

ARTICLE

Radioprotection de l'environnement : méthodologie et retour d'expérience d'EDF

C. Boyer^{1*}, G. Gontier¹ et P.-Y. Hemidy²

¹ EDF/DPNT/DIPDE/DEED/Service Environnement, 69001 Lyon, France.

² EDF/DPNT/DPN/UNIE/GPRE, 93282 Saint-Denis, France.

Reçu le 18 avril 2016 – Accepté le 26 octobre 2016

Résumé – Comme tout exploitant nucléaire, EDF réalise des études d'impacts environnementales dans le cadre de ses dossiers réglementaires ou autres demandes d'autorisations. Ces dernières ayant évolué au cours des dernières années, notamment en raison de l'application de nouvelles recommandations internationales (AIEA, CIPR), cet article présente l'utilisation faite par un exploitant de la méthode ERICA (Environmental Risk for Ionising Contaminants : Assessment and management), méthode d'évaluation des risques environnementaux développée dans le cadre d'un projet européen. Illustré d'exemples et de situations concrètes rencontrées tant au niveau national qu'international, EDF propose un bilan de l'utilisation de la méthode en conditions réelles. Ce retour d'expérience a permis de mettre en évidence des axes d'amélioration de l'outil qui ont été soumis au consortium en charge du développement d'ERICA.

Abstract – **Environmental Radiation Protection: methodology and experience feedback from EDF.** Like any nuclear operator, EDF carries out environmental impact studies as part of its regulatory filings or other requests for authorizations. Because these have evolved in recent years, particularly because of the application of new international recommendations (IAEA, ICRP), this article presents the use by an operator of the ERICA method (Environmental Risk for Ionizing Contaminants: Assessment and management), a method of evaluation of environmental risks that has been developed within the framework of a European project. Illustrated by examples and practical situations encountered at a national and international level, EDF proposes a review of the use of this method in real conditions. This feedback helped to highlight the tool's axes of improvement which were submitted to the consortium in charge of the ERICA development.

Keywords: Radiation protection / environment / risk evaluation / France

1 Contexte

Depuis la mise en exploitation du parc nucléaire, EDF évalue, limite et surveille l'impact de ses installations nucléaires sur l'environnement. Au cours du temps, avec l'évolution des outils métrologiques, des progrès de l'informatique et donc de la modélisation, la méthode d'évaluation employée par EDF a été affinée.

Initialement, l'impact de l'exploitation des sites nucléaires était évalué en modélisant les transferts des radionucléides dans les différents compartiments de l'environnement vers l'Homme. Cette démarche a ensuite été enrichie par un programme de surveillance « bas niveau » de la radioactivité de l'environnement avec la mise en place de suivis radioécologiques annuels et décennaux sur l'ensemble des centres nucléaires de production d'électricité (CNPE) en exploitation dès le début des années 90.

Depuis 2008, en application des recommandations internationales (EC, 2003) visant la radioprotection des espèces non humaines, EDF a complété son approche par une évaluation du risque environnemental (organismes non-humains) attribuable aux rejets d'effluents radioactifs de ses installations avec l'outil ERICA (Environmental Risk from Ionising Contaminants : Assessment and management) (Beresford *et al.*, 2007a, 2008).

Ces deux volets sont aujourd'hui complémentaires. Le premier « Surveillance radioécologique » permet une évaluation qualitative et rétrospective de l'impact sur l'environnement du fonctionnement ou de la déconstruction des sites nucléaires d'EDF. Le second, avec l'outil ERICA permet une évaluation quantitative et prospective du « risque » environnemental (Le Druillennec, 2012 ; Boyer *et al.*, 2015).

Cet article présente la méthodologie d'utilisation de l'outil ERICA par EDF dans le cadre de ces dossiers réglementaires (*i.e.* : demandes d'autorisation de rejets), son retour d'expérience lié à l'utilisation de cette méthode dans différents dossiers au niveau national et international, les forces et axes de développements de l'outil ainsi que les actions engagées

* cecile-c.boyer@edf.fr

par EDF pour contribuer à son optimisation. Il complète l'article sur l'état de l'art des pratiques internationales sur la radioprotection de l'environnement présenté dans ce volume de *Radioprotection* (Beaugelin-Seiler, Garnier-Laplace, 2016).

2 La méthodologie et l'outil ERICA

2.1 Présentation de la méthodologie

L'outil ERICA (www.ERICA-tool.com), développé dans le cadre d'un programme de recherche européen (ERICA 2004–2007), permet d'évaluer, de caractériser et de gérer les risques environnementaux induits par la présence de radionucléides dans les écosystèmes. L'évaluation est réalisée par l'intermédiaire de calcul d'indices de risques pour des couples organismes de référence/radionucléide (Coplestone *et al.*, 2001 ; Beresford *et al.*, 2007a, 2007b).

Le principe de l'évaluation du risque pour l'environnement d'un rejet d'effluents radioactifs repose sur la comparaison, pour chaque organisme de référence d'un écosystème donné, du débit de dose induit par ces rejets à la valeur de débit de dose considéré comme sans effet. Déterminé par la communauté scientifique et établi à $10 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$, ce débit de dose correspond à la valeur en deçà de laquelle 95 % des espèces d'un écosystème donné sont considérées comme protégées, (Beresford *et al.*, 2008 ; Coplestone *et al.*, 2008 ; Garnier-Laplace *et al.*, 2008).

