

Note d'information

Synthèse des résultats des mesures de tritium effectuées par l'IRSN du 5 novembre au 14 décembre dans l'environnement du bâtiment de l'entreprise 2M-Process à Saint-Maur-des-Fossés (94)

Cette note d'information est une mise à jour des notes précédentes publiées par l'IRSN. Elle intègre les nouveaux résultats de mesure de tritium dans l'environnement, concernant les prélèvements du 7 et du 14 décembre.

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.

Les résultats publiés par l'IRSN dans les notes d'information précédentes ont montré l'existence d'une forte contamination des locaux de l'entreprise et un net marquage des échantillons prélevés dans l'environnement proche (à quelques mètres) du bâtiment de l'entreprise, ainsi que la présence significative de tritium dans les feuilles de végétaux et les eaux superficielles dans un rayon d'une cinquantaine de mètres autour du bâtiment de 2M Process, mais diminuant rapidement avec la distance d'éloignement du site. Après avoir retiré les éléments les plus contaminés entre le 9 et le 10 novembre, le CEA a engagé depuis fin novembre des travaux d'assainissement des locaux de 2M Process, sous le contrôle de l'Autorité de sûreté nucléaire et du préfet du Val-de-Marne.

Le tritium

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.

La présente note fournit une synthèse de l'ensemble des résultats obtenus dans l'environnement depuis le 5 novembre, en présentant en particulier les nouveaux résultats obtenus depuis la dernière note d'information publiée le 9 décembre.

1) Tritium dans l'air extérieur et l'eau de pluie au voisinage immédiat du bâtiment de 2M Process

• Mesure du tritium dans l'air de la cour de 2M Process :

Depuis le 8 novembre, l'IRSN réalise des mesures de tritium dans l'air ambiant à l'aide de dispositifs de prélèvement d'air installés dans la cour de 2M Process, à une dizaine de mètres du bâtiment. Les prélèvements ont été réalisés à l'aide de deux types de dispositifs :

- un barboteur, piégeant le tritium de l'air dans des flacons d'eau, permet de réaliser un prélèvement continu de l'air sur une période suffisamment longue (quelques jours) et donne une indication sur l'activité moyenne du tritium dans l'air au cours de la période de prélèvement ;
- le dispositif PREVAIR de l'IRSN, mis en œuvre entre le 24 novembre et le 3 décembre, afin de réaliser des prélèvements d'air sur des durées plus courtes (moins d'une heure) et répétés à plus grandes fréquences (plusieurs échantillons par campagne). Ce mode de prélèvement permet une connaissance plus précise des variations du tritium dans l'air.

Le tableau suivant présente les résultats de mesure du tritium dans l'air obtenus par l'IRSN à partir des prélèvements effectués par ces deux types de dispositifs.

Activité volumique du tritium sous forme de vapeur d'eau dans l'air prélevé dans la cour de 2M Process, entre le 8 novembre et le 14 décembre

Type de prélèvement	Période de prélèvement	Activité du tritium dans l'air sous forme de vapeur d'eau, en Bq/m ³ d'air prélevé
Barboteur	Du 8 au 11 novembre	25 Bq/m ³ (moyenne)
Barboteur	Du 11 au 18 novembre	115 Bq/m ³ (moyenne)
PREVAIR	Les 24 et 25 novembre	Entre 0,4 et 3,3 Bq/m ³ (8 mesures ponctuelles)
PREVAIR	Les 29-30 novembre et le 1 ^{er} décembre	Entre 1,7 et 37,4 Bq/m ³ (6 mesures ponctuelles)
Barboteur	Du 30 novembre au 3 décembre	11 Bq/m ³ (moyenne)
Barboteur	Du 3 décembre au 7 décembre	7,3 Bq/m ³ (moyenne)
Barboteur	Du 7 décembre au 14 décembre	11,4 Bq/m ³ (moyenne)

Remarque : l'IRSN a également mesuré les autres formes gazeuses du tritium (hydrogène HT ou méthane tritié CTH₃ notamment) piégées spécifiquement par le barboteur après oxydation catalytique. Les concentrations mesurées sont de quelques becquerels par mètre cube d'air (2,7 Bq/m³ le 7 décembre et 0,3 Bq/m³ le 14 décembre), confirmant ainsi que la forme majoritaire de tritium dans l'air est à l'état de vapeur d'eau tritiée (HTO).

