

# Rejet accidentel d'iode-131 par l'IRE sur le site de Fleurus : retour d'expérience de l'autorité de sûreté belge

C.M. VANDECASTEELE<sup>1</sup>, M. SONCK<sup>1</sup>, D. DEGUELDRE<sup>2</sup>

(Manuscrit reçu le 20 septembre 2010, accepté le 31 janvier 2011)

## RÉSUMÉ

L'IRE (Institut national des radioéléments) produit des radionucléides pour la médecine nucléaire à partir de cibles irradiées d'uranium hautement enrichi. Le 22/08/2008, lors du transfert de résidus de production frais dans un réservoir de décroissance pratiquement vide, le mélange des liquides a conduit au dégagement d'environ 47 GBq d'iode-131, sous forme moléculaire, dans l'atmosphère. Les premières évaluations conservatives des conséquences radiologiques n'exigeaient pas la mise en place d'actions de protection directe de la population comme la mise à l'abri ou l'ingestion de comprimés d'iode stable. Toutefois, les dépôts estimés d'iode-131 pouvaient localement atteindre et dépasser les niveaux de référence dérivés pour la contamination du lait (4 kBq/m<sup>2</sup>) et des légumes-feuilles (10 kBq/m<sup>2</sup>). Pour cette raison, et parce qu'il subsistait une menace de rejet ultérieur, le plan d'urgence fédéral a été activé le 28/08 et la population potentiellement concernée s'est vu recommander d'éviter la consommation de fruits, de légumes et de lait frais produits localement. Les actions de protection sont levées le 7/09 et le plan d'urgence est levé le 12/09. La principale leçon tirée de cet événement est l'importance primordiale de l'échange rapide d'informations, aussi précises et complètes que possible, entre les différents niveaux, de l'exploitant à la population, en passant par les autorités fédérales et locales.

**ABSTRACT** Accidental release of iodine-131 by IRE at Fleurus: back experience of Belgium safety authority.

The IRE (National institute for radioelements) produces radionuclides for nuclear medicine from highly enriched uranium irradiated targets. On 22/08/2008, fresh production wastes were transferred into an almost empty decay tank. The mixing of these liquids led to the release of approximately 47 GBq of molecular iodine-131 into the atmosphere. The first conservative assessments of the radiological consequences did not require taking direct protective actions for the population, such as sheltering or stable iodine intake. However, the estimated iodine-131 deposits could locally reach or exceed the derived reference levels for the contamination of milk (4 kBq/m<sup>2</sup>) and leafy vegetables (10 kBq/m<sup>2</sup>). For this reason, and because there was a threat of a further release, the federal emergency plan was activated on 28/08 and the population potentially concerned was recommended to avoid consumption of locally produced fruits, vegetables and fresh milk. These protective actions were lifted on 7/09 and the emergency plan was lifted on 12/09. The main lesson learned from this event concerns the paramount importance of the rapid exchange of information that is as accurate and complete as possible between the different

<sup>1</sup> AFCN (Agence fédérale de contrôle nucléaire), rue Ravenstein 36, 1000 Bruxelles, Belgique.

<sup>2</sup> Bel V, rue Walcourt 148, 1070 Anderlecht, Belgique.

**stakeholders: from the operator up to the population, through federal and local authorities.**

**Keywords: Accidental release / emergency management / radiological emergency / iodine-131 / IRE / protective actions**

---

## 1. Contexte

L'Institut national des radioéléments (IRE) est une installation nucléaire (de classe I) située dans la zone industrielle de Fleurus-Farciennes en Belgique. Son activité principale est la production de radionucléides utilisés en médecine nucléaire à des fins de diagnostic (dépistage des tumeurs cancéreuses, analyse du fonctionnement des organes) et de thérapie (traitement des cancers, soins palliatifs). Les radionucléides produits par l'IRE permettent d'effectuer plus de 4 millions d'actes médicaux chaque année dans le monde. Le molybdène-99, isotope 'parent' du technétium-99 métastable, l'iode-131 et le xénon-133 comptent parmi les principaux radionucléides produits actuellement. Dans l'avenir, l'yttrium-90 et le générateur rhénium-188/tungstène-188 viendront compléter la gamme des radionucléides purifiés par l'IRE.

La majorité de ces radionucléides sont des produits de fission extraits de cibles d'uranium hautement enrichi (UHE) après qu'elles aient été irradiées dans différents réacteurs (BR-2 Mol, HFR Petten, OSIRIS Saclay...). La production est réalisée deux à trois fois par semaine, généralement en deux lots de 6 à 12 cibles d'environ 4 g chacune. Le processus de purification (Fig. 1) débute par la mise en solution des cibles d'uranium irradié suivie par l'extraction en étapes successives des différents produits d'intérêt médical et commercial. Chacune de ces étapes génère des déchets liquides aux caractéristiques chimiques spécifiques, qui sont, dans un premier temps et de façon temporaire, collectés séparément dans des cuves intermédiaires de capacité variant entre 20 et 50 L, directement placées sous les cellules blindées (cellules 'chaudes'). Ces cuves intermédiaires sont régulièrement transférées dans des réservoirs de stockage des déchets liquides d'une capacité de 2700 L. L'IRE dispose de 4 réservoirs de grande capacité pour la collecte des résidus acides (W1 et W3) et de 2 réservoirs pour les résidus alcalins (W2). Après environ un an de décroissance, le contenu de ces réservoirs est transporté vers Belgoprocess (à Dessel) pour traitement et élimination.

