ne sont pas équipés de rampe d'accès pour handicapés. En revanche, le contrôle de personnes en position couchée ou en fauteuil à l'extérieur du véhicule est possible avec un portique spécifique. Les véhicules anthroporadiométriques de l'IRSN peuvent donc réaliser des mesures sur des personnes à mobilité réduite.

198 Des canadais larguant des tonnes d'eau pourraient-ils rabattre la radioactivité au sol ?

Non. Cette action n'est pas recommandée car elle ne permet pas de rabattre efficacement la radioactivité au sol et ne réduit donc pas l'exposition de la population.

199 Est-ce que les consignes des pouvoirs publics seront crédibles ?

La bonne information du public sur les événements accidentels et leur évolution constitue un droit essentiel des citoyens. « Les citoyens ont un droit à l'information sur les risques majeurs auxquels ils sont soumis dans certaines zones du territoire et sur les mesures de sauvegarde qui les concernent » (article L. 125-2 du code de l'environnement).

Cette exigence d'information transparente et pédagogique s'étend aux actions conduites par l'exploitant, les pouvoirs publics et l'autorité de sûreté nucléaire, chacun dans leur champ de compétences. Elle comprend aussi l'ensemble des conseils, recommandations et consignes comportementales que les pouvoirs publics peuvent être amenés à donner au public.

Les actions de protection de la population (évacuation, mise à l'abri, prise d'iode stable, restrictions de consommation de denrées alimentaires) ont pour but de réduire l'exposition radiologique. Elles sont décidées et mises en œuvre par le préfet. La décision

est prise, sur les recommandations formulées par les experts nationaux (Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire IRSN, Autorité de sûreté nucléaire ASN), en fonction de la situation (état de l'installation, rejets, conditions météorologiques et dépôts radioactifs). Les actions de protection découlent de référentiels élaborés au niveau national et sont associées à des valeurs repères d'exposition à la radioactivité, figurant dans la réglementation.

200 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 ?)

À la suite d'un accident nucléaire, 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 notamment ceux, vulgarisés, qui seront mis à disposition de la population sur Internet ou dans les centres d'accueil et d'information (CAI) ou centres d'accueil et de regroupement (CARE) par exemple. En complément, l'approche visant à contrôler les niveaux de radioactivité par soi-même ou par l'intermédiaire des 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 de demander des compléments d'informations en cas de réponses à première vue incohérentes.

6.5 | Les dédommagements

201 Si je ne peux plus consommer mes propres productions, qui me dédommagera ?

La Convention de Paris, dans sa rédaction actuellement en vigueur, ne prévoit expressément que l'indemnisation de « tout dommage aux personnes et tout dommage aux biens » et ne couvre donc pas de tels dommages. On peut toutefois se situer dans la

perspective de l'entrée en vigueur au 1^{er} janvier 2022 du protocole modificatif de 2004 à la Convention, qui élargira notablement le champ des dommages indemnisables. De tels dommages pourraient donc, à l'avenir, faire l'objet d'une indemnisation éventuelle.

202 Qui financerait les réparations des conséquences d'un tel accident : l'État ? L'exploitant ? Nous ? À quel montant cela pourrait-il s'élever ?

Les caractéristiques du risque nucléaire ont conduit les États à organiser un régime de responsabilité civile particulier dans un cadre supranational. Ainsi la France adhère, comme la plupart de ses voisins européens, à la Convention de Paris du 29 juillet 1960 sur la responsabilité civile dans le domaine de l'énergie nucléaire et à la Convention complémentaire de Bruxelles du 31 janvier 1963. Le régime d'indemnisation organisé par ces conventions prévoit plusieurs niveaux de couverture du risque pour des montants limités reposant sur la garantie financière de l'exploitant nucléaire, sur un financement à la charge du pays de l'installation accidentée et enfin sur l'intervention d'un fonds international alimenté par les contributions des États signataires de la convention.

La réparation des dommages causés par un accident nucléaire est limitée dans son montant et en ce qui concerne le type de dommages couverts.

Depuis 2015, le plafond de responsabilité de l'exploitant au titre de la tranche d'indemnisation lui incombant s'élève à 700 M€ (article L. 597-28 du code de l'environnement). Pour les installations dites à « risque réduit », ce plafond est réduit à 70 M€. Deux tranches supplémentaires d'indemnisation sont prévues, l'une par l'État, à hauteur de 500 M€ et l'autre par un fonds de solidarité international.

