



FR0003984

## LE LOGICIEL FOCON96 1.0

**A. Merle-Szérémeta, A. Thomassin,  
Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire,  
Département de Protection de la santé de l'Homme et de Dosimétrie,  
Service d'Evaluation et de Gestion des Risques,  
Section d'Analyse et d'Expertise en Radioprotection  
BP n°6, 92265 Fontenay-aux-Roses cedex, FRANCE**

### **1. INTRODUCTION**

L'Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire a développé un logiciel moderne et convivial, FOCON96 1.0 [1], pour calculer les conséquences dosimétriques des rejets radioactifs atmosphériques des installations nucléaires après un certain nombre d'années de fonctionnement normal. Ce logiciel est basé sur la méthodologie européenne [2] et tient compte des nouveaux acquis méthodologiques [3], ainsi que des évolutions réglementaires. Cette communication décrit les principales caractéristiques de FOCON96 1.0 ainsi que ses fonctionnalités. Les principaux éléments d'une comparaison entre FOCON96 1.0 et PC-CREAM (logiciel européen développé par le NRPB et répondant entre autres aux mêmes objectifs [4]) sont donnés ici.

### **2. LE LOGICIEL FOCON96 1.0**

L'évaluation de l'impact dosimétrique est réalisée par l'enchaînement de trois modules de calcul traitant respectivement : de la dispersion atmosphérique, du transfert dans la biosphère et de l'impact sur l'homme.

#### **2.1 DISPERSION ATMOSPHERIQUE**

La dispersion des radionucléides dans l'atmosphère est traitée par le module de calcul COTRAM [5] qui a été transcrit dans le logiciel FOCON96 1.0. COTRAM utilise le modèle de dispersion de Doury et calcule les valeurs moyennes annuelles des coefficients de transfert atmosphérique (CTA), des activités de l'air ainsi que des débits de dépôt sec, humide et total sur une grille polaire centrée sur le point de rejet. Le calcul des CTA prend en compte l'appauvrissement du panache par dépôts sec et humide, ainsi que le phénomène de réflexion sur le sol.

## **2.2 TRANSFERT DANS LA BIOSPHERE**

Ce module évalue la concentration des radionucléides dans les différents compartiments de l'environnement. La remise en suspension des dépôts, considérée comme une voie d'exposition secondaire en fonctionnement normal, n'est pas modélisée dans FOCON96 1.0.

### **2.2.1 TRANSFERT AUX VEGETAUX**

Le logiciel considère sept types de végétaux : l'herbe, le maïs, le foin (consommés par les animaux) et les légumes-feuilles, les légumes-fruits, les légumes-racines, les céréales (consommés par l'homme).

Après dispersion dans l'atmosphère, les radionucléides se déposent sur le sol et sur les parties aériennes des végétaux, conduisant respectivement au transfert racinaire et au transfert foliaire.

La fraction du dépôt interceptée par les parties aériennes du végétal est modélisée par le rapport de captation. Une partie de l'activité interceptée par la plante est éliminée avant que l'homme n'en consomme la partie comestible, par décroissances radioactive et biomécanique (lessivage par la pluie des parties aériennes du végétal et croissance de celui-ci). Le facteur de translocation permet d'obtenir l'activité massique dans les parties comestibles par transfert foliaire.

L'activité non interceptée par les parties aériennes du végétal se dépose à la surface du sol. Il faut ajouter à ce dépôt les flux d'activité provenant des feuilles et se retrouvant à la surface du sol. La quantification de l'activité déposée sur le sol est donc difficile. Afin de rester conservatif pour l'estimation du transfert racinaire, le logiciel FOCON96 1.0 retient le dépôt total prenant en compte un certain nombre d'années de fonctionnement de l'installation. Les radionucléides déposés à la surface du sol sont ensuite homogénéisés dans l'épaisseur de sol labouré. Le facteur de transfert racinaire permet de quantifier l'activité contenue dans les parties comestibles du végétal par transfert racinaire.

