



## **COMITE SCIENTIFIQUE DE L'ANCCLI**

**Avis relatif à**

**l'incident de niveau 2 lié à la gestion d'un matériel contaminé par le tritium**

**entre octobre 2009 et novembre 2011**

*11 avril 2012*

---

## SOMMAIRE

<b>1- Rappel des faits</b>	3
<b>2- Rappel des demandes exprimées par l'ANCCLI et son Comité Scientifique</b>	3
<b>3- Analyse des réponses apportées à ces demandes par les différents acteurs</b>	4
<b>3.1- Sur les causes et les circonstances de l'événement</b>	4
<b>3.2- Sur les suites données à cette affaire au plan réglementaire</b>	4
<b>3.3- Sur les suites données à cette affaire au plan sanitaire</b>	4
3.3.1- Le suivi environnemental	5
3.3.1.1- Site de Saint-Maur-des-Fossés	5
3.3.1.2- Site de Bondoufle	6
3.3.2- L'évaluation des expositions des salariés et des populations et le suivi sanitaire	7
3.3.2.1- La reconstruction des niveaux d'exposition des salariés de <i>2MProcess</i> et des entreprises extérieures	7
3.3.2.2- La reconstruction des niveaux d'exposition des salariés des autres entreprises et des riverains	8
<b>3.4- Sur l'ensemble des mesures prises pour aider la société 2MProcess ainsi que les autres entreprises concernées (reprise d'activité, indemnisation des entreprises, ...)</b>	11
<b>4- Conclusion</b>	11
<b>Références bibliographiques</b>	12
<b>ANNEXE 1 - Saint-Maur-des-Fossés - Principaux résultats de mesures</b>	14

## 1- RAPPEL DES FAITS

Le CEA de Valduc, voulant améliorer les performances d'un appareil (optimisation en inactif du procédé de détritiation), s'est adressé à la société sous-traitante *2M-Process* (Seine-et-Marne) et lui a confié à cet effet un tamis moléculaire (un filtre). Ce tamis avait été classé neuf en 1996 suite à une erreur d'inventaire. Or il contenait de l'eau tritiée résiduelle (environ 0,01g soit 2 milliards de Bq de tritium en 2010) et se trouvait pour cette raison sur le site de Valduc entreposé en zone contrôlée. Quel que soit le mode de classement du matériel (par étiquette ou informatique), cette classification suppose une vérification avant sortie, non seulement de la zone mais du site lui-même. Or le tamis est sorti du site de Valduc sans contrôle et sans que la société *2M-Process*, qui n'est pas classée comme travaillant dans le domaine nucléaire, soit informée de sa contamination. Le tritium a contaminé les locaux de la société sous-traitante à Bondoufle et à Saint-Maur-des-Fossés, ainsi que les sites d'entreprises clientes.

C'est tout à fait fortuitement que la présence de tritium a été découverte : un salarié de *2M-Process* intervenant sur le site du CEA Valduc a été contrôlé positif au tritium à sa sortie de Valduc le 29 octobre 2010. La présence de tritium au sein de l'entreprise a été confirmée et a fait l'objet d'une information des autorités de sûreté les 3 et 4 novembre 2010.

L'appareillage à l'origine de cette contamination ayant au préalable transité par la société *Etudes et diffusion* de Bondoufle (Essonne) entre octobre 2009 et avril 2010 à des fins de réalisation de tests de fonctionnement, cette société a été également contaminée.

Cet évènement, classé par les autorités de sûreté civile et militaire au niveau 2 de l'échelle INES, témoigne de graves lacunes dans la gestion d'un matériel contaminé et soulève de nombreuses interrogations.

Dès le premier trimestre 2011, la SEIVA (Structure d'Echange et d'Information sur Valduc) interpelle le directeur du centre CEA de Valduc (SEIVA, 2011a) ainsi que le directeur général de l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) (SEIVA, 2011b). L'ANCCLI et son Comité Scientifique adressent une lettre ouverte à l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN), à l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN), au Commissariat à l'Energie Atomique (CEA), à l'Autorité de Sûreté Nucléaire de Défense (ASND) et au Haut Comité pour la Transparence et l'Information sur la Sécurité Nucléaire (HCTISN) (ANCCLI, 2011), lettre par ailleurs communiquée à l'ensemble de la presse nationale.

Réponses ont été apportées à la SEIVA (CEA, 2011 ; IRSN, 2011). L'ANCCLI a reçu réponse de l'ASND (ASND, 2011), de l'ASN (ASN, 2011) et le Comité Scientifique, de l'IRSN (IRSN, 2011g).

Après un rappel des demandes exprimées par l'ANCCLI et son Comité Scientifique (ANCCLI, 2011), il sera présenté une analyse des réponses qui ont été apportées à ces demandes par les différents acteurs.

## 2- RAPPEL DES DEMANDES EXPRIMEES PAR L'ANCCLI ET SON COMITE SCIENTIFIQUE

« (...) l'ANCCLI, et son Comité Scientifique demandent

- à être précisément informés des causes et circonstances de l'évènement, ainsi que des procédures ayant permis la sortie d'un matériel entreposé en zone rouge, sans vérification de sa contamination éventuelle,

- à être tenu informés des suites données à cette affaire, tant au plan réglementaire (procédures de sortie, marquage des appareils, suivi des prêts de matériels, contrôle du respect des STE) que sanitaire (recherche d'éventuelles contaminations, évaluation des doses engagées et de leur impact sanitaire, suivi médical éventuel des salariés et des populations riveraines),

- à être précisément informés de l'ensemble des mesures prises pour aider la société *2M-Process* sur ses sites de Bondoufle et de Saint-Maur-des-Fossés ainsi que les autres entreprises concernées (reprise d'activité, indemnisation des entreprises, ...). »

### 3- ANALYSE DES REPONSES APORTEES A CES DEMANDES PAR LES DIFFERENTS ACTEURS

#### **3.1- Sur les causes et les circonstances de l'événement, ainsi que des procédures ayant permis la sortie d'un matériel entreposé en zone rouge, sans vérification de sa contamination éventuelle.**

Comme l'indique l'ASN (ASN, 2011), cette question relève des compétences de l'Autorité de Sûreté Nucléaire de Défense, en charge du contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection intéressant la défense dont relève le Centre de Valduc.