203 Des indemnités seraient-elles versées aux sinistrés ?

Oui, il est prévu des aides pour les victimes des accidents nucléaires. Ces aides sont de deux types :

- les secours financiers d'urgence, qui peuvent être versés par l'État ou par l'exploitant. Ces aides sont destinées aux personnes et aux familles pour subvenir à leurs besoins immédiats et essentiels. Ces aides d'urgence sont principalement destinées aux

personnes déplacées. Elles ne sont pas prévues pour les acteurs économiques. Ces aides peuvent être mises en place rapidement, dans les 24 heures suivant le déclenchement d'un PPI ;

- les indemnités au titre de la responsabilité civile nucléaire de l'exploitant. Les procédures d'indemnisation peuvent être mises en œuvre dès la phase d'urgence et peuvent se poursuivre au cours de la phase post-accidentelle jusqu'au délai de prescription qui est de 10 ans (et sera prochainement porté à 30 ans pour les dommages corporels).

Dans les deux cas, il est prévu de mettre en place un guichet unique pour les demandes d'indemnisation, qui pourra s'appuyer sur les centres d'accueil et de regroupement (CARE) ou les centres d'accueil et d'information (CAI), pour permettre le recensement des victimes et l'aide à l'ouverture des demandes d'indemnisation.

POUR EN SAVOIR PLUS

Les caractéristiques du risque nucléaire ont conduit les États à organiser un régime de responsabilité civile particulier dans un cadre supranational. Ainsi la France adhère, comme la plupart de ses voisins européens, à la Convention de Paris du 29 juillet 1960 sur la responsabilité civile dans le domaine de l'énergie nucléaire et à la Convention complémentaire de Bruxelles du 31 janvier 1963. Le régime d'indemnisation organisé par ces conventions prévoit plusieurs niveaux de couverture du risque pour des montants limités reposant sur la garantie financière de l'exploitant nucléaire, sur un financement à la charge du pays de l'installation accidentée et enfin sur l'intervention d'un fonds international alimenté par les contributions des États signataires de la convention.

Le régime de responsabilité civile nucléaire (RCN) repose sur des principes dérogatoires au droit commun de la responsabilité civile et comporte des spécificités protectrices des victimes :

- l'assurance est obligatoire. L'exploitant est tenu de couvrir sa responsabilité par une assurance ou une autre garantie financière ;
- la responsabilité de l'exploitant nucléaire est objective, elle peut être engagée sans qu'il soit nécessaire de démontrer l'existence d'une faute. L'exploitant ne peut donc s'exonérer de sa responsabilité que dans des conditions très restrictives ;

- la responsabilité de l'exploitant nucléaire est exclusive ; elle est circonscrite à l'exploitant de l'installation où l'accident s'est produit ou, en cas de transport, sur l'exploitant responsable du transport. Celle des autres intervenants dans l'installation, en particulier celle du fournisseur, est en principe exclue.

En contrepartie, la réparation des dommages causés par un accident nucléaire est limitée dans son montant et en ce qui concerne le type de dommages couverts.

Depuis 2015, le plafond de responsabilité de l'exploitant au titre de la tranche d'indemnisation lui incombant s'élève à 700 M€ (article L. 597-28 du code de l'environnement). Pour les installations dites à « risque réduit », ce plafond est réduit à 70 M€. La tranche supplémentaire d'indemnisation par l'État s'élève actuellement à 500 M€.

Les protocoles du 12 février 2004 modifiant les conventions de Paris et de Bruxelles, en vigueur au 1^{er} janvier 2022, auront pour conséquence une augmentation de la tranche d'indemnisation assurée par l'État et par le fonds international ainsi que l'extension du champ des dommages indemnifiables. Lors de l'entrée en vigueur de ces protocoles, en incluant l'ensemble des niveaux de couverture (exploitant, État concerné, fonds international mutualisé), un montant total de 1,5 Md€ sera garanti pour l'indemnisation des dommages nucléaires. Par ailleurs, le protocole modificatif de 2004 à la Convention de Paris élargira notablement le champ des dommages indemnifiables, en incluant, entre autres, « toute perte de biens ou tout dommage aux biens », « tout dommage immatériel » résultant d'une perte de biens ou d'un dommage aux personnes ou biens, « le coût des mesures de restauration d'un environnement dégradé, sauf si la dégradation est insignifiante, si de telles mesures sont effectivement prises ou doivent l'être », « tout manque à gagner directement en relation avec une utilisation ou une jouissance quelconque de l'environnement », ainsi que « le coût des mesures de sauvegarde et toute autre perte ou tout autre dommage causé par de telles mesures ».

