

L'EVALUATION DES DOSES ASSOCIEES A DES REJETS ACCIDENTELS DE TRITIUM A L'ATMOSPHERE

A. THOMASSIN¹, F. JEAN², A. MERLE-SZEREMETA¹

*1 Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire DPHD/SEGR/SAER B.P. 17 92262 Fontenay-aux-Roses
2 Hémisphères 18-20 avenue Edouard Herriot Bâtiment Carnot 92350 Le Plessis-Robinson*

1. INTRODUCTION

Deux méthodes de calcul des doses associées à des rejets accidentels de tritium à l'atmosphère sont comparées. L'une [1], simplifiée, est mise en œuvre par la Section d'Analyse et d'Expertise en Radioprotection (SAER) de l'IRSN ; l'autre repose sur un modèle phénoménologique du transfert du tritium dans l'environnement, et fait l'objet du code de calcul allemand UFOTRI [2,3].

Pour se conformer au mieux aux exigences de réalisme et de qualité des méthodes et des outils de calcul, il est nécessaire d'apprécier les approximations réalisées lorsque la méthode simplifiée est utilisée au lieu du modèle phénoménologique. Il est alors possible d'en déduire le périmètre de validité de la méthode simplifiée et de définir une stratégie de calcul en fonction des situations accidentelles qui peuvent être rencontrées.

La méthode simplifiée et le modèle d'UFOTRI sont brièvement exposés. Les calculs selon les deux méthodes sont ensuite analysés et les premières conclusions qui en découlent sont présentées.

2. METHODES

Le tritium étant un émetteur β pur de faible énergie, l'exposition externe au panache d'un rejet à l'atmosphère et au dépôt consécutif est négligeable [4]. L'incorporation par inhalation, par ingestion et cutanée sont les voies d'atteinte à considérer, en n'omettant pas le phénomène de réémission du tritium déposé sur le sol.

2.1. METHODE SIMPLIFIEE

La dose par inhalation est calculée classiquement comme le produit de l'activité volumique intégrée par le débit respiratoire de l'individu et par le coefficient de dose approprié. La dose due à la réémission du tritium est prise égale à la dose précédente, ce choix étant considéré majorant à courte distance. Cette méthode, plus particulièrement décrite dans [1] ne considère pas l'incorporation cutanée du tritium.

La dose par ingestion d'un végétal est calculée comme le produit de l'activité massique intégrée de celui-ci par la consommation quotidienne de l'individu et par le coefficient de dose approprié. L'activité massique intégrée se déduit du dépôt (obtenu comme le produit de l'activité volumique intégrée de l'air par la vitesse de dépôt) dissout dans l'eau superficielle du sol, puis transféré vers le végétal ayant une teneur en eau donnée.

[1] propose des valeurs par défaut pour exécuter les calculs correspondants, mais se limite au cas des légumes-feuilles pour le calcul de la dose par ingestion.

2.2. UFOTRI

Le code de calcul UFOTRI [2,3] est constitué d'un module de dispersion atmosphérique et d'un module d'ingestion.

Le module de dispersion atmosphérique est constitué d'un premier modèle de trajectoire gaussien pour calculer l'activité volumique intégrée du panache et le dépôt correspondant, et d'un second modèle (dit de sources secondaires) pour traiter les échanges entre le sol, les végétaux et l'atmosphère, tant que ces échanges ne sont pas stationnaires (une centaine d'heures environ). Dans le second modèle, les échanges des végétaux avec l'atmosphère sont traités en considérant la notion de résistance des végétaux, qui prend en compte l'humidité, la pression de vapeur, l'échange thermique, la photosynthèse et la vitesse du vent ; les échanges entre le sol et l'atmosphère sont traités en considérant l'échange thermique, la pression de vapeur, le flux de rayonnement, la vitesse du vent, la teneur en eau et la résistance des végétaux et du sol ; les transferts dans le sol sont traités en considérant la conductivité hydraulique et la tension d'aspiration des différentes couches du sol (fonction de la teneur en eau). Le premier modèle permet de calculer la dose par inhalation du panache, et le second la dose par inhalation de la réémission du dépôt. Les conditions météorologiques sont variables (données horaires) mais peuvent être rendues stationnaires. La dose par incorporation cutanée est prise égale à 50% de la dose par inhalation.

