**POLLUTION PAR ACCIDENT NUCLEAIRE**

**I. Introduction**

Parmi les différents types de pollution du milieu, la pollution radioactive est incontestablement celle qui est la plus mal connue, et cependant c'est aussi celle qui a suscité les mesures de protection à la fois les plus sévères et les plus scientifiquement établies. Certes, la pollution radioactive a ses propres caractéristiques, mais du point de vue de l'homme et de l'écologie, c'est une pollution parmi les autres et les risques qui en résultent devraient être évalués sur les mêmes bases. En effet, ce qui est en cause, avant tout, c'est bien l'homme vivant dans son milieu naturel ou artificiel et les différentes nuisances ou pollutions résultant de son action sur ce milieu, actions qui entraînent ou peuvent entraîner des effets biologiques directs sur les individus ou les populations, ou des effets indirects par l'intermédiaire de la biosphère. Quelle que soit l'origine de la pollution du milieu, c'est donc vers l'homme qu'en convergent les effets, et, dans ces conditions, il va de soi que les critères à prendre en considération, pour en apprécier les risques, ne devraient pas être différents d'un type de pollution à l’autre. Or, il n'en a pas toujours été ainsi. Il serait vain d'en chercher les raisons exactes. Disons que l'homme s'accommode plus volontiers de certaines nuisances que d'autres et accepte plus volontiers certains risques que d'autres, même si ceux-ci menacent directement sa personne. Accepter un certain niveau de pollution, c'est le plus souvent accepter certains risques. Et comme il appartient aux pouvoirs publics de fixer le niveau de pollution acceptable, ceux-ci ne peuvent le faire que dans la mesure où ils disposent de bases suffisantes d'appréciation. Implicitement ou non, toute réglementation résulte d'un compromis, d'un bilan entre les avantages résultant d'une industrie et les risques qui en dépendent pour l'homme et son milieu. C'est une philosophie assez générale .Encore que, pour la mettre en pratique, il faut disposer d'un certain nombre de données d'ordre quantitatif. les normes de protection sont toujours affectées de très larges Coefficients de sécurité pour tenir compte des incertitudes qui pèsent encore sur Les mécanismes de transfert de la radio contamination à l'homme. Or, le développement de la production d'énergie nucléaire, ainsi que la multiplicité Des usages sans cesse croissants des radio-isotopes dans la recherche, l'industrie, La médecine, sont inévitablement liés à la production de déchets ou d'effluents radioactifs dont il faut bien se débarrasser d'une façon ou d'une autre, sous peine de Léguer aux générations suivantes un héritage dangereux et encombrant. Le traitement et l'évacuation de ces déchets constitue donc un problème essentiel Pour le développement de l'industrie nucléaire. Pour l'aborder, il est utile de rappeler brièvement les caractères propres à la pollution radioactive, caractères qui font que les problèmes qu'elle pose se présentent Sous un angle assez différent des problèmes posés par d'autres types de pollution.

 **II LES SOURCES DE POLLUTION RADIOACTIVE**

***2.1 .Les sources naturelles d’irradiation***

De tous temps, les populations humaines ont été soumises à des rayonnements d'origine très variée. Indépendamment de l'irradiation directe due aux rayons cosmiques et aux rayonnements de matières radioactives contenues dans les roches, l'homme est soumis à une certaine irradiation interne due aux radioéléments d'origine naturelle contenus dans l'air, l'eau de boisson et les aliments, et qui peuvent se déposer dans l'organisme après ingestion ou inhalation. La plus grande partie de la radioactivité naturelle de l'organisme est due à des éléments des séries de l'uranium et du thorium, au potassium 40 et au carbone 14.Les débits de dose provenant des rayonnements d'origine naturelle varient d'une région à l'autre dans d'assez larges limites. En moyenne, la dose annuelle est de l'ordre de 100 millirems par an. Elle peut atteindre 200 millirems dans les régions granitiques françaises. Aux Indes et au Brésil, on a observé dans des régions limitées des doses annuelles dépassant 1 .000 millirems, dues à la présence du thorium. De nombreux facteurs affectent la dose d'irradiation absorbée par l'homme à partir de la radioactivité naturelle. Parmi ces facteurs, citons l'âge, le sexe, les habitudes alimentaires, le site de la résidence, le type d'habitation, le système de chauffage. **I.2.Les sources artificielles des contaminations radioactives**

Dans les conditions actuelles, la pollution radioactive du milieu a deux origines principales qui sont les explosions d'armes nucléaires et les déchets radioactifs.

