

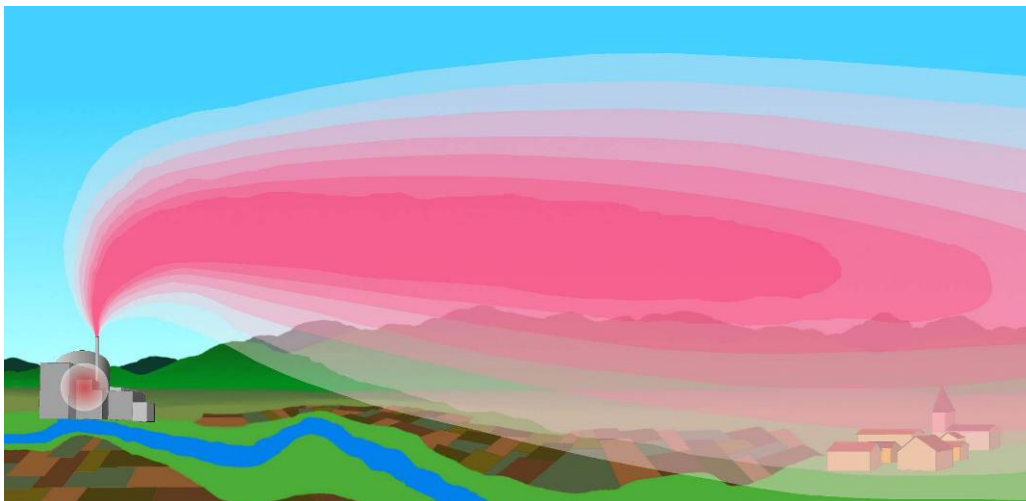
CONSÉQUENCES ENVIRONNEMENTALES D'UN REJET RADIOACTIF ACCIDENTEL ET VOIE D'EXPOSITION DES PERSONNES

12 avril 2011

1. LES CONSÉQUENCES LES PLUS IMMÉDIATES : LA CONTAMINATION DE L'AIR

• Dispersion des produits radioactifs dans l'air

En cas de rejet accidentel de substances radioactives dans l'atmosphère, une dispersion se produit en fonction des conditions météorologiques, entraînant une contamination de l'air plus ou moins importantes. Cette contamination est élevée à proximité immédiate de l'installation nucléaire à l'origine des rejets et diminue en s'éloignant du point de rejet.



Dispersion atmosphérique des rejets radioactifs.

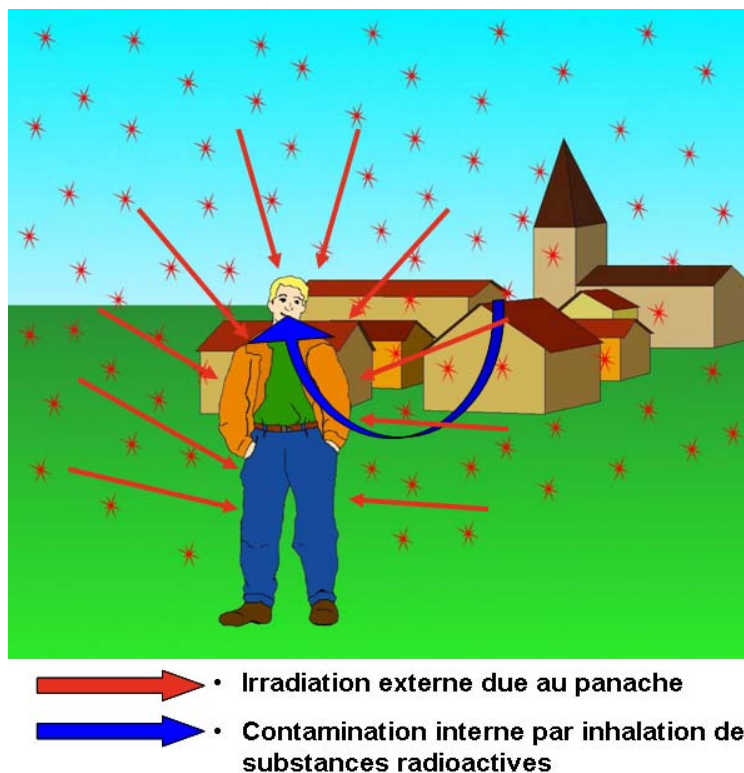
La concentration des substances radioactives est la plus importante au plus près du point de rejet et au cœur du panache orienté selon la direction principale du vent au moment des rejets. Lorsque les rejets se font en hauteur (cheminée), les substances radioactives atteignent la surface du sol sous l'effet de la dispersion.