L'ASND (2011) ne fournit aucune information sur ce point.

Selon le CEA (CEA, 2011), une erreur d'enregistrement suivie de l'utilisation d'une nouvelle base de saisie informatique ont conduit à une perte de traçabilité de l'utilisation de ce matériel en atmosphère tritium.

#### **3.2- Sur les suites données à cette affaire au plan réglementaire (procédures de sortie, marquage des appareils, suivi des prêts de matériels, contrôle du respect des STE).**

Cette question relève également des compétences de l'ASND.

Les réponses apportées à ces demandes par l'ASND (2011) :

- (a) des dispositions correctives immédiates ont été prises et validées par le DSND,
- (b) une inspection a été diligentée par les services du DSND pour identifier et analyser précisément les faits initiateurs, inspection :
  - qui a conduit ce dernier à demander un renforcement des procédures de suivi et de contrôle tant administratif que technique des matériels appelés à sortir de zone réglementée,
  - qui lui a permis de s'assurer que cet événement était unique.

Donc, une réponse lapidaire et peu informative :

- quelles sont les dispositions correctives immédiates qui ont été prises ?
- quels ont été les faits initiateurs de l'incident ?
- en quoi les procédures ont-elles été renforcées ?

L'ANCCLI et son Comité Scientifique auraient apprécié que leur soit communiquée la lettre de suite établie après l'inspection diligentée par les services de l'ASND, à l'instar de la publication de la lettre de suite de l'inspection réalisée du 8 au 11 novembre 2010 dans les locaux de la société *2M Process* et plus généralement de la stratégie de communication mise en place par l'ASN suite aux inspections qu'elle réalise dans les installations nucléaires de base. Réponse n'a pas non plus été apportée à la demande de la SEIVA concernant les actions correctives mises en œuvre (CEA, 2011).

#### **3.3- Sur les suites données à cette affaire au plan sanitaire (recherche d'éventuelles contaminations, évaluation des doses engagées et de leur impact sanitaire, suivi médical éventuel des salariés et des populations riveraines).**

Cette question comporte deux aspects essentiels : le suivi environnemental (tant à l'intérieur qu'à l'extérieur des bâtiments potentiellement contaminés) d'une part, l'évaluation de l'impact sanitaire des contaminations et le suivi des personnes exposées d'autre part.

Suite à la demande de l'ASN, l'IRSN a réalisé depuis le 5 novembre 2010 une surveillance environnementale des sites de Saint-Maur-des-Fossés et de Bondoufle, parallèlement à des analyses radiotoxicologiques et à des évaluations de l'exposition des populations concernées. En outre, et notamment en application de l'arrêté du 15 décembre 2010, le CEA procède à une surveillance environnementale du site de Saint-Maur-des-Fossés.

De nombreuses notes et supports cartographiques sont à cet égard disponibles sur le site de l'IRSN, et des rapports disponibles auprès de l'IRSN. Plusieurs d'entre eux ont été adressés au Comité Scientifique de l'ANCCLI (IRSN, 2011g) en réponse à la lettre ouverte (ANCCLI, 2011).

L'avis ci-dessous concerne donc les documents antérieurs au 9 septembre 2011.

### 3.3.1- Le suivi environnemental

#### 3.3.1.1- Site de Saint-Maur-des-Fossés (IRSN 2011 a,b,d,e,f)

##### **Objet de la surveillance**

- air intérieur des locaux ;
- air extérieur aux abords immédiats des locaux (à 10m) ;
- eau de pluie (rayon de 50m, un prélèvement rayon 100-200m) ;
- eaux de surface à l'extérieur du site (rayon de 200m) : eaux stagnantes (bacs à fleurs, puisard, puits, bassin...) ou circulante (fontaine d'ornement) ;
- eau potable distribuée à Saint-Maur-des-Fossés : réservoir de l'usine de production d'eau potable de Saint-Maur-des-Fossés / sortie de robinet (à 50m) ;
- végétaux à l'extérieur des locaux (rayon de 200m) : feuilles de plantes persistantes / caduques (lierre, ortie, laurier, bambou, bananier / tilleul, pissenlit, vigne d'ornement, glycine) et mousse terrestre ; mesures d'activité totale (procédé de combustion totale).

##### **Techniques, dates ou périodicité des prélèvements et des mesures**

- air : bimensuelles (IRSN puis CEA), de décembre à août 2010, plus fréquentes en novembre 2010 ; prélèvements continus sur plusieurs jours avec détermination de l'activité moyenne au cours des périodes de prélèvement (barboteur) / prélèvements ponctuels répétés avec indication de l'activité de chaque prélèvement (condenseur) ;
- eau de pluie : mensuelles (IRSN puis CEA), de décembre à août 2010, plus fréquentes en novembre 2010 ;
- matrices solides et liquides : campagnes de prélèvements hebdomadaires en novembre-décembre 2010, bimensuelles ensuite .

##### **Résultats**

Les principaux résultats sont résumés dans l'Annexe 1.

Les conclusions qui peuvent en être tirées sont (a) une baisse des activités mesurées, variable selon les milieux et les matrices (d'un facteur 5 à 1 000 selon les cas) (b) des valeurs aujourd'hui supérieures à 100 Bq.kg<sup>-1</sup> poids frais mesurées dans le rayon de 50m autour du site, d'autant plus élevées que l'on est près du bâtiment.

##### **OBSERVATIONS DU COMITE SCIENTIFIQUE RELATIVES AU PROTOCOLE DE SURVEILLANCE ET A LA PRESENTATION DES RESULTATS**

Mesures nombreuses et fréquentes, techniques de mesure éprouvées, cartographies et courbes d'évolution des activités mesurées présentées.

Néanmoins, on peut formuler un certain nombre d'observations.

