

DU RAYONNEMENT AU RISQUE : LE MODELE DU GROUPE RADIOECOLOGIE NORD-COTENTIN

A. MERLE-SZEREMETA¹, C. ROMMENS¹, C. DROMBRY-RINGEARD², D. LAURIER¹

¹ Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire, IPSN/DPHD/SEGR, B.P. 6, F-92265 FONTENAY-AUX-ROSES cedex

² Hémisphères, 20, rue Molière, BP 14, 91520 EGLY

Introduction

Le Groupe Radioécologie Nord-Cotentin a été mandaté par les Ministres chargés de l'Environnement et de la Santé entre-autres pour apporter des éléments d'information complémentaire aux études épidémiologiques réalisées ou en cours dans le Nord-Cotentin, et notamment pour évaluer les doses et le risque de leucémie associés à l'exposition à l'ensemble des sources de rayonnements ionisants au cours de la période 1978-1996 pour les jeunes de 0-24 ans du canton de Beaumont-Hague.

Cette mission nécessite la réalisation de nombreux calculs : calculs de dispersion en mer et dans l'atmosphère, calculs des activités dans les différents compartiments de l'environnement terrestre et marin, calculs des doses individuelles et collectives associées à l'ensemble des voies d'exposition et calculs de risque. Le modèle développé est présenté ci-après.

1. Structure générale du modèle

Pour calculer le risque de leucémie, toutes les sources d'exposition aux rayonnements ionisants ont été prises en compte :

- exposition aux rejets gazeux et liquides de routine des installations nucléaires du Nord-Cotentin,
- exposition liée aux incidents/accidents identifiés comme les plus significatifs, à savoir le percement de la conduite de rejet en mer de COGEMA survenu en 1979 et l'incendie du silo de COGEMA survenu en 1981,
- exposition due aux retombées des essais atmosphériques d'armes nucléaires et de l'accident de Tchernobyl,
- exposition médicale,
- exposition naturelle (radon, rayonnements cosmiques et telluriques, incorporation de radionucléides naturels).

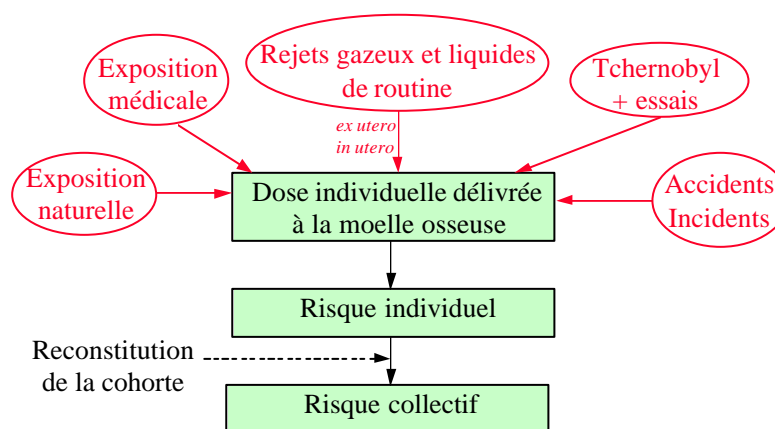


Figure 1 : structure générale du modèle

Pour les rejets de routine, l'exposition *in utero* a été prise en compte en plus de l'exposition *ex utero*. Pour l'exposition due aux retombées des essais atmosphériques d'armes nucléaires et de l'accident de Tchernobyl ainsi que l'exposition liée aux incidents/accidents, les modèles de calcul de dose utilisés sont spécifiques et ne sont pas présentés dans les paragraphes suivants.

2. Module de dispersion

2.1. Dispersion en mer

La dispersion des rejets en mer a été modélisée par des facteurs de dilution moyens. Ces facteurs correspondent au rapport moyen entre l'activité volumique de l'eau de mer et le débit d'activité rejetée par l'installation. L'activité dans les sédiments a été calculée en utilisant des coefficients de distribution ainsi que des facteurs correctifs qui ont permis de «caler» les résultats du modèle sur les mesures dans l'environnement.

