

Fontenay-aux-Roses, le 8 août 2008

Le Directeur Général

IRSN/DIR/2008- 456

Monsieur le Délégué territorial de l'Autorité de  
Sûreté Nucléaire

2 rue Antoine Charial

69426 Lyon cedex 3

**Objet :** Société SOCATRI à Bollène  
Installation d'assainissement et de récupération de l'uranium (INB 138)  
Événement significatif du 7 juillet 2008 concernant le dépassement de la limite de  
rejet gazeux en carbone 14

**Votre Réf.** Lettre ASN Dép-Lyon-N° 1100-2008 du 6 août 2008

Par lettre en date du 6 août 2008 citée en référence, vous avez demandé à l'IRSN d'évaluer les conséquences sur les populations et l'environnement résultant du rejet atmosphérique de carbone 14 émis entre le 25 juin et le 2 juillet 2008 par l'installation d'assainissement et de récupération de l'uranium de l'usine SOCATRI. Vous demandez également d'élaborer un programme de mesures dans l'environnement visant à déceler un impact éventuel de ce rejet.

**1. Evaluation des conséquences dosimétriques du rejet de carbone 14 sur les populations au voisinage du site de SOCATRI**

Le détail des données et hypothèses retenues par l'IRSN pour réaliser cette évaluation des conséquences dosimétriques, ainsi que des résultats obtenus, est annexé à la présente lettre. Cette évaluation ne porte que sur les rejets de la période du 25 juin au 2 juillet (2,26 GBq de carbone 14, soit de l'ordre de deux tiers du rejet annuel autorisé) et ne prend pas en compte les rejets, beaucoup plus faibles (de l'ordre de 0,1 GBq/semaine), qui se sont poursuivis au cours du mois de juillet, car leur apport est d'un ordre secondaire au regard de certaines des hypothèses majorantes retenues pour le calcul des conséquences du rejet principal.

Les résultats des calculs montrent que la contamination en carbone 14 des différents compartiments de l'environnement liée au rejet de l'usine SOCATRI est au maximum de l'ordre d'une dizaine de Bq.kg<sup>-1</sup> dans les végétaux. Cette valeur s'ajoute au bruit de fond naturel de carbone 14 qui est du même ordre de grandeur dans ce même compartiment.

.../...

**Adresse Courrier**

BP 17  
92262 Fontenay-aux-Roses  
Cedex France

Tel. : +33 (0)1 58 35 84 89  
Fax : +33 (0)1 58 35 71 52  
Jacques.repussard@irsn.fr

**Siège social**

31, av. de la Division Leclerc  
92260 Fontenay-aux-Roses  
Standard +33 (0)1 58 35 88 88

RCS Nanterre B 440 546 018



En raison de l'impossibilité de connaître précisément le moment où le rejet principal s'est produit au cours de la semaine du 25 juin au 2 juillet, cette estimation a été réalisée en retenant, dans la séquence météorologique observée au cours de cette semaine, les conditions météorologiques les plus pénalisantes (DN11). Une meilleure connaissance de la cinétique du rejet permettrait d'utiliser des conditions météorologiques plus réalistes et ainsi de diminuer les valeurs estimées des conséquences radiologiques et dosimétriques.

En exploitant les données météorologiques fournies par Météo France pour la période considérée, l'IRSN a déterminé le secteur sous les vents dominants au cours de la semaine où le rejet principal s'est produit et a localisé le point théorique où les valeurs maximales des conséquences ont été estimées (figure 2 de l'annexe). L'IRSN insiste sur le caractère imprécis et indicatif de ce point, compte tenu de l'incertitude sur les conditions météorologiques au moment précis où le rejet principal a eu lieu, qui n'est pas connu à ce jour.

Dans ces conditions, la dose efficace maximale par inhalation et par ingestion d'aliments issus des productions agricoles locales ne devrait pas dépasser une valeur d'environ 0,5  $\mu\text{Sv}$  pour un adulte ; cette dose provient presque exclusivement de l'ingestion de denrées végétales exposées au rejet de carbone 14 pendant une durée suffisante pour l'assimiler par photosynthèse, en considérant une personne ayant le taux d'autoconsommation le plus élevé (consommation de produits venant du lieu où le calcul est fait), selon les données issues de l'enquête alimentaire réalisée autour du site de Pierrelatte. Pour les mêmes raisons que précédemment, cette estimation doit être considérée comme majorante et des données plus précises et réalistes conduiraient à une valeur estimée plus basse.