Cette contamination de l'air se produit pendant toute la durée des rejets (de moins d'une heure à plusieurs jours) et se poursuit quelques temps au-delà, jusqu'à dissipation du panache par dispersion atmosphérique. La mesure de la contamination de l'air s'exprime en becquerels par mètre cube (Bq/m³).

• **Exposition des personnes à la contamination de l'air**

Les principales voies d'exposition sont :

- ***l'irradiation externe*** par le rayonnement émis par les radionucléides émetteurs gamma dispersés dans l'air (sous forme de gaz ou de fines particules en suspension appelées « aérosols »), y compris ceux présents en hauteur ;
- ***la contamination interne par inhalation*** des aérosols radioactifs présents dans l'air ambiant au niveau du sol. Les radionucléides inhalés traversent plus ou moins facilement la barrière pulmonaire et sont répartis dans le corps par la circulation sanguine. Certains radionucléides peuvent se concentrer préférentiellement dans certains organes, comme par exemple les iodes radioactifs dans la glande thyroïde. Les radionucléides incorporés irradient les tissus et organes où ils se trouvent, pendant toute la durée de leur présence dans le corps, même après la fin de l'exposition à l'air contaminé. Le temps de persistance dans le corps dépend de la période radioactive du radionucléide et de son élimination plus ou moins rapide par les voies naturelles.



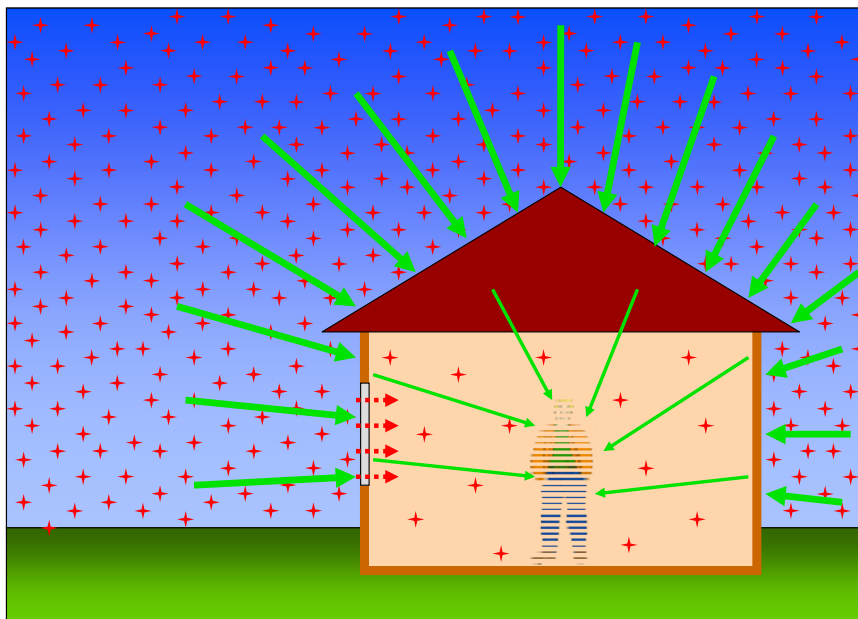
Principales voies d'exposition à la contamination de l'air provoquée par un rejet radioactif accidentel.

Pour une personne et un radionucléide donné, la dose est d'autant plus élevée que la concentration du radionucléide dans l'air est forte et que la durée de la contamination de l'air est longue. Ainsi, une dose similaire peut être reçue après une courte exposition à une concentration élevée ou une exposition prolongée à une concentration plus faible.