L'IRE est autorisé à traiter un maximum de 24 cibles<sup>3</sup> d'UHE irradié par semaine (ce qui définit le terme source maximum pouvant être présent dans les cellules chaudes). Les limites de rejets gazeux qui lui sont autorisés sont de

---

<sup>3</sup> En cas de pénurie, l'IRE peut traiter jusqu'à 36 cibles par semaine moyennant un accord conditionné de l'AFCN. Celui-ci est, le cas échéant, renouvelé mensuellement.

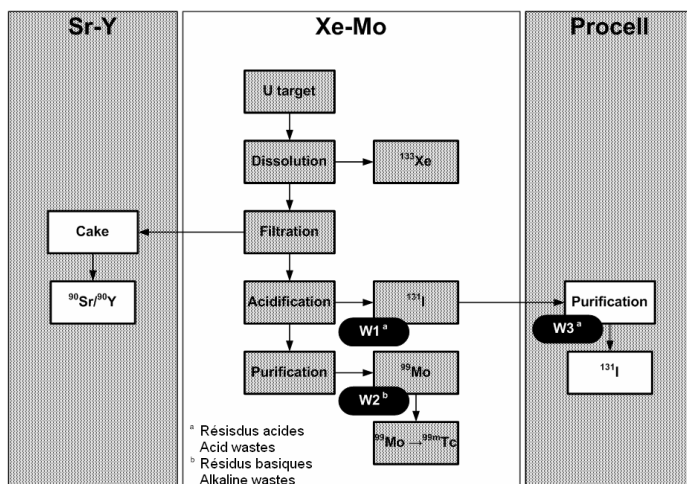


Figure 1 – Schéma du procédé de purification.  
Purification process scheme.

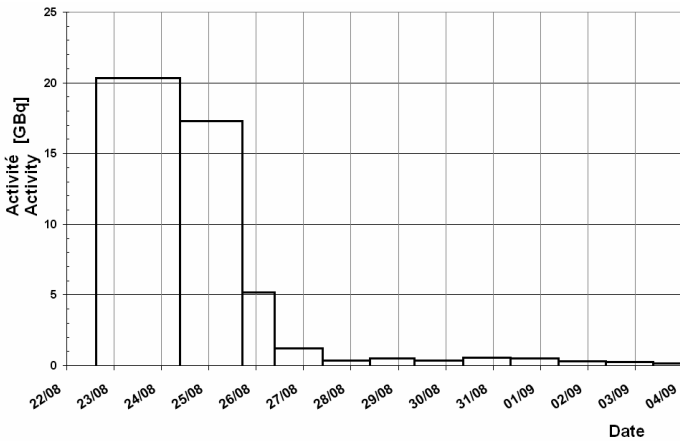
3714 TBq/an en gaz rares exprimés en équivalent de xénon-133 et de 41,8 GBq/an en équivalent d'iode-131.

## 2. L'incident

Le vendredi 22 août 2008, après la production du jour, le contenu de deux cuves intermédiaires de 50 L, contenant des résidus acides hautement radioactifs 'frais' issus de différentes étapes (acidification et purification de l'iode-131) des dernières productions, fut transféré dans un des réservoirs de stockage de 2700 L chacun, récemment vidangé et donc pratiquement vide. Le mélange des réactifs encore présents dans ces déchets liquides a initié une réaction chimique, probablement entre l'iodure résiduel présent dans les déchets liquides et l'excès de peroxyde d'hydrogène éliminé dans les résidus de purification de l'iode-131.



Cette réaction a conduit à la libération et au rejet d'iode-131 sous forme moléculaire (I<sub>2</sub>). Sur le moment, malgré la détection d'un débit de dose anormal au niveau d'une pompe à vide, aucune action spécifique n'a été prise. En outre, un défaut technique du système de mesure des effluents gazeux n'a pas permis le déclenchement d'une alarme. Dans l'urgence et de manière très conservatrice, la quantité totale d'iode-131 présente dans la cuve a été estimée à 37 TBq. Cette estimation reposait uniquement sur un bilan global entre ce qui était entré en



**Figure 2 – Rejets d'iode-131 à la cheminée (en GBq).**  
*Iodine-131 releases from the stack (in GBq).*

cellule et le produit fini qui en sortait, sans prendre en compte les pertes (non négligeables) d'iode-131 se trouvant à l'intérieur des cellules blindées (filtres, pièges, tuyauteries...).

Le dimanche 24 août 2008 au matin, le système de mesure des effluents gazeux est remis en état et engendre une alarme vers 13h30. Cette alarme est cependant mal interprétée par l'agent d'astreinte qui ne l'identifie pas comme étant le résultat d'un rejet non contrôlé, mais comme la récurrence d'un problème technique.