##### **Les mesures réalisées sur l'air extérieur, l'eau de pluie et les eaux de surface**

###### Fréquence et lieux de prélèvements, rigueur de la présentation

- la surveillance réalisée par l'IRSN sur l'air extérieur du site semble avoir été non pas « allégée » mais supprimée au profit de la surveillance réalisée par le CEA ; selon ASN (2011) pourtant « la surveillance environnementale est maintenue à un rythme bimensuel » ;
- absence de résultats de mesure pour l'eau de pluie entre janvier et mars 2010 ;
- absence de prélèvements d'eaux de surface entre 68m et 200m ;

###### Formes du tritium mesurées

- les mesures réalisées par le CEA à l'aide de barboteurs (mars-juillet 2011) et les mesures ponctuelles par condensation de l'air (IRSN) ne prennent en compte que le tritium sous forme de vapeur d'eau et non les autres formes gazeuses du tritium (hydrogène gazeux et méthane tritié notamment), contrairement aux mesures par barboteurs de l'IRSN ; selon ce dernier, la contribution des autres formes du tritium serait cependant « minoritaire » au motif que les contaminations mesurées au moyen de ses propres barboteurs entre novembre 2010 et février 2011 sont faibles voire inférieures à la limite de détection. Dans l'hypothèse d'une proportion significative de tritium sous une forme autre que de la vapeur d'eau, les mesures de vapeur d'eau réalisées par le CEA sur l'air

intérieur seraient une sous-estimation grossière de l'activité réelle de l'air en tritium (IRSN (2010d page 3). De surcroît, on ne dispose plus de mesures de l'IRSN au-delà de février 2011.

- du tritium organiquement lié a-t-il pu être présent dans l'air des locaux (et dans l'air extérieur) ?
- Origine des pics d'activité détectés dans l'air extérieur et dans l'eau de pluie en novembre 2010 ?

### ***Les mesures réalisées sur les végétaux***

- les mesures sont réalisées sur des espèces différentes, vraisemblablement prélevées à différents stades de développement, à des distances, selon des orientations et dans des conditions météorologiques variables. La mise en perspective des activités mesurées (notamment en fonction de la distance) est donc assez aléatoire. Cette question est d'ailleurs évoquée dans IRSN (2010d) au sujet des variations de l'activité en tritium d'une campagne à l'autre dans les feuilles prélevées au même endroit : « Ces variations ponctuelles sont normales et traduisent l'influence des changements de conditions météorologiques ainsi que la variabilité des échantillons prélevés » ;
- les mesures réalisées sont des mesures d'activité totale, qui ne distinguent pas le tritium libre et le tritium organiquement lié ; à l'avenir, il serait cependant intéressant de mesurer la part du tritium qui a eu la possibilité de se fixer à long terme dans les végétaux sous forme de tritium organiquement lié non échangeable ;
- des limites de détection élevées (jusqu'à 83 Bq/kg de poids frais notamment à 200m du site) qui rendent difficiles les mises en perspective.

### ***Pour l'ensemble des mesures***

- activités mesurées en août 2011 : supérieures au bruit de fond naturel d'un facteur  $10^5$  pour l'air intérieur, 100 pour l'air extérieur (à 10m, pas de mesures disponibles au-delà), 1 à 10 pour l'eau de pluie (à 10m), 10 (à 200m) à 100 (à 68m) pour l'eau de surface, et jusqu'à 100 pour les végétaux (tritium total) (Gazal et Amiard, 2010 ; IRSN, 2011a) ;
- diaporama : peu explicites (eau de pluie ou eau de surface ? quels résultats sur quelles espèces de végétaux ?) ; manque de cohérence dans les résultats de mesures portant sur l'eau de pluie et les eaux de surface présentés dans IRSN, 2010d et IRSN, 2011e (omission des valeurs les plus élevées) ;
- des courbes exponentielles (et non linéaires) permettraient d'apprécier les valeurs mesurées depuis décembre 2010 et leur évolution (air extérieur, eau de pluie, eaux de surface, végétaux).

### ***3.3.1.2- Site de Bondoufle (IRSN 2010 d,e)***

#### ***Objet de la surveillance du 5 novembre 2010:***

- contamination surfacique par frottis humides (38 prélèvements à l'intérieur + 10 à l'extérieur du bâtiment où ont eu lieu des déversements d'eau de procédé) ;
- quatre prélèvements de terre (horizon : 1cm) ;
- deux prélèvements de végétaux (à proximité du lieu d'évacuation des eaux de test contaminées, « herbe »).

#### ***Résultats***

- activité des frottis et des échantillons de terre inférieure aux seuils de détection ;
- activité d'un des deux végétaux :  $157 \text{ Bqkg}^{-1}$  poids frais.

#### ***Objet de la surveillance du 6 décembre 2010*** : élargir le périmètre des investigations

- air intérieur et extérieur (vapeur d'eau) (un prélèvement) ;
- eau de test de tamis (deux échantillons) ;
- eau stagnante (un échantillon filtré à proximité du lieu d'évacuation des eaux de test / un échantillon non filtré prélevé hors zone déversement) ;
- végétaux (quatre échantillons de lierre et un échantillon d'orties prélevés à différentes distances du lieu d'évacuation des eaux de test et à des hauteurs différentes / un échantillon de lierre, de laurier persistant et d'arbuste d'ornement prélevés hors zone de déversement).

#### ***Résultats***

- contamination de l'air intérieur ( $28 \text{ Bq.m}^{-3}$ ) supérieur d'un facteur 100 à celle de l'air extérieur ( $0,20 \text{ Bq/m}^3$ ) ;
- eau de test :  $37 \text{ Bq.L}^{-1}$  et  $5,55.10^4 \text{ Bq.L}^{-1}$  ;

- eau stagnante : 60 Bq.L<sup>-1</sup> (eau filtrée, lieu d'évacuation) et 5,1 Bq.L<sup>-1</sup> (eau non filtrée, hors zone déversement) ;
- lierre : 450 à 45 Bq.kg<sup>-1</sup> en fonction de l'éloignement du lieu d'évacuation (1-2m à 7,5m) / autres mesures inférieures à la limite de détection (tritium total).

