
Pollution radioactive et santé: le risque nucléaire.

Exposé de Paul Lannoye –
Paris - 14 novembre 2014

-
- La CIPR (Commission Internationale de Protection contre les Radiations) publie depuis 1950 ses recommandations de radioprotection.

Evolution des normes de radioprotection recommandées par la CIPR

| | De 1934 à 1950 | 1950 | 1956 | 1990 |
|-----------------------|----------------|-----------|----------|----------|
| Pour les travailleurs | 460 mSv/an | 150mSv/an | 50mSv/an | 20mSv/an |
| | | | | |
| | En 1977 | | En 1990 | |
| Pour la population | 5mSv/an | | 1mSv/an | |

Faibles doses?

- Il faut considérer comme faibles doses celles qui ne provoquent pas d'effet à court terme et qu'on pourrait a priori considérer comme inoffensives.

-
- Les normes Euratom sont calquées sur les recommandations de la Commission internationale de protection contre les radiations (CIPR).

Principes de base de la radioprotection.

- 1. Justification. Toute pratique entraînant une exposition aux rayonnements ionisants doit être justifiée par ses avantages économiques, sociaux et autres.
- 2. Optimisation. Toutes les expositions sont maintenues au niveau le plus faible raisonnablement possible (ALARA), compte tenu des facteurs économiques et sociaux.
- 3. Limitation. La somme des doses reçues du fait des différentes pratiques ne dépasse pas la limite de dose imposée.

Normes de radioprotection

- Il n'y a pas de seuil de dangerosité pour l'exposition aux rayonnements ionisants. Mais pour des raisons pratiques, on considère qu'en dessous d'une dose « efficace » de 1mSv/an, le risque est négligeable et acceptable.
- Directive Euratom 2013/59 du 5 décembre 2013 et recommandations de la CIPR

Normes de protection contre les rayonnements ionisants

- La **dose maximale admissible** (DMA) pour le public résultant de toutes les pratiques humaines est de **1mSv/an** (*le Sievert est l'unité de dose efficace d'irradiation*)

-
- On ne mesure pas la dose efficace. On la calcule à partir de la mesure de l'irradiation externe et d'une évaluation de l'irradiation interne basée sur la dose moyenne absorbée et sur des facteurs de pondération choisis à partir d'hypothèses et d'extrapolations.

-
- La dose efficace est la somme des doses absorbées par les différents organes multipliés par un facteur de pondération tissulaire propre à chaque organe.
 - Le terme « efficace » signifie qu'il n'est tenu compte que des cancers mortels causés par les rayonnements et des dommages génétiques subis par la première génération de descendants.

-
- Les constats effectués au long des 30 dernières années invalident les postulats de base, les valeurs-limites et le modèle de risque.

Effets sur la santé des faibles doses de rayonnement non pris en compte par la CIPR.

- Cancers non mortels
- Augmentation de la mortalité infantile.
- Réduction du taux de natalité.
- Faible poids à la naissance.
- Détérioration générale de la santé et vieillissement prématuré.

Risques d'effets héréditaires (selon la CIPR)

- Il n'existe pas de preuve directe que l'exposition de parents aux rayonnements conduise à un excès de maladies héréditaires dans leur descendance.
- Cependant, la Commission estime qu'il existe des preuves irréfutables que les rayonnements provoquent des effets héréditaires chez les animaux utilisés dans les études expérimentales.

-
- La CIPR considère désormais le risque génétique uniquement jusqu'à la 2^{ème} génération. Selon elle, il n'y a pas de différence substantielle entre les risques génétiques exprimés à la 2^{ème} ou à la 10^{ème} génération.

CIPR publ.103 Recommandations 2007

Risques pour l'embryon et le fœtus (selon la CIPR)

- Les données récentes confirment la sensibilité de l'embryon aux effets létaux de l'irradiation pendant la période de pré-implantation: A des doses inférieures à 100 mSv, les effets létaux seront très rares.
- Pour l'induction de malformations, la CIPR estime qu'il existe un seuil de dose aux alentours de 100mSv. Il n'y a pas de risque si la dose est bien en-dessous de 100 mSv.