Une nouvelle alarme est déclenchée le matin du lundi 25 août 2008 à 05h00. L'ingénieur de sécurité entreprend une série d'actions afin d'identifier l'origine du problème et pour y remédier. Dès ce moment, sur le site, la priorité fut donnée à trouver une solution qui mette fin au rejet. Les premières actions prises afin d'isoler le réservoir de stockage ne furent cependant pas couronnées du succès escompté. La mise en service de batterie de filtration de réserve n'eut qu'un effet limité sur le débit de rejet.

Dans la journée du mardi 26 août 2008, le remplacement de filtres absolus par des filtres au charbon actif a néanmoins permis de réduire les rejets d'iode.

Durant les quatre premiers jours, la quantité d'iode-131 rejetée a été estimée à environ 47 GBq, ce qui représente environ la quantité autorisée de rejet d'iode-131 sur une année. À partir du mardi 26 août 2008, les rejets ont été fortement réduits suite aux mesures prises par l'exploitant mais ont encore perduré durant plusieurs jours à des taux estimés de l'ordre de 0,5 GBq/jour (Fig. 2). Il est à noter que ce

rejet estimé à 0,5 GBq/jour pourrait provenir, soit de la fin de la réaction chimique dans la cuve de stockage concernée par l'incident, soit d'une désorption de l'iode des filtres, des gaines de ventilation ... contaminés par les rejets précédents.

### **3. Causes profondes de l'incident**

De l'analyse de l'événement par l'exploitant et l'autorité de sûreté, il ressort que l'incident résulte d'un concours de circonstances inhabituelles :

- d'abord, la vidange des effluents radioactifs dans la cuve de stockage a été réalisée peu de temps après leur production n'ayant donc permis qu'une décroissance limitée de l'iode radioactif,
- ensuite, des effluents radioactifs de différentes origines et compositions ont été vidangés quasi simultanément, ce qui n'était arrivé qu'exceptionnellement par le passé,
- enfin, ces effluents ont été déversés dans un réservoir de stockage de 2700 L pratiquement vide (à ce moment, il ne contenait qu'environ 200 L) n'assurant qu'une faible dilution des effluents frais.

Un tel scénario n'avait pas été envisagé lors de l'analyse de sûreté de l'installation.

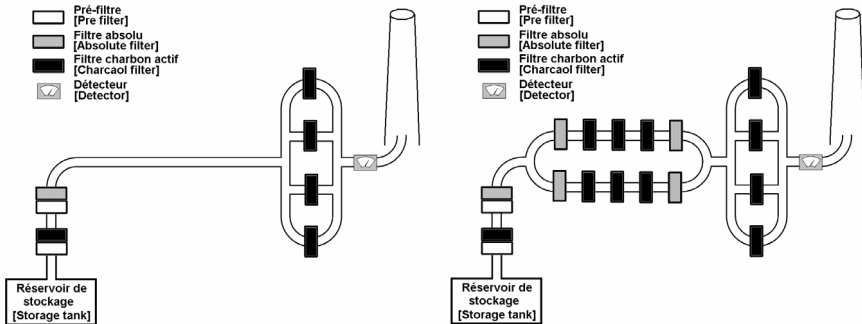
Au-delà des causes originelles, la situation a pu se prolonger du fait qu'elle n'a pas été identifiée rapidement suite à la défaillance du système de mesure des effluents gazeux et à une mauvaise interprétation de l'agent d'astreinte lors de l'alarme du dimanche 24 août 2008.

### **4. Gestion de l'incident par l'Autorité de sûreté**

L'Autorité de sûreté (l'Agence fédérale de contrôle nucléaire – AFCN – et sa filiale Bel V) a été informée de l'incident par l'exploitant le lundi 25 août 2008, dans l'après-midi.

Dès le lendemain, des inspecteurs de ces deux organismes se sont rendus sur le site et ont défini, avec l'exploitant, les actions à prendre à court et à long terme. L'AFCN a également décidé, ce même jour, d'interdire toute production dans les installations concernées (pose de scellés) et de déployer des balises mobiles de mesure d'environnement.

Le redémarrage des productions ne fut autorisé graduellement par l'AFCN qu'à partir du 3 novembre 2008, après qu'une série d'adaptations aient été apportées aux systèmes de filtration (Fig. 3), de ventilation, de mesure et d'alarme, ainsi qu'au processus de transfert des résidus liquides.



**Figure 3 – Aperçu schématique du renforcement du système de ventilation/filtration mis en place le 5/09 : situation avant (à gauche) et après (à droite) modification.**

*Schematic view of the enhancement of the ventilation/filtration system installed on 09/5: situation before (left) and after (right) modification.*

## 5. Première évaluation des conséquences radiologiques

Les premières évaluations des conséquences radiologiques, réalisées le 27 août 2008 sur la base d'hypothèses largement conservatives, estimaient la dose efficace à l'individu de référence à 160  $\mu\text{Sv}$  et la dose équivalente à la thyroïde du jeune enfant à 3 mSv. Ces valeurs étant inférieures aux niveaux guides d'intervention utilisés en Belgique (voir Tab. I), même si les autorités avaient été immédiatement informées de l'incident, il n'eut pas été nécessaire de mettre en place des actions de protection directe de la population comme la mise à l'abri (pour laquelle le niveau guide est de 5 mSv en dose efficace) ou l'ingestion de comprimés d'iode stable par les enfants et les femmes enceintes ou allaitantes (pour laquelle le niveau guide est de 10 mSv en dose équivalente à la thyroïde). Le retard pris pour la notification rendait la mise en œuvre d'actions de protection d'autant moins nécessaires qu'à ce moment, la majeure partie du rejet avait déjà été dispersée.

