

Le tritium dans la matière organique des végétaux

La distribution du tritium dans la nature résulte principalement de sa production naturelle par les rayons cosmiques et des conséquences des essais nucléaires des années 1953 à 1964. Cependant, à l'échelle locale, un accroissement des niveaux de concentration du tritium peut être imputé aux activités industrielles du secteur nucléaire. Une partie de l'eau tritiée (HTO) contenue dans les tissus foliaires des végétaux est convertie en tritium organiquement lié (OBT : Organically Bound Tritium), principalement à l'issue du processus de photosynthèse. La concentration en OBT dans les plantes peut être estimée en utilisant le coefficient de transfert d'HTO en OBT, lorsque celui-ci est connu. L'objectif du programme de recherche développé depuis 2004 est d'accéder à une connaissance plus optimale de l'ensemble des facteurs de transfert qui régissent les équilibres entre le tritium dans l'air et la plante.

L. Vichot • Y. Losset CEA - Valduc

Le tritium dit « organique » et son intérêt pour l'étude des écosystèmes

Pour bien comprendre le véritable intérêt du tritium lié, il convient de définir les différentes formes du tritium présentes dans la matière végétale que sont :

- > le tritium présent sous forme de molécules HTO dans l'eau libre de l'échantillon. Compte tenu des cinétiques d'échanges rapides entre l'air et l'eau de la plante, il est représentatif de la concentration en tritium dans l'environnement au moment du prélèvement ;
- > le tritium organique échangeable, substitué à des atomes d'hydrogène liés à des atomes de la matière organique autres que des atomes de carbone (azote, oxygène, soufre...);
- > le tritium organique non échangeable substitué à des atomes d'hydrogène liés à des atomes de carbone de la matière organique. Le tritium incorporé au squelette hydrogène-carboné de la matière organique demeure

sous cette forme jusqu'à la destruction du végétal. Il constitue alors un formidable marqueur [1].

Les applications

Le tritium organique comme marqueur du passé

L'analyse du tritium non échangeable accumulé dans la matière organique des végétaux permet ainsi de reconstituer l'historique des niveaux de tritium dans un environnement donné.

Pour exemple, la **figure 1** présente les résultats de mesures du tritium lié dans les cernes d'un chêne situé à 1 km de la principale source de rejet tritium du Centre CEA de Valduc.

La corrélation entre l'activité OBT dans les cernes d'arbres et les rejets est très marquée. L'augmentation de l'activité du tritium dans les cernes est conjointe à l'augmentation de l'activité tritium de 1969, date du début des activités sur le Centre, et ce, jusqu'en 1975. À partir de

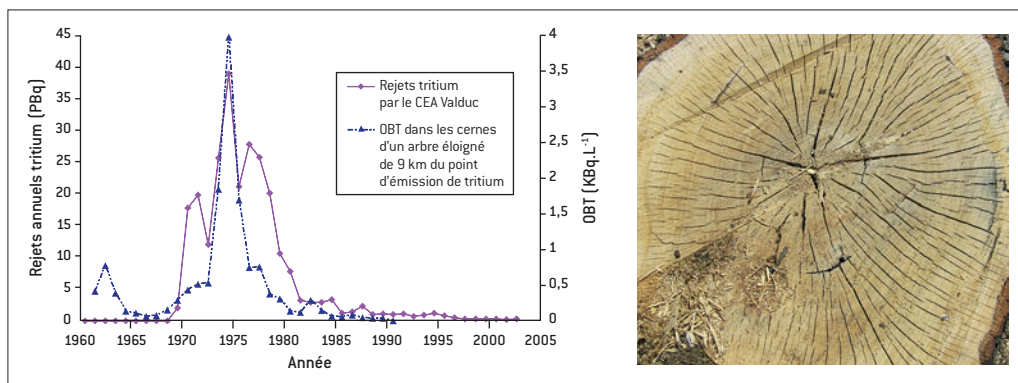


Figure 1. Mesure de l'OBT dans les cernes d'arbres.