L'activité dans les embruns a été calculée avec le modèle empirique TORIMA développé par le NRPB [Wilkins et al 1994]. La validation de ce modèle au cas du Nord-Cotentin a été limitée compte tenu du faible nombre de mesures dans l'environnement supérieures aux seuils de détection. Cependant, le modèle TORIMA a tout de même été utilisé à défaut d'autre modèle disponible.

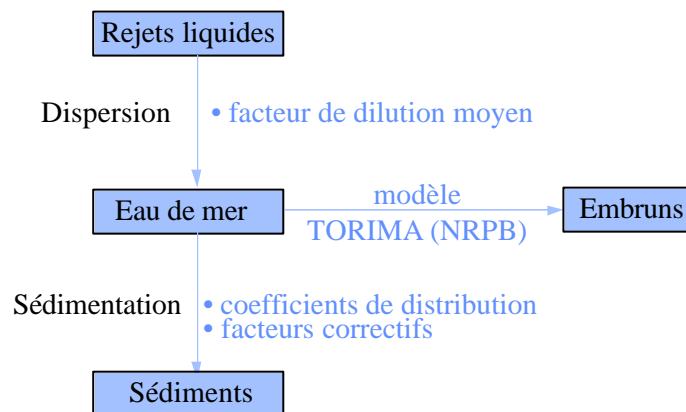
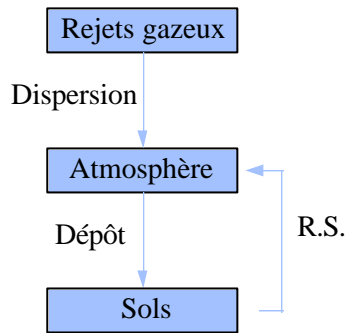


Figure 2 : modèle de dispersion en mer

2.2. Dispersion atmosphérique

Les coefficients de transfert atmosphérique (CTA) et les débits de dépôt ont été calculés avec le modèle à bouffées gaussiennes COTRAM développé à l'IPSN [Deville-Cavelin et al 1994]. Dans le cas de rejets en hauteur, comme c'est le cas pour l'usine de La Hague, les CTA sont sous-estimés par les modèles à bouffées gaussiennes pour certaines conditions météorologiques et pour certaines distances de calcul. Dans ce cas, une méthode « alternative », consistant à prendre la valeur maximale du CTA pour cette condition météorologique quelle que soit la distance de calcul, a été utilisée.

La remise en suspension a été prise en compte dans le modèle.



R.S. : remise en suspension

Figure 3 : modèle de dispersion atmosphérique

3. Module de transfert dans la chaîne alimentaire

L'activité dans les produits marins a été calculée en utilisant les facteurs de concentration ainsi que des facteurs correctifs qui ont permis de « caler » les résultats du modèle sur les mesures dans l'environnement.

La modélisation des calculs d'activité dans les produits terrestres a été basée en grande partie sur le logiciel FOCON96 développé à l'IPSN [Rommens et *al* 1999]. Cependant, certains points ont dû être adaptés afin de tenir compte de la spécificité de l'étude et du site considéré : prise en compte d'un débit de rejet variable selon les années alors que le logiciel FOCON96 considère un débit de rejet identique selon les années, prise en compte de l'apport des embruns dans le calcul de l'activité de l'air et du sol, prise en compte de l'épandage d'algues dans le calcul de l'activité du sol, ajout de certains aliments, modification de la valeur de certains paramètres.

Les produits considérés sont :

- pour les végétaux, l'herbe, le foin, le maïs, les céréales, les légumes-racines, les légumes-fruits, les légumes-feuilles,
- pour les produits d'origine animale, la viande de boeuf, la viande de mouton, la viande de porc, la volaille et les lapins, les oeufs, le lait,
- pour les produits dérivés, les produits laitiers, le cidre, la confiture,
- pour les produits marins, les poissons, les mollusques et les crustacés.