Toutefois, les dépôts d'iode-131, estimés toujours de manière conservative, pouvaient localement atteindre et dépasser les niveaux de référence dérivés pour la contamination des produits de la chaîne alimentaire qui sont utilisés en Belgique (Conseil supérieur d'hygiène, 1992), notamment le lait (4 000  $\text{Bq}/\text{m}^2$ ) et les légumes-feuilles<sup>4</sup> (10 000  $\text{Bq}/\text{m}^2$ ). Afin de vérifier ces prédictions, quelques échantillons d'herbe furent prélevés le 27 août 2008 dans les environs proches de l'installation (entre 350 et 550 m sous le vent à partir de la cheminée de l'installation) ; les résultats des mesures ont révélé, le lendemain, des valeurs de

<sup>4</sup> Les légumes-feuilles désignent les légumes dont on consomme les feuilles, comme la laitue, l'épinard, le chou...

TABLEAU I

**Niveaux-guides d'intervention appliqués en Belgique pour la mise en place d'actions de protection directe des populations (Arrêté de l'Agence fédérale de contrôle nucléaire, 2003).**  
**Intervention guidelines used in Belgium for direct protective actions to the population (Arrêté de l'Agence fédérale de contrôle nucléaire, 2003).**

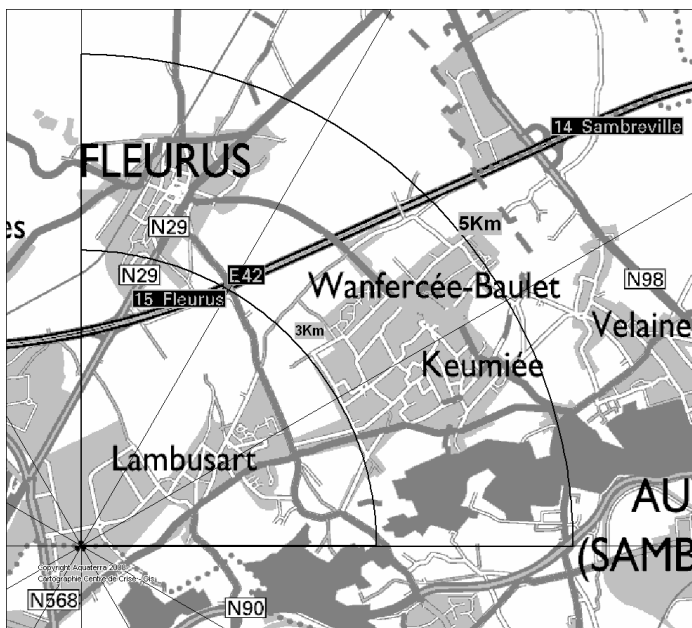
Actions de protection Protective action	Niveaux-guides d'intervention (dose équivalente ou dose efficace) Intervention guidelines (equivalent dose or effective dose)
Recommandation de mise à l'abri Recommendation to shelter	5*–15 mSv (dose efficace intégrée sur 24 h) (effective dose integrated over 24 h)
Recommandation de prise d'iode stable ** Recommendation to stable iodine intake **	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ enfants jusqu'à 18 ans compris et femmes enceintes ou allaitantes :</li> <li>▪ children up to 18 years accomplished and pregnant or breastfeeding women :</li> </ul> 10*–50 mSv (dose équivalente à la thyroïde) (equivalent dose to the thyroid) <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ adultes :</li> <li>▪ adults:</li> </ul> 50*–100 mSv (dose équivalente à la thyroïde) (equivalent dose to the thyroid)
Évacuation générale (sauf groupes spéciaux, à définir) General evacuation (except for special groups, to be defined)	50*–150 mSv (dose efficace intégrée sur 7 jours) (effective dose integrated over 7 days)

\* Niveau d'intervention généralement justifié.  
Generally justified intervention level.

\*\* La recommandation de prise d'iode stable sera, si possible et dans les cas appropriés, combinée à une recommandation de mise à l'abri.  
The recommendation to stable iodine intake will, whenever possible and appropriate, combined with a recommendation to shelter.

contamination surfacique en iode-131 comprises entre 4 500 et 8 000 Bq/m<sup>2</sup>, confirmant la possibilité d'un dépassement des niveaux de référence dérivés pour la prise de mesures de protection de la chaîne alimentaire dans les zones proches de l'installation.