**I.2.1.Explosions d’armes nucléaires**

Une explosion nucléaire s'accompagne de la production de quantités variables de produits de fission, suivant la nature du processus utilisé, et d'une radioactivité induite dans les matériaux de l'engin ou dans le milieu (produits d'activation).Les produits de l'explosion se déposent à la surface de la terre sous forme de retombées, pendant une période qui varie de quelques minutes pour les retombées locales, quelques mois pour les retombées de la troposphère, et plusieurs années pour les matières ayant atteint la stratosphère . Par suite de l'extrême variété des périodes radioactives des différents radionuclides, la composition du mélange de produits de fission présents dans les retombées varie considérablement avec le temps . Après plusieurs années, seuls subsistent les radionuclides à vie longue, tels le strontium 90 et le césium 137. Les explosions nucléaires qui ont eu lieu au cours des dix dernières années ont imposé des mesures de surveillance très étroites, non seulement au voisinage des explosions, mais sur tous les continents, afin de contrôler le niveau de la radioactivité du dépôt et des différents produits alimentaires. Les doses d'irradiation dues aux retombées dépendent de la nature et de la quantité des radioéléments qui se trouvent dans le milieu ambiant. Elles dépendent également de facteurs géographiques et humains, tels que le régime alimentaire des populations. Les groupes de population les plus contaminés à la suite des explosions nucléaires se situent en Alaska. L'irradiation est due principalement au césium-137. Déposé sur la Toundra, le Cs-137 passe dans les lichens consommés par les rennes qui le fixent dans leurs muscles. Les esquimaux, grands consommateurs de viande de renne, constituent de ce fait le groupe de population critique. On considère que pendant toute la période des tests nucléaires, les doses d'irradiation reçues par ces esquimaux n'ont pas dépassé deux à trois fois la dose due à la radioactivité naturelle. En pondérant les doses selon les facteurs géographiques et démographiques, on a pu estimer la « dose moyenne engagée » pour l'ensemble de la population mondiale. Cette dose engagée a été estimée à 111 millirems (dose-gonades) pour les essais de1954 à 1961, et à 30 millirems par année d'essai pour les années ultérieures. Pour indiquer un ordre de grandeur, on peut dire que sur le plan de la population mondiale, la dose engagée due aux tests nucléaires correspond à environ deux années d'exposition à la radioactivité naturelle. Enfin, il convient de noter que les armes de fusion, dont seule l'amorce est une source de produits de fission, sont considérées comme beaucoup moins polluantes. Elles libèrent peu de produits de fission, mais par contre produisent des quantités plus grandes de produits d'activation, notamment du tritium et du carbone 14 . Malgré l'importance biologique de ces deux éléments qui peuvent se trouver incorporés dans les structures chromosomiques et induire des mutations, les conséquences des tirs actuels sont négligeables.

**I.2.2.Les déchets radioactifs**

Le fonctionnement des usines atomiques pour la production d'énergie et de radioéléments, aussi bien que l'utilisation de ceux-ci à des fins médicales ou de recherche scientifique aboutissent inévitablement à la production de déchets radioactifs. Ces déchets apparaissent à tous les stades de production :

— extraction et traitement des minerais

— préparation des éléments combustibles

— fonctionnement des réacteurs

— traitement des combustibles irradiés.