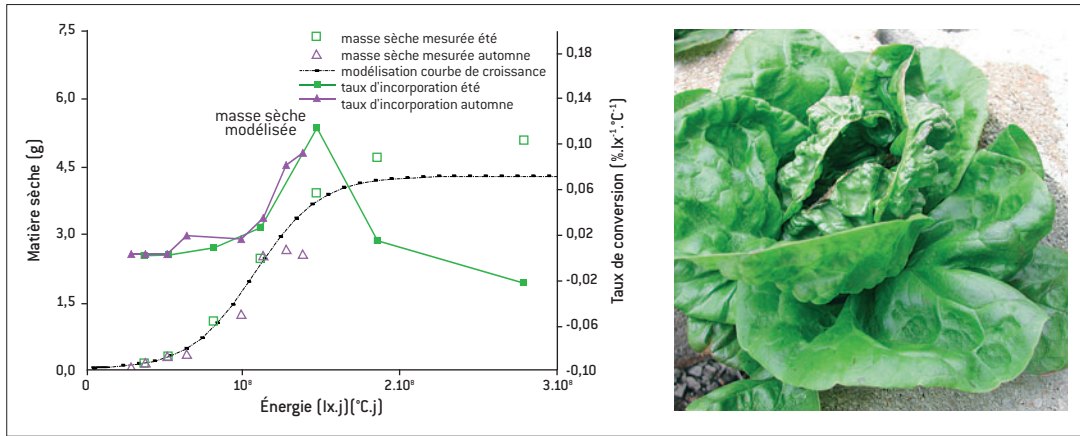


Figure 2. Mesure de l'OBT dans les salades de type feuille de chêne.

1975, la mise en boîte à gants des procédés, l'adjonction successive de plusieurs unités de piégeage du tritium, a conduit à diminuer de manière drastique (facteur 100) les rejets et par conséquent le niveau du tritium lié dans les végétaux avoisinants.

Par ailleurs, la finesse et la pertinence de la technique analytique du tritium lié peuvent être mises en exergue au regard des années antérieures à 1969. En l'absence de toute activité industrielle, l'accroissement du niveau de tritium est très probablement la signature des premiers essais nucléaires menés durant cette période, phénomène déjà relaté par un grand nombre d'auteurs [2].

Tritium organique et produits agro-alimentaires

Si l'on cherche à déterminer l'impact dosimétrique de la consommation alimentaire d'un produit, alors il faut connaître la valeur des activités de chacune des différentes formes du tritium définies précédemment, et en particulier celle du tritium lié. Habituellement, le modèle de croissance des salades peut être décrit selon (1) :

$$M_t = \frac{K}{1 + \left[\frac{K - M_0}{M_0} \right] x e^{-rt}} \quad (1)$$

où M_0 est la masse de salade au temps $t = 0$ (en g), M_t la masse de salade au temps t (en g), r le taux intrinsèque d'accroissement naturel (en g/(g.jour)), K la masse maximale de la salade (en g), et E l'équivalent d'énergie fonction de la température et du flux lumineux (lx.°C.j²).

La figure 2 illustre la courbe de croissance décrite par ce modèle comparativement aux données expérimentales obtenues ainsi que le taux de conversion de HTO en OBT défini selon (2) :

$$\frac{dC_{OBT}}{dE} = v \cdot C_{HTO} \quad (2)$$

où C_{OBT} est la concentration en OBT dans la plante (en Bq/L d'eau de combustion), v le taux de conversion de l'eau dans les feuilles en OBT dans les différentes parties

de la plante, (% h⁻¹ ou encore en % lx⁻¹ °C⁻¹), et C_{HTO} la concentration de l'eau libre dans les feuilles (en Bq/L).

La figure 2 montre que l'évolution du taux de conversion est très intimement liée aux périodes de croissance du végétal. Par ailleurs, la connaissance de ce facteur de transfert nous permet d'accéder au coefficient de dose par ingestion. Pour exemple, dans le cas le plus pessimiste (pour les personnes à proximité immédiate et dont la consommation de salade provient à 70% de sa propre culture, considérant une consommation équivalente à 50 g/jour toute l'année), et en prenant la valeur du taux de conversion la plus élevée, ainsi que les coefficients de dose en vigueur ($4,2 \times 10^{-11}$ Sv.Bq⁻¹ pour l'OBT), la dose annuelle est de 2 µSv/an, soit 1 000 fois plus que la dose induite par la radioactivité naturelle en France.

Conclusion

Nous avons démontré que le tritium lié peut être un formidable marqueur du passé et que la technique permet un niveau de précision équivalent au marquage de l'environnement par les premiers essais nucléaires il y a 50 ans.

Devant l'avènement de nouvelles technologies pour l'énergie comme la fusion thermonucléaire, attendu que le tritium participe au cycle de l'hydrogène dans l'environnement naturel et peut ainsi être présent dans toutes les molécules hydrogénées des plantes et denrées alimentaires qui en dérivent, nos travaux de recherche s'inscrivent dans la parfaite nécessité de maîtriser sa migration et son impact dosimétrique à l'homme. Nos résultats montrent que cet impact reste limité.

RÉFÉRENCES

- [1] C. BOYER, L. VICHOT, M. FROMM, Y. LOSSET, F. TATIN-FROUX, P. GUÉTAT, P.M. BADOT, "Tritium in plants: a review of the current knowledge", *Environmental and Experimental Botany*, **67**(1), p. 34-51 [2009].
- [2] S. STARK, P.J. STATHAM, R. STANLEY, W.J. JENKINS, "Using tree ring cellulose as a tool to estimate past tritium inputs to the ocean", *Earth and Planetary Science Letters*, **237**, p. 314-353 [2005].