Dès lors, l'AFCN a proposé au Ministre de l'Intérieur le déclenchement du plan d'urgence fédéral (Arrêté royal, 2003), d'autant que le déclenchement du plan d'urgence permet de mettre en place les différents mécanismes et structures de gestion des situations d'urgence radiologique et de pouvoir réunir les différentes instances impliquées dans l'évaluation (y compris les mesures de radioactivité), la gestion et la communication. Cette proposition se justifiait également par l'importante quantité d'iode-131 (37 TBq) encore potentiellement présent dans le réservoir de stockage et dont le comportement à terme restait alors incertain.



**Figure 4 – Secteurs concernés par les recommandations de non consommation de produits alimentaires.**  
*Sectors concerned by the food ban recommendations.*

## 6. Gestion de l'incident au niveau fédéral

Sur l'avis de l'AFCN, le plan d'urgence fédéral a été activé dans l'après-midi du 28 août 2008.

La cellule d'évaluation, regroupant des experts en matière technique, radiologique et météorologique s'est rapidement réunie et, après analyse des données disponibles, a proposé aux instances décisionnelles de recommander à la population habitant le quart Nord-Est par rapport à l'installation et jusqu'à une distance de 5 km (Fig. 4), de ne plus consommer de fruits, de légumes ni de lait produits localement, de rentrer le bétail à l'étable dès le lendemain et de ne plus faire usage de l'eau de pluie, notamment pour l'arrosage des jardins. Cette proposition était une mesure de précaution prise de manière conservatrice et dans l'attente d'une meilleure caractérisation des dépôts. Elle était également justifiée par une perception encore incomplète que les experts avaient, à ce moment, des causes et des mécanismes qui avaient conduit au rejet d'iode-131 et parce que le risque d'un rejet ultérieur ne pouvait pas encore être totalement exclu. En outre, l'impact socio-économique d'une telle recommandation reste relativement faible.



Le Comité de gestion a avalisé cette proposition et, dans la soirée du jeudi 28 août 2008, ces recommandations ont été communiquées aux médias et *via* le site web des autorités ; il était convenu de prévenir directement la population concernée dès le lendemain matin au moyen des haut-parleurs équipant des véhicules de la police.

Une stratégie de prise d'échantillon de lait et de végétaux (herbe, légumes, fourrage) était établie dans le but de circonscrire le plus rapidement possible la zone affectée. Quinze échantillons ont encore été prélevés et mesurés le jour même (28 août 2008) et 59 échantillons supplémentaires ont été prélevés et mesurés le lendemain (29 août 2008).

Le 30 août 2008, sur base des résultats de mesure, dans la mesure où tous les prélèvements de végétaux comestibles au-delà de 3 km présentaient des niveaux de contamination en iode-131 inférieurs à 20 Bq/kg frais, la taille du secteur concerné par les recommandations a été ramenée de 5 à 3 km. De plus, les mesures en iode-131 du lait des fermes sur l'ensemble du secteur étant également inférieures à 20 Bq/L, la recommandation de non-consommation de lait a été levée sur la totalité du secteur ; le lait produit entre temps et conservé à la ferme a donc pu être libéré et écoulé *via* les circuits de collecte habituels. Seule la recommandation d'éviter la consommation de fruits et de légumes produits localement a été maintenue dans le quart Nord-Est jusqu'à 3 km jusqu'au dimanche 7 septembre 2008 (Fig. 4), après que l'exploitant ait modifié son système de ventilation (Fig. 3) de façon à garantir que l'iode-131 encore présent dans le réservoir ne constituait plus une menace pour la population et l'environnement. Entre-temps, d'autres échantillons de végétaux ont été prélevés et mesurés jour après jour, afin de suivre l'évolution de la contamination en iode-131 et de compléter la cartographie du dépôt. Au total, plus de 200 nouveaux prélèvements ont été effectués entre le 30 août et le 11 septembre 2008.

Afin de rassurer la population, l'autorité a organisé une campagne de mesure de la contamination de la thyroïde des habitants de la région, en mettant la priorité sur le contrôle des groupes les plus à risque, autrement dit, les enfants et les femmes enceintes. Cet examen, sur base totalement volontaire a eu lieu les 1<sup>er</sup> et 2 septembre 2008. Il a été mené dans le complexe omnisport de la commune de Lambusart au moyen de détecteurs portables (Ge, GeHP et NaI) dont les limites de détection, pour un temps de comptage de 1 minute, variaient, selon le détecteur, entre 20 et 90 Bq, étant donné le bruit de fond ambiant. Sur les quelques 3000 personnes potentiellement attendues, 1320 personnes se sont présentées. Aucune d'entre elles n'a présenté un niveau de contamination supérieur au seuil de détection le plus élevé. Un non dépassement des limites de détection au moment où les mesures ont été réalisées permet de garantir qu'aucun individu, quel que soit son âge, n'a été exposé à une dose équivalente à la thyroïde supérieure à 3 mSv.

Le plan d'urgence fédéral a été officiellement levé par les autorités le 12 septembre 2008.

