

# DISPERSION ATMOSPHERIQUE ET EVALUATION DES IMPACTS DOSIMETRIQUES EN FONCTIONNEMENT NORMAL : APPROCHE AREVA

Patrick Devin

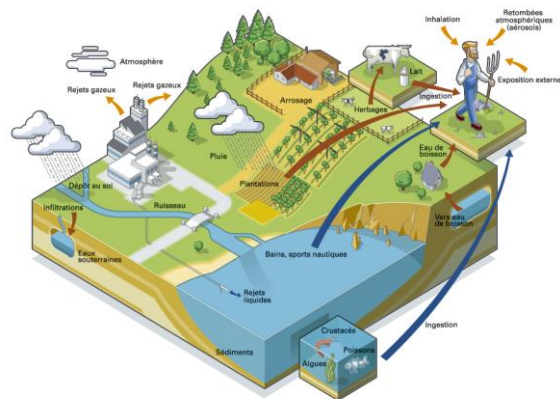
NEW AREVA / BU Recyclage - Direction Sûreté Environnement  
Tour AREVA – 1, place Jean Millier 92084 Paris La Défense Cedex, [patrick.devin@areva.com](mailto:patrick.devin@areva.com)

Veiller à l'absence d'impact de son activité industrielle sur la santé et l'environnement constitue un des enjeux prioritaires pour AREVA et fait l'objet d'une démarche de progrès continu. Cette démarche s'appuie sur un système de management environnemental déployé sur l'ensemble des sites nucléaires et à enjeux environnementaux significatifs, au travers d'une certification selon la norme ISO 14001 (ou équivalent). AREVA met en œuvre dans ce cadre d'importants moyens de contrôle des rejets et de surveillance de l'environnement.

La démarche d'évaluation des impacts abordée dans cet article concerne l'impact dosimétrique sur les populations riveraines des rejets d'effluents radioactifs à l'atmosphère en fonctionnement normal des installations du cycle du combustible et s'appuie sur une étude réalisée sur les outils de modélisation de la dispersion atmosphérique autour des installations au niveau des principaux groupes de référence.

## 1. Les impacts dosimétriques des grands sites nucléaires français d'AREVA

L'impact radiologique ou dosimétrique est un impact local qui s'évalue sur les populations riveraines susceptibles d'être les plus exposées aux rejets radioactifs. L'impact s'évalue annuellement à partir de la caractérisation des rejets d'effluents liquides et gazeux contrôlés et mesurés avant rejet.

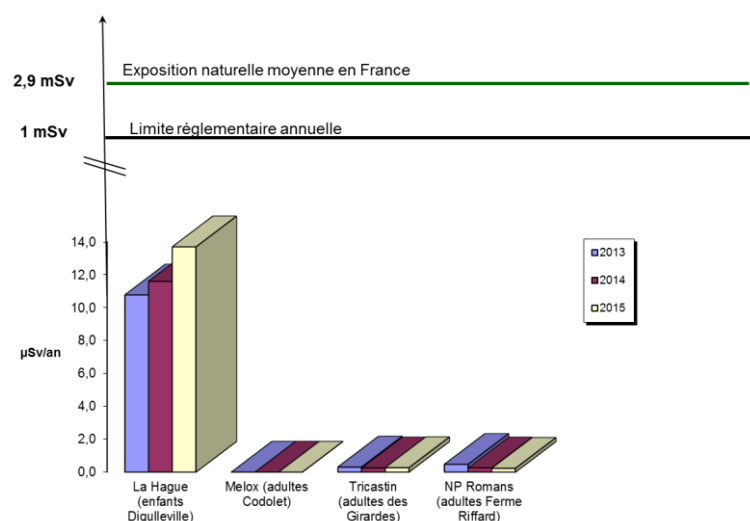


L'évaluation de l'impact dosimétrique est une approche calculatoire par modélisation des phénomènes physiques, comme l'illustre le schéma ci-avant, qui prend en compte la dispersion des rejets dans l'environnement (dispersion en mer ou en rivière, dispersion atmosphérique et dépôts au sol en fonction des conditions météorologiques), les transferts dans la chaîne alimentaire via les cultures et l'élevage, les expositions externe et interne (inhalation et ingestion) à partir de la connaissance des modes de vie et des habitudes alimentaires (enquêtes alimentaires) du ou des groupes de référence (personne représentative dans les futurs textes réglementaires). Toutes les voies d'exposition sont étudiées de manière **la plus réaliste possible**. Cette estimation peut faire l'objet d'**études de sensibilité** permettant de prendre en compte la variabilité des données et des hypothèses de calcul. Le soin particulier porté à la qualification des logiciels de calculs utilisés permet d'assurer la maîtrise de l'évaluation de l'impact. Ces logiciels sont très bien