#### ***OBSERVATIONS DU COMITE SCIENTIFIQUE***

- « la contamination initiale dans l'air de ces locaux ventilés a été très nettement supérieure à celle désormais observée » : le projet de caractériser l'équilibre et la décroissance de la contamination de l'air en fonction de l'exhalation des matériaux et de la ventilation (IRSN 2010e) permettra-t-il de reconstruire cette contamination initiale ?
- horizon des prélèvements de terre limité (l'eau tritiée déposée au niveau du sol disparaît à raison de 1% toutes les heures, l'autre partie s'enfonçant dans le sol et se mélangeant avec l'eau interstitielle, Gazal et Amiard, 2010) ;
- eau stagnante : quelle activité en tritium organiquement lié dans l'eau non filtrée prélevée hors zone d'évacuation des eaux de test ? quelle activité de l'eau non filtrée prélevée à proximité du lieu d'évacuation ?
- limites de détection de l'activité des échantillons de terre et de végétaux élevés (jusqu'à 128 Bq.kg<sup>-1</sup> pour la terre, 80 Bq.kg<sup>-1</sup> pour les végétaux) susceptibles de relativiser la portée de ces mesures ;
- (IRSN 2010e) envisage (a) de caractériser l'équilibre et la décroissance de la contamination de l'air en fonction de l'exhalation des matériaux et de la ventilation (b) de mesurer de manière spécifique le tritium libre et le tritium organiquement lié, afin de « mieux estimer l'importance et la durée de l'exposition initiale des végétaux » : avec quels modèles de transfert du tritium absorbé au sein des végétaux (Gazal et Amiard, 2010) ? et sur la base de quelle(s) forme(s) gazeuse(s) (vapeur d'eau, gaz, méthane tritié...) (cf. 3.3.1.1 « Observations du Comité scientifique ») ?

### **3.3.2- L'évaluation des expositions des salariés et des populations et le suivi sanitaire**

#### ***Les catégories de personnes exposées ou susceptibles de l'être***

- le personnel de l'entreprise *2MProcess* (6 salariés) ;
- des salariés d'entreprises extérieures (clientes ou partenaires) intervenus sur les sites (4 entreprises, 9 salariés) (IRSN, 2010b,c ; ASN, 2011) ;
- salariés de deux sociétés abritées par le même bâtiment que l'entreprise *2MProcess* ;
- quatre sociétés adjacentes ;
- les riverains immédiats ;
- les riverains plus éloignés ou les personnes appelées à intervenir dans l'environnement plus éloigné (ex : élèves et leurs familles, personnels du collège Pissarro) (ASN, 2011).

#### ***Les modalités possibles de l'exposition***

- inhalation de vapeur d'eau tritiée ;
- contamination cutanée par de l'eau tritiée (contact avec les eaux de test de l'appareillage pour les salariés / pluie, eaux de surface à l'extérieur des locaux et du site).

#### ***La reconstruction des niveaux d'exposition***

- pour les salariés de *2MProcess* et des entreprises extérieures : deux sources d'information
- pour les autres personnes : analyses radiotoxicologiques des urines.

### **3.3.2.1- La reconstruction des niveaux d'exposition des salariés de *2MProcess* et des entreprises extérieures (IRSN, 2010b,c)**

#### ***Les sources d'information***

##### **(a) Le calendrier et la typologie des expositions**

Les scénarios d'exposition possible reconstitués à partir des entretiens :

---

<sup>1</sup> activité exprimée en Bq.kg<sup>-1</sup> poids frais

- épisode 1 : exposition mixte (vapeur d'eau tritiée + eau tritiée sous forme liquide) à Bondoufle, 18 janvier-février 2010 ;
- épisode 2 : vapeur d'eau tritiée à Saint-Maur-des-Fossés, mai-15 octobre 2010 ;
- épisode 3 : exposition mixte (vapeur d'eau tritiée + eau tritiée sous forme liquide) à Saint-Maur-des-Fossés, 18 octobre-4 novembre 2010

et des dates de présence des salariés sur chacun des deux sites.

**(b) Les teneurs urinaires en tritium et leur évolution**

- des visiteurs des entreprises A (épisode 1, 2 salariés, suivi régulier en entreprise) et B (épisode 2, 2 salariés, suivi démarré après la découverte de l'incident) ;
- du salarié *2MProcess* le plus contaminé (épisode 3).

***Estimation des doses efficaces engagées entre le 18 janvier et le 15 octobre 2010***

**(c) L'évaluation de la dose efficace engagée par les visiteurs des entreprises A et B en fonction de l'activité des urines en tritium et de leur présence sur chacun des deux sites**

Lorsqu'il est incorporé sous forme d'eau tritiée, une grande partie du tritium reste sous cette forme et se distribue rapidement et de façon homogène dans l'ensemble des fluides de l'organisme. Il est alors éliminé comme l'eau, avec une période de 10 jours. Il est dans une moindre proportion incorporé aux molécules organiques, avec une cinétique d'élimination qui fait d'ailleurs aujourd'hui l'objet de discussions (période de 40 jours selon la CIPR 67, jusqu'à environ un an selon d'autres auteurs). Ces temps d'élimination différentiels (eau tritiée/tritium organiquement lié) vont être à l'origine de l'estimation de l'activité initialement incorporée. On pourra calculer la dose efficace engagée en multipliant la valeur de l'activité initialement incorporée, par les DPUI (doses par unité d'incorporation) données par l'arrêté du 1<sup>o</sup> septembre 2003 conformément à diverses publications de la CIPR (IRSN, 2010b).

L'estimation des doses efficaces engagées par les salariés visiteurs (une journée d'exposition) est la suivante :

- épisode 1 (site de Bondoufle) : 0,086 mSv et 0,068 mSv (entreprise A) ;
- épisode 2 (site de Saint-Maur-des-Fossés) : 0,0044 mSv et 0,0027 mSv (entreprise B).

**(d) Les doses engagées par les salariés de *2MProcess* présents sur les sites de Bondoufle et Saint-Maur-des-Fossés pendant les épisodes 1 et 2 estimées à partir de (c) (au prorata du nombre de jours susceptibles d'avoir été passés sur chacun de ces sites) :**

- épisode 1 : entre 0,09 et 0,5 mSv (3 salariés) ;
- épisode 2 : entre 0,07 et 0,49 mSv (6 salariés dont les 3 précédents).

***Estimation des doses efficaces engagées entre le 16 octobre et le 04 novembre 2010***

**(e) L'estimation de la dose engagée par les salariés de *2MProcess***

Hypothèse d'une exposition aiguë retenue pour les six salariés à partir de la courbe d'élimination du tritium dans les urines du salarié n°1 (hypothèse la plus pénalisante en termes de dose).

Estimation de la dose efficace : de 0,1 à 4,4 mSv.