Au-delà de la gestion de l'incident et de ses conséquences, et faisant suite aux préoccupations de la population vis-à-vis de l'impact sur leur santé de cet incident, en particulier, mais également de l'ensemble des activités sur le site de l'IRE à Fleurus depuis sa création, le Service public fédéral santé publique a initié une étude épidémiologique au niveau des populations riveraines.

## **7. Information à la population**

Dès le moment où le plan d'urgence fédéral a été activé, l'information du public et des médias a été assurée par des communiqués de presse quotidiens, des conférences de presse aux moments clés et des informations identiques postées sur les sites internet des différentes autorités concernées.

Dès le vendredi 29 août à 11h30, des lignes téléphoniques étaient mises à la disposition des populations des communes concernées pour répondre à leurs questions. À cet effet, une liste de réponses à des questions récurrentes avait été établie au niveau national.

À plusieurs reprises les véhicules de la police locale ont parcouru les quartiers concernés par les recommandations des autorités fédérales afin d'informer directement les populations impliquées.

Par la suite, deux sessions d'information furent organisées par les autorités concernées afin d'informer les populations locales sur l'incident et ses conséquences sanitaires. Durant ces sessions, les habitants ont pu poser aux experts présents toutes les questions faisant l'objet de leurs préoccupations.

Plusieurs articles relatifs à l'incident et à ses conséquences ont été publiés dans le journal communal de Fleurus.

## **8. Conséquences radiologiques**

Les mesures de contamination dans l'environnement ont démontré que seul de l'iode-131 avait été libéré lors de cet incident. La quantité totale rejetée est estimée à 47 GBq.

L'analyse des résultats de mesure montrent que les niveaux de contamination dans les légumes-feuilles (Fig. 5), corrigés pour la décroissance physique de l'iode-131 et ramenés à la date du 23 août 2008, ne dépassent pas la valeur de

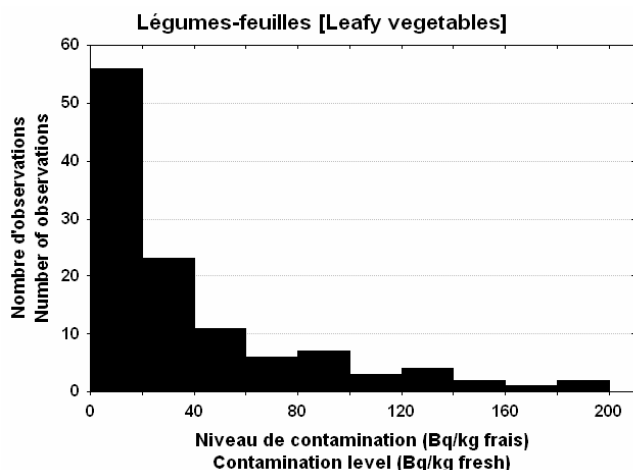


Figure 5 – Distribution des valeurs de contamination (Bq/kg frais) dans les légumes-feuilles. Les valeurs ont été corrigées pour la décroissance et ramenées à la date du 23/08/2008.

*Distribution of the contamination values (Bq/kg fresh) in leafy vegetables. Values are corrected for decay to the date of 2008/08/23.*

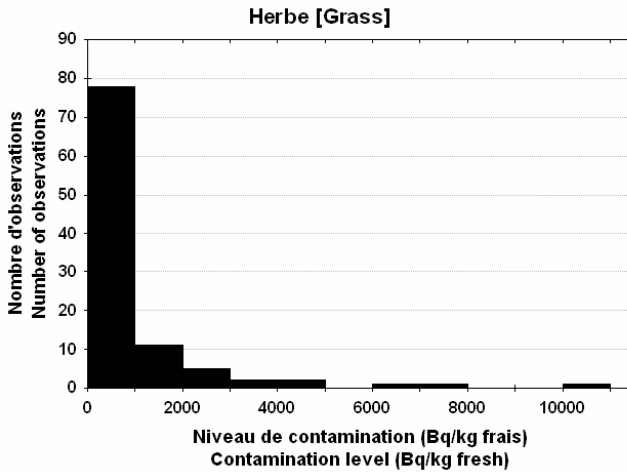
200 Bq/kg frais<sup>5</sup>, soit 10 fois moins que la valeur de 2000 Bq/kg recommandée par la Commission européenne comme niveau admissible pour la libre circulation à l'intérieur de l'EU des denrées alimentaires (EURATOM, 1989). Seulement 10 % de ces valeurs corrigées dépassent la valeur de 100 Bq/kg recommandée par l'OMS<sup>6</sup> pour la contamination des produits alimentaires prêts à la consommation (WHO-FAO, 2006).

Les mesures obtenues sur les échantillons d'herbe (Fig. 6), corrigées pour la décroissance de l'iode-131 et ramenées à la date du 23 août 2008, fournissent une valeur maximale de 10 300 Bq/kg frais (à une distance de 200 m du point d'émission). Sur base d'une consommation de 100 kg d'herbe par jour et d'un facteur de transfert de  $1 \times 10^{-2}$  j/L (IAEA, 1994), des valeurs de contamination maximale de 10 kBq/L dans le lait auraient pu être atteintes. Dans la réalité, les valeurs maximales mesurées dans le lait ont toutes été inférieures à 30 Bq/l, ce qui peut s'expliquer par la distance séparant la source des rejets des élevages et/ou le régime alimentaire des troupeaux concernés.

