

ACTUALITES INTERNATIONALES SUR LA RADIOPROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT (PARTIE I) : ETAT DE L'ART DES CONNAISSANCES, DES METHODES ET DES PRATIQUES

Karine BEAUGELIN-SEILLER, Jacqueline GARNIER-LAPLACE

Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire
PRP-ENV/SERIS, Cadarache, BP3 13115 SAINT PAUL LES DURANCE Cedex
karine.beaugelin@irsn.fr

1 Contexte

La révision en 2013 de la Directive Européenne fixant les normes de bases en radioprotection (2013/59/Euratom; Conseil de l'Union Européenne, 2014) a introduit dans l'objectif de la protection à long terme de la santé humaine, la nécessité de prendre en considération « ... des critères environnementaux fondés sur des données scientifiques reconnues... ». Cette nouveauté résulte des travaux en cours et du positionnement récent des organisations et instances internationales en charge de la radioprotection et de sa mise en œuvre, en ce qui concerne la protection de la faune et de la flore vis-à-vis de l'exposition aux rayonnements ionisants.

Dans ce cadre, l'IRSN a produit à la demande de l'ASN un état de l'art à l'échelle internationale sur le thème de la radioprotection de l'environnement. En s'appuyant notamment sur ces bases et sur son retour d'expérience, l'institut a émis une dizaine de recommandations sur les méthodologies et connaissances associées utilisées ou utilisables par les parties prenantes (exploitants, pouvoirs publics, associations) pour évaluer le risque pour la faune et la flore du fait de leur exposition aux rayonnements ionisants. Le contexte d'application de ces recommandations couvre les situations d'exposition planifiée (e.g., fonctionnement normal des installations nucléaires), existantes (e.g., marquage ou pollution résultant d'un incident ou d'un accident) ainsi que les situations d'urgence et la phase post-accidentelle. Ce document, dont le contenu est résumé ici, a également servi de base pour nourrir la réflexion du groupe permanent «en Radioprotection et en Environnement (GPRADE) sollicité sur ce thème par l'ASN.

2 Aspects réglementaires actuels aux niveaux international et national

En 2006, l'AIEA a introduit un septième principe fondamental de sûreté (IAEA, 2006) dédié à la protection des personnes et de l'environnement contre les rayonnements ionisants, pour les générations présentes et futures. Ce principe a ensuite été décliné dans la révision des normes de base internationales de radioprotection (IAEA, 2014a), en accord avec les dernières recommandations de la CIPR (ICRP, 2007) qui soulignent la nécessité d'un système de radioprotection de l'environnement pour lui-même. Par voie de conséquence, la Directive 2013/59/Euratom a intégré ces considérations, assurant ainsi la cohérence du cadre réglementaire européen avec les normes internationales.

En France, il n'y a à ce jour aucune mention explicite de la protection de l'environnement vis-à-vis des rayonnements ionisants en tant que tel dans la réglementation. Certains exploitants nucléaires ont cependant intégré une démonstration dans leurs études d'impact, d'une part par cohérence avec les attendus réglementaires en la matière pour les substances chimiques, d'autre part en raison de son exigence dans d'autres pays, notamment européens.

En effet, quelques nations (Canada, Finlande, Suède, Royaume-Uni et USA) exigent déjà réglementairement une démonstration explicite de l'absence de risque ou d'impact radiologique pour tout ou partie des écosystèmes exposés. Si les critères de protection sont parfois donnés par le législateur, ils ne sont jamais considérés comme des normes, qui impliqueraient une action en cas de dépassement. Ces critères constituent alors uniquement un support dans l'évaluation et la gestion du risque.