• **Comment réduire les doses reçues par les personnes exposées à un panache radioactif ?**

Des actions de protection d'urgence, à appliquer peu avant ou pendant les rejets radioactifs, permettent de réduire les doses reçues par les personnes exposées à la contamination de l'air :

- **la mise à l'abri** dans un bâtiment en dur avec portes et fenêtres fermées : cette action de protection retarde et réduit temporairement la contamination interne par inhalation (le temps que les radionucléides de l'air extérieur pénètrent à l'intérieur des pièces) et atténue le rayonnement gamma émis par les radionucléides présents à l'extérieur du bâtiment (l'efficacité de cette atténuation dépend des matériaux de construction et de la taille du bâtiment) ;
- **l'évacuation d'urgence** permet de soustraire la population à toute exposition du panache si celle-ci peut être mise en œuvre avant le début des rejets. C'est l'action de protection la plus efficace en cas de contamination importante de l'air ambiant ou de rejets radioactifs prolongés dans le temps (plus d'une dizaine d'heures) ;
- **l'ingestion de comprimés d'iode stable**, préalablement distribués à la population potentiellement exposée, permet de réduire la dose équivalente à la thyroïde en cas d'exposition à des iodes radioactifs, notamment l'iode 131. Cette prise d'iode stable, particulièrement indiquée pour les enfants et les femmes enceintes, doit être effective juste avant les rejets radioactifs ou peu de temps après le début de l'exposition, et être accompagnée d'une mise à l'abri pour avoir une efficacité maximale.



Protection apportée par un bâtiment vis-à-vis d'une contamination radioactive de l'air extérieur : les matériaux de construction atténuent le rayonnement gamma et l'entrée des particules radioactives à l'intérieur du bâtiment est retardée.

2. LES CONSÉQUENCES POST-ACCIDENTELLES A COURT TERME : LES DÉPÔTS RADIOACTIFS ET LA CONTAMINATION DE LA CHAÎNE ALIMENTAIRE

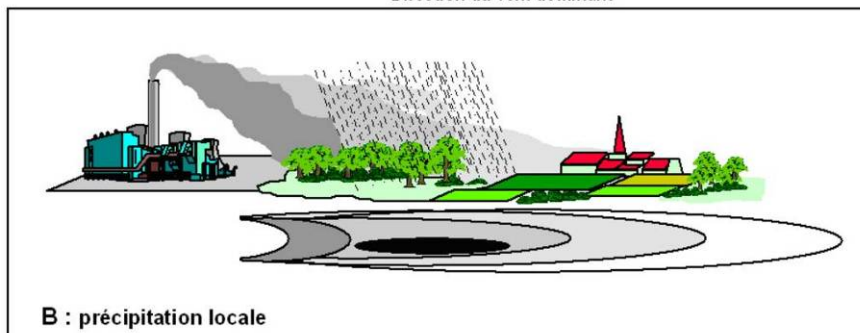
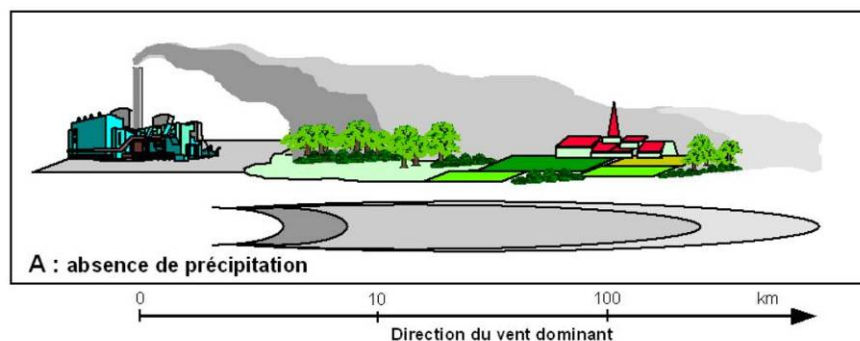
• Les retombées radioactives : formation d'un dépôt radioactif surfacique