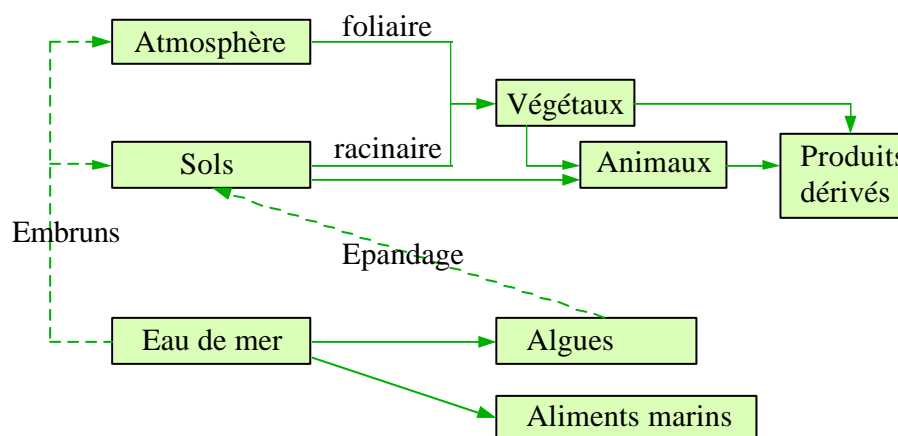


Figure 4 : modèle du transfert à la chaîne alimentaire

4. Module d'impact

Pour les calculs de dose individuelle, une liste de voies d'exposition aussi exhaustive que possible a été considérée. Cependant, seules les voies d'exposition suffisamment fréquentes ont été considérées pour pouvoir être appliquées à l'ensemble ou une partie de la cohorte des jeunes de 0-24 ans du canton de Beaumont-Hague. Ainsi, les voies d'exposition retenues sont : l'exposition externe au panache, aux dépôts, par immersion dans l'eau, et l'exposition interne par inhalation, par ingestion d'aliments et par ingestion par inadvertance

4.1. Exposition interne *ex utero*

Pour calculer le risque de leucémie, il est nécessaire d'estimer la dose délivrée à la moelle osseuse chaque année. Les coefficients de dose engagée sur la vie entière utilisés habituellement ne permettent pas de savoir quelle fraction de dose est délivrée l'année de l'incorporation et quelles fractions sont délivrées les années suivantes. La dose délivrée chaque année a donc été calculée en utilisant les coefficients de dose engagée à 1 an, 5 ans, 10 ans, 20 ans et 50 ans pour six âges à l'incorporation (3 mois, 1 an, 5 ans, 10 ans, 15 ans et l'âge adulte) du CD-rom de la CIPR [ICRP 1998]. L'interpolation linéaire des coefficients de dose engagée à 1 an, 5 ans, 10 ans, 20 ans et 50 ans permet d'estimer les coefficients de dose engagée à chaque âge de l'individu. La soustraction du coefficient de dose engagée à l'année n au coefficient de dose engagée à l'année n-1 donne le coefficient de dose délivrée à l'année n.

4.2. Exposition *in utero*

Le Groupe Radioécologie Nord-Cotentin a retenu deux modélisations : une modélisation qui conduit à un calcul enveloppe de la dose délivrée à la moelle osseuse du fœtus, et une autre modélisation qui correspond à celle utilisée par le NRPB pour l'étude autour de Sellafield [Simmonds et al 1995].

Pour les deux modélisations :

- la dose à la moelle osseuse du fœtus par exposition externe due à l'exposition externe de la mère est assimilée à la dose délivrée à l'utérus de la mère,
- la dose à la moelle osseuse du fœtus par exposition externe due à l'exposition interne de la mère est assimilée à la dose délivrée à l'utérus de la mère, seules les incorporations durant l'année de la grossesse sont prises en compte.

Pour l'approche «enveloppe », l'exposition interne du fœtus due à l'exposition interne de la mère est modélisée en utilisant les coefficients de dose à la moelle osseuse par ingestion et par inhalation du nourrisson de 3 mois de la CIPR [ICRP 1998]. Dans ce cas, la protection apportée par la barrière placentaire n'est pas prise en compte.