Les déchets produits dans les deux premiers stades ne comprennent que des radioéléments naturels et leur activité spécifique est habituellement faible. Le fonctionnement des réacteurs entraîne la formation de quantités considérables de produits de fission, mais tant que le réacteur fonctionne normalement les déchets sont essentiellement constitués de produits d'activation et leur activité spécifique est assez peu élevée. Les quantités les plus importantes de déchets proviennent du traitement des combustibles irradiés et comprennent presque uniquement des produits de fission. Les déchets résultant des applications médicales, industrielles et scientifiques des radioéléments contiennent moins de radioactivité, mais la dispersion des établissements pose un problème d'évacuation non négligeable. Enfin, des accidents peuvent se produire dans les installations provoquant une libération non contrôlée de substances radioactives dans le milieu ambiant. Déchets et effluents des installations en marche normale La radioactivité des déchets ne pouvant être détruite ni par voie chimique, ni par voie biologique, leur élimination pose des problèmes particuliers. Pour cela, on dispose de deux moyens essentiels :

1) la dilution dans le milieu environnant lorsque la radioactivité est faible,

2) le stockage lorsque la radioactivité est plus élevée.

Le choix des moyens à mettre en œuvre dépend donc de l'activité des déchets, mais aussi de leur nature physique, suivant que les déchets se présentent sous forme de gaz, de poussières, de liquides ou de solides.

Pour la plus grande partie, les déchets radioactifs sont concentrés et stockés dans des conditions telles que leur confinement est total, qu'il n'y a aucune dispersion dans le milieu environnant et, par suite, aucune atteinte possible de l'homme.Mais il est pratiquement impossible de confiner tous les déchets et les effluents de faible activité sont le plus souvent dispersés dans le milieu ambiant, où ils se diluent suffisamment pour que la dose finalement délivrée à l'homme soit acceptable . Il y a donc une limite à l'acceptabilité du milieu ambiant.

• Déchets gazeux et aérosols : un seul mode d'élimination est possible : la dilution dans l’atmosphère. Auparavant, les effluents gazeux sont débarrassés de leurs poussières au moyen de filtres du type absolu (point d'arrêt de 99,98 Vo). La hauteur de la cheminée garantit en outre une diffusion suffisante avant le retour au sol. Bien qu'on ne dispose que de très peu d'informations quantitatives sur l'activité des rejets atmosphériques, on a pu calculer dans de nombreux cas, les doses d'irradiation qui en résultent pour l'homme et on a constaté qu'elles sont très petites.

• Déchets liquides : deux cas sont A considérer. D'une part les déchets liquides A haute activité qui ne doivent en aucun cas être libérés dans le milieu ambiant. Ils sont stockés, soit dans des réservoirs, soit solidifiés et généralement enfouis dans le sol. Le risque de pollution radioactive est nul. En tout cas il ne pourrait résulter que d'un accident. D'autre part les déchets liquides A moyenne et basse activité qui représentent la majeure partie des effluents liquides. En raison de leur volume, leur stockage est impossible. Ils sont habituellement dilués dans les eaux de surface après avoir été débarrassés de la plus grande partie de leur radioactivité par des traitements chimiques appropriés. La radioactivité résiduelle est suffisamment faible pour que la radioactivité des eaux reste inférieure aux normes de protection. Les boues résultant du traitement sont stockées, soit dans des récipients, soit sous forme d'enrobés de bitume.

• Déchets solides : ils comprennent le matériel contaminé, les résidus de fabrication, déchets de laboratoires, etc. Selon leur activité et les conditions ambiantes, ils sont soit emmagasinés et stockés de manière permanente, par exemple dans des tranchées revêtues de béton, ou ensevelis dans des récipients ou déposés au fond de la mer. La grande majorité des déchets solides ont une activité faible. Le problème le plus important à résoudre est la réduction de leur volume. L'incinération et le compactage apportent une solution satisfaisante à ce problème.

**I.3.Accidents nucléaires**

Un accident survenant dans une installation nucléaire peut avoir pour conséquence la libération de substances radioactives dans le milieu environnant et, par conséquent, doit être considéré comme une source possible de pollution. Si l'on ne peut jamais se prémunir totalement contre un accident, il est toujours possible d'en prévoir les conséquences. Pour certaines installations, telles que les réacteurs de puissance, les conséquences d'un accident possible interviennent dans le choix du site et la conception du projet de l’installation. En outre, des éléments techniques de sécurité, destinés à limiter la quantité de radioéléments libérée sont prévus pour réduire les risques. Un plan d'intervention est d'autre part préparé à l'avance et les moyens nécessaires mis en place . Enfin, un plan général de surveillance est établi, permettant de procéder dans le minimum de temps aux prélèvements et examens nécessaires au choix des décisions à prendre. Les seules mesures à prendre sont d'ailleurs des mesures de sauvegarde, telles que l'éloignement des populations, et certaines restrictions apportées à la consommation des produits agricoles, et, éventuellement de l'exploitation des sols.