documentés et élaborés sous assurance qualité. Ces modèles résultent de travaux internationaux et nationaux et bénéficient de longues années d'expériences. En effet, AREVA dispose aujourd'hui de modèles d'évaluation des impacts radiologiques pour les principaux sites nucléaires, partagés et adaptés aux spécificités de chacun. Le logiciel ACADIE (acronyme de Application pour le CA lcul de la Dose efficace Interne et Externe), issu des travaux du GRNC (Groupe Radioécologie Nord-Cotentin) et développé conjointement par l'IRSN et AREVA, utilisé par l'établissement de La Hague a par exemple été adapté pour donner naissance au logiciel COMODORE (acronyme de COde MOdulable d'évaluation des DOses liées aux Rejets dans l'Environnement) pour les rejets atmosphériques et en rivière sur les sites du Tricastin, Malvési et Romans. Ce modèle a également été utilisé pour une évaluation prospective des sites de stockage de résidus de traitement des minerais d'uranium (voir présentation sur ce sujet).

La confiance que l'on peut accorder à ces modèles et à la méthodologie globale est donc relativement forte. Ces modèles sont reconnus, éprouvés et partagés, les calculs sont réalisés en toute transparence (hypothèses, données, paramètres connus et justifiés). Ils ont également fait l'objet de travaux de comparaison avec les valeurs mesurées dans l'environnement. Les études de sensibilité des résultats aux paramètres les plus contributeurs permettent de prendre en compte certaines incertitudes du modèle. Par ailleurs, ces évaluations sont expertisées par l'IRSN dans le cadre de l'instruction des dossiers réglementaires, et sont dans certains cas appréciées dans le cadre de groupes d'expertise pluralistes (GEP). C'est notamment le cas du GRNC mentionné ci-avant, mais c'est aussi le cas du GEP sur les sites miniers d'uranium qui a été constitué en 2006 et a fait l'objet de travaux jusqu'en 2013. L'ensemble des informations issues de ces travaux sont disponibles sur le site <http://www.gep-nucleaire.org/>.

**Les impacts radiologiques des grands sites nucléaires d'AREVA se situent à des niveaux très faibles**, de l'ordre de quelques microsieverts par an, comme l'illustre la figure ci-dessous, Cette valeur est à comparer à la limite réglementaire en France qui est fixée à 1 mSv/an pour le public et à l'exposition moyenne due à la radioactivité naturelle qui est de l'ordre de 2,9 mSv/an<sup>1</sup>. L'exposition due au domaine médical est quant à elle de l'ordre de 1,6 mSv/an.



<sup>1</sup> Revue Repères de l'IRSN n°29, avril 2016

## 2. La dispersion atmosphérique des rejets radioactifs

Un des points sensibles de l'évaluation de l'impact dosimétrique concerne la modélisation de la dispersion atmosphérique. En complément des études locales menées depuis plusieurs années, autour du site de la Hague notamment, en collaboration avec le laboratoire de radioécologie de l'IRSN situé à Octeville (voir présentation sur le krypton 85) et compte tenu de la diversité des modèles existants, de la cohabitation des études radiologiques et chimiques qui n'utilisent pas la plupart du temps les mêmes modèles et des différentes situations à étudier, une étude générique a été lancée par AREVA sur ce sujet en 2008. Cette étude s'est déroulée en trois étapes :

- comparaison des outils de modélisation de la dispersion atmosphérique utilisés dans le domaine chimique et radiologique,
- comparaison des outils de modélisation de la dispersion atmosphérique ADMS<sup>2</sup> et COTRAM<sup>3</sup> pour différents schémas météorologiques annuels,
- guide de choix des outils de modélisation de la dispersion atmosphérique.