**En conclusion, compte tenu de la faible importance de ces conséquences dosimétriques estimées, tant sur les végétaux que sur les personnes, aucune restriction n'est à appliquer sur la consommation des denrées végétales poussant dans la zone sous l'influence des rejets de SOCATRI.**

## **2. Programme de prélèvement et de mesure dans l'environnement**

Une des particularités du carbone 14, lorsqu'il est émis à l'atmosphère sous forme de gaz carbonique, est son assimilation par l'activité photosynthétique des végétaux et, ainsi, son intégration rapide à la matière constituant les végétaux lors de leur croissance. Il est également important de rappeler que le carbone 14 est présent naturellement en tout lieu de l'environnement, déterminant ainsi un bruit de fond caractéristique qui est actuellement de 242 Bq par kilogramme de carbone total en dehors de toute influence de rejets industriels spécifiques. Cette même valeur se retrouve dans toutes les composantes de la chaîne alimentaire terrestre, que les produits soient végétaux ou animaux.

L'activité spécifique du carbone 14 dans ces composantes de la biosphère, exprimée en becquerels par kilogramme de carbone total (Bq/kg C), est un indicateur très sensible à l'influence localisée d'un rejet industriel de carbone 14 s'ajoutant au bruit de fond naturel. Ainsi, les techniques de mesure du carbone 14 mises en œuvre par l'IRSN permettent de mettre en évidence, de manière significative, une augmentation de 3 Bq/kg de C dans les zones sous influence directe des rejets des CNPE en France.

Afin de déceler un éventuel marquage de l'environnement lié à l'épisode de rejet du 25 juin au 2 juillet de l'usine SOCATRI, il convient de récolter des échantillons de feuilles ayant pu assimiler directement le carbone 14 en excès dans l'air, résultant de ce rejet. Dans ces conditions, en réponse à votre saisine citée en référence, le programme de prélèvements et de mesures que l'IRSN mettra en œuvre pour conforter son évaluation des conséquences environnementales et dosimétriques présentée au point précédent, comprendra la mesure du carbone 14 et la détermination de son activité spécifique (Bq/Kg C) pour :

- les échantillons de végétaux terrestres que l'IRSN a déjà prélevés au cours du mois de juillet et conservés sous forme lyophilisée, dans le cadre du plan de surveillance mis en place après le rejet accidentel d'uranium du 7 juillet (collecte de fanes de carottes et de radis venant de la parcelle de M. Bernard, et d'herbe venant de la parcelle de M. Pascal, réalisée le 10 juillet), ainsi que dans le cadre de la campagne de suivi radioécologique annuel menée par l'IRSN autour du site du Tricastin (prélèvements de salades effectués le 28 juillet chez Mme Million) ;
- de nouveaux prélèvements de feuilles de chêne et de maïs qui seront réalisés le 11 août par l'équipe de l'IRSN, à l'occasion de son déplacement déjà planifié dans le cadre de la surveillance des eaux de nappe phréatique. Ces prélèvements seront effectués dans un secteur compris entre le Nord de Bollène (Est-Sud Est du site), la Croisière (Sud) et la ferme piscicole (Ouest du site), en tenant compte du secteur sous le vent dominant dans la période où le rejet principal de SOCATRI s'est produit, tel qu'identifié au point 1. Bien entendu, l'équipe de l'IRSN s'efforcera de prélever des échantillons de feuilles dans l'axe principal de ce secteur et si possible à proximité du point de concentration maximal estimé au point 1. Les lieux précis de prélèvement seront déterminés lors de la campagne du 11 août, en fonction de ces éléments ainsi que de l'accessibilité des zones d'intérêt et de la présence effective de végétaux pertinents. Cette campagne devrait conduire au prélèvement de 5 à 10 échantillons végétaux.