CIPR 90 (2003) et recommandations 2007

Risques pour l'embryon et le fœtus selon la CIPR (suite)

- Les données sur les survivants d'Hiroshima et Nagasaki montrent qu'une irradiation inférieure à 300 mSv entraîne des effets non significatifs.
- CIPR 90 (2003) et Recommandations 2007

Risque de cancer après une irradiation in utero, selon la CIPR.

- Le risque de cancer sur la vie entière après une exposition in utero est similaire à celui qui existe après une irradiation dans la jeune enfance, c'est-à-dire au plus de l'ordre de trois fois celui de la population dans son ensemble.

(CIPR 103- Recommandations 2007)

Impact de Tchernobyl

- Des milliers d'études ont été réalisées et publiées depuis 1986 sur les conséquences de la catastrophe. Une synthèse effectuée par Yablokov, V.Nesterenko et A.Nesterenko a été publiée en anglais par l'académie des Sciences de New York en 2011.

Augmentation du Syndrome de Down après exposition in utero du fait de l'accident de Tchernobyl (Busby & al, 2008)

| Régions | Résultats |
|---|--|
| Biélorussie/ registre national de suivi génétique | Augmentation de 1987 à 1994 d'environ 17%. Pic d'augmentation en janvier 1987 |
| Europe de l'Ouest | Commençant 1 an après l'accident, atteignant 22% dans les 3 ans. |
| Suède | Légère augmentation dans les zones les + exposées (30%) |
| Ecosse, région du Lothian (0,74 million d'habitants) | Pic d'augmentation en janvier 1987 |
| South Germany | Augmentation trouvée par les études sur le liquide amniotique. |
| Berlin ouest | Pic d'augmentation en janvier 1987 |

Augmentation observée de la mortinatalité, de la mortalité infantile, des fausses couches et des cas de faible poids à la naissance après exposition in utero du fait de l'accident de Tchernobyl (Busby & al., 2008)

| Pays | Effets |
|--|--|
| Biélorussie District de Chechersky Région de Gomel | Mortalité périnatale Mortalité périnatale |
| Ukraine District de Polessky, près de Kiev Région de Lugyny Région de Kiev | Mortalité périnatale, réduction du taux de naissance, naissances prématurées Mortalité précoce de nouveau-nés Fausses couches. |
| Grèce, Hongrie, Pologne, Suède | Mortinatalité |
| Norvège Hongrie Finlande | Fausses couches. Faible poids à la naissance Naissances prématurées parmi des enfants malformés. |
| Allemagne Total (RDA et RFA) Allemagne du Sud Bavière | Mortalité périnatale, mortinatalité, Mortalité infantile Réduction du taux de naissances. |

Effets tératogènes observés à la suite de l'accident de Tchernobyl.

(Pflugbeil &al, Health Effects of Chernobyl, IPPNW, 2011)

| Pays | Effets | références |
|--|--|--|
| Biélorussie Registre de monitoring national génétique | Anencéphalie, Spina Bifida, lèvres et palais fendus; polydactylie; atrophie musculaire des membres | Lazjuk et al. 1997 |
| Biélorussie Forte contamination de la région de Gomel, de Moguilev et de Brest | Malformations congénitales | Bogdanovich 1997; Savchenko, 1995 Kulakov et al. 1993 Petrova et al.1997 Shidlovskii 1992 |
| Ukraine région de Kiev et de Lygyny | Malformations congénitales | Kukalov et al 1993 Godlevsky, Nasvit 1998 |
| Turquie | Anencéphalie, Spina Bifida | Akar1988/89, Caglayan, 1990 |
| Bulgarie (Pleven) | Malformations du cœur et du système nerveux central; multiples malformations | |
| Croatie | Malformations mort-nés et morts prématurées | Kruslin et al. 1998 |
| Allemagne | Lèvres/palais fendus; malformations congénitales; malformations des mort-nés; diverses malformations | Zieglowski, 1999; Scherb,2004; Körblein,2003-2004;Weigelt 2003; Lotz et al,1996 |