Les derniers résultats de mesure obtenus pour la période du 3 au 14 décembre sont comparables à ceux observés au cours de la semaine précédente (de l'ordre d'une dizaine de Bq/m³). Bien que ces résultats soient plus faibles que ceux obtenus au cours de la première quinzaine de novembre (plusieurs dizaines de Bq/m³), les variations des activités mesurées ne permettent pas encore d'affirmer une tendance durable à la baisse. Ces résultats témoignent de la persistance de l'émission de tritium par le bâtiment de 2M Process. A l'intérieur des locaux, les résultats de mesures communiqués par le CEA, en

charge de l'assainissement, montrent toujours la présence de tritium dans l'air ambiant en baisse d'environ un facteur 5 entre mi-novembre et début décembre (entre 65 000 Bq/m³ et 160 000 Bq/m³ le 14 novembre ; entre 13 100 Bq/m³ et 27 100 Bq/m³ entre le 3 décembre et le 6 décembre).

• **Mesure du tritium dans l'eau de pluie prélevée dans la cour de 2M Process :**

L'IRSN a également réalisé deux nouvelles mesures de tritium dans l'eau de pluie collectée les 7 et 14 décembre à l'aide de collecteurs installés dans la cour du bâtiment de 2M Process. Les résultats obtenus pour les 2 échantillons sont de 276 et de 227 Bq/L, comparables à ceux des périodes précédentes, compris entre 48 et 631 Bq/L ([voir cartes de restitution des eaux de pluie et de surface](#)).

Le tritium dans l'air et l'eau de pluie : quelques valeurs repères dans l'environnement

Depuis de nombreuses années, l'IRSN étudie et surveille l'activité du tritium dans l'air et l'eau de pluie sur le territoire français, dans le cadre de sa mission de veille permanente de la radioactivité de l'environnement. Les niveaux habituellement observés dans l'environnement français sont :

- dans l'air : de 0,01 à 0,05 Bq/m³ à l'écart de toute source d'émission de tritium ; entre 0,5 et quelques Bq/m³ 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.

2) Tritium dans les eaux de surface à l'extérieur du site

En dehors des eaux de pluie évoquées précédemment, des prélèvements d'eau de surface (en contact prolongé avec l'air ambiant) ont été effectués au cours des campagnes successives de l'IRSN. Les résultats de mesure de tritium dans les échantillons sont présentés sur les [cartes jointes](#). Ils appellent les commentaires suivants :

- au plus près du bâtiment de 2M Process, les résultats obtenus dans les eaux stagnantes (eau de bacs à fleurs, puisard) prélevées le 5 novembre étaient compris entre 600 et 1600 Bq/L. Ces valeurs ne correspondent pas uniquement à l'activité initiale de l'eau de pluie à l'origine de ces eaux stagnantes, mais traduisent également les échanges permanents avec le tritium de l'air ambiant au cours des jours précédant le prélèvement. Les résultats des prélèvements d'eau de flaques (eau de pluie récente) effectués le 8 novembre montrent des activités en tritium plus faibles et une diminution très sensible en fonction de l'éloignement du bâtiment de 2M Process ;
- l'eau de fontaine d'ornement, prélevée dans la zone des 50 mètres, présente des activités volumiques en tritium de l'ordre d'une centaine de Bq/L. Compte tenu de la distance séparant cette fontaine du site de 2M Process, l'activité en tritium de cette eau apparaît plus élevée que celle mesurée dans les eaux stagnantes les semaines précédentes. Ceci s'explique par la recirculation permanente de l'eau des fontaines, phénomène favorisant les échanges de tritium avec l'air ambiant. Entre le 18 novembre et le 14 décembre, l'activité en tritium dans ces eaux varie faiblement et reste globalement stable ;

- les eaux prélevées depuis le 25 novembre dans le bassin du collège Pissaro, au droit de la rue Parmentier, ont une activité en tritium voisine de 10 Bq/L, proche de la limite de détection des appareils de mesure utilisés. Cette valeur traduit très certainement une influence du tritium rejeté par le site de 2M Process, mais elle est beaucoup plus faible que celles observées dans les eaux de surface à moins d'une cinquantaine de mètres du site. Les résultats obtenus sur les échantillons prélevés les 7 et 14 décembre (respectivement 10,6 et 7,9 Bq/L) montrent que l'activité en tritium de l'eau de ce bassin est stable depuis le 25 novembre et proche des niveaux habituellement observés dans les eaux de surface non soumises à l'influence d'une activité nucléaire.

L'ensemble de ces observations sur les eaux de surface montre un marquage en tritium résultant des rejets atmosphériques provenant du bâtiment de 2M Process, dont l'importance diminue rapidement en s'éloignant de la source de pollution. Ce constat s'explique par le comportement du tritium dans l'air, dont l'activité tend à diminuer sous l'effet de la dispersion atmosphérique. On peut considérer que le bruit de fond naturel du tritium dans l'eau de surface stagnante est pratiquement atteint au-delà de 200 m du point de rejet.