Pour l'approche «NRPB », l'exposition interne du fœtus due à l'exposition interne de la mère est modélisée en utilisant les coefficients de dose à la moelle osseuse par ingestion et par inhalation de la mère de la CIPR [ICRP 1998]. Dans ce cas, la protection placentaire est modélisée par un ratio « concentration dans les tissus fœtaux/concentration dans les tissus maternels ».

5. Module de risque

Deux modèles ont été utilisés pour estimer le risque de leucémie associé à l'exposition *ex utero* : le modèle du BEIR V [BEIR 1990] qui fournit des excès de risque relatif et le modèle UNSCEAR 94 [UNSCEAR 1994] qui fournit des excès de risque absolu.

Pour estimer le risque de leucémie associé à l'exposition *in utero*, le modèle retenu est issu des résultats de l'Oxford Survey of Childhood Cancer (OSCC) [Muirhead 1989].

Les procédures de calcul du logiciel ASQRAD [Degrange et *al* 1997] ont été intégrées dans le module de calcul du Groupe Radioécologie Nord-Cotentin. Le logiciel a dû être complété pour permettre le calcul du risque *in utero* et modifié pour estimer les risques d'incidence et non plus de mortalité.

Conclusion

Le Groupe Radioécologie Nord-Cotentin n'avait pas pour mission de développer de nouveaux modèles, aussi le modèle de calcul de risque mis en oeuvre est une compilation de modèles existants. Les principales difficultés rencontrées sont

- la limitation de la validation du modèle utilisé pour la prise en compte des embruns au cas du Nord-Cotentin compte tenu du faible nombre de mesures dans l'environnement supérieures aux seuils de détection,
- l'absence de coefficients de dose pour le fœtus,
- le manque de données relatives au passé, en particulier pour ce qui concerne les données de mode de vie et les effectifs de population.

Malgré ces difficultés, l'outil de calcul mis en oeuvre par le Groupe Radioécologie Nord-Cotentin constitue à ce jour l'outil le plus complet pour évaluer un impact en termes de risque à partir des rejets.

Références

Board on Radiation Effects Research, Health effects of exposure to low levels of ionising radiations, Committee on the biological effects of ionising radiations, National Research Council, ed. Washington, D.C. : National Academy Press, 1990 (BEIR V).

Degrange JP, Schneider T, Muirhead C, Haylock R, ASQRAD : un logiciel pour l'évaluation du risque radiologique, Radioprotection, Vol. 32, n°2, pp.237-244, 1997.

Deville-Cavelin G., Crabol B., Monfort M., Description du code COTRAM2 de calcul des coefficients de transfert atmosphérique moyens, IPSN - Note Technique SEAC/94/188, Juin 1994.

ICRP, The ICRP Database of dose coefficients : Workers and members of the public - Version 1.0, Pergamon, 1998.

Rommens C., Morin A., Merle-Szérémeta A., Le modèle FOCON d'évaluation de l'impact dosimétrique des rejets radioactifs atmosphériques des installations nucléaires en fonctionnement normal, Radioprotection 1999, Vol. 34, n°2, 195-209.

Muirhead CR, Kneale GW, Pre-natal irradiation and childhood cancer, J Radiol Prot 1989, 9 : 209-212.

Simmonds JR, Robinson CA, Philipps AW, Muirhead CR, Fry F, Risks of leukemia and other cancers in Seascale from all sources of ionising radiation exposure, National Radiological Protection Board, ed. United Kingdom, Chilton : HMSO, 1995 (NRPB-R276).

United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Sources and effects of ionising radiation, New York : United Nations, 1994 (UNSCEAR 1994 Report to the General Assembly, with scientific annexes).

Wilkins B.T., Simmonds J.R., Cooper J.R., Assessment of the present and future implications of radioactive contamination of the Irish Sea coastal region of Cumbria, National Radiological Protection Board, ed. United Kingdom, Chilton, 1994 (NRPB-R267).