Le module d'ingestion est activé quand les taux de transfert entre les différents compartiments de l'environnement deviennent stationnaires ; il calcule les activités massiques intégrées dans les différents végétaux et aliments d'origine animale, ainsi que les doses par ingestion correspondantes.

UFOTRI propose des valeurs par défaut pour tous les paramètres, mais calcule des doses par ingestion seulement pour des rejets ayant lieu pendant une période de culture, définie par l'utilisateur (1^{er} avril - 30 octobre, dans [5]).

3. COMPARAISON ET ANALYSE

3.1. METHODE

UFOTRI fonctionnant avec des conditions météorologiques horaires, il a été retenu de faire varier la date d'un rejet de 1 gramme de tritium sous la forme d'eau tritiée au cours de l'année, de manière à obtenir un échantillon assez large de conditions de rejet (vitesse du vent, stabilité de l'atmosphère, pluie, humidité, saison, heure de la journée). Les calculs avec UFOTRI sont exécutés avec les conditions météorologiques réelles et avec les conditions météorologiques stationnaires (celles de l'heure du rejet). Le rejet a lieu à 50 mètres de

hauteur, dure 1 heure et le point de calcul est à 3200 mètres du point de rejet sous le vent de l'heure du rejet.

L'activité volumique intégrée et le dépôt sont extraits du fichier des sorties d'UFOTRI, pour exécuter les calculs avec la méthode simplifiée. Pour l'ingestion, [1] traitant seulement les légumes-feuilles, la comparaison se limitera à ce type de végétaux.

3.2. RESULTATS ET ANALYSE

Les doses calculées sont consignées dans le tableau 1, en fonction des conditions du rejet. Seuls les résultats pour les 6 dates fournissant une dose par ingestion de légumes-feuilles non nulle sont présentés.

Tableau 1 : Doses (μSv) en fonction des conditions du rejet
Conditions météorologiques réelles / conditions météorologiques stationnaires

Date, heure	Météorologie			UFOTRI			Méthode simplifiée	
	Dif. ^a	Vent m.s ⁻¹	Pluie mm.h ⁻¹	Inhalation		Ingestion	Inhalation	Ingestion
				Panache	Réém. ^b	L.-F. ^c	Panache	L.-F. ^c
15 mai, 14 h	N	9,7	0	1,3 / 1,3	0,4 / 0,4	1,1 / 1,3	1,3 / 1,3	0,7 / 0,7
31 mai, 21 h	N	5,6	6,1	1,8 / 1,8	0,2 / 0,01	9,9 / 1,3	1,8 / 1,8	9,8 / 9,8
15 août, 21 h	N	2,6	4,2	3,3 / 3,3	1,8 / 0,2	10,6 / 3,2	3,3 / 3,3	13,9 / 13,9
25 septembre, 13 h	N	5,1	0	2,4 / 2,4	0,7 / 0,9	5,0 / 2,5	2,4 / 2,4	1,2 / 1,2
04 octobre, 17 h	N	5,1	0,2	2,2 / 2,2	0,5 / 0,3	15,5 / 3,5	2,2 / 2,2	2,3 / 2,3
13 octobre, 22 h	N	9,2	3,6	1,2 / 1,2	0,5 / 0,05	5,1 / 1,7	1,2 / 1,2	5,5 / 5,5

a : condition de diffusion (F : faible, N : normale) ; b : réémission du dépôt ; c : légumes-feuilles

La dose par inhalation du tritium du panache calculée avec la méthode simplifiée est identique à celle calculée avec UFOTRI, puisqu'elle est calculée avec l'activité volumique intégrée de l'air calculée par celui-ci. Par ailleurs, il est intéressant d'observer que la dose par inhalation du tritium réémis par le sol, calculée par UFOTRI en conditions météorologiques réelles ou stationnaires, varie entre 0,5% et 50% de la dose par inhalation du tritium du panache ; l'égalité des deux doses préconisée par la méthode simplifiée pour prendre en compte la réémission du tritium déposé est donc vraisemblablement majorante. Pour les configurations de calcul retenues, considérer les conditions météorologiques stationnaires au lieu des conditions météorologiques réelles n'a pas d'impact sur la dose par inhalation du panache (celui-ci met 30 minutes au plus pour passer au point de calcul), mais en a beaucoup plus sur la dose par inhalation du tritium réémis par le sol qui dépend des conditions météorologiques des heures suivant le rejet.