**(f) L'estimation des doses engagées par les visiteurs des entreprises A, C, D présents sur le site de Saint-Maur-des-Fossés pendant l'épisode 3 : 0,042 mSv (C), 0,014 mSv (D) et 0,4 à 0,5 mSv (A).**

Les doses totales estimées s'échelonnent entre 0,49 et 4,8 mSv pour l'ensemble des salariés de l'entreprise *2MProcess*, entre 0,0027 et 0,51 mSv pour les salariés des entreprises extérieures.

**3.3.2.2- La reconstruction des niveaux d'exposition des salariés des autres entreprises et des riverains (ASN, 2011)**

Doses efficaces engagées pour

- le personnel des deux sociétés abritées dans le même bâtiment que *2MProcess* : entre 0,001 et 0,10 mSv ;
- le personnel des quatre sociétés adjacentes : entre 0,001 et 0,008 mSv ;
- les huit riverains immédiats : entre 0,001 et 0,008 mSv ;
- (sur demande) autres riverains, élèves, parents d'élèves et professeurs du collège Pissarro : activités inférieures à la limite de détection de la mesure.



## **OBSERVATIONS DU COMITE SCIENTIFIQUE**

Le Comité salue un travail considérable et pertinent de reconstruction des expositions et des doses engagées.

Il formule néanmoins les observations suivantes :

### ***Sur la méthodologie mise en oeuvre***

#### **(a) sur l'évaluation des expositions**

\* on postule que les *modalités d'exposition* des salariés ont été identiques, dans le temps et dans l'espace, à celles des salariés de référence ;

\* relativité des évaluations due aux *incertitudes* associées aux expositions : « Les évaluations dosimétriques de l'exposition des salariés de 2M Process sur le site de Bondoufle présentent une plus grande incertitude que celles liées au site de Saint-Maur-des-Fossés (ancienneté des expositions) » ;

\* l'étude repose sur le postulat d'une exposition à de l'eau tritiée sous forme liquide ou de vapeur d'eau. Le tritium ne peut-il être présent sous *d'autres formes* (méthane tritié, composés organiques voire métalliques...) (cf 3.3.1) ?

\* dans ce même ordre d'idées, trois situations ont été définies (« épisodes » 1 à 3), caractérisées par la(les) voie(s) d'exposition des salariés au tritium (inhalation de vapeur d'eau tritiée, contamination cutanée par eau tritiée). Quelle est pour les épisodes mixtes la *contribution de chacune de ces voies* ? *Comment ces contributions* respectives ont-elles été *estimées* et prises en compte dans *l'évaluation de la dose efficace engagée* par les salariés ?

#### **(b) sur la biocinétique du tritium et les modèles utilisés pour estimer la dose efficace engagée par les salariés intervenus dans l'entreprise 2MProcess.**

- « Chez l'homme, le tritium se répartit dans l'ensemble des organes et tissus. Il s'élimine rapidement (la moitié en dix jours) notamment par la voie urinaire » (IRSN, 2010a) / « dans le cas particulier de l'eau tritiée, le tritium se distribue rapidement et de façon homogène dans l'ensemble des fluides corporels » (IRSN, 2010b).

Cette affirmation présuppose que l'ensemble du tritium est stocké dans l'organisme sous forme d'eau tritiée, ce qui est inexact. Ce qui est au débat ici est d'une part la forme sous laquelle le tritium est stocké dans l'organisme, son temps de résidence (période biologique) dans les organes et tissus, et l'hétérogénéité de sa distribution.

IRSN (2010b) évoque ce débat (« 3% du tritium se fixent aux molécules organiques (...) la *cinétique d'élimination du tritium incorporé aux molécules organiques* est moins bien établie [que celle de l'eau tritiée] et fait toujours l'objet de discussions entre experts »). Le modèle d'élimination retenu par IRSN (2010b) pour le tritium est le modèle proposé par la CIPR 67 (1993), qui prévoit l'élimination de 97% du tritium incorporé avec une période de 10 jours et d'environ 40 jours pour les 3% restants. Comment alors expliquer les fortes concentrations de tritium OBT dans les tissus osseux de la cage thoracique (cartilage des côtes, sternum) de sujets japonais, comparées à sa concentration dans les autres tissus, et la demi-vie de ce tritium lié estimée respectivement à 57 ans et moins de 6 ans (Hisamatsu *et al.*, 1992 cité par Gazal et Amiard, 2010) ?

En outre, le modèle ignore *l'accumulation durable de tritium sous forme d'eau tritiée dans l'espace extra cellulaire de l'ADN* (dans les couches d'hydratation qui entourent les molécules d'ADN), ainsi que les effets chimiques qui sont susceptibles d'être associés à la désintégration des noyaux radioactifs (Gazal et Amiard, 2010 p. 112).

- Par ailleurs, l'arrêté (2003) indique que « dans l'estimation de la dose efficace est prise en compte, le cas échéant, la dose engagée à la suite d'une blessure ayant entraîné une contamination interne » (Article 1). Mais il ne comporte aucune indication quant à l'évaluation de cette dose efficace, et en tout état de cause il n'évoque pas la simple contamination cutanée. Comment la *dose efficace induite par la contamination cutanée d'eau tritiée* est-elle calculée ?

(c) absence d'information sur la méthodologie mise en oeuvre pour reconstruire les doses efficaces engagées par les personnes autres que les salariés de l'entreprise 2MProcess et des entreprises extérieures

***Sur les effets biologiques et sanitaires du tritium et la communication relative aux effets sanitaires des expositions reçues***

Les doses efficaces engagées estimées chez les salariés (IRSN, 2010a,b,c) sont inférieures d'un facteur  $\geq 4$  aux limites annuelles admises par la réglementation pour les travailleurs exposés aux rayonnements ionisants ( $20 \text{ mSv.an}^{-1}$ ), et supérieures pour certaines d'un facteur 5 aux limites annuelles admises pour le public ( $1 \text{ mSv.an}^{-1}$ ). Les doses efficaces engagées calculées pour les riverains sont inférieures d'un facteur  $10^2$  à  $10^3$  aux limites annuelles admises pour le public.