La méthode ERICA permet une approche graduée en trois étapes (ou « Tier » en anglais) basées sur des hypothèses avec un degré de conservatisme décroissant (Figure 1). Plus l'utilisateur « progresse » dans les étapes, plus il lui est possible d'inclure dans son évaluation des paramètres spécifiques à l'écosystème dont il souhaite faire l'étude de risque. Les trois étapes (Figure 2) de la méthode ERICA aboutissent à la détermination d'un indice de risque (IR), dont le mode de calcul diffère en fonction de l'étape considérée. Il convient de bien avoir à l'esprit que le niveau de détail d'une évaluation de risque doit être proportionnel à la nature et la complexité du risque considéré et cohérent avec les décisions à prendre.

(a) La première étape consiste en une évaluation de type « screening » avec un fort degré de conservatisme. Dans cette étape, l'outil ERICA calcule l'activité des radionucléides dans le milieu sélectionné (*sol ou air dans le milieu terrestre, eau ou sédiments dans le milieu aquatique*) qui engendrerait un débit de dose égal au débit de dose pour l'organisme de référence le plus exposé. Pour le débit de dose de screening, l'outil ERICA préconise l'utilisation du débit de dose sans effet de $10 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ mentionné précédemment. Cette activité correspond à ce qu'il est convenu d'appeler l'activité limite dans le milieu (EMCL – *Environmental Media Concentration Limit*).

La valeur minimale d'EMCL parmi tous les organismes de référence est retenue pour définir une valeur unique d'EMCL pour chaque radionucléide considéré. Une seule valeur d'EMCL est donc sélectionnée par radionucléide et, selon le radionucléide considéré, l'organisme limitant peut être différent.

L'activité effective des radionucléides dans le sol, l'eau et les sédiments est comparée avec les valeurs d'EMCL correspondantes, permettant d'obtenir un indice de risque (IR) pour

chaque radionucléide considéré dans l'évaluation. Un indice de risque total peut alors être estimé en sommant les indices de risque de l'ensemble des radionucléides.

Le résultat du calcul de l'indice de risque total est ensuite analysé de la façon suivante :

- Si la somme des indices de risques est inférieure à 1, la probabilité pour n'importe quel organisme du milieu d'absorber une dose supérieure à $10 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ est faible et l'impact associé aux activités considérées peut être considéré comme négligeable. Il n'est alors pas nécessaire de réaliser l'étape 2 de l'évaluation du risque environnemental.
- Si la somme des indices de risques est supérieure ou égale à 1, cela signifie que l'approche très conservatrice de la première étape ne permet pas de conclure quant au caractère négligeable du risque radiologique vis-à-vis de l'environnement. Afin d'affiner l'évaluation, l'outil ERICA recommande alors de procéder à une évaluation générique du risque environnemental (étape 2).

(b) La deuxième étape est également une étape de screening mais l'indice de risque n'est plus calculé pour l'écosystème dans sa globalité mais pour un organisme générique donné. Le débit de dose de screening de $10 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ est directement comparé au débit de dose total absorbé estimé pour chaque type d'organismes considéré individuellement.

Dans cette étape, il est possible d'ajuster certains paramètres (coefficients de distribution (Kd), facteurs de concentration (CR), facteurs d'occupation des espèces...) pour réaliser une évaluation plus poussée et donc augmenter le caractère site-spécifique, réduisant par là-même le degré de conservatisme (Beresford *et al.*, 2008 ; Hosseini *et al.*, 2008). Afin d'affiner encore l'évaluation réalisée, il est également possible de créer de nouvelles espèces et de nouveaux radionucléides, sous conditions de disposer des éléments nécessaires à leur paramétrisation, et d'utiliser des activités de radionucléides dans des matrices environnementales représentatives du milieu (faune et flore) (Strand *et al.*, 2001).

À l'issue de l'évaluation réalisée pour un organisme donné :

- Si l'IR est inférieur à 1, la probabilité pour cet organisme de recevoir une dose supérieure à $10 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ est faible. L'impact associé aux activités considérées peut être considéré comme négligeable.
- Si l'IR est supérieur ou égal à 1, cela signifie que l'approche développée lors de cette seconde étape ne permet pas de conclure sur le caractère négligeable du risque radiologique vis-à-vis de l'organisme considéré. Dans ce cas, il est recommandé de poursuivre l'évaluation et de passer à l'étape 3.

(c) La troisième et ultime étape diffère des deux étapes précédentes sur de nombreux points, tant du point de vue des données d'entrée que de l'approche employée pour analyser les résultats, les paramètres utilisés ainsi que les incertitudes associées. En effet, cette étape consiste en une évaluation probabiliste du risque pour laquelle les incertitudes liées aux résultats sont déterminées en utilisant une analyse de sensibilité. Cette étape préconise l'utilisation de modèles spécifiques au site étudié. La responsabilité incombe alors à l'utilisateur d'employer des valeurs de référence plus adaptées au contexte