Une fois rejetées dans l'atmosphère lors de l'accident, les substances radioactives transportées dans l'air ont un devenir variable :

- les radionucléides à vie très courte (période radioactive inférieure à quelques heures) tendent à disparaître par décroissance radioactive le long du trajet du panache ;
- les radionucléides sous forme de gaz incondensables (gaz rares tels que le xénon 133) restent dans l'atmosphère et leur concentration diminue au cours du temps par dilution sous l'effet de la dispersion atmosphérique ;
- les radionucléides sous forme d'aérosols (fines particules en suspension) ou de gaz réactifs (l'iode gazeux par exemple) se déposent progressivement sur les surfaces au sol : **ce sont les retombées radioactives de l'accident.**

Les retombées radioactives peuvent survenir sous deux formes complémentaires :

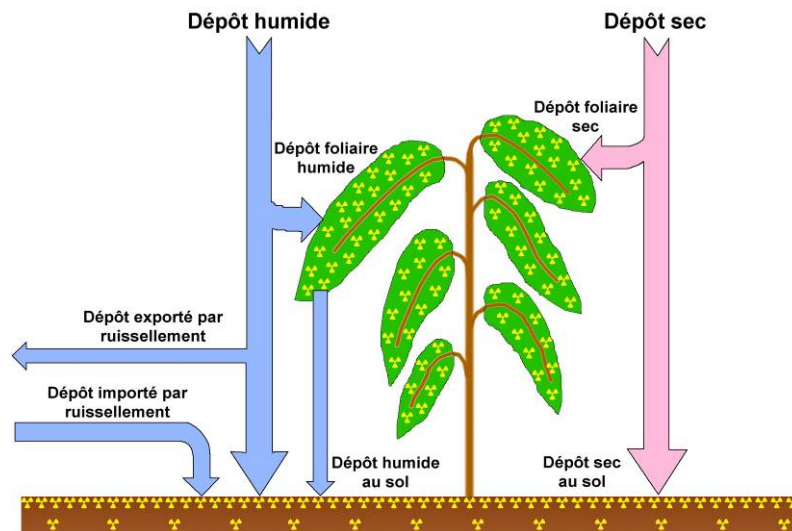
- **des dépôts secs** : ils se produisent lorsque l'air ambiant à proximité des surfaces de dépôt contient des aérosols radioactifs qui se déposent progressivement sur toutes les surfaces, quelle que soient leur nature et leur orientation (horizontale, verticale ou inversée). Les dépôts secs peuvent se former à l'intérieur des bâtiments dès lors que l'air intérieur est contaminé ;
- **des dépôts humides** : ils se forment sur les territoires où il y a des précipitations (pluie ou neige) pendant la dispersion du panache radioactif. Il résulte du lessivage des particules radioactives ou des gaz solubles (cas de l'iode) par les gouttes d'eau lors de leur trajet dans l'air. Contrairement au dépôt sec qui dépend de la contamination de l'air au niveau du sol, le dépôt humide est fonction des caractéristiques de l'air sur tout le parcours des gouttes de pluie, notamment en altitude ; à la limite, un dépôt radioactif humide peut se produire alors même que l'activité des radionucléides dans l'air au niveau du sol est nulle.



Formation des dépôts radioactifs : les dépôts sont d'autant plus importants que l'air ambiant est contaminé. Là où il pleut, un dépôt humide s'ajoute au dépôt sec, entraînant un dépôt total nettement plus intense.

Les dépôts secs et humides ont des propriétés très différentes :

- les dépôts secs s'accumulent sur toutes les surfaces où ils se forment. Ainsi, les feuilles des plantes sont d'autant plus contaminées que le dépôt sec est important ;
- les produits radioactifs amenés par les pluies ne restent pas tous sur les surfaces atteintes : une partie de l'eau de pluie s'égoutte des feuilles, si bien que la contamination des plantes finit par ne plus augmenter même si les retombées humides se poursuivent. De même, une partie de la pluie tombée s'écoule en surface, emportant avec elle une partie de la contamination qui peut éventuellement s'accumuler sur d'autres parcelles en dépression.



