

# MÉTA-ANALYSE DE DONNÉES DE CONTAMINATION EN $^{137}\text{Cs}$ DES PRODUITS FORESTIERS

Philippe CALMON, Marc-André GONZE

IRSN

CEA CADARACHE – Bat 153 – 13115 Saint Paul-lès-Durance cedex

[philippe.calmon@irsn.fr](mailto:philippe.calmon@irsn.fr)

## Méthodologie

Depuis la découverte de l'énergie nucléaire, plusieurs événements ont été à l'origine de dépôts conséquents de radionucléides dans l'environnement, à l'échelle d'un pays ou de plusieurs, voire du monde entier. Ce sont les retombées des tirs d'essais aériens d'armes nucléaires, dont le maximum des dépôts a été atteint dans les années 1960 ; l'accident de Kysthym en Russie, en septembre 1957 ; l'accident de Tchernobyl le 26 avril 1986 et celui de Fukushima le 11 mars 2011. La modélisation des transferts au sein des écosystèmes forestiers est réalisée avec le modèle IRSN TREE4, qu'il est essentiel d'alimenter avec divers types de données.

Une revue bibliographique des publications faisant état des concentrations mesurées, suite à ces dépôts, dans l'environnement, et en particulier dans le bois, les champignons, les baies et le gibier, a été entreprise. Afin de comparer toutes ces données entre elles, il est nécessaire de s'affranchir des valeurs différentes de dépôt. Une solution est de « normaliser » toutes les concentrations par le dépôt associé et ainsi déterminer des facteurs de transfert agrégés ( $T_{ag}$  en  $\text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$ ). Ceci n'est possible que si les auteurs, qui ont mesuré les activités dans les produits forestiers, rapportent également les activités dans le sol ou donnent des informations sur les dépôts. Dans le cas où ces données seraient absentes, si la localisation des mesures est renseignée précisément, il est possible de les déterminer, à l'aide de cartes de dépôt réalisées et publiées, suite aux retombées des tirs ou à l'accident de Tchernobyl. Une fois cette normalisation effectuée, il demeure une variabilité inhérente à des données issues de pays soumis à des climats différents et avec des types de sols différents. Cette variabilité ne peut être réduite. Toutefois, certains sols de type hydromorphique (tourbières), lorsque cette information est renseignée, ont été volontairement écartés, car à l'origine de transferts plus élevés et générant une variabilité encore plus importante.

Un autre objectif de ce travail est de constituer des  $T_{ag}$  dynamiques, c'est-à-dire indexés par un délai après le dépôt. En effet, les transferts augmentent généralement ou sont à leur maximum juste après les dépôts, puis atteignent peu à peu un équilibre à moyen ou long terme, voire décroissent. Il est donc pertinent d'utiliser un  $T_{ag}$  dynamique qui évoluera au cours du délai après le dépôt, ce qui caractérise mieux la situation réelle. C'est tout l'intérêt de profiter des données issues des tirs, de Tchernobyl, ou de Fukushima, à des échelles de temps différentes.

Une base de données sous format Excel a été constituée, permettant de disposer facilement d'une visualisation graphique. Au total, plus de 4500 données ont été enregistrées, provenant de plus de 135 publications parues entre 1987 et 2020. Ces données se répartissent en plus de 250  $T_{ag}$  pour le bois (conifères et feuillus), plus de 2000  $T_{ag}$  pour les champignons, plus de 150  $T_{ag}$  pour les baies et plus de 2000  $T_{ag}$  pour plusieurs espèces de gibier.

La très grande majorité des données publiées concerne le césium 137. Toutefois, quelques données ont été collectées sur d'autres radionucléides. Ainsi, 20 données d'activités en Ru 103 et Ag 110m sont rapportées par deux auteurs pour des champignons récoltés en Italie, Slovénie et Autriche, suite à l'accident de Tchernobyl. Un auteur a fait état de mesures en

Pu 239+240 et en Am 241 pour deux baies récoltées en Finlande, suite aux dépôts des tirs. Enfin, une quarantaine de mesures de strontium 90, provenant de 9 auteurs, ont été enregistrées. Elles concernent très majoritairement du bois et quelques gibiers, quelques baies. L'origine de chacune des activités dans ces produits est différente : les tirs, l'accident de Kysthym, celui de Tchernobyl. Ces données, en petit nombre et de qualité moyenne, sont assez difficiles à utiliser et interpréter.

## Résultats

Ne seront présentés que les résultats obtenus pour les césiums 134 et 137.

Les  $T_{ag}$  pour le bois montrent une certaine homogénéité de transfert entre différentes espèces de conifères et différentes espèces de feuillus, mais des différences entre ces deux familles.

Les  $T_{ag}$  pour les champignons, toutes espèces confondues, illustrent l'importante variabilité des transferts du césium dans les différentes espèces sur plus de 4 ordres de grandeur. Il est possible de réduire cette variabilité par différents moyens. Tout d'abord, il est possible de classer les champignons selon leur mode de nutrition, soit saprophyte (qui se nourrit à partir de débris végétaux, dans l'humus, dans la litière ou sur le bois), soit symbiotique ou mycorhizien (qui se nourrit à partir de relations de symbiose avec les racines des arbres). Il est possible de classer les champignons selon la profondeur de l'horizon mycélien (racinaire), ce qui est en lien avec la classification précédente (saprophyte/symbiotique). Cette classification n'a pas été entreprise dans ce travail, car elle réclame d'identifier précisément les horizons de sol dans un modèle, ce qui exige que le modèle soit adapté à un cas d'étude précis, ce qui n'est pas l'objectif du modèle TREE4, qui se veut plus simple, plus robuste et ne nécessitant que peu de données de caractérisation du lieu d'étude. La classification des champignons est basée sur des caractéristiques morphologiques et non physiologiques. Par exemple, dans certaines familles ou genres, toutes les espèces ne présentent pas le même mode de nutrition, si bien que le regroupement par familles ou genres ne permet pas de réduire la variabilité. Certaines espèces, à l'intérieur d'une même famille ou genre, voire de familles ou de genres différents, peuvent être regroupées et montrer des transferts du césium assez similaires.

Concernant les baies, il est utile de distinguer les espèces, toutefois la variabilité rencontrée est bien plus faible que celle observée chez les champignons.

Enfin, pour le gibier, il est possible de regrouper certaines espèces qui présentent des caractéristiques alimentaires proches. En effet, c'est le régime alimentaire de ces animaux qui régit les transferts du césium et par conséquent, la contamination des animaux. Des animaux, tels que le renne, le chevreuil et le sanglier présentent une saisonnalité marquée, car ils changent de régime alimentaire selon les saisons et en fonction de la disponibilité de la nourriture présente. Ils présentent ainsi des niveaux de contamination différents selon la période de l'année.

## Conclusion

Ce travail bibliographique de recherche de données est essentiel pour nourrir les modèles et permettre leur validation. Il est particulièrement intéressant de constater que les conditions climatiques, les types de sols, et tout un catalogue de caractéristiques génèrent une variabilité, mais n'empêchent pas de pouvoir déterminer des grandes tendances comportementales de transfert du césium, selon que l'on arrive à grouper différentes espèces d'arbres, de champignons, de baies ou de gibiers.