Une évaluation de la distribution des dépôts sur base des échantillons prélevés est présentée sur la figure 7.

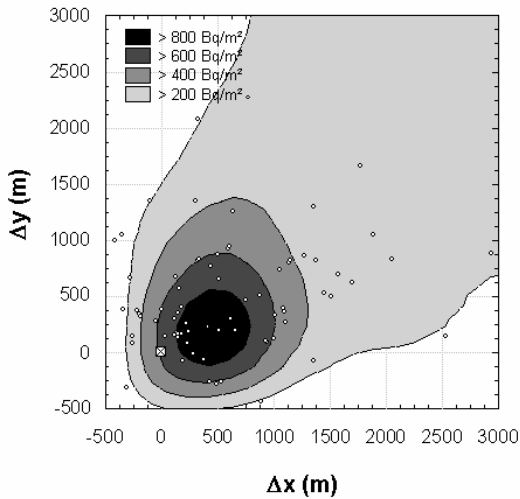
<sup>5</sup> Les valeurs de contamination des légumes-feuilles, rapportées à la date de prélèvement, n'ont jamais dépassé 100 Bq/kg frais.

<sup>6</sup> OMS = Organisation mondiale de la santé.



**Figure 6 – Distribution des valeurs de contamination (Bq/kg frais) dans les échantillons d'herbe. Les valeurs ont été corrigées pour la décroissance et ramenées à la date du 23/08/2008.**

*Distribution of the contamination values (Bq/kg fresh) in grass samples. Values are corrected for decay to the date of 2008/08/23.*



**Figure 7 – Distribution des dépôts (Bq/m<sup>2</sup>) en fonction de la distance par rapport à la source des rejets (carré marqué d'une croix). L'interpolation est obtenue par la méthode des moindres carrés sur base des valeurs corrigées pour la décroissance et ramenées à la date du 23/08/2008.**

*Distribution of the deposit (Bq/m<sup>2</sup>) as a function of the distance from the source of the release (crossed square). Interpolation by least square fit on the values corrected for decay to the date of 2008/08/23.*

TABLEAU II

Évaluation conservative de la dose efficace à l'adulte et au jeune enfant.  
Conservative estimation of the effective dose to the adult and young child.

Voie d'exposition Exposure pathway	Dose efficace (µSv) Effective dose (µSv)	
	Adulte Adult	Enfant (<2 ans) Child (<2 years)
Exposition externe (immersion dans le nuage) External exposure (cloud shine)	0,02	0,02
Exposition externe due au dépôt External exposure (ground shine)	3,7	3,7
Inhalation	2,5	7,5
Ingestion	4,0	16
Total	<b>10</b>	<b>28</b>

TABLEAU III

Évaluation conservative de la dose équivalente à la thyroïde de l'adulte et du jeune enfant.  
Conservative estimation of the equivalent dose to the thyroid of the adult and young child.

Voie d'exposition Exposure pathway	Dose à la thyroïde (µSv) Thyroid dose (µSv)	
	Adulte Adult	Enfant (<2 ans) Child (<2 years)
Exposition externe (immersion dans le nuage) External exposure (cloud shine)	0,02	0,02
Exposition externe due au dépôt External exposure (ground shine)	3,7	3,7
Inhalation	53	159
Ingestion	100	409
Total	<b>157</b>	<b>571</b>

La dose maximale efficace (Tab. II) et la dose maximale à la thyroïde (Tab. III) ont été calculées pour l'adulte et le petit enfant (de moins de 2 ans), selon une approche conservative, estimant les différentes voies d'expositions.

Les doses relatives aux expositions externes par immersion dans le nuage et par irradiation par la radioactivité déposée, ainsi que l'inhalation, ont été évaluées à l'aide d'un modèle bi-gaussien (Hotspot 2.07 (Hotspot 2.07, 2009)) en considérant que l'ensemble de l'activité (47 GBq d'iode-131) a été relâchée en un temps court, à une hauteur effective de 35 m. Les conditions atmosphériques utilisées (vent de 4 m/s, stabilité atmosphérique neutre, absence de pluie) correspondent aux conditions moyennes mesurées par la station météorologique locale entre le 22 et

le 26 août 2008 (période de rejet maximum). Une vitesse de dépôt de 1 cm/s a été considérée pour évaluer les contaminations surfaciques.

Les doses relatives à l'ingestion ont été estimées sur la base d'une consommation quotidienne moyenne de 150 g de légumes-feuilles produits localement pour un adulte et de 75 g pour le petit enfant. Un niveau de contamination initial de ces produits de 200 Bq/kg (voir plus haut) a été retenu de manière conservative et un facteur de rétention ( $F_p$ ) moyen de 0,5 (IAEA, 1994) a été appliqué pour prendre en compte la réduction de la contamination lors de la préparation de l'aliment (enlever les feuilles externes, laver, cuire...). La décroissance physique a été prise en considération mais pas le facteur de lessivage. Les facteurs de conversion de dose sont extraits de la publication 72 de la CIPR (ICRP, 1996) et le facteur de pondération tissulaire pour la thyroïde est pris de la publication 103 de la CIPR (ICRP, 2008).