(a) Il convient toutefois de rappeler que

- les limites d'exposition ne sont pas des limites d'innocuité mais des *limites d'acceptabilité* du risque (acceptabilité d'un taux de cancers et d'effets héréditaires donné). L'affirmation selon laquelle « les niveaux de dose engagés [par les riverains] sont sans conséquence pour la santé » (IRSN, 2010a,c) est scientifiquement inexacte ; « très inférieurs au niveau d'acceptabilité du risque » serait plus approprié ;
- ces limites sont des *limites générales* et ne sont pas cumulables avec une exposition à d'autres radioéléments ou rayonnements (hors exposition médicale, celle-ci n'entrant pas dans le champ d'application de la réglementation relative aux limites annuelles maximales admissibles). S'il peut y avoir plusieurs sources d'exposition, la CIPR préconise l'utilisation de "contraintes de dose", qui pour le public sont inférieures d'un facteur 3 environ aux limites de dose.

Il convient également de préciser que :

- le tritium - comme de manière plus générale les rayonnements ionisants - est susceptible d'induire des *effets délétères* autres que les cancers et les effets héréditaires qui ne sont pas pris en compte dans l'établissement des coefficients de dose ;
- l'on connaît relativement peu de choses sur les effets d'une *exposition chronique au tritium*, et sur les effets des *faibles* voire des *très faibles doses* d'exposition, notamment au tritium<sup>2</sup>.
- la toxicité du tritium serait considérablement augmentée (jusqu'à plusieurs ordres de grandeur) lorsqu'il est intégré à certaines *cellules biologiques*.

(b) D'une manière générale, l'évaluation de la toxicité du tritium prête à discussion. L'IRSN considère cependant que le *doublément du facteur d'efficacité* (de toxicité) du tritium, préconisé par ASN (2010a), ne doit intervenir que lorsque la dose efficace engagée est supérieure à 100 mSv (fortes doses), qu'il doit être discuté au cas par cas pour des doses engagées comprises entre 10 et 100 mSv, et qu'il ne se justifie pas pour des doses inférieures à 10 mSv (risque extrêmement faible) telles que les doses estimées dans le cas du présent incident.

Outre que cette position est faiblement argumentée, il convient d'insister :

- sur les nombreuses incertitudes associées à l'évaluation des expositions des salariés, incertitudes que souligne d'ailleurs l'IRSN (2010b) (*cf. supra*) ;
- sur la sous-estimation de l'efficacité biologique relative des faibles doses d'exposition au tritium (*cf. note 2*) ;
- sur l'incertitude associée à l'évaluation des coefficients de dose utilisés pour traduire les expositions en doses efficaces engagées (les DPUI) définies par la CIPR 67 (1993) (d'un facteur 2 pour l'eau tritiée et 3 pour le tritium organique chez l'adulte, beaucoup plus élevé selon certains auteurs (Gazal et Amiard, 2010 p.118).

Il est dès lors hasardeux de ne pas accéder à la proposition de ASN (2010a), que l'on peut considérer comme une proposition minimale.

---

<sup>2</sup> Des études indiquent ainsi que la dose à l'organisme par unité incorporée après exposition chronique serait environ deux fois plus élevée qu'après contamination aiguë, qu'il s'agisse d'eau tritiée ou de tritium organiquement lié. Les instances internationales ayant retenu le principe d'un facteur d'efficacité deux fois plus important, à dose totale équivalente, pour une exposition à forte dose et fort débit de dose, que pour une situation d'exposition chronique à faible dose et faible débit de dose de rayonnement, la relation dose-effet serait donc dans ce cas sous-estimée d'un facteur 4. Ses effets délétères pourraient même être proportionnellement beaucoup plus importants aux très faibles doses sur certaines lignées de cellules (Gazal et Amiard, 2010 pp.106-111, 117-118).

(c) Enfin, la *mise en perspective* des doses efficaces engagées calculées chez les riverains avec des pratiques socialement acceptées telles que les radiographies pulmonaires ou les voyages en avion, ou avec certaines réglementations (IRSN, 2010a,c) n'est pas admissible.

En effet, l'acceptation sociale des pratiques invoquées relève de l'ignorance par le public de l'exposition qui leur est associée. Concernant la référence à la limite admise par le *Codex Alimentarius* pour le tritium organiquement lié dans le commerce international des denrées alimentaires en situation accidentelle (IRSN, 2010c), elle n'a pas lieu d'être car l'ensemble de la présente étude porte sur l'eau tritiée et concerne un simple incident, c'est-à-dire le fonctionnement de routine des installations nucléaires de base. Il eut été par contre opportun de signaler qu'il n'existe pas de limite dérivée ou de valeur indicative pour les produits alimentaires et pour l'air en situation normale, et que les limites de contamination de l'eau de boisson en tritium sont très variables d'un pays à l'autre (740 Bq/L aux Etats-Unis à 76 000 Bq/L en Australie (CCSN, 2008, cité par Gazal et Amiard, 2010) ;

Enfin - et cette remarque vaut également pour le suivi environnemental - *la question du transport du matériel contaminé entre le site de Valduc et l'entreprise 2MProcess de Bondoufle, ainsi qu'entre le site de Bondoufle et celui de Saint-Maur-des-Fossés* n'est pas évoquée :

- comment ce matériel a-t-il été transporté entre ces différents sites ?
- un suivi environnemental a-t-il été effectué ?
- un suivi du personnel impliqué à toutes les étapes du transport (emballage- déballage, manutention, acheminement...) a-t-il été réalisé ?
- dans l'affirmative quels en ont été les modalités et les résultats ?

**3.4-** Sur l'ensemble des *mesures prises pour aider la société 2MProcess* sur ses sites de Bondoufle et de Saint-Maur-des-Fossés *ainsi que les autres entreprises concernées* (reprise d'activité, indemnisation des entreprises, ...).

Réponse en deux points de ASN (2011) :

- A la demande de l'ASN, *décontamination* des locaux concernés, avec un certain nombre de matériels professionnels et d'effets personnels pris en charge par le CEA ;
- *Règlements à l'amiable* et *actions juridiques* passé(e)s ou en cours entre le CEA et les intéressés, incluant « sans doute » le volet indemnitaire. Engagement de dédommagement confirmé par le CEA (2011).