3 État de l'art

3.1 Quelques repères temporels

Au cours des 20 dernières années, les discussions sont allées crescendo concernant la nécessité de considérer faune et flore pour eux-mêmes en termes de radioprotection, et non plus seulement comme vecteurs de contamination vers l'homme. Les années 90 furent une période charnière dans ce domaine : publications des premières valeurs de référence quant aux effets potentiellement induits (IAEA, 1992; UNSCEAR, 1996) ; signature de la convention OSPAR, premier traité international dans lequel les substances radioactives sont explicitement citées au regard de la protection d'un milieu... Disposant d'une part des éléments issus de la radioprotection de l'homme, d'autre part des développements relatifs à l'évaluation du risque chimique pour les écosystèmes, tout était prêt à la fin du XXème siècle pour élaborer une approche dédiée aux radionucléides et à l'environnement cohérente avec l'existant. Le pas suivant a été franchi en Europe avec la série de programmes scientifiques dédiés financés par la Communauté Européenne (2000-2008). FASSET (Larsson, 2004), ERICA (Beresford et al., 2007) et PROTECT (Howard et al., 2010) ont ainsi contribué à l'accroissement des connaissances dans ce domaine et au final à l'émergence d'une approche intégrée et des outils et bases de données associés dédiés à l'évaluation et à la gestion du risque radiologique pour les écosystèmes.

3.2 Éléments de base

La méthodologie d'évaluation du risque, aujourd'hui reconnue applicable aux substances chimiques comme aux radionucléides, repose sur 3 composantes clés (analyse des expositions, analyse des effets et caractérisation du risque) articulées au sein d'une approche graduée qui comprend jusqu'à trois niveaux d'évaluation. L'enchaînement de ces derniers répond au besoin de gagner en représentativité et de réduire les incertitudes associées au risque estimé : (1) le dépistage (ou screening), approche conservative faisant appel à des données génériques et des hypothèses majorantes, (2) l'évaluation générique, reposant sur la mise en œuvre de données génériques et hypothèses moins conservatives (e.g., valeurs moyennes) et (3) l'évaluation site-spécifique, nécessitant des informations locales.

Quel que soit le niveau d'évaluation, l'analyse des expositions a pour objectif de quantifier, pour chacune des voies d'exposition des organismes à protéger, les niveaux auxquels ils sont exposés. L'analyse des effets, fondée sur la caractérisation des relations entre exposition et effets écotoxiques, a pour objectif de déterminer des valeurs de référence adéquates pour l'évaluation (par exemple, valeurs prédites sans effet). La caractérisation du risque combine les résultats des 2 phases d'analyse afin d'identifier (et quantifier le cas échéant) l'existence d'un risque pour la faune et la flore.

Caractériser l'exposition de la faune et de la flore aux substances radioactives nécessite des facteurs de concentrations (FC), quantifiant les transferts des radionucléides aux organismes à partir de diverses voies d'exposition, et des coefficients de dose. La méconnaissance des FC est la source principale d'incertitude de cette phase.

En matière d'effets des rayonnements ionisants chez les espèces non humaines, la très grande majorité des connaissances est répertoriée au sein de la base de données FREDERICA (Copplestone et al., 2008), dont une méta-analyse permet de dériver par l'établissement de relations dose (débit de dose)-intensité d'effet des valeurs de référence servant à mettre en perspective les niveaux d'exposition estimés pour la faune et la flore.

4 Approches existantes

4.1 L'approche de la CIPR

Ses dernières recommandations pointant le besoin d'un système de radioprotection pour l'environnement, la CIPR s'attache depuis 2003 à formaliser l'approche qu'elle propose, en la documentant progressivement (ICRP, 2008, 2009, 2014).

Reprenant le concept ayant fait ses preuves en matière de radioprotection de l'homme (CIPR, 2002), la Commission fonde son système de radioprotection des autres espèces vivantes sur des animaux et plantes de référence (Reference Animals and Plants - RAPs). Ces entités hypothétiques sont nécessaires aux calculs dosimétriques à l'origine de l'établissement des relations doses/effets biologiques pour ce type d'organismes vivants. La notion de RAP est déclinée dans le cadre d'une évaluation d'impact spécifique en organisme représentatif (RO), introduit par analogie avec la personne représentative définie en radioprotection de l'homme.

Au principe de limitation de dose, jugé inapproprié pour l'environnement, est substitué le concept de DCRL (Derived Consideration Reference Levels). Il est défini pour chaque RAP par la gamme de débits de dose (couvrant un ordre de grandeur) au sein de laquelle des effets délétères sont susceptibles d'apparaître pour des individus du même type que le RAP.

Cette approche a été adoptée par l'AIEA (IAEA, 2014b) pour être déclinée dans les guides internationaux en sûreté et radioprotection, dont celui en cours d'élaboration pour les situations d'expositions planifiées (IAEA, en préparation) et celui relatif au dumping en mer en support de la convention de Londres (IAEA, 2015). Un troisième document est en préparation sous l'égide d'OSPAR pour la protection de l'environnement marin de l'Atlantique Nord-Est.