La première étude présente les résultats de la comparaison des Coefficients de Transfert Atmosphérique (CTA en s.m-3) et des coefficients de Transfert Surfaccique (CTS en m-2) calculés à l'aide des codes de dispersion utilisés dans le domaine chimique (PHAST<sup>4</sup> v 6.0 pour le fonctionnement accidentel et ADMS v4 pour le fonctionnement normal) avec ceux utilisés (ou qui étaient utilisés) dans le domaine radiologique (SIROCCO<sup>5</sup> CD pour le fonctionnement accidentel et COTRAM v4.0 pour le fonctionnement normal). Il est à noter que PHAST ne traite que les gaz, le dépôt n'a donc pas été pris en compte dans l'évaluation. Les modèles du domaine radiologique sont utilisés en routine par AREVA.

Les comparaisons ont été réalisées pour :

- 3 hauteurs de rejet : 0 m, 30 m et 100 m ;
- 21 distances d'observation allant de 100 m à 10 000 m ;
- 2 conditions de diffusion DF et DN ;
- 10 vitesses de vents allant de 1 m.s<sup>-1</sup> à 20 m.s<sup>-1</sup> ;
- des aérosols et des gaz de période longue.

Les conditions stables DF ne concernent que les vitesses allant de 1 m.s<sup>-1</sup> à 5 m.s<sup>-1</sup>.

Le modèle de DOURY minore fortement les CTA dès que la hauteur de rejet et la vitesse du vent augmentent. Ce phénomène est plus accentué en diffusion faible. En diffusion normale, le modèle gaussien de DOURY implémenté dans SIROCCO et COTRAM tend à donner des résultats supérieurs à ceux donnés par PHAST et ADMS sauf à 100 m pour les vitesses de vent de l'ordre de 1 m.s<sup>-1</sup>.

On notera par ailleurs que les conditions météorologiques instables ou neutres sont plus fréquentes que les conditions stables. Autour du site de La Hague, les conditions stables sont présentes 10 à 20 % du temps environ sur ce site et les conditions instables ou neutres représentent environ 85 % du temps.

---

<sup>2</sup> ADMS : logiciel développé par le CERC utilisant un modèle de type pseudo gaussien

<sup>3</sup> COTRAM : logiciel développé par l'IRSN utilisant un modèle à « bouffées gaussiennes »

<sup>4</sup> PHAST : logiciel développé par DNV utilisant un modèle de type intégral

<sup>5</sup> SIROCCO : logiciel développé par l'IRSN qui n'est plus maintenu utilisant un modèle gaussien « à bouffées »

La deuxième étude présente les résultats de la comparaison des Coefficients de Transfert Atmosphérique (CTA en s.m-3) et des coefficients de Transfert Surfaccique (CTS en m-2) calculés en fonctionnement normal d'une installation, pour un schéma météorologique annuel, à l'aide des codes de dispersion ADMS v4 et COTRAM v4.0.

Les CTA et CTS ont été calculés, pour plusieurs groupes de références et stations de mesures et une ou plusieurs météo annuelle moyenne, autour de 5 sites : ROMANS, LA HAGUE, MALVESI, MELOX et TRICASTIN.

La comparaison des CTA et CTS calculés avec les 2 codes montre que, dans les configurations étudiées, le code COTRAM donne des résultats plus élevés que ceux d'ADMS pour les données d'entrée initiales utilisées pour ce dernier : le rapport de CTA varie de 1,1 à 12,9 suivant la configuration de calcul (sauf dans le cas d'un point singulier avec un écart de 26,4 correspondant à une fréquence des conditions de diffusion faible plus élevée que pour les autres directions). Les CTA annuels moyens pour les groupes de référence des différents sites AREVA estimés avec les deux codes COTRAM et ADMS restent donc globalement du même ordre de grandeur.

Ce résultat s'explique par le fait que l'utilisation d'un schéma météorologique annuel conduit à lisser les différences parfois importantes (notamment dans le cas de rejets en hauteur et en diffusion faible) entre ADMS et COTRAM observées pour des épisodes de rejets (voir première étude).