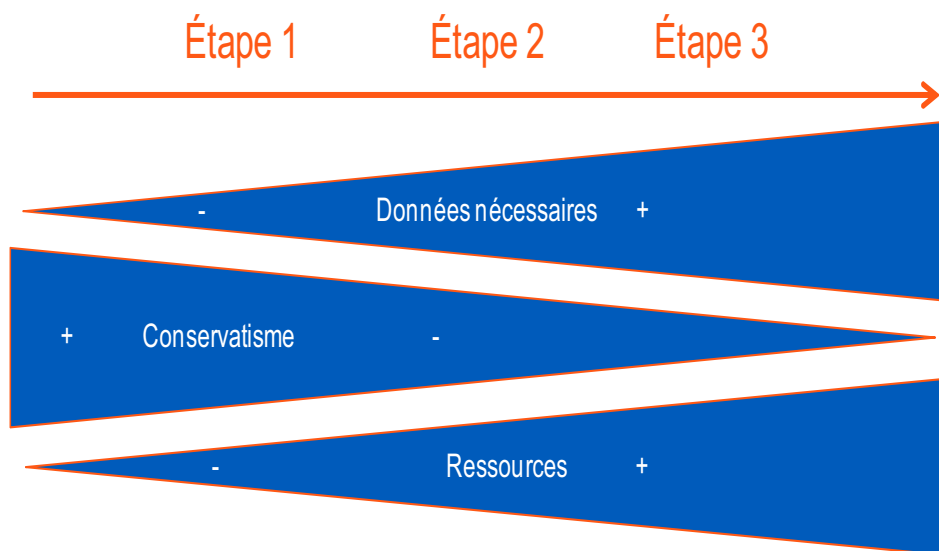


Figure 1. Présentation générale des caractéristiques générales des 3 étapes de l’approche graduée de la méthode ERICA. Global overview of the characteristics of the 3 steps of the graduated approach of the so-called “ERICA method”.

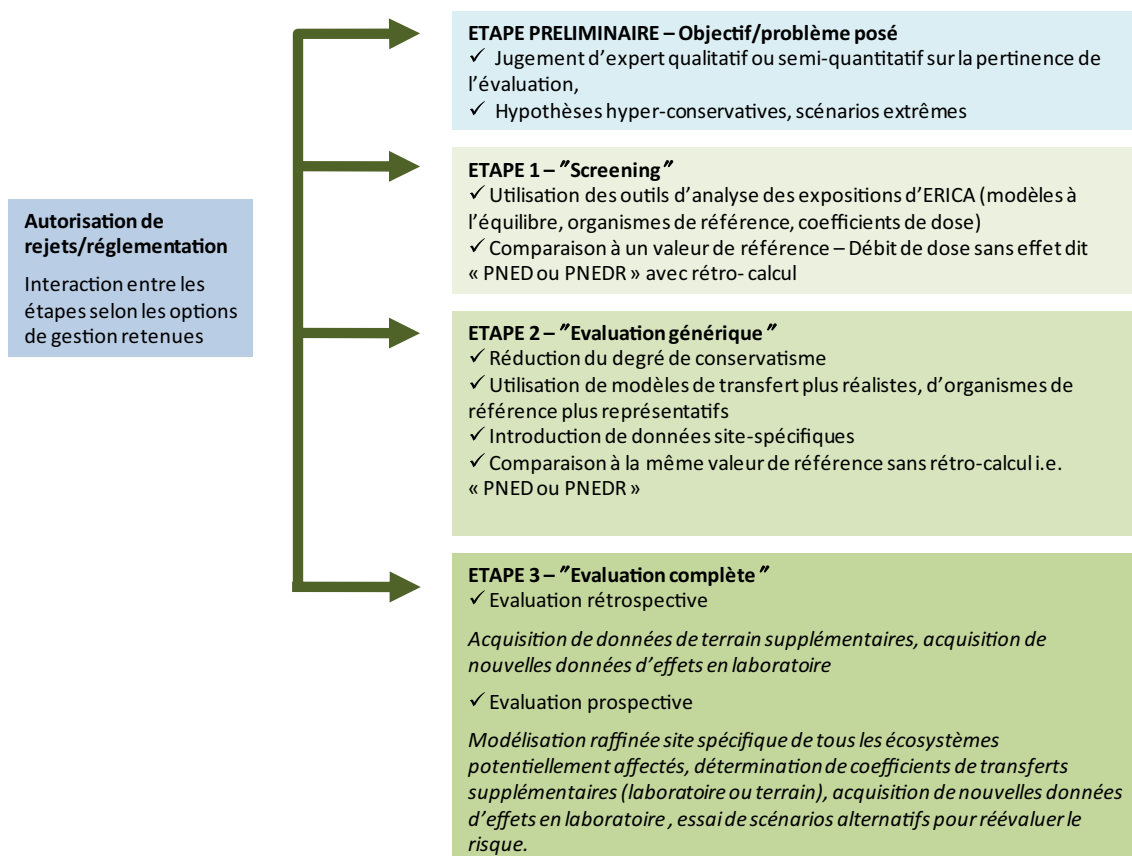


Figure 2. Détail des étapes de l’approche graduée proposée dans le cadre du programme ERICA pour la caractérisation du risque environnemental associé aux radionucléides (Garnier-Laplace *et al.*, 2007).

Details of the steps of the graduated approach proposed in the ERICA program for environmental risk assessment for radionuclides.

local du site examiné et prendre en compte la bibliographie scientifique mise à jour (indisponible à l'étape 2) sur les effets biologiques de l'exposition des rayonnements ionisants de différentes espèces référencées dans la base de données FREDERICA (Coppelstone *et al.*, 2008 ; Garnier-Laplace *et al.*, 2008) ou d'outils statistiques permettant de gérer les incertitudes sur les paramètres.