Formation des dépôts secs et humides : les dépôts secs s'accumulent sur les surfaces qu'ils atteignent (feuilles et sol dans ce schéma) ; les dépôts humides ne sont que partiellement retenus par les feuilles et une partie est transportée à l'extérieur de la surface atteinte ; celle-ci peut elle-même accumuler une partie du dépôt humide tombé sur des surfaces adjacentes.

Les retombées qui se produisent lors du passage du panache radioactif entraînent la formation d'un dépôt surfacique persistant sur les végétaux, les sols, mais aussi les zones habitées (routes, murs, toitures...), entraînant une contamination plus ou moins durable de ces milieux, en fonction des radionucléides déposés et du type de surface atteinte.

Les retombées sur les eaux de surface (rivières, lacs, réservoirs ouverts) entraînent la contamination immédiate de l'eau, au moins de façon temporaire.

• Les conséquences à court terme sur la chaîne alimentaire

Juste après le passage du panache radioactif, on observe une contamination des feuilles et, par conséquent, des productions végétales pour l'alimentation humaine et du bétail. Les légumes à feuilles (salades, épinards, poireaux...) sont les plus immédiatement affectés par cette contamination ; celle-ci diminue ensuite rapidement pour les légumes à feuilles récoltés dans les semaines qui suivent, car les nouvelles feuilles formées par la croissance végétale n'ont pas reçu de retombées radioactives (typiquement, les salades récoltées 50 jours après un accident sont cent fois moins contaminées que celles à maturité immédiatement après l'accident).

La contamination déposée sur les feuilles est rapidement absorbée par la plante et transportée par la sève vers d'autres parties de celle-ci, notamment les tissus de réserve qui se forment au cours des semaines qui suivent l'accident (fruits et légumes fruits, grains de céréales, tubercules, bois...).

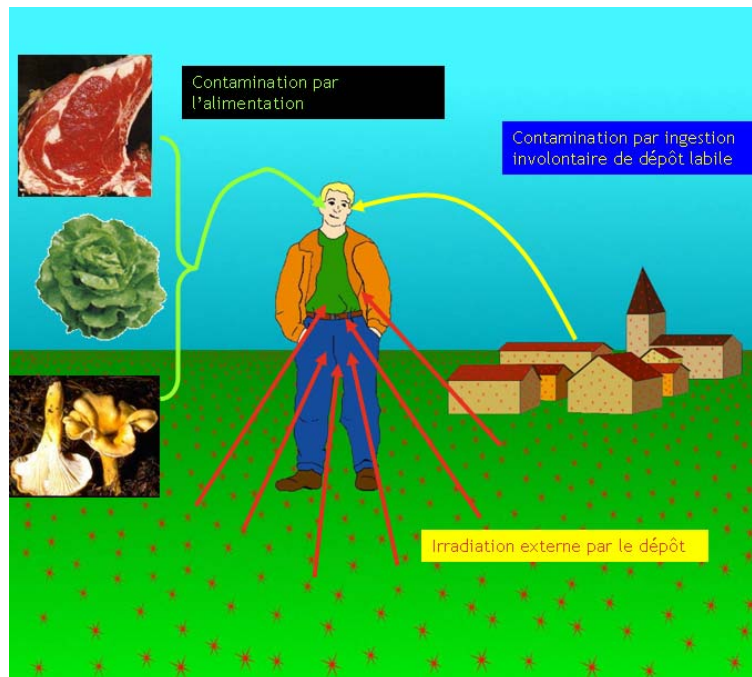
L'herbe, comme toutes les autres plantes à feuilles, est immédiatement contaminée par les retombées radioactive et les animaux qui s'en nourrissent se trouvent à leur tour contaminés. Parmi les denrées animales, le lait (vaches, brebis, chèvres) est le plus rapidement affecté par ce transfert de contamination, le maximum de contamination étant atteint dans les deux à trois jours suivant la formation des dépôts. La viande se contamine plus lentement mais plus durablement si l'animal continue de manger de l'herbe ou du fourrage contaminé.