### **2.2.2 TRANSFERT A L'ANIMAL**

Le logiciel considère quatre animaux (la vache, le mouton, le porc et la volaille) et sept produits d'origine animale (la viande de boeuf et le lait de vache, la viande de mouton et le lait de brebis, la viande de porc, la volaille et les oeufs).

Le transfert des radionucléides à l'animal se fait par l'ingestion de végétaux et de sol contaminés. Le transfert aux aliments d'origine animale se déduit de l'activité ingérée par les animaux par un coefficient de transfert. Le logiciel FOCON96 1.0 prend en compte la fraction de l'alimentation animale provenant de zones non contaminées (fraction exogène).

#### **2.2.3 CAS PARTICULIERS DU TRITIUM ET DU CARBONE 14**

Le transfert du tritium et du carbone 14 entre l'atmosphère et l'environnement terrestre est différent de celui décrit ci-dessus. Du fait du rôle particulier joué par l'hydrogène et le carbone dans les systèmes biologiques, un modèle spécifique est utilisé. Il prend en compte le rapport de la concentration du radionucléide dans les produits végétaux ou animaux à sa concentration dans l'air.

### **2.3 IMPACT DOSIMETRIQUE**

Le logiciel FOCON96 1.0 calcule des doses engagées annuelles, efficaces ou à l'organe (moelle osseuse, thyroïde, tractus gastro-intestinal) pour l'adulte, ainsi que des fractions des Limites Annuelles d'Incorporation présentement en vigueur.

#### **2.3.1 EXPOSITION EXTERNE AU PANACHE**

FOCON96 1.0 modélise cette exposition en supposant que l'individu est présent dans un nuage de dimension semi-infinie. La dose est obtenue par le produit de l'activité dans l'air avec la durée annuelle de présence dans le panache et avec un coefficient de dose. Le logiciel ne prend pas en compte l'effet de protection apporté par les bâtiments.

#### **2.3.2 EXPOSITION EXTERNE AU DEPOT**

Le calcul de la dose intègre les dépôts antérieurs à l'année considérée. La dose est obtenue par le produit de l'activité déposée sur le sol avec la durée annuelle de présence sur les sols contaminés et avec un coefficient de dose. Afin de simplifier tout en restant majorant, la décroissance par migration dans le sol a été négligée pour cette voie d'exposition. Par ailleurs le logiciel ne prend pas en compte l'effet de protection apporté par les bâtiments.

#### **2.3.3 EXPOSITION INTERNE PAR INHALATION**

L'individu subit une exposition interne par inhalation lorsqu'il est présent dans le panache. La dose est obtenue par le produit de l'activité inhalée avec la durée annuelle de présence dans le panache et avec un coefficient de dose.

#### **2.3.4 EXPOSITION INTERNE PAR INGESTION**

Le logiciel calcule l'activité ingérée annuellement en fonction du régime alimentaire de l'homme. Un facteur de concentration/déconcentration des aliments par pratique culinaire et

la fraction exogène des aliments sont pris en compte. La dose par ingestion est obtenue par le produit de l'activité ingérée avec un coefficient de dose.

## **2.4 LES DONNEES**

Le logiciel propose des valeurs par défaut pour tous les paramètres. Ce sont soit des valeurs issues de publications françaises et internationales, soit des valeurs enveloppes.

De plus, le logiciel propose le calcul des doses par exposition interne avec les coefficients de dose de la CIPR30 ou de la Directive Européenne.

## **3. FONCTIONNALITES DE FOCON96 1.0**

FOCON96 1.0 fonctionne sous Windows95 avec une interface homme-machine graphique. Il possède une architecture modulaire qui s'appuie sur les entrées de l'utilisateur (radionucléides, formes physico-chimiques, végétaux, ...) ainsi que sur des bibliothèques (paramètres radioécologiques, coefficients de dose) et produit un dossier de calcul (fichier informatique contenant l'ensemble de tous les paramètres du calcul ainsi que les résultats produits). Les bibliothèques contiennent les valeurs numériques par défaut associées aux variables et paramètres. L'utilisateur peut modifier à l'écran une ou plusieurs valeurs par défaut, mais l'accès aux bibliothèques est de l'unique ressort d'un administrateur. A chaque valeur par défaut sont associées des extremums.