2.2 L'outil ERICA

Plusieurs versions de l'outil ont été mises à disposition des utilisateurs depuis sa création en 2007 par le consortium géant son développement. Un certain nombre de « bugs » et de problèmes mineurs ont ainsi été corrigés au fil des différentes versions mises à disposition, permettant à l'outil de gagner en maturité.

La dernière version disponible de l'outil, ERICA 1.2.1 (février 2016), constitue une version « révisée » comprenant des évolutions significatives. Elle comprend notamment une nouvelle base de données, intégrant l'ajout de radionucléides dont les paramètres sont renseignés par défaut. La liste des organismes de référence a également été modifiée (ajout, révision ou suppression d'organismes), ainsi que les paramètres associés (facteurs d'occupation, paramètres de transfert).

3 Méthodologie d'application EDF

La protection des personnes et des écosystèmes repose d'un point de vue réglementaire sur la prescription par les autorités de limites de rejets d'effluents radioactifs, et sur la mise en place d'une surveillance de la radioactivité de l'environnement adaptée à la nature et la fréquence des rejets autorisés (Garnier-Laplace *et al.*, 2007). Ces prescriptions associées sont prises en compte par l'étude d'impact réalisée par l'exploitant. En complément, les études d'impact réalisées par EDF comprennent, depuis 2008, une évaluation du risque environnemental pour les rejets de ses centrales nucléaires en activité, celles en déconstruction ainsi que pour les projets du nouveau nucléaire (EPR Flamanville en France, EPR – Hinkley Point en Grande-Bretagne). Ces évaluations sont « enveloppe » puisqu'elles portent sur les rejets d'effluents radioactifs aux limites demandées dans chaque dossier réglementaire.

Pour l'environnement terrestre, les deux critères principaux guidant la sélection des points à retenir pour l'évaluation du risque environnemental sont la direction préférentielle des vents et l'intérêt écologique des zones considérées. Dans cet objectif, l'analyse de la rose des vents permet de déterminer la zone potentiellement la plus soumise à « l'influence » des rejets d'effluents radioactifs à l'atmosphère, c'est-à-dire la zone où l'activité environnementale des radionucléides serait potentiellement la plus importante au regard des vents dominants. Dans un second temps, les zones à proximité du site qui semblent d'intérêt écologique sont recensées, qu'elles soient référencées dans une zone Natura 2000 ou dans une zone naturelle remarquable proche du site n'appartenant pas à un zonage national. Le croisement de ces deux critères permet de sélectionner un certain nombre de points pour l'évaluation du risque environnemental. Afin de s'assurer de l'absence d'influence des rejets

du site en dehors de la zone contenant les points potentiellement les plus exposés, des points complémentaires sont sélectionnés dans des zones en dehors des vents dominants. Un exemple d'application de cette méthodologie pour le dossier « Article 26 »¹, déposé en novembre 2009 pour le CNPE de Dampierre est présenté sur la Figure 3. Dans cet exemple, trois secteurs ont été retenus en considérant l'influence des vents : un secteur peu soumis aux vents (nord-ouest), un autre sous les vents dominants (nord-est) et le dernier sous les vents secondaires (sud-ouest). Pour chacun de ces secteurs, un point proche du CNPE a été sélectionné dans une zone Natura 2000 et un autre dans une zone naturelle, non référencée dans un zonage national.

Ensuite, des Coefficients de Transfert Atmosphérique (CTA) sont estimés pour les points retenus. Ces derniers sont obtenus en utilisant un code de calcul de dispersion atmosphérique de type gaussien. Le CTA est un coefficient permettant de quantifier la dispersion atmosphérique d'un radionucléide entre le point de rejet et le point de calcul retenu. Le calcul des CTA permet donc de déterminer le point pour lequel les activités volumiques en radionucléides dans l'air pourraient être les plus élevées, permettant ainsi de définir la zone écologique potentiellement la plus influencée par les rejets d'effluents atmosphériques de l'installation étudiée.

Dans l'exemple présenté sur la Figure 3, la comparaison des CTA permet de déterminer la zone écologique potentiellement la plus influencée par les rejets atmosphériques d'effluents du CNPE de Dampierre-en-Burly. Il s'agit du point situé au nord-est du site, à proximité immédiate du CNPE.

Afin de poursuivre cette évaluation, les inventaires des espèces faunistiques et floristiques présentes dans l'environnement terrestre du site (en particulier les espèces protégées), ainsi que leurs caractéristiques morphologiques, biologiques et comportementales, sont consultés afin de déterminer si les organismes génériques référencés dans l'outil ERICA pour le milieu terrestre sont adaptés au site étudié. Dans le cas où une espèce présente dans l'environnement du site ne peut pas être associée à l'un des organismes génériques intégrés à l'outil ERICA, une nouvelle espèce peut alors être créée pour réaliser l'évaluation. Par exemple, deux espèces protégées ont été créées pour le dossier anglais d'Hinkley Point C. La première est une espèce de chauve-souris (*Pipistrellus pipistrellus*), ordre de mammifères volants difficilement représenté par les espèces génériques d'ERICA. La deuxième est une espèce de blaireau (*Meles meles*), mammifère fouisseur de taille importante.