Problèmes de santé observés chez les enfants après exposition in Utero du fait de l'accident de Tchernobyl, à l'exception des malformations, du syndrome de Down et du cancer (Busby et al., 2008)

| Régions | Résultats |
|---|---|
| Biélorussie | Désordres mentaux; confusion de langage, retard mental. |
| District de Chechersky (Gomel) | Maladies du système respiratoire, du sang, de la circulation, etc... |
| District de Stolin | Maladies du système respiratoire, des glandes, du sang, de la circulation et des organes digestifs. |
| Biélorussie, Ukraine, Russie | Retard mental et autres désordres mentaux |
| Ukraine | Retard mental & autres désordres mentaux. |
| District de Polesky près de Kiev | Maladies du système respiratoire, du sang, de la circulation ,, Morbidité infantile |
| Evacués de Prypiat et de la zone hautement contaminée | Morbidité infantile |
| Province de Rovno | |
| Immigrants vers Israël venant des zones contaminées | Morbidité infantile Asthme |

-
- Ces conséquences de Tchernobyl pour l'embryon et le fœtus ne sont pas explicables au vu des faibles doses en jeu: $< 2\text{mSv}$

Explications plausibles

1. Les valeurs retenues de dose efficace sont sous-estimées du fait :

- soit du rôle joué par les dépôts de Pu 239 et de Sr 90 et des particules chaudes au-delà des zones d'impact calculées.

- soit de l'inadéquation des facteurs de dose retenus pour l'inhalation et l'ingestion des radionucléides, spécialement pour l'embryon et le foetus.

Explications plausibles (suite)

2. La relation dose-effet pour les différents stades de la gestation est inconnue pour l'irradiation interne.

Etudes mettant en cause le modèle CIPR

- 1. Mutation de l'ADN minisatellite après Tchernobyl. (Weinberg & all, 2001)
- Mesure chez les enfants nés après l'accident de Tchernobyl de l'augmentation d'un facteur 7 des mutations par rapport aux enfants nés de mêmes parents auparavant. Erreur d'un facteur de 700 à 2000 dans le modèle CIPR pour ce cas particulier.

Etudes mettant en cause le modèle CIPR (suite)

- 2. Leucémies du nourrisson dans cinq pays.
- Les augmentations du taux de leucémies infantiles chez les enfants encore in utero au cours de la période d'exposition au rayonnement interne définissent une marge d'erreur du facteur de risque CIPR de 100 à 2000 pour cette maladie (Busby & Scott Cato, 2000).

Taux de cancers consécutifs à l'accident de Tchernobyl dans le Nord de la Suède (M. Tondel)

- L'étude de Martin Tondel a mis en évidence un accroissement du taux de cancers de 11% pour une contamination de 100 kBq/m² en Cs 137. On peut évaluer la dose efficace engagée à 1mSv. Le modèle CIPR prévoit un risque relatif supplémentaire de 0,45 par Sv. Les résultats de Tondel montrent une sous-évaluation de 490 fois par le modèle CIPR.

Cancer de la thyroïde.

- La prévalence et les caractéristiques du cancer de la thyroïde après Tchernobyl diffèrent nettement des données de référence basées sur Hiroshima et Nagasaki.

Cancer de la thyroïde (suite)

- Les cancers post Tchernobyl
 1. Sont nettement plus précoces (pas 10 ans après l'irradiation mais 3 à 4 ans après).
 2. Se développent sous une forme beaucoup plus agressive.
 3. Affectent non seulement les enfants mais aussi les adultes (au moment de l'irradiation).

Alexey Yablokov – Annals of the New York
Academy of Sciences –vol 1181-2008)

Cancers de la thyroïde prévus et cas mortels. (Malko, 2007)

| Pays | Cancers de la thyroïde | Mortalité résultante |
|--|------------------------|----------------------|
| Biélorussie | 31.400 | 9.012 |
| Ukraine | 18.805 | 5.397 |
| Russie | 8.626 | 2.476 |
| Italie | 5.162 | 1.481 |
| Roumanie | 3.976 | 1.141 |
| Pologne | 3.221 | 924 |
| Grèce | 2.879 | 826 |
| Allemagne | 2.514 | 721 |
| France | 1.153 | 331 |
| Belgique | 239 | 69 |
| Total pays européens | 92.627 | 26.584 |
| Total incluant Belarussie, Russie et Ukraine | 58.831 | 16.885 |