Des réserves ont cependant été émises sur l'approche de la CIPR, par exemple par le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE), qui souhaite voir élargir les définitions des termes « environnement » et « protection de l'environnement » au-delà des seuls effets liés aux rayonnements ionisants sur la faune et la flore.

Enfin, l'UIR (2012) envisage la radioprotection de l'environnement via une approche dite « écosystèmes », complémentaire de celle de la CIPR. Essentiellement théorique à ce jour, elle est destinée à protéger le vivant dans son ensemble (conservation de tous les milieux, toutes les espèces et leur diversité génétique et valorisation des services écosystémiques).

4.2 L'approche ERICA

L'approche ERICA, la plus utilisée en Europe, intègre les aspects d'évaluation, de gestion et de communication du risque. Cette approche intégrée et graduée propose un dépistage, suivi si besoin d'une étape générique raffinant l'analyse de l'exposition des écosystèmes. Ces deux étapes font appel à un débit de dose sans effet attendu (PNEDR - Predicted No-Effect Dose Rate ; ERICA, 2006), intervenant dans le calcul déterministe d'un quotient de risque. L'étape ultime de l'approche propose d'utiliser des données site spécifiques et des méthodes probabilistes pour caractériser le risque.

4.3 Compatibilité des approches

Les approches existantes en matière de radioprotection de l'environnement appliquent toutes le principe de gradation, plus ou moins explicitement, chacune des étapes comportant les 3 composantes clés précédemment décrites (cf. §.3.2).

La notion d'organismes de référence est également partagée, en raison du consensus selon lequel la diversité de la vie sauvage nécessite de faire appel à un jeu limité d'organismes modèles, support de la standardisation des modèles et des données associées utilisés, a minima lors du dépistage d'un risque radiologique environnemental. La nature de ces organismes et leur nombre varient cependant d'une approche à l'autre.

Concernant les points de comparaison pour évaluer les effets potentiels de l'exposition aux rayonnements ionisants, la CIPR s'est singularisée en retenant une gamme de valeurs. Les autres approches s'appuient sur un critère numérique unique (type PNEDR). Il est à noter que la robustesse de l'évaluation repose avant tout sur ces valeurs, conférant ainsi une importance haute à la qualité de leur établissement et à sa traçabilité.

La comparaison des atouts et des faiblesses des principales approches recensées met en exergue la richesse et la cohérence de l'ensemble ERICA en termes d'organismes de référence, de radionucléides et de valeurs de référence. Sa flexibilité, sa convivialité et la traçabilité de ses composantes jouent également largement en sa faveur. Un point majeur est que l'approche ERICA intègre l'approche de la CIPR, tout en présentant un caractère plus opérationnel pour les applications à des situations d'expositions environnementales variées.

5 REX international

Les travaux et études incluant au moins en partie une évaluation de risque radiologique pour les écosystèmes se sont multipliés parallèlement à l'insertion progressive de la thématique dans le domaine réglementaire. Projets de recherche européens (MARINA, EPIC), forums internationaux (BIOPROTA), programmes AIEA (EMRAS I & II, MODARIA) ou études à la demande de l'association nucléaire mondiale (World Nuclear Association), tous ont considéré la question du risque écologie lié à la présence de radionucléides dans l'environnement, par une méthode ou une autre. Dans ce contexte, la reconnaissance internationale de la valeur de l'approche ERICA se traduit par le nombre d'évaluations réalisées sur cette base ces dernières années. Ainsi, sur la trentaine de publications relatives au risque radiologique pour l'environnement parues depuis 2010 dans le monde, plus de la moitié fait référence pour tout ou partie à cette approche.

De façon cohérente, quelle que soit l'approche adoptée, les auteurs des travaux recensés s'accordent pour conclure généralement à l'absence de risque pour les écosystèmes exposés aux rayonnements ionisants. Quelques situations réelles particulières conduisent cependant à des conclusions opposées. Ainsi, les estimations de débit de dose au voisinage du réacteur accidenté de Tchernobyl excèdent régulièrement les critères proposés au plan international. Les conclusions des évaluations menées sur les mines d'uranium d'Asie centrale et des états voisins sont similaires, comme celles portant sur les cours d'eau d'ex-URSS impactés par des contaminations radioactives. Des simulations d'accident, notamment sur sous-marin nucléaire, laissent également présager d'un risque radiologique pour des mers peu profondes, dites sensibles.