Pour l'environnement aquatique continental, en situation d'exposition chronique, les conditions hydrauliques fluviales adoptées pour évaluer le risque environnemental sont une dispersion complète des rejets d'effluents radioactifs liquides avec le débit moyen utilisé pour l'évaluation de l'impact des rejets chimiques liquides (*scénario chronique*). Tous les espaces d'intérêt écologique présents à l'aval de cette zone sont donc considérés dans l'évaluation. Les activités des radionucléides dans l'eau et dans les sédiments du fleuve considéré sont alors calculées.

¹ Dossier de déclaration de modification au titre de l'article 26 du Décret No. 2007-1557 du 2 novembre 2007.

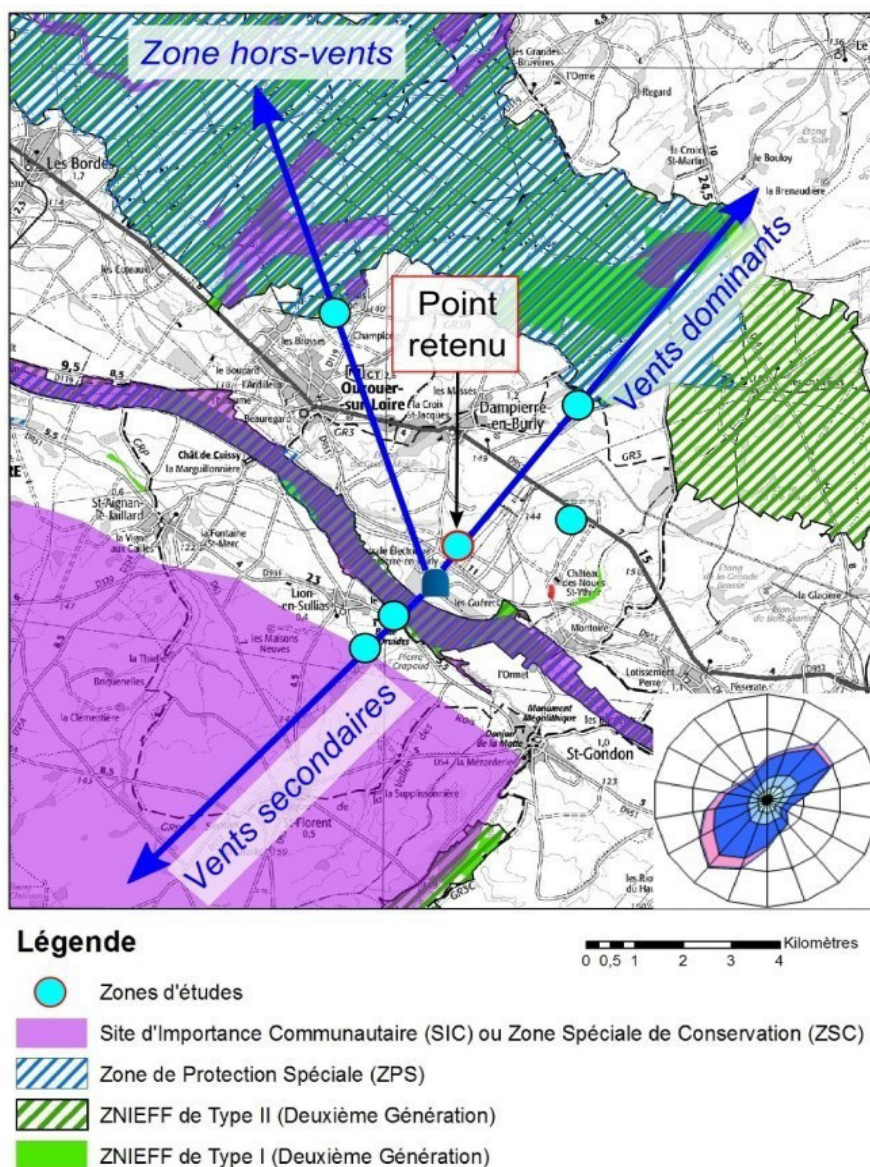


Figure 3. Exemple d'application de la méthodologie EDF dans le cadre de l'étude d'impact réalisée pour le dossier « Article 26 » du CNPE de Dampierre déposé en novembre 2009 pour la localisation des points sélectionnés pour l'évaluation du risque environnemental.

Examlpe of application of the EDF methodology as part of the impact study for Dampierre NPP in November 2009 – location of the selected points for the environmental risk assessment.

De la même façon que pour le milieu terrestre, on s'assure, préalablement à la réalisation de l'évaluation de l'impact, que les organismes de référence de l'outil ERICA sont bien représentatifs des espèces présentes dans l'environnement aquatique du site. Dans le cas contraire, une nouvelle espèce peut être créée pour réaliser l'évaluation. Le cygne tuberculé (*Cygnus olor*) a ainsi été modélisé dans l'outil pour les dossiers anglais comme un oiseau de grande taille.

Pour l'environnement aquatique marin, la démarche est similaire. Les conditions hydrauliques retenues sont un débit de rejet moyen cohérent avec celui utilisé dans le cadre de l'évaluation de l'impact des rejets d'effluents chimiques liquides sur l'environnement et un facteur de dilution correspondant à une zone située dans le champ proche des rejets (scénario chro-

nique). Les activités des radionucléides dans l'eau de mer et dans les sédiments sont calculées.

