

## Note d'information

# Généralités sur les niveaux d'activité en tritium observés en France et sur les techniques de prélèvement et de mesure utilisées par l'IRSN dans le cadre de la surveillance de l'environnement du site de 2M Process à Saint-Maur-des-Fossés

A la suite de manipulations effectuées avec un équipement mis à sa disposition par le CEA contenant par erreur du tritium, le bâtiment de la société 2M Process à Saint-Maur (94) a été contaminé avec, pour conséquence, une émission de tritium dans l'environnement proche de ce bâtiment. A la demande de l'ASN, l'IRSN réalise depuis le 5 novembre 2010 des mesures de tritium sur des échantillons d'eau, d'air et de végétaux prélevés dans l'environnement de l'entreprise, afin de connaître l'ampleur et l'étendue du marquage environnemental par le tritium et de suivre son évolution au cours du temps.

Afin d'aider à l'interprétation des résultats de cette surveillance, régulièrement publiés par l'IRSN, cette note d'information fournit des indications générales sur le tritium et les niveaux d'activité habituellement observés en France, ainsi que sur les techniques de prélèvement et de mesure utilisées par l'IRSN dans le cadre de la surveillance de l'environnement du site de 2M Process.

### 1) Le tritium dans notre environnement

Le tritium, isotope radioactif de l'hydrogène, a des propriétés physico-chimiques semblables aux autres isotopes stables de cet élément. Il est présent naturellement dans l'environnement en faibles quantités car il est produit en permanence par l'interaction entre les rayonnements cosmiques et l'atmosphère. Il est aussi produit par les réactions de fission dans les réacteurs nucléaires. Il est très mobile et difficile à confiner, par exemple à l'intérieur d'un bâtiment. Il se substitue facilement aux atomes d'hydrogène des molécules d'eau pour former de la vapeur d'eau (ou de l'eau liquide) dite « tritiée ». Dès lors, il suit le cycle de l'eau et il est facilement absorbé par les organismes vivants (plantes, animaux, homme) grâce aux différents processus biologiques (photosynthèse, ingestion, respiration,...). En particulier les feuilles de végétaux, où s'effectuent la respiration foliaire et la photosynthèse, constituent un indicateur biologique pertinent pour quantifier une contamination de l'air ambiant par du tritium.

Le tritium, émetteur de rayonnement bêta de faible énergie, a une radiotoxicité modérée par rapport à d'autres radionucléides comme par exemple l'iode radioactif utilisé en médecine nucléaire. Les évaluations effectuées par l'IRSN pour les riverains immédiats du site de 2M Process, à partir de mesures de tritium dans leurs urines, conduisent à des estimations dosimétriques extrêmement faibles, sans conséquence pour leur santé. A titre de comparaison, ces doses sont au maximum du même ordre de grandeur que celles résultant d'une radiographie pulmonaire, ou d'un voyage court-courrier en avion.



## 2) Valeurs repères de concentration en tritium dans les différents compartiments de l'environnement en France

Depuis de nombreuses années, l'IRSN étudie et surveille les niveaux d'activité en tritium sur le territoire français, dans le cadre de sa mission de veille permanente de la radioactivité de l'environnement.

### *Le tritium dans l'air, l'eau de pluie, les eaux de surface et les végétaux terrestres*

Les niveaux habituellement observés sont :

- dans l'air  : de 0,01 à 0,05 Bq/m<sup>3</sup> à l'écart de toute source d'émission de tritium ; entre 0,5 et quelques Bq/m<sup>3</sup> dans l'environnement proche de sites nucléaires autorisés à rejeter du tritium dans l'atmosphère ;
- dans l'eau de pluie  : de 1 à 4 Bq/L à l'écart de toute source d'émission de tritium ; quelques Bq/L à quelques dizaines de Bq/L dans l'environnement proche de la plupart des installations nucléaires autorisés à rejeter du tritium dans l'atmosphère (notamment les centrales nucléaires d'EDF) et ponctuellement jusqu'à quelques centaines de Bq/L autour de certains sites.
- dans les eaux de surface  : en dehors de toute source d'émission de tritium : de 1 Bq/L à quelques Bq/L ; à proximité des sites nucléaires autorisés à rejeter du tritium de quelques Bq/L à plusieurs dizaines de Bq/L en aval des centrales nucléaires, et de quelques dizaines à quelques centaines de Bq/L autour des certaines installations (centres CEA de Marcoule et Valduc, site Areva NC de la Hague).
- dans les végétaux terrestres  : en dehors de toute source d'émission de tritium : de 1 à quelques Bq/kg frais et dans l'environnement proche des sites nucléaires autorisés à rejeter du tritium dans l'atmosphère de l'ordre de quelques Bq/kg frais, à plusieurs centaines de Bq/kg frais ponctuellement autour des centres CEA de Valduc et Marcoule.