La dose par ingestion de légumes-feuilles calculée par UFOTRI en météorologie réelle est très voisine, voire légèrement inférieure, de celle calculée par la méthode simplifiée, en cas de pluie importante pendant le rejet (intensité supérieure à 3 mm.h⁻¹). A l'inverse, en cas de rejet par temps sec ou de faible pluie, la dose par ingestion de légumes-feuilles calculée par

UFOTRI en météorologie réelle est nettement supérieure à celle calculée par la méthode simplifiée (7 fois plus, rejet du 4 octobre).

La dose par ingestion de légumes-feuilles calculée par UFOTRI est très sensible au caractère réel ou stationnaire des conditions météorologiques, car le calcul des concentrations en tritium des différents compartiments de l'environnement dans les heures qui suivent le rejet utilise des données et des paramètres dépendant fortement des conditions météorologiques instantanées, notamment l'intensité de la pluie. En l'occurrence, les variations observées tiennent en partie à ce que les séquences du 31 mai, du 15 août, du 4 octobre et du 13 octobre voient l'intensité réelle de la pluie diminuer dans les heures qui suivent le rejet ; tandis que pour la séquence du 15 mai, une légère pluie apparaît dans les heures qui suivent le rejet. Si l'intensité de la pluie décroît au cours du temps, traiter les séquences météorologiques de manière stationnaire augmente donc la dilution du tritium dans l'eau du sol et son transfert vertical dans celui-ci, réduisant du même coup les transferts aux végétaux ; et inversement.

Par contre, la dose par ingestion de légumes-feuilles calculée avec la méthode simplifiée n'est pas sensible au caractère réel ou stationnaire des conditions météorologiques, car cette méthode utilise le dépôt au sol, qui ne dépend que des conditions météorologiques existant pendant sa durée, à savoir principalement l'unique heure postulée pour le rejet.

4. CONCLUSIONS

De cette étude il ressort que la méthode simplifiée utilisée fréquemment par la SAER dans ses études et expertises permet une estimation satisfaisante de la dose par inhalation et de la dose par ingestion de légumes-feuilles pour les rejets par forte pluie, tandis qu'elle sous-estime cette dernière dose pour les rejets par temps sec. Il sera également retenu la forte sensibilité de la dose par ingestion de légumes-feuilles au caractère variable ou stationnaire des conditions météorologiques.

De manière à optimiser et qualifier définitivement l'usage de la méthode simplifiée, il faudra envisager son extension aux autres végétaux consommés par l'homme, voire aux aliments d'origine animale. Si cette extension confirme une sous-estimation de la méthode simplifiée par rapport à UFOTRI pour les rejets par temps sec, la pertinence de calculs fins avec UFOTRI serait à examiner en fonction de l'enjeu dosimétrique pressenti.

REFERENCES

- [1] Perrin M.L. (1999) IPSN, Calcul des conséquences radiologiques d'un rejet instantané de tritium gaz et d'eau tritiée dans l'environnement, Note Technique SEGR/SAER 99-02.
- [2] Raskob W. (1990) Institut für NeutronenPhysik und Reaktortechnik Kernforschungszentrum Karlsruhe, UFOTRI : Program for Assessing the Off-Site Consequences from Accidental Tritium Releases, Rapport KfK 4605.
- [3] Raskob W. (1993) Institut für NeutronenPhysik und Reaktortechnik Kernforschungszentrum Karlsruhe, Description of the New Version 4.0 of the Tritium Model UFOTRI Including User Guide, Rapport KfK 5194.
- [4] Belot Y. (1996) *Le tritium - de l'environnement à l'homme*, Les Editions de Physique, Les Ulis, France.

- [5] Jean F. (2002) IRSN, Comparaison de deux méthodes de calcul de l'impact dosimétrique de rejets accidentels de tritium, Note Technique SEGR/SAER 02-59.