De la même façon que pour les milieux terrestre et aquatique fluvial, on s'assure préalablement à la réalisation de l'évaluation que les organismes de référence de l'outil ERICA sont bien représentatifs des espèces présentes dans l'environnement marin du site. Dans le cas contraire, une nouvelle espèce peut être créée pour réaliser l'évaluation.

Dans la majorité des cas, le spectre de radionucléides potentiellement présents dans les rejets d'effluents liquides des sites nucléaires d'EDF, notamment ceux en déconstruction, nécessite d'aller jusqu'à l'étape 2 de la méthodologie ERICA. En effet, certains radionucléides (comme ^{55}Fe par exemple) à considérer pour l'évaluation ou espèces du milieu étudié sont

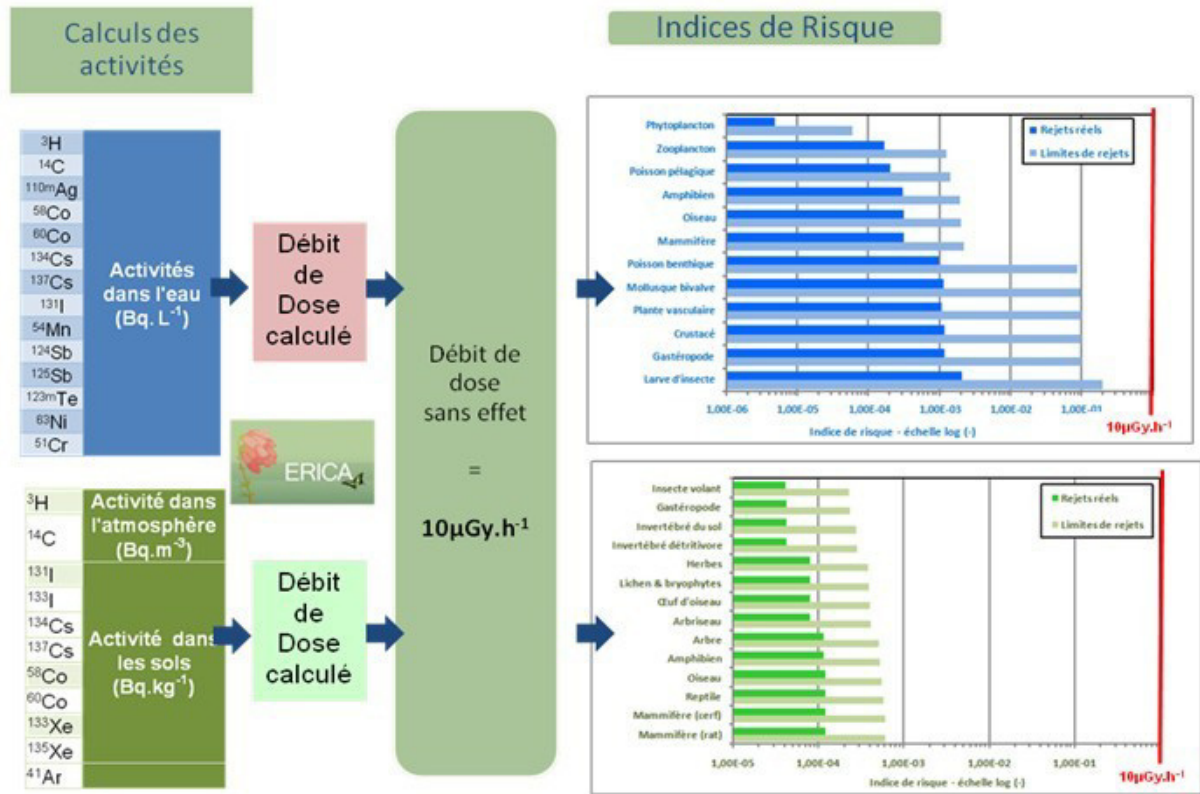


Figure 4. Exemple de résultats obtenus pour l'évaluation du risque réalisée avec l'outil ERICA dans le cadre du dossier « Article 26 » de Dampierre déposé en novembre 2009. Partie droite de la figure peu lisible.

Example of the results obtained for the environmental risk assessment carried out with the ERICA tool for Dampierre NPP in November 2009.

absents de la liste générique proposée dans l'étape 1. De plus, l'étape 2 permet d'obtenir un indice de risque pour chaque espèce générique et donc d'être plus représentative du milieu étudié, contrairement à l'étape 1 qui aboutit à un indice de risque global pour l'écosystème.

Les résultats obtenus à l'issue de cette étape 2 de la méthodologie ERICA ont dans tous les cas abouti à des indices de risque inférieurs à 1 pour toutes les espèces génériques. L'étape 3 n'a jamais été requise dans les dossiers jusqu'alors réalisés.

Un exemple de résultats obtenus pour l'évaluation du risque réalisée dans le cadre du dossier de déclaration de modification au titre de « l'article 26 » relatif aux prélèvements d'eau et aux rejets dans l'environnement du CNPE de Dampierre, déposé en 2009, est présenté en Figure 4. Ces graphes permettent de visualiser les indices de risque calculés pour les différents organismes de référence (échelle logarithmique) des milieux terrestre et aquatique ainsi que la valeur seuil correspondant au débit de dose considéré sans effet ($10 \mu\text{Gy.h}^{-1}$) représentée par une ligne rouge. L'évaluation du risque réalisée permet de conclure que l'impact associé aux rejets d'effluents radioactifs atmosphériques et liquides aux limites demandées pour le CNPE de Dampierre est négligeable pour l'environnement terrestre et aquatique.