-
- Etudes mettant en évidence le risque de leucémies et de cancers excédentaires chez les enfants vivant à proximité d'installations nucléaires

| Installation nucléaire | Année | Multiplicateur du risque défini par la CIPR |
|---------------------------|-------|---|
| Sellafield, Windscale, RU | 1983 | 100-300 |
| Dounray, RU | 1986 | 100-1000 |
| La Hague, France | 1993 | 100-1000 |
| Aldernaston/BurghfiedRU | 1987 | 200-1000 |
| Hinkley point, RU | 1988 | 200-1000 |
| Harwell | 1997 | 200-1000 |
| Kruemmel, Allemagne | 1992 | 200-1000 |
| Julich, Allemagne | 1996 | 200-1000 |
| Barsebaeck, Suède | 1998 | 200-1000 |
| Chepstow, RU | 2001 | 200-1000 |

Etude KIKK en Allemagne

- L'étude publiée en 2007 en Allemagne sur le risque de cancer des enfants met en évidence un risque de cancer augmenté de 50% pour les enfants de moins de 5 ans dans un rayon de 5 km autour des centrales nucléaires pour la période 1980-2003.
- La leucémie est le type de cancer le plus répandu.

Nucléaire et leucémies: L'étude GeoCAP (janvier 2012)

L'étude GeoCAP sur le risque de leucémie aigüe de l'enfant autour des centrales nucléaires françaises met en lumière un risque accru de 90% de développer une leucémie aigüe chez les enfants résidant à moins de 5 km des centrales nucléaires, par rapport à ceux qui vivent à 20 km ou plus loin.

Le Sex ratio à la naissance est perturbé par les faibles doses dues à la contamination par les produits de fission.

- Les études de H. Scherb et K.Voigt montrent une modification statistiquement significative du sex ratio humain à la naissance (le rapport du nombre de garçons nés par rapport au nombre de filles)
 - a) après les essais nucléaires dans l'atmosphère;
 - b) après Tchernobyl;
 - c) au voisinage des installations nucléaires.

Le sex ratio est considéré comme une mesure du dommage génétique, la mortalité prénatale de l'un ou l'autre sexe dépendant du type d'exposition (mères ou pères). Selon les auteurs, des millions de bébés ont été tués in utero par ces expositions.

-
- Le modèle CIPR est gravement incorrect aux plans physique et chimique. Les études épidémiologiques mettent en évidence des effets à des doses qui, selon ce modèle, sont trop faibles pour provoquer le moindre effet.

-
- Dans de nombreux cas d'exposition interne, la dose locale à l'ADN ou au tissu critique est beaucoup plus élevée que la dose absorbée moyenne.

Exemples

- Les éléments qui se lient chimiquement à l'ADN à cause de leur grande affinité: strontium 90, baryum 140, plutonium 239, uranium.
- Les éléments absorbés sous forme de particules micrométriques; particules chaudes comme celles d'uranium appauvri ou éléments combustibles rejetés par un réacteur accidenté,

Exemples (suite)

- Les éléments parties d'une séquence de désintégration donnant naissance à des radioisotopes à très courte demi-vie, tels le strontium 90, le tellure 132 et le baryum 140.
- Les éléments à faible énergie de désintégration comme le tritium, pour lesquels une faible dose correspond à de nombreux impacts internes.
- Les éléments qui ne sont pas nécessairement radioactifs mais amplifient le rayonnement gamma naturel par émission photoélectrique, tels l'uranium, le platine et l'or.

Conclusions

- Dans la situation actuelle, les normes de radioprotection protègent plus l'industrie nucléaire que la santé des populations et des travailleurs.
- Le principe de précaution doit être d'application pour établir les normes.
- Le modèle CIPR doit être réévalué vu l'accumulation de données qui le mettent en cause.
- Il est inacceptable de rejeter dans l'environnement des substances mutagènes, cancérigènes et reprotoxiques. Il faut programmer le rejet 0.

Conclusions (suite)

- L'OMS doit être interpellée à ce propos et sa soumission à l'AIEA remise en cause.
- Le traité Euratom doit être abrogé.
- Il est inacceptable de rejeter dans l'environnement , en toute légalité, des substances mutagènes, cancérigènes et reprotoxiques. Il faut programmer le rejet zéro.

Conclusions (suite)

Un accident catastrophique de niveau 7
(Tchernobyl et Fukushima) est
écologiquement, humainement et politiquement
insupportable.

Il est primordial de s'en prémunir définitivement.