#### 4- CONCLUSION

L'ANCCLI et son Comité Scientifique ont demandé

- à être précisément informés des causes et circonstances de l'évènement, ainsi que des procédures ayant permis la sortie d'un matériel entreposé en zone rouge, sans vérification de sa contamination éventuelle,
- à être tenu informés des suites données à cette affaire, tant au plan réglementaire (procédures de sortie, marquage des appareils, suivi des prêts de matériels, contrôle du respect des STE) que sanitaire (recherche d'éventuelles contaminations, évaluation des doses engagées et de leur impact sanitaire, suivi médical éventuel des salariés et des populations riveraines),
- à être précisément informés de l'ensemble des mesures prises pour aider la société *2M-Process* sur ses sites de Bondoufle et de Saint-Maur-des-Fossés ainsi que les autres entreprises concernées (reprise d'activité, indemnisation des entreprises, ...).

Une information concernant les causes et circonstances de l'évènement a été fournie par le CEA. L'ASND n'a donné aucune information à ce sujet, pas plus que sur les suites réglementaires qui ont été données à cet incident.

Concernant la surveillance environnementale des sites pollués, le Comité Scientifique a apprécié la stratégie de communication mise en place par l'ASN suite à l'inspection réalisée sur le site, ainsi que les nombreuses notes et supports cartographiques publiés par l'IRSN.

Les **principaux résultats de mesure** témoignent (a) d'une *baisse* des activités mesurées, variable selon les milieux et les matrices (d'un facteur 5 à 1 000 selon les cas) (b) de valeurs aujourd'hui *supérieures au bruit de fond naturel* d'un facteur très variable (1 à  $10^5$ ) selon le milieu et la distance aux bâtiments.

Le Comité formule plusieurs **observations**, qui concernent notamment (a) les *formes du tritium* mesurées dans l'air (formes gazeuses non mesurées) et dans l'eau stagnante (pas de recherche de tritium organiquement lié) (b) les *protocoles de prélèvement* d'échantillons de terre (horizon de prélèvement) et de végétaux (variabilité des échantillons prélevés) (c) des *seuils de détection* élevés et extrêmement variables (terre, végétaux).

Le Comité Scientifique salue par ailleurs un travail considérable et pertinent de **reconstruction des expositions et des doses efficaces engagées**.

Les *doses efficaces engagées* calculées sont comprises entre 0,001 et 4,8 mSv pour les treize salariés ayant été exposés (médiane 0,49 mSv, dose collective 16,6 mSv), et 0,001 et 0,008 mSv pour les huit riverains immédiats. Pour les salariés, ces valeurs sont *en moyenne* inférieures d'un facteur  $\sim 15$  aux limites annuelles admises par la réglementation pour les travailleurs exposés aux rayonnements ionisants (d'un facteur 4 pour les plus exposés), et de l'ordre des limites annuelles admises pour le public (supérieures d'un facteur 5 pour les plus exposés). Pour les riverains, elles sont inférieures d'un facteur  $10^2$  à  $10^3$  aux limites annuelles admises pour le public.

Le Comité Scientifique formule néanmoins plusieurs **observations** qui concernent (a) la *méthodologie* mise en œuvre (évaluation des expositions des salariés, biocinétique du tritium et modèles utilisés) (b) les précautions qui s'imposent eu égard aux *conclusions* à tirer des calculs de doses efficaces engagées qui ont été réalisés (signification des limites réglementaires d'exposition, incertitudes associées à l'évaluation des expositions des salariés et des riverains et à l'évaluation du risque radiologique) (c) la *communication* qui accompagne l'estimation des doses efficaces engagées.

Par ailleurs, le **transport du matériel contaminé** entre le site de Valduc et l'entreprise 2MProcess de Bondoufle, ainsi qu'entre le site de Bondoufle et celui de Saint-Maur-des-Fossés n'est pas évoqué (mode de transport, suivi environnemental, suivi du personnel concerné).

Enfin, les **mesures prises pour aider la société 2MProcess** ainsi que les **autres entreprises** concernées semblent satisfaisantes (décontamination des locaux concernés, règlements à l'amiable et actions juridiques).

En conclusion, cet événement met en lumière l'impérieuse exigence de rigueur en matière d'application des procédures de sûreté. Il souligne également la nécessité d'un traitement rigoureux et approprié des événements intéressant la sûreté ainsi que d'une communication adaptée.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANCCLI (2011). Lettre ouverte de l'ANCCLI et de son Comité Scientifique à l'ASN du 9 mars 2011. (pdf).

Arrêté n°2010/7819 du 15 décembre 2010 portant prescription de mesures au Commissariat à l'Énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) relatives à la gestion du risque radioactif du site de la société 2M Process situé au 22 rue Parmentier à Saint-Maur-des-Fossés (la Varenne-Saint-Hilaire). (pdf).

ASN (2010a). Livre Blanc du tritium – Groupes de réflexion menés de mai 2008 à avril 2010 sous l'égide de l'ASN. ASN, 278 p.

ASN (2010b). Contamination au tritium liée à l'activité de la société 2M Process à Saint-Maur-des-Fossés (Val-de-Marne) : l'ASN encadre les opérations de dépollution. Communiqué de presse de l'ASN du 9 novembre 2010. (pdf).

ASN (2011). Réponse de l'ASN à l'ANCCLI du 19 juillet 2011. (pdf).