Afin de poursuivre cette évaluation, la liste des espèces présentes dans l'environnement terrestre du site (en particulier les espaces protégés), ainsi que leurs caractéristiques mor-

phologiques, biologiques et comportementales, sont consultées afin de déterminer si les organismes génériques référencés dans l'outil ERICA pour le milieu terrestre sont adaptés pour le site étudié. Dans le cas où une espèce présente dans l'environnement du site ne pourrait pas être associée à l'un des organismes génériques intégrés à l'outil ERICA, une nouvelle espèce est créée pour réaliser l'évaluation.

4 Méthode ERICA : retour d'expérience, forces et axes de développement de l'outil

Validée par des études de cas dans différents pays européens (Beresford *et al.*, 2007), la méthode ERICA est aujourd'hui utilisée pour évaluer le risque environnemental lié à des rejets d'effluents radioactifs (actuels et/ou futurs) dans un écosystème. Par son approche basée sur des écosystèmes conceptuels et des organismes de référence, c'est aussi l'outil de démonstration permettant à l'exploitant la réalisation d'études d'impact environnemental suivant une approche graduée et proportionnée aux enjeux. Toutes les évaluations d'impact réalisées avec cet outil par EDF ont reçu l'approbation des autorités et du public, sans remise en cause de la méthode.

Cet outil, comme tout outil de calcul scientifique suivi, tient compte régulièrement des améliorations issues du retour d'expérience liée à son utilisation. Intégrées au fil des montées

de version, ces dernières sont mises à disposition par le consortium en charge du développement.

Son utilisation par EDF dans le cadre des évaluations d'impact sur l'environnement présentées dans les dossiers réglementaires, a également mis en évidence les axes de développement suivants, axes qui ont été soumis au consortium en vue de leur traitement :

- La nécessité de compléter le spectre de radionucléides proposée par l'outil, notamment ceux issus de la famille des gaz rares.
- L'acquisition et l'intégration de données complémentaires pour certains couples radionucléide/organisme, qui nécessitent pour l'instant l'utilisation de données relatives à des analogues taxonomiques ou biogéochimiques. Si la dernière version mise à disposition (V.1.2.1) intègre l'ajout d'un certain nombre de radionucléides dont les paramètres sont renseignés par défaut (^{140}Ba , ^{45}Ca , ^{51}Cr , ^{252}Cf , ^{192}Ir , ^{140}La , ^{231}Pa , ^{65}Zn), d'autres radionucléides doivent toujours être ajoutés par l'utilisateur comme le ^{55}Fe .
- La consolidation de certaines valeurs de paramètres utilisés par l'outil (facteurs de concentration (CR), et coefficient de distribution (Kd), qui constituent une source d'incertitudes importantes). Certains d'entre eux, comme les Kd notamment, peuvent varier de plusieurs ordres de grandeurs en fonction des conditions physico-chimiques du milieu. Il est donc nécessaire de connaître avec précision l'écosystème que l'on souhaite étudier afin de paramétrer correctement l'outil. Il faut aussi reconnaître la limite associée aux facteurs de concentration (CR) et, notamment, celle liée à l'hypothèse d'équilibre radioactif instantané entre l'organisme et le milieu dans lequel il vit.
- La possibilité de réaliser l'évaluation globale d'un écosystème : la séparation imposée des écosystèmes aquatique et terrestre lors de l'évaluation ne permet pas actuellement de considérer conjointement toutes les voies d'exposition auxquelles peut être soumis un organisme vivant pouvant être présent dans ces deux milieux comme ce peut être le cas avec des oiseaux aquatiques ou marins par exemple. L'outil ERICA prenant en considération la voie d'exposition la plus pénalisante, la méthode assure de fait un caractère enveloppe à l'évaluation réalisée. De manière similaire, l'outil ERICA considère que les rejets d'effluents n'impactent qu'un seul écosystème, alors que ces derniers sont susceptibles d'avoir une influence sur les environnements terrestre et aquatique.
- La prise en compte d'écosystèmes complexes : les écosystèmes étudiés dans l'outil sont relativement simples. Les environnements de transition, comme les estuaires ou les environnements côtiers, sont encore difficilement modélisables.

5 Les actions engagées par EDF pour contribuer à l'amélioration de l'outil

Les axes de développements présentés dans le paragraphe précédent font partie des points à l'étude pour les futurs développements portés par le consortium en charge de l'évolution de l'outil. Pour mieux intégrer ces nouveaux para-

mètres/données, des programmes de recherche sont en cours comme par exemple, le programme MODARIA (Modelling and Data for Radiological Impact Assessments) initié par l'Agence Internationale de l'Energie Atomique (AIEA). EDF est impliqué via son ingénierie et ses activités de recherche et développement dans les groupes de travail de ce programme, auxquels participent de nombreux experts internationaux du domaine.