Un dommage qui serait considéré comme relevant de ce champ pourrait donc donner lieu à une indemnisation au titre de ce régime de RCN. Les procédures d'indemnisation afférentes peuvent être mises en œuvre dès la phase d'urgence et peuvent durer au cours de la phase post-accidentelle jusqu'au délai de prescription qui est de dix ans, porté à 30 ans pour les dommages corporels à compter de l'entrée en vigueur des protocoles de 2004.

GLOSSAIRE

- ACRO** : Association pour le contrôle de la radioactivité dans l'Ouest
- ACTA** : Association de coordination technique agricole
- ADN** : Acide désoxyribonucléique
- ANCCLI** : Association nationale des comités et commissions locales d'information
- Andra** : Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs
- ARS** : Agence régionale de santé
- ASN** : Autorité de sûreté nucléaire
- Bq** : Becquerel
- CAI** : Centre d'accueil et d'information
- CARE** : Centre d'accueil et de regroupement
- CCH** : Cellule de crise hospitalière
- CEA** : Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
- CEPN** : Centre d'étude sur l'évaluation de la protection dans le domaine nucléaire
- Ci** : Curie
- CIPR** : Commission internationale de protection radiologique
- CLI** : Commission locale d'information
- CNAM** : Caisse nationale d'assurance maladie
- CODIRPA** : Comité directeur pour la gestion de la phase post-accidentelle d'un accident nucléaire ou d'une situation d'urgence radiologique
- CRP** : Conseiller en radioprotection
- Cs** : Césium
- CUMP** : Cellule d'urgence médico-psychologique
- DGEC** : Direction générale de l'énergie et du climat
- DGS** : Direction générale de la santé
- DGT** : Direction générale du travail
- DTPA** : Acide diéthylénetriamine penta-acétique
- EDF** : Électricité de France
- ERP** : Établissement recevant du public
- FT4** : Fraction libre de thyroxine (T4), hormone produite par la glande thyroïde
- GBq** : Gigabecquerel
- GT** : Groupe de travail
- Gy** : Gray

- INES** : International nuclear event scale (échelle internationale des événements nucléaires)
- IRSN** : Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire
- KI** : Formule chimique du iodure de potassium
- MBq** : Million de becquerels
- NMA** : Niveau maximum admissible
- NRBC** : Nucléaire, radiologique, biologique et chimique
- NRC** : Nucléaire, radiologique ou chimique
- Orano** : Groupe industriel international de référence spécialisé dans l'énergie nucléaire et les énergies renouvelables
- ORSEC** : Organisation de la réponse de sécurité civile
- pH** : Unité de mesure d'acidité
- PPI** : Plan particulier d'intervention
- PRV** : Point de regroupement des victimes
- PUMP** : Personnel de santé des cellules d'urgence médico-psychologique
- RCN** : Responsabilité civile nucléaire
- RNM** : Réseau national de mesure de la radioactivité dans l'environnement
- SAMU** : Service d'aide médicale urgente
- SDQ** : Strength and difficulties questionnaire (terme anglais). Test d'évaluation du stress psychologique.
- SED** : Situation d'exposition durable
- SMUR** : Service médical d'urgence et de réanimation
- SPF** : Santé publique France
- SSE** : Situation sanitaire exceptionnelle
- Sv** : Sievert
- TBq** : Terabecquerel
- TEP** : Tomographie par émission de positons
- TMI** : Three Mile Island
- TSH** : Thyroïdostimuline, hormone produite par la glande thyroïde
- UNSCEAR** : Comité scientifique des Nations unies pour l'étude des effets des radiations
- VMC** : Ventilation mécanique contrôlée
- w_r : Facteur de pondération du rayonnement
- w_T : Facteur de pondération tissulaire

Pour en savoir plus

www.post-accident-nucleaire.fr

www.asn.fr