### *Le tritium dans les eaux destinées à la consommation humaine (eaux potables)*

Le code de la santé publique fixe une référence de qualité de 100 Bq/L pour le tritium ; cette référence de qualité ne représente pas une limite sanitaire mais un seuil qui, lorsqu'il est dépassé, entraîne une investigation complémentaire pour caractériser la radioactivité de l'eau.

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) recommande (1) une valeur guide de 10 000 Bq/L pour le tritium dans l'eau de boisson, à considérer en cas de consommation permanente de l'eau (730 L/an pour un adulte).

### *Le tritium dans les denrées humaines*

A titre indicatif, le Codex Alimentarius <sup>(2)</sup> fixe une limite indicative de 10 000 Bq/kg pour le tritium lié à la matière organique dans les denrées alimentaires, au-delà de laquelle les produits ne devraient pas être acceptés dans le commerce international après un rejet radioactif accidentel.

---

<sup>1</sup> Guidelines for Drinking-water Quality - 2008

<sup>2</sup> La commission du Codex alimentarius a été créée en 1963 par la FAO (Organisation pour l'alimentation et l'agriculture) et l'OMS (Organisation mondiale de la santé) afin d'élaborer des normes alimentaires, des lignes directrices et d'autres textes, dans le but principale d'assurer la protection de la santé des consommateurs

### 3) Méthodologie d'échantillonnage du tritium dans l'environnement du bâtiment de 2M Process

#### ECHANTILLONNAGE DANS L'AIR

Depuis le 8 novembre 2010, l'IRSN a réalisé plusieurs campagnes de prélèvement du tritium dans l'air à l'aide de deux types d'équipements différents (barboteur et dispositif PREVAIR) installés dans la cour du bâtiment de 2M Process.

Le barboteur (Fig. 1) piège le tritium de l'air dans des flacons d'eau (biberons) en réalisant un prélèvement continu de l'air sur une période longue (quelques jours). Le prélèvement par barboteur donne une indication sur l'activité moyenne du tritium dans l'air au cours de la période de prélèvement. Le dispositif employé par l'IRSN permet de prélever séparément le tritium sous forme de vapeur d'eau tritiée (HTO) et le tritium sous d'autres formes gazeuses (hydrogène HT ou méthane tritié CTH<sub>3</sub> notamment) piégées spécifiquement par le barboteur après oxydation catalytique.



Figure 1- barboteur Marc7000 à 4 pots (marque SDEC) disposé dans la cour de 2M-Process

Un dispositif de condensation de la vapeur d'eau, développé par l'IRSN en collaboration avec la Marine Nationale et la société SDEC, (Fig. 2) permet de réaliser des prélèvements d'air sur des périodes plus courtes (moins d'une heure) et répétés à plus grande fréquence (plusieurs échantillons par campagne). Ce mode de prélèvement offre une connaissance plus fine des variations du tritium dans l'air au cours d'une journée.



Figure 2 Condenseur de vapeur d'eau H3R-7000 (marque SDEC) utilisé lors de la campagne de prélèvements

## ECHANTILLONNAGE D'EAUX DIVERSES

L'IRSN a effectué des prélèvements réguliers d'eau de pluie à l'aide d'un collecteur (fig 3) installé dans la cour du bâtiment de 2M Process, des prélèvements ponctuels d'eau de surface de divers types : des eaux stagnantes (eau de bacs à fleurs, puisard, flaques, bassin du collège Pissaro) ou des eaux circulantes (fontaine d'ornement, gouttières). A la demande du maire de Saint-Maur, l'IRSN a également effectué deux prélèvements ponctuels d'eau potable.