Les retombées radioactives d'un accident nucléaire entraînent la contamination rapide de l'ensemble de la chaîne alimentaire. Cette contamination est maximale immédiatement après la formation des dépôts pour les légumes à feuilles, 2 à 3 jours après pour le lait, et quelques semaines plus tard pour la viande. Une fois passé ce maximum de contamination, on observe une diminution plus ou moins rapide de celle-ci.

• Exposition des personnes au dépôt radioactif

Une personne vivant dans un territoire contaminé par des retombées radioactives peut être exposée selon des voies multiples et plus ou moins directes. Les principales voies d'exposition à court terme sont :

- **la contamination interne par ingestion de denrées contaminées** récoltées sur ce territoire. Comme dans le cas d'une contamination par inhalation, les radionucléides incorporés, après avoir franchi la barrière digestive, demeurent plus ou moins longtemps dans les tissus et organes, entraînant une exposition du corps aux rayonnements ionisants ;
- **l'irradiation externe par les radionucléides émetteurs gamma déposés**. L'intensité de cette exposition dépend notamment de l'importance des dépôts radioactifs, de la géométrie des surfaces contaminées et du mode de vie (temps de présence à l'extérieur des bâtiments) ;
- **la contamination interne par ingestion involontaire de particules radioactives**. Cette voie d'exposition, généralement d'importance secondaire, existe lorsqu'une personne touche avec ses mains des surfaces portant des dépôts labiles (radionucléides non fixés sur la surface) ou des matériaux meubles contaminés (terre) puis porte ses mains à la bouche. Cette voie d'exposition peut devenir significative chez le jeune enfant, en l'absence de précaution.



Principales voies d'exposition au dépôt radioactif en situation post-accidentelle.

De façon secondaire, il existe un risque d'exposition par inhalation de particules radioactives remises en suspension à partir du dépôt. Les doses correspondantes sont généralement faibles, comparées à celles dues aux autres voies d'exposition. Toutefois, ce risque devrait être pris en considération pour certaines personnes effectuant des travaux salissant dans des zones particulièrement contaminées.

• **Comment réduire les doses reçues par les personnes vivant dans un territoire contaminé ?**

Immédiatement après la formation du dépôt radioactif, alors que des opérations de nettoyage n'ont pas encore pu être engagées, des actions de protection peuvent être mise en œuvre en fonction de l'importance des dépôts, pour réduire les doses des personnes qui vivent dans un territoire contaminé par les retombées radioactives de l'accident :

- ***L'interdiction temporaire de consommation et de commercialisation des productions alimentaires d'origine locale***, afin d'éviter tout risque d'exposition par contamination interne, notamment sur la période au cours de laquelle la contamination de ces productions est maximale. Cette interdiction permet en particulier de ne pas être exposé aux iodes radioactifs qui contaminent les produits frais récoltés (légumes à feuilles et lait notamment) et ainsi d'éviter une dose à la thyroïde qui, le cas échéant, pourrait s'ajouter à celle déjà reçu lors de l'exposition au panache radioactif ;
- ***L'éloignement immédiat de la population***, si l'interdiction de consommer des productions alimentaires locales ne suffit pas à maintenir les doses reçues à un niveau suffisamment bas, notamment en raison d'une irradiation externe trop élevée pour permettre un maintien permanent de personnes. Cet éloignement peut être temporaire, le temps que la radioactivité diminue de façon spontanée ou du fait des opérations d'assainissement engagées.

Dans les territoires moins touchés par les retombées radioactives, des actions de protection des populations résidentes peuvent ne pas être nécessaires (tout au plus quelques recommandations pour prévenir les pratiques les plus sensibles à la contamination) mais ***une surveillance renforcée de la contamination des productions agricoles*** avant commercialisation permet de vérifier que les produits mis sur le marché respectent les niveaux maximaux admissibles de contamination, fixés par la réglementation européenne afin de protéger les consommateurs, y compris ceux vivant à l'extérieur des territoires contaminés.