Enfin, il est à noter que, dès l'année de sa survenue, les conséquences écologiques de l'accident de Fukushima ont été l'une des facettes des travaux entrepris au plan international, notamment dans le cadre de l'UNSCEAR (2014)...

6 Conclusions

Tirant les leçons de l'état de l'art et de l'évolution réglementaire au plan international, l'IRSN a adossé à son analyse des recommandations propres aux différentes situations d'intérêt (planifiée /existente/ urgence/ post-accidentelle). Les conséquences de ces recommandations ont également été explicitées pour la surveillance de l'environnement. Les éléments ayant nourri ces recommandations et celles-ci sont réunis au sein d'un unique document, prochainement à la disposition de tout lecteur intéressé sur le site de l'IRSN.

Références

- Beresford, N., Brown, J., Copplestone, D., Garnier-Laplace, J., Howard, B.J., Larsson, C-M., Oughton, O., Pröhl, G., Zinger, I. (eds.) (2007) D-ERICA: An integrated approach to the assessment and management of environmental risks from ionising radiation. Description of purpose, methodology and application. Contract Number: F16R-CT-2003-508847, 82p+ annexes.
- Conseil de l'Union Européenne (2014) Directive 2013/59/Euratom du Conseil de l'Union Européenne du 5 décembre 2013 fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire contre les dangers résultant de l'exposition aux rayonnements ionisants et abrogeant les directives 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom et 2003/122/Euratom. Publié le 17 janvier 2014 au JOUE, 73 p.
- Copplestone, D., Hingston, J., Real, A. (2008) The development and purpose of the FREDERICA radiation effects database. *Journal of Environmental Radioactivity*, 99 (9), pp. 1456-1463.
- Howard, B.J., Beresford, N.A., Andersson, P., Brown, J.E., Copplestone, D., Beaugelin-Seiller, K., Garnier-Laplace, J., Howe, P.D., Oughton, D., Whitehouse, P. (2010) Protection of the environment from ionising radiation in a regulatory context-an overview of the PROTECT coordinated action project. *Journal of Radiological Protection*, 30 (2), pp. 195-214.
- IAEA (2006) Fundamental Safety Principles. IAEA Safety Standards for protecting people and the environment. Safety Fundamentals SF-1. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria.
- IAEA (2014a) Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. General Safety Requirements Part 3 - No GSR Part 3. 103 pp. + annexes, International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria.
- IAEA, 2014b. Summary notes from the Technical Meeting of the Coordination Group on Radiation Protection of the Environment : input to Safety Standards taking into account the BSS and relevant ICRP/international recommendations. IAEA, Vienna, 2-3 July 2013, April 2014, 8 p.
- IAEA (2015) Determining the Suitability of Materials for Disposal at Sea under the London Convention 1972 and London Protocol 1996: A Radiological Assessment Procedure. IAEA TECDOC 1759, 100p. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria.
- IAEA (en preparation) Draft Safety Standards DS427 "Radiological Environmental Impact Assessment for Facilities and Activities". International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria.
- ICRP (2007) The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. *Ann. ICRP* 37 (2-4).
- ICRP (2008) Environmental Protection – the Concept and Use of Reference Animals and Plants, ICRP Publication 108, *Ann. ICRP* 38 (4-6).
- ICRP (2009) Environmental Protection: Transfer Parameters for Reference Animals and Plants, ICRP Publication 114, *Ann. ICRP* 39(6).
- ICRP (2014) Protection of the Environment Under Different Exposure Situations, ICRP Publication 124, *Ann. ICRP*, 43 (1).



Larsson, C-M. 2004. The FASSET Framework for assessment of environmental impact of ionising radiation in European ecosystems – an overview. *Radiological Protection*, 24, A1-A12.

UNSCEAR (1996) Source and effects of ionizing radiation. Report to the General Assembly with Scientific Annex. United Nations, NY, USA.

UNSCEAR (2014). Assessment of the impact of the 2011 nuclear accident in Japan (Scientific Annex A to the UNSCEAR 2013 Report to the UN General Assembly).