Figure 3 -Collecteur d'eau de pluie installé dans la cour de 2M-Process

## ECHANTILLONNAGE DE VEGETAUX

Les feuilles constituent d'excellents indicateurs biologiques car les échanges avec le tritium présent dans l'air (molécules d'eau tritiée) sont permanents (respiration foliaire et photosynthèse) et permettent de suivre la dynamique d'évolution du tritium dans l'air au cours des jours qui précèdent le prélèvement.



Figure 4 -Prélèvement de lierre dans la cour de 2M-Process

Au début du mois de novembre divers végétaux ont été échantillonnés dans le quartier (lierre, tilleul, laurier, bambou, ortie, bananier, glycine, mousse terrestre, pissenlit, vigne d'ornement). A la lumière des premiers résultats obtenus et compte tenu de l'ubiquité du laurier et du lierre dans la zone d'échantillonnage, les campagnes suivantes de prélèvements ont porté principalement sur ces deux espèces végétales. Des orties poussant à quelques mètres de la porte d'entrée du local de 2M Process ont également été prélevées régulièrement, en raison de leur contamination parmi les plus élevées constatées dans

l'environnement et pour assurer une surveillance de proximité lors des opérations d'assainissement des locaux de l'entreprise.

Compte tenu du fait que le tamis moléculaire contaminé est arrivé sur le site de 2M Process en avril 2010, l'IRSN a privilégié les prélèvements de pousses de l'année (partie apicale des végétaux) qui sont les plus sensibles à une pollution atmosphérique récente.

Les échantillons prélevés ont été analysés en utilisant un procédé de combustion totale (voir § 4) qui permet de quantifier l'activité totale du tritium, c'est à-dire aussi bien le tritium présent dans l'eau de l'échantillon que celui lié à la matière organique.

#### 4) Méthode de traitement et d'analyse du tritium des échantillons végétaux prélevés à St-Maur

Un prélèvement (prise d'essai) de l'ordre de 0,2 à 0,5 g de l'échantillon de feuilles à analyser est mis à brûler dans la chambre de combustion d'un appareil de type « oxydiser » (fig 5), comme préconisé dans l'annexe A de la norme NF M60 812-2. La prise d'essai donne lieu à une pesée de haute précision avant la combustion. Dans le cas des échantillons de feuilles prélevées à Saint-Maur, la prise d'essai se fait sur les échantillons à l'état frais, sans déshydratation préalable, afin de réduire le délai d'obtention des résultats de mesure.

La combustion de cette prise d'essai à 900°C sous oxygène produit, entre autres, de la vapeur d'eau tritiée, récupérée par condensation. L'eau tritiée ainsi obtenue contient la totalité du tritium initialement contenu dans la prise d'essai, que celui soit sous forme d'eau tritiée dans le végétal ou lié à la matière organique. Le mélange de cette eau de condensation avec du liquide scintillant se fait automatiquement dans un flacon. Les flacons ainsi préparés sont ensuite mesurés par scintillation liquide selon la norme NF M 60-802-1. Le résultat de cette mesure d'activité en tritium, rapporté à la masse de la prise d'essai mise à brûler, permet de déterminer l'activité massique du tritium contenu dans l'échantillon de feuilles analysé, exprimée en becquerels par kilogramme frais (Bq/kg frais).

Les limites de détection obtenues par cette méthode, pour un temps de comptage d'environ 15 heures, sont de l'ordre de quelques dizaines de Bq/kg frais.

Afin de garantir la qualité des résultats de mesure, notamment en évitant des contaminations croisées entre échantillons, plusieurs combustions « à blanc » (c'est-à-dire avec des échantillons dépourvus de tritium) doivent être réalisées entre deux analyses d'échantillons de végétaux. L'ensemble des conditions à respecter pour ce type de mesure entraîne ainsi un délai de plusieurs jours avant l'obtention de tous les résultats de mesure de tritium dans les végétaux récoltés lors de chaque campagne de prélèvement.



Figure 5 -Dispositif « oxydiser » pour la combustion des échantillons solides et la récupération du tritium avant analyse

En ce qui concerne la mesure des échantillons d'eau, le liquide scintillant est directement ajouté à un aliquote du prélèvement et mis en comptage environ 17 heures.