- CCSN (2008). Normes et recommandations sur le tritium dans l'eau potable. Commission canadienne de sûreté nucléaire. INFO-0766. Janvier 2008, 88 p.
- CEA (2011). Réponse du CEA à la SEIVA du 4 avril 2011. (pdf).
- Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR) (1993). *Age-dependant doses to members of the public from intakes of radionuclides*, Publication 67. Part 2, Ingestion dose coefficients. Elsevier Science Ltd. Oxford
- DSND (2011). Réponse de la DSND à l'ANCCLI du 13 juillet 2011 (DSND/2011-00617). (pdf).
- Gazal S, Amiard JC (2010). Le tritium – Actualité d'aujourd'hui et de demain. Lavoisier, 148p.
- Hisamatsu S, Ohimura T, Takizawa Y, Katsumata T, Inoué Y, Itoh M, Ueno K, Sakanoue M (1992). Tritium level in Japanese diet and human tissue. *J Radioanal Nucl Chem*, 156 : 89-102.
- IRSN (2010a) Note d'information. Synthèse des premiers résultats des investigations environnementales et sanitaires menées par l'IRSN sur le site de l'entreprise 2M Process à Saint-Maur-des-Fossés (94) (10 novembre 2010).
- IRSN (2010b). Evaluations dosimétriques de l'exposition au tritium des salariés de l'entreprise 2M Process et de ceux de leurs entreprises clientes et partenaires étant intervenues sur les sites de Saint-Maur-des-Fossés (94) et de Bondoufle (91). Rapport DRPH/2010-19, 27 p. (papier).
- IRSN (2010c). Note d'information. L'IRSN publie l'évaluation dosimétrique de l'exposition au tritium des salariés et visiteurs de l'entreprise de 2M Process sur les sites de Saint-Maur-des-Fossés et de Bondoufle (14 décembre 2010). (papier).
- IRSN (2010d). Etat radiologique. Société Etudes et Diffusion Bondoufle (91). Rapport DEI/SIAR n° 10/0843, 14 p. (papier).
- IRSN (2010e). Etat radiologique des locaux et de l'environnement immédiat de la Société « Etudes et Diffusion » installée à Bondoufle (91). Campagne de prélèvements du 6 décembre 2010. Rapport IRSN/DEI/SESURE n° 2010-32, 11 p. (papier).
- IRSN (2011a). Note d'information. Généralités sur les niveaux d'activité en tritium observés en France et sur les techniques de prélèvement et de mesures utilisées par l'IRSN dans le cadre de la surveillance de l'environnement du site de 2M Process à Saint-Maur-des-Fossés (31 janvier 2011). (papier).
- IRSN (2011b). Note d'information. Synthèse des résultats des mesures de tritium effectuées par l'IRSN et le CEA du 5 novembre 2010 au 5 mai 2011 dans l'environnement du bâtiment de l'entreprise 2M Process à Saint-Maur-des-Fossés (18 mai 2011). (pdf).
- IRSN (2011c). Réponse de l'IRSN à la SEIVA du 23 juin 2011 (IRSN/DIR/2011-00385). (pdf).
- IRSN (2011d). Note d'information. Synthèse des résultats des mesures de tritium effectués par l'IRSN et le CEA du 5 novembre 2010 au 4 août 2011 dans l'environnement du bâtiment de l'entreprise 2M Process à Saint-Maur-des-Fossés (31 août 2011). (papier).
- IRSN (2011e). Tritium dans les eaux de pluie et de surface dans l'environnement du site de 2M Process à Saint-Maur-des-Fossés. (diaporama).
- IRSN (2011f). Tritium dans les végétaux dans l'environnement du site de 2M Process à Saint-Maur-des-Fossés. (diaporama).
- IRSN (2011g). Réponse de l'IRSN au Comité scientifique de l'ANCCLI du 9 septembre 2011 (papier)
- SEIVA (2011a). Lettre de la SEIVA du 8 février 2011 au CEA sur la contamination tritium à Bondoufle et Saint-Maur-des-Fossés. (pdf).
- SEIVA (2011b). Lettre de la SEIVA du 4 mars 2011 à l'IRSN de demande d'informations suite à la contamination par du tritium à Bondoufle et Saint-Maur-des-Fossés. (pdf).

## ANNEXE 1

### Saint-Maur-des-Fossés - Principaux résultats de mesures<sup>3</sup>

Les mesures font apparaître

- dans *l'air intérieur* et *extérieur* : une diminution d'un facteur 100 sur l'ensemble de la période de mesure (de 200 000 à 1 500-3 000 Bq.m<sup>-3</sup> d'air pour l'air *intérieur* et de 20 à 0,25 Bq.m<sup>-3</sup> avec un pic de près de 120 Bq.m<sup>-3</sup> d'air en novembre 2010 pour l'air *extérieur*).

- dans *l'eau de pluie* : une diminution d'un facteur 100 sur l'ensemble de la période de mesure à 10m des locaux (de 100 Bq.L<sup>-1</sup> à environ 5 Bq.L<sup>-1</sup>, avec des valeurs de plusieurs centaines de Bq.L<sup>-1</sup> en novembre 2010) (IRSN, 2010d). Les valeurs varient de plusieurs dizaines à plusieurs centaines de Bq.L<sup>-1</sup> en novembre-décembre 2010 dans un rayon de 50m, et de 4 Bq.L<sup>-1</sup> à 11 Bq.L<sup>-1</sup> à 200m entre novembre 2010 et mars 2011 (IRSN, 2011e).

- dans les *eaux de surface* : une diminution d'un facteur 5 à 70m du bâtiment (environ 120 Bq.L<sup>-1</sup> à moins de 20 Bq.L<sup>-1</sup>) et d'un facteur 2 à 200m (10 à 4 Bq.L<sup>-1</sup>, collège Pissarro) (IRSN, 2010d). Dans un rayon de 50m, les valeurs varient de plusieurs milliers à plusieurs centaines de Bq.L<sup>-1</sup> en novembre-décembre 2010 (IRSN, 2011e).

- dans *l'eau potable*, aucune activité supérieure à la limite de détection (6 Bq.L<sup>-1</sup>).

- dans les *végétaux*<sup>4</sup> : une contamination des orties, du laurier et du lierre, prélevés entre 2m et 200m du bâtiment. Cette contamination a diminué d'un facteur 1 000 de cette contamination à 2m du bâtiment (*orties* : de 12 000 à près de 100 Bq.kg<sup>-1</sup>), d'un facteur 10 dans un rayon de 10-15m (*laurier*, *lierre* : plusieurs milliers à plusieurs centaines de Bq.kg<sup>-1</sup>) et d'un facteur 5 à 10 dans un rayon de 50m (*lierre* : plusieurs centaines à environ 50 Bq.kg<sup>-1</sup>) (IRSN, 2010d). Elle a diminué dans un rayon de 50-100m (contaminations initiales : plusieurs dizaines de Bq.kg<sup>-1</sup> à 150 Bq.kg<sup>-1</sup>). Des activités de plusieurs dizaines de Bq.kg<sup>-1</sup> ont été mesurées à 100-200m du site en novembre-décembre 2010 (collège Pissarro notamment), inférieures à la limite de détection lors des campagnes suivantes (< 13 à <83 Bq.kg<sup>-1</sup>) (IRSN, 2011f).

---

<sup>3</sup> Par souci de simplification, les résultats mentionnés dans le présent document sont exprimés sans indication des incertitudes de la mesure.

<sup>4</sup> activité exprimée en Bq.kg<sup>-1</sup> poids frais