A partir de ces études et des pratiques, un guide a été réalisé avec pour objectifs de :

- de choisir le ou les outils le(s) mieux adapté(s) à l'application souhaitée, et d'écarter ceux qui ne le sont pas,
- de justifier ce choix de façon harmonisée et documentée auprès des parties prenantes (Autorités et Administrations en particulier),
- d'avoir une approche critique à tous les stades de l'évaluation de l'impact (définition des termes sources, étude de sensibilité, analyse des résultats...), **proportionnée aux enjeux**,
- d'harmoniser les pratiques dans une perspective d'optimisation des coûts (licence, formation des utilisateurs) et de prise en compte de la cartographie des compétences,
- de choisir les outils d'évaluation des conséquences les plus appropriés en situation de crise, notamment en fonction des compétences et ressources disponibles sur site.

Il ressort que le domaine d'application des modèles de dispersion atmosphériques privilégiés par AREVA peut être résumé dans le tableau suivant :

	Risques aigus	Risques chroniques
Evaluation d'impact chimique	PHAST CERES <sup>6</sup> pour l'uranium	ADMS
Evaluation d'impact dosimétrique	CERES	COTRAM

<sup>6</sup> CERES : logiciel développé par le CEA d'évaluation des conséquences en fonctionnement normal et accidentel utilisant un modèle à « bouffées gaussiennes ». Il est utilisé depuis 2009 par AREVA à la place de SIROCCO qui n'est plus maintenu par l'IRSN.

A noter que lorsque la configuration le permet (principalement dans le cas des rejets chroniques d'une installation existante), la comparaison entre les résultats d'un outil de calculs et des mesures in situ est précieuse. Dans les situations où plusieurs contributeurs peuvent être à l'origine de concentrations atmosphériques (du produit recherché) ou de dépôts, le bruit de fond global peut alors être significatif. La modélisation peut ainsi permettre de discriminer les parts attribuables à chaque source de rejet, selon les conditions réelles de dispersion. Il convient également de tenir compte des concentrations éventuellement déjà présentes (bruit de fond géochimique par exemple) dans ce type de comparaisons.

### **3. Conclusion**

Comme le disait Georges BOX, « tous les modèles sont faux, mais certains sont utiles ». Qu'il s'agisse d'une étude prospective ou rétrospective, l'utilisation des modèles apporte une aide indispensable permettant de réaliser des estimations régulières dans différents contextes tel que l'exige la réglementation (notamment études d'impact, évaluation annuelle à partir du bilan des rejets de l'année précédente), d'évaluer uniquement la part ajoutée, d'avoir une approche exhaustive en prenant en compte différents scénarios d'exposition, de réaliser des études de sensibilité et d'analyser les différentes contributions. Néanmoins, sans les mesures et l'expérience, le modèle n'est rien car il subsistera toujours un doute sur sa représentativité de la réalité. Ils doivent donc être régulièrement actualisés, tenus à jour avec les derniers paramètres pertinents disponibles et comparés à des mesures.

Une preuve supplémentaire de la fiabilité des modèles utilisés par l'industrie nucléaire a été apportée dans l'exercice réalisé sur le bilan radiologique du Réseau National de Mesures de la radioactivité de l'environnement (RNM) 2011-2014 qui a consisté à apporter davantage d'éléments d'information sur l'exposition des populations du fait de la radioactivité présente dans l'environnement, en mettant en perspective les évaluations réalisées par les exploitants à partir des rejets des installations. Le rapport conclut que « les doses susceptibles d'être reçues par la population résidant autour des installations nucléaires françaises, estimées à partir des résultats de mesures issus des différents programmes de surveillance de l'environnement sont faibles, 100 à 10 000 fois plus faibles que la limite d'exposition du public fixée à 1 mSv/an. [...] Ces doses sont en bon accord avec celles estimées par calcul (modélisation de la dispersion et des transferts) par les exploitants des sites nucléaires, à partir des activités réellement rejetées ». Cette conclusion constitue une grande avancée dans la démarche de surveillance et d'évaluation de l'impact dosimétrique. Elle permet de conclure sur la cohérence d'ensemble du dispositif de surveillance et permet ainsi de valider les modèles d'estimation de l'impact, les résultats des bilans annuels des rejets à partir de l'exploitation des mesures de la surveillance de la radioactivité de l'environnement.