Le tritium dans les eaux de surface en France

Les niveaux habituellement observés dans les eaux de surface en France sont :

- 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 :
 - o de quelques Bq/L à plusieurs dizaines de Bq/L dans les cours d'eau, en aval des centrales nucléaires,
 - o 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).

Pour 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).

3) Contrôle de la qualité de l'eau potable distribuée à Saint-Maur

A la demande du maire de Saint-Maur, l'IRSN a effectué, le 24 novembre, deux prélèvements d'eau potable sur la commune : l'un au niveau du réservoir de l'usine de traitement d'eau de Saint-Maur ; l'autre en sortie de robinet dans la zone des 50 mètres autour de 2M Process. Les analyses visant à rechercher du tritium dans ces deux échantillons ont été effectuées par l'IRSN selon la méthode habituellement utilisée pour les

¹ Guidelines for Drinking-water Quality - 2008

contrôles réglementaires des eaux potables. Les résultats ne mettent pas en évidence de présence de tritium⁽²⁾.

Par ailleurs, dans le cadre des contrôles périodiques de la qualité radiologique des eaux destinées à la consommation humaine, prescrits par le code de la santé publique, une mesure de tritium a été réalisée le 25 août 2010 sur un échantillon d'eau potable de Saint-Maur. A cette date, la contamination du tamis moléculaire présent dans les locaux de 2M Process n'avait pas encore été découverte. Le résultat de cette mesure, publié sur le site internet du ministère de la santé⁽³⁾, n'indique aucune présence de tritium (limite de détection de 6 Bq/L).

Compte tenu de ces résultats et de la distance séparant l'usine de traitement des eaux potables de Saint-Maur du site de 2M Process, il n'y a pas lieu de renouveler de telles mesures.

4) Tritium dans les végétaux sur le site de 2M Process et dans son environnement

Des prélèvements de végétaux (principalement des feuilles de lierre à l'extrémité des tiges, mais aussi de laurier, de bambou...) ont été effectués par l'IRSN au cours des campagnes successives. Les échantillons ont été analysés en utilisant un procédé de combustion totale (voir en annexe) 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.

Les résultats de mesure du tritium total dans ces échantillons sont fournis sur les [cartes jointes](#) permettant de suivre l'évolution spatiale et temporelle du marquage par le tritium. Les feuilles constituent d'excellents indicateurs biologiques car les échanges avec le tritium présent dans l'air (molécules d'eau tritiée) sont permanents et permettent de suivre la dynamique d'évolution du tritium dans l'air au cours des jours qui précèdent le prélèvement. L'examen des résultats de mesures obtenus depuis le 5 novembre, et en particulier ceux des dernières campagnes de prélèvements des 7 et 14 décembre appelle les commentaires suivants :

- les concentrations en tritium les plus élevées sont observées dans les feuilles de végétaux prélevées à moins d'une dizaine de mètres du bâtiment (plusieurs milliers de Bq/kg frais) et diminuent rapidement en s'éloignant du site, quelle que soit la direction ;
- l'activité du tritium mesurée dans les feuilles reste significative (quelques centaines de Bq/kg frais au maximum) dans un rayon d'une cinquantaine de mètres autour du bâtiment de 2M Process, et l'aire géographique de ce marquage reste sensiblement la même depuis le 5 novembre ;
- au-delà d'une cinquantaine de mètres, le niveau de tritium dans les végétaux ne dépasse pas quelques dizaines de Bq/kg frais ou se situe en-dessous des limites de détection des appareils de mesure, confirmant la rapide atténuation en s'éloignant du site de 2M Process, déjà observée pour les eaux de surface. Ainsi, comme attendu, les analyses de feuilles de lierre prélevées depuis le 25 novembre au collège Pissaro, situé à environ 200 m du site pollué, n'ont pas conduit à déceler la présence de tritium. Bien entendu, il n'est pas possible d'exclure un faible marquage de ces végétaux par du tritium, mais à un niveau trop faible pour être détecté ;
- en tendance générale, les résultats de mesure successifs semblent montrer une diminution au cours du temps de l'activité du tritium dans les feuilles, notamment si on compare les résultats du 30 novembre au 14 décembre à ceux des 5-10 novembre. Ainsi, le maximum d'activité en tritium, observé dans des orties prélevées à environ 2 mètres du bâtiment a diminué progressivement de 11 000

² Les limites de détection associées à la technique de mesure utilisée sont respectivement de 6,4 et 6,9 Bq/L pour chacun de ces deux prélèvements d'eau.