L'utilisateur peut imprimer tout ou partie du dossier de calcul, sous forme d'un fichier ASCII et d'export vers EXCEL. Il peut aussi choisir de visualiser les résultats pour différents regroupements de radionucléides (gaz rares, aérosols, émetteurs alpha, ...).

Les résultats obtenus à l'issue des modules de dispersion, de transfert et d'impact sont visualisables à l'écran au fur et à mesure de la création d'un dossier de calcul. L'utilisateur a la possibilité d'imposer la valeur de certains résultats des modules de dispersion et de transfert (activité de l'air, débit de dépôt sec, humide, activité du sol, activité totale des végétaux - foliaire et racinaire -, activité des produits d'origine animale), afin de tenir compte de mesures éventuelles dans ses calculs.

## **4. COMPARAISON AVEC PC-CREAM**

Le logiciel PC-CREAM propose trois modèles de dispersion atmosphérique (Pasquill, Hosker et Doury). Par contre l'utilisateur ne peut visualiser en sortie que l'activité de l'air et le débit de dépôt total.

Le modèle de transfert de PC-CREAM est un modèle compartimental fournissant une évaluation du transfert dans l'environnement plus fine que FOCON96 1.0 car le nombre de compartiments considérés est plus grand.

La possibilité d'imposer des résultats intermédiaires à l'issue des modules de dispersion et de transfert n'existe dans PC-CREAM.

PC-CREAM permet de calculer des doses individuelles efficaces pour différentes classes d'âge (l'enfant de 1 an, 10 ans et l'adulte) ainsi que des doses collectives.

L'accès à certains paramètres nécessite de l'utilisateur l'exécution de modules supplémentaires.

Les résultats des modules de dispersion, de transfert et d'impact sont stockés dans différents fichiers que l'utilisateur peut consulter après avoir lancé le calcul.

Une comparaison de FOCON96 1.0 avec PC-CREAM a été réalisée [6]. Bien que cette comparaison ne soit pas exhaustive (faible nombre de points de calcul, étude réalisée sur une seule installation), les doses individuelles efficaces calculées avec les deux logiciels sont dans un rapport inférieur à deux.

## **5. CONCLUSION**

L'ergonomie et la convivialité du logiciel FOCON96 1.0 en font un outil d'un usage facile, particulièrement adapté à l'instruction des Demandes d'Autorisation de Rejet. Les résultats produits sont cohérents avec ceux du logiciel européen PC-CREAM.

Un certain nombre de limites du modèle (lissage annuel des rejets, champ de validité du modèle atmosphérique, influence du bâti et du relief, transfert du tritium et du carbone 14, simplicité des modèles de transfert,...) le rendent inapproprié pour certaines études telles que les études de site. La tendance à la globalisation des études d'impact (prise en compte des rejets chimiques, couplage rejets aériens/rejets liquides, réalisme des calculs, ...) pousse à envisager une remise en question de cet outil.

## REFERENCES

- [1] 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, à paraître dans *Radioprotection*, 1999.
- [2] *Méthodologie pour l'évaluation des conséquences radiologiques des rejets d'effluents radioactifs en fonctionnement normal*, Doc. N°V/3865/79-FR. EN. CCE 1979.
- [3] *Methodology for assessing the radiological consequences of routine releases of radionuclides to the environment*, Report EUR 15760 EN, CCE 1995.
- [4] *PC-CREAM*, National Radiological Protection Board. Report EUR 17791 EN (NRPB-SR296), 1997.
- [5] Deville-Cavelin G., Crabol B., Monfort M., *Description du code COTRAM2 de calcul de coefficients de transfert atmosphérique moyen*, Note Technique IPSN/DPEA/SEAC 94/188, 1994.
- [6] Morin A., Merle-Szérémeta A., *Use of PC-CREAM : dosimetric impact of atmospheric discharges of a nuclear powerplant*. PC-CREAM User Group, 1998. à paraître.