**I.4 Action biologique des radiations**

Suivant leur énergie, les rayonnements pénètrent plus ou moins l’organisme. Ils chassent les électrons périphériques de l’atome, entraînant la formation de « cations » ou de groupes d’atomes qui possèdent des électrons célibataires appelés « radicaux libres ».La radioactivité portera dans un premier temps sur les molécules d’eau (constituant majoritaire de l’organisme humain). Une radiolyse de l’eau s’opère avec la formation de radicaux OH\* et H\*. Ces radicaux, très réactifs produisent des phénomènes de réduction et d’oxydation qui modifient la structure cellulaire : mutation de la molécule d’ADN, blocage de sa synthèse, blocage du cycle cellulaire à la phase précédent la mitose, voire la mort cellulaire. Le risque n’est cependant pas uniforme et dépend de la radiosensibilité de l’organe irradié. C’est ainsi que l’on définit une dose efficace qui tient compte de ces différences de sensibilité d’organe et définit pour le long terme, le risque d’apparition d’un cancer ou d’une leucémie dans l’organisme. Les conséquences seront de deux types :Effets somatiques qui affectent l’individu, et en particulier les organes hématopoïétiques, les muqueuses cutanées, l’intestin. Effets génétiques qui affectent l’espèce avec des modifications du patrimoine génétique.

**I.5. Radioprotection**

Compte tenu de ces différentes données, des règles élémentaires de radioprotection sont définies à l’usage tant des populations que des travailleurs du nucléaire :

- L’éloignement de la source de rayonnement car l’intensité des radiations diminue avec la distance

- L’utilisation d’écrans protecteurs entre la source et les personnes

- La diminution de la durée d’exposition

- L’utilisation d’un dosimètre individuel qui mesure la quantité de rayonnements reçus pour les personnes exposées (industrie nucléaire, médecins…)

 **I.6.Effets cliniques et biologiques liés à une exposition aux rayonnements ionisant–prise en charge thérapeutique.**

L’exposition de l’organisme à une source radioactive va provoquer des manifestations cliniques et biologiques précoces et tardives (effets non stochastiques), de même que des effets tératogènes et génétiques plus aléatoires (effets stochastiques). Nous n’envisagerons pas ici les conséquences périphériques induites par une explosion nucléaire (traumatismes, brûlures thermiques) .Il faut distinguer plusieurs modes d’atteinte (non indépendants) liés aux radiations :

-Irradiation externe globale ou partielle (émetteurs g):Secondaire à l’exposition à un champ de rayonnement

-Contamination externe (émetteurs a et b) : Pollution radioactive superficielle. Les radioéléments présents sur les téguments irradient par les rayonnements ionisants qu’ils émettent

-Irradiation interne par contamination interne (émetteurs a, b et g) :Due à la pénétration dans l’organisme de radioéléments par inhalation, blessure, ingestion d’eau ou d’aliments contenant des corps radioactifs, ou par voie transcutanée .

**CONCLUSION**

La radioactivité, découverte majeure du XXème siècle et tristement célèbre pour son utilisation militaire, voit ses applications se multiplier dans les domaines civils. La production électrique, l’industrie, la biologie végétale, l’agronomie, la médecine ne sont que quelques-unes une des utilisations quotidiennes et habituelles des rayonnements nucléaires. L’évolution de notre civilisation, la paix armée, la multiplication des sources civiles et leur banalisation industrielle rendent les risques d’incidents voire d’accidents de plus en plus réalistes, et ce malgré les mesures de prévention mises en œuvre. La compréhension et la connaissance des causes objectives, des effets induits, des possibilités de prévention et de traitement doivent être largement connues afin de mieux contribuer à informer les populations et limiter ainsi les paniques et les suspicions de culte du secret.