Ces valeurs ont confirmé une exposition faible des populations concernées. Les actions de protection des populations ont été prises sur la base du principe 'ALARA', en considérant le fait qu'elles n'avaient pas d'impact financier direct, ni d'incidence sur l'approvisionnement et qu'elles n'étaient pas de nature à perturber, de façon marquante, la vie de la population concernée.

## **9. Leçons tirées de la gestion de l'incident**

Il est essentiel que la notification aux autorités d'un accident ou d'un incident se fasse dans les délais les plus brefs et de la manière la plus appropriée, notamment en respectant les schémas d'alerte. Dans le cas présent, l'exploitant informa son Organisme de contrôle (Bel V) et l'Autorité de sûreté (AFCN) dès que l'incident fut identifié, mais vu la défaillance technique et l'erreur d'interprétation du signal du système de mesure des effluents gazeux, trois jours s'étaient écoulés depuis le début du rejet : Bel V fut informé le lundi 25 août 2008 vers 14h00 et l'AFCN vers 17h30.

En outre, le partage rapide de l'information entre les parties (exploitants et autorités) ainsi qu'au sein de ces parties est primordial pour assurer une réponse rapide et adaptée et garantir une information cohérente du public. Ainsi, le Ministre de l'Énergie, Ministre de tutelle de l'IRE, faisait une déclaration rassurante le mercredi 27 août 2008, sur base des informations reçues de l'exploitant et justifiée par les niveaux de dose estimés très inférieurs aux niveaux-guides correspondant à la prise d'action de protection directe pour la population, alors que le plan d'urgence fédéral était activé le lendemain en se basant sur un dépassement possible des niveaux de contamination dans les produits de la chaîne alimentaire.

La communication des informations vers le public, notamment au travers des média, ressort comme un élément essentiel de la gestion d'une crise et du niveau de confiance que la population témoigne aux déclarations de l'autorité. En particulier, l'incident a clairement montré le rôle de proximité assuré par le Bourgmestre de la commune de Fleurus afin de relayer les informations vers la population concernée par les actions de protection prises par les autorités.

Les ressources humaines et matérielles, qui peuvent être mobilisées en cas d'accident ou d'incident radiologique, sont limitées. Une bonne gestion des priorités et une affectation adéquate des ressources sont des éléments essentiels dans la stratégie mise en place. Dans le cas de cet incident, où la phase d'urgence a été déclarée plusieurs jours après le début des rejets, l'organisation du travail de façon discontinue, basée sur des réunions quotidiennes de quelques heures de façon à faire le point sur les données nouvelles, s'est révélée satisfaisante et a permis d'optimiser les ressources humaines dédiées à la gestion de l'incident. Cependant, il s'agissait davantage d'une gestion post-accidentelle que d'une gestion de la phase aigüe d'une crise, même si la situation est restée incertaine sur le plan de la maîtrise technique de l'installation durant plusieurs jours.

## RÉFÉRENCES

- Arrêté royal du 17/10/2003 portant fixation du plan d'urgence nucléaire et radiologique pour le territoire belge, *Moniteur belge* du 20/11/2003 : 55874-55940.
- Arrêté de l'Agence fédérale de contrôle nucléaire du 17/10/2003 relatif aux niveaux-guides d'intervention pour les situations d'urgence radiologique, *Moniteur belge* du 24/11/2003 : 56476-56478.
- Conseil supérieur d'hygiène (1992) Risque nucléaire et agriculture, Ministère de la santé Publique et de l'Environnement, 172 p.
- EURATOM (1989) Règlement (Euratom) n° 2218/89 du Conseil du 18 juillet 1989 modifiant le règlement (Euratom) n° 3954/87 fixant les niveaux maximaux admissibles de contamination radioactive pour les denrées alimentaires et les aliments pour bétail après un accident nucléaire ou dans toute autre situation d'urgence radiologique : *Journal officiel* n° L 211 du 22/07/1989, pp. 0001-0003.
- Hotspot 2.07, National Atmospheric Release Advisory Center (NARAC), Lawrence Livermore National Laboratory, 9 February 2009 ([www-gs.llnl.gov/hotsopt](http://www-gs.llnl.gov/hotsopt)).
- IAEA (1994) Handbook of parameter values for the prediction of radionuclide transfer in temperate environments, Technical Reports Series 364.
- ICRP Publication 72 (1996) Age-dependent Doses to the Members of the Public from Intake of Radionuclides Part 5, Compilation of Ingestion and Inhalation Coefficients, *Ann. ICRP* **26**.
- ICRP Publication 103 (2008) Recommendations of the ICRP, *Ann. ICRP* **37**.
- WHO-FAO Commission du Codex Alimentarius (2006) Limites indicatives révisées pour les radionucléides dans les denrées alimentaires contaminées suite à un accident nucléaire ou un événement radiologique pour l'emploi dans le commerce international, rapport ALINORM 06/29/12.