³ <http://www.sante-sports.gouv.fr/resultats-du-contrôle-sanitaire-de-la-qualité-de-l'eau-potable.html>

Bq/kg frais le 8 novembre à 2176 Bq/kg frais le 14 décembre. De même, les activités en tritium dans les végétaux prélevés jusqu'à une cinquantaine de mètres tendent à être plus faibles, de l'ordre de 200-400 Bq/kg frais sur la période du 30 novembre au 14 décembre. Cette tendance générale, qui doit être interprétée avec prudence, pourrait s'expliquer par une réduction des rejets émis par le bâtiment de 2M Process (voir paragraphe 1). Néanmoins, il n'est pas possible de conclure à ce stade et il convient de continuer les campagnes de prélèvements afin de vérifier que cette tendance à la baisse se poursuit ;

- en certains points, des variations de l'activité du tritium dans les feuilles prélevées au même endroit (de l'ordre d'un facteur deux, à la hausse ou à la baisse) peuvent être observées d'une semaine sur l'autre. Ces variations ponctuelles sont normales et traduisent l'influence des changements de conditions météorologiques ainsi que la forte mobilité du tritium dans les feuilles. Elles ne doivent pas être interprétées comme une aggravation ou une réduction de l'impact des rejets de tritium provenant du bâtiment de 2M Process.

Ainsi, les nouveaux résultats de mesure obtenus pour les échantillons de végétaux prélevés les 7 et 14 décembre confirment les constats des précédentes campagnes. En dehors de la cour attenante au bâtiment de 2M Process, les teneurs en tritium dans les végétaux varient de quelques dizaines à moins de 400 Bq/kg frais (voir dans l'encart ci-dessous la comparaison avec les valeurs habituellement observées dans les végétaux en France). Dans l'absolu, ce sont des valeurs négligeables en termes de risque radiologique pour les écosystèmes et pour la santé humaine. A titre indicatif, le Codex Alimentarius⁽⁴⁾ 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.

Le tritium dans les végétaux en France

Les niveaux habituellement observés en France dans les feuilles de végétaux terrestres sont :

- en dehors de toute source d'émission de tritium : de 1 à quelques Bq/kg frais ;
- dans l'environnement proche des sites nucléaires autorisés à rejeter du tritium dans l'atmosphère : généralement de l'ordre de quelques Bq/kg frais, à plusieurs centaines de Bq/kg frais ponctuellement autour des centres CEA de Valduc et Marcoule.

5) Conclusion

Les derniers résultats de mesure obtenus dans le cadre de la surveillance environnementale effectuée par l'IRSN autour du site 2M Process confirment les principales observations antérieures :

- le tritium dans les végétaux (feuilles) et les eaux de surface prélevés dans l'environnement est principalement mesurable à proximité immédiate du site (à une cinquantaine de mètres). Sa concentration diminue rapidement en s'éloignant du site, au point de devenir difficilement détectable par les méthodes d'analyse utilisées, au-delà d'une cinquantaine de mètres. En particulier, les mesures de tritium dans les végétaux prélevés au collège Pissaro (200 m du site) ne révèlent pas de présence de tritium et l'eau prélevé dans le bassin de ce collège ne contient que

⁴ 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

de faibles traces de tritium, proches de la limite de détection de l'appareil de mesure ;

- Les résultats de mesure du tritium des échantillons de végétaux prélevés entre le 30 novembre et le 14 décembre semblent indiquer une tendance à la baisse du tritium qu'il convient d'interpréter avec précaution. Cette tendance pourrait résulter de la baisse des rejets de tritium provenant du bâtiment de 2M Process à la suite des opérations d'assainissement conduites par le CEA au cours des dernières semaines. Néanmoins, il n'est pas encore possible d'être affirmatif sur ce point et il convient de poursuivre les campagnes de prélèvements afin de confirmer une tendance plus nette à la baisse ;
- L'eau potable distribuée par la commune de Saint-Maur n'a aucune raison d'être affectée par cet incident. De fait, les vérifications effectuées par l'IRSN à l'aide de mesures ne révèlent aucune trace de tritium ; les résultats sont conformes à ceux habituellement obtenus à Saint-Maur dans le cadre des contrôles réglementaires périodiques des eaux destinés à la consommation humaine.

L'IRSN rappelle que l'ensemble des résultats obtenus dans l'environnement, s'ils démontrent incontestablement la persistance d'un marquage environnemental provoqué par les rejets de tritium du bâtiment de 2M Process, ne sont pas de nature à remettre en cause l'évaluation des doses reçues par les riverains les plus proches du bâtiment. L'IRSN poursuivra cette surveillance afin de vérifier l'évolution favorable de l'activité du tritium au cours du temps.

Méthode de traitement et d'analyse du tritium des échantillons végétaux prélevés à Saint-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 », 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.



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