6 Conclusion

Dans le cadre des études d'impact réalisées pour les dossiers réglementaires, EDF réalise depuis 2008 une évaluation du risque environnemental lié aux rejets d'effluents de ses sites nucléaires, en exploitation ou en déconstruction, ainsi que pour ses projets de construction de nouveaux réacteurs. L'utilisation de l'outil ERICA a ainsi permis d'intégrer les récentes recommandations internationales visant à étendre l'évaluation de l'impact sur l'homme aux organismes non humains. Cette évaluation prospective a également permis d'étayer l'approche rétrospective basée sur les données issues de la surveillance de terrain qu'elle vient compléter.

Néanmoins, son utilisation en conditions réelles par un exploitant comme EDF a mis en évidence plusieurs axes d'amélioration de l'outil qui ont été soumis et doivent être étudiés/intégrés par le consortium en charge du développement d'ERICA et ce dans l'objectif de permettre aux exploitants de représenter au mieux aux contraintes du terrain et situations étudiées. Le REX doit en effet venir nourrir les futurs développements d'un outil à même d'aider les exploitants à répondre à de nouvelles exigences entrant dans le cadre de la constitution de dossiers administratifs de demande d'autorisation de rejets et de prise d'eau. Enfin, il n'est pas inutile de rappeler que l'utilisation de cette méthode d'évaluation du risque environnemental a conduit à la démonstration d'un impact négligeable sur l'environnement des installations nucléaires de production d'électricité décarbonnée d'EDF pour l'ensemble des dossiers déposés.

Références

- Beaugelin-Seiler K., Garnier-Laplace J. (2016) Actualités internationales sur la radioprotection de l'environnement : état de l'art des connaissances, des méthodes et des pratiques, *Radioprotection* **51** (4), 231-235.
- Beresford N., Howard B., Barnett C. (2007a) Application of ERICA Integrated Approach at case study sites. Deliverable D10, European Commission, 6th Framework, Contact No. FI6R-CT-2003-508847.
- Beresford N. *et al.* (2007b) D-ERICA : An integrated approach to the assessment and management of environmental risks from ionizing radiation - Description pourpose, methodology and application, <https://wiki.ceh.ac.uk/download/attachments/115017395/D-Erica.pdf>
- Beresford N.A., Barnett C.L., Howard B.J., Scott W.A., Brown J.E., Copplestone D. (2008) Derivation of transfer parameters for use within the ERICA Tool and the default concentration ratios for terrestrial biota, *J. Environ. Radioact.* **99**, 1393-1407.

- Boyer C., Gontier G., Hémidy P.Y. (2015) Radioprotection de l'environnement (Partie II) : Méthodologie et retour d'expérience d'EDF, présentation au 10^e Congrès National de la Société Française de Radioprotection – Reims, 17 juin 2015, <http://www.sfrp.asso.fr/medias/sfrp/documents/201506-TUT-Boyer-C-Gontier-G-et-Hemidy-PY.pdf>
- Copplestone D., Bielby S., Jones S.R., Patton D., Daniel P., Gize I. (2001) Impact assessment of ionising radiation on wildlife, R&D Publication 128. Environment Agency, Bristol.
- Copplestone D., Hingston J., Real A. (2008) The development and purpose of the FREDERICA radiation effects database, *J. Environ. Radioact.* **99**, 1456-1463.
- EC (2003) Technical guidance document in support of Commission Directive 93/67/EEC on risk assessment for new notified substances and Commission Regulation (EC) No 1488/94 on risk assessment for existing substances, Directive 98/8/EC of the European Parliament and of the Council concerning the placing of biocidal products on the market. Part II" in Office for Official Publication of the European Communities, Luxembourg.
- Garnier-Laplace J., Beaugelin-Seiller K., Gilbin R., Gariel J.C. (2007) Évaluer l'impact des rejets radioactifs sur l'environnement : situation actuelle et perspectives, *Revue Contrôle de l'ASN*, No. 177.
- Garnier-Laplace J., Copplestone D., Gilbin R., Alonzo F., Ciffroy P., Gilek M., Agüero A., Björk M., Oughton D.H., Jaworska A., Larsson C.M., Hingston J.L. (2008) Issues and practices in the use of effects data from FREDERICA in the ERICA Integrated Approach, *J. Environ. Radioact.* **99**, 1474-1483.
- Hosseini A., Thørring H., Brown J.E., Saxén R., Ilus E. (2008) Transfer of radionuclides in aquatic ecosystems - Default concentrations ratios for aquatic biota in the ERICA Tool assessment, *J. Environ. Radioact.* **99**, 1408-1429.
- Le Druillenec T. (2012) Méthode d'évaluation de l'impact radioécologique autour des centrales nucléaires d'EDF, Journées SFRP Écotoxicologie, radioécologie : états et perspectives, 19-20 juin 2012.
- Strand P., Beresford N., Avila R., Jones S.R., Larsson C.-M. (2001) Identification of candidate reference organisms from a radiation exposure pathways perspective. A Deliverable Report for the Project "FASSET" (Contract No. FIGE-CT-2000-00102) within the EC's Vth Framework Programme. Norwegian Radiation Protection Authority, Østerås, Norway, p. 48 (Appendices).

Cite this article as: C. Boyer, G. Gontier, P.-Y. Hemidy. Radioprotection de l'environnement : méthodologie et retour d'expérience d'EDF. *Radioprotection* 51(4), 237-244 (2016).