Pour la mesure du carbone 14 présent dans ces échantillons, l'IRSN mettra en œuvre une technique suffisamment précise (technique dite « par synthèse de benzène ») pour déceler une éventuelle augmentation de l'activité spécifique du carbone 14 dans ces végétaux. En fonction des résultats obtenus et des observations faites sur le terrain sur les végétaux cultivés, l'IRSN pourra éventuellement actualiser l'évaluation des conséquences dosimétriques sur une base plus réaliste. Compte tenu des techniques analytiques mises en œuvre et des vérifications et interprétations nécessaires, les résultats de mesure ne pourront être disponibles que fin août.

**En raison du très faible niveau des conséquences estimées a priori par l'IRSN, il n'apparaît a priori pas justifié d'approfondir les investigations dans l'environnement au-delà des actions indiquées ci-dessus.**

  
Jacques REPUSSARD

Copies :

- Monsieur le Directeur Général de l'ASN - Paris
- Monsieur le Directeur Général de la Santé
- Monsieur le Chef de la Division Lyon de l'ASN - Lyon
- Monsieur le Préfet du Vaucluse
- Monsieur le Préfet de la Drôme
- DDASS du Vaucluse
- DDASS de la Drôme

## Estimation des conséquences sur l'environnement et sur l'homme de l'épisode de rejet atmosphérique de carbone 14 survenu à l'usine SOCATRI du 25 juin 2008 au 2 juillet 2008

L'usine SOCATRI du Tricastin comprend un atelier dénommé « ANDRA » qui a pour fonction le tri, la séparation et le conditionnement des déchets issus de la collecte par l'ANDRA chez les « petits producteurs », avant leur élimination : stockage définitif sur le centre de l'Aube ou incinération par SOCODEI.

A la suite du traitement de déchets solides au sein de l'atelier ANDRA pendant la période du 25 juin 2008 au 2 juillet 2008, il a été constaté un dépassement de la limite mensuelle de carbone 14 dans les effluents gazeux. L'activité du carbone 14 rejetée sur cette période est de 2,26 GBq [SOCATRI, Compte rendu détaillé d'événement significatif intéressant la sûreté, la radioprotection ou l'environnement, 22 juillet 2008].

La présente annexe détaille l'estimation des conséquences sur l'environnement (concentrations dans certains compartiments de l'environnement) et l'homme (doses reçues par ingestion et par inhalation) associées à ce rejet de carbone 14.

### **1. METHODE, DONNEES ET HYPOTHESES RETENUES**

Les calculs de dispersion atmosphérique du carbone 14 ont été effectués en supposant que la totalité de l'activité du carbone 14 rejeté au cours de la période du 25 juin au 2 juillet (2,26 GBq) a été émise sur une durée de 4 heures. Le moment précis de ce rejet n'ayant pu être identifié par l'exploitant de l'usine SOCATRI, la séquence météorologique pendant l'événement n'a pu être déterminée exactement. L'IRSN a donc sélectionné, parmi les observations météorologiques fournies par Météo-France pour la période du 25 juin 2008 au 2 juillet 2008, les conditions météorologiques qui déterminent les conséquences les plus pénalisantes : diffusion normale et vitesse de vent de 11 m/s (DN 11).

La zone affectée par le rejet a été définie en considérant la direction des vents dominants de la semaine du 25 juin au 2 juillet, qui est également la direction du vent observée pour la séquence météorologique retenue pour le calcul (DN11). Plus précisément, au cours de cette semaine, la direction du vent a varié sur une plage de 190° à 20° avec pour les 3/4 du temps, des vents compris entre 340 et 20° (intervalle retenu pour les vents dominants). De plus, pour les séquences où les vents n'étaient pas du secteur Nord, les conditions de diffusion (vent inférieur à 6m/s) conduiraient à des conséquences mineures et probablement non détectables à la mesure.

La hauteur de rejet retenue est celle de la cheminée de l'atelier « ANDRA », soit 18,5 m. Un facteur correctif de battement de vent de 3 a été retenu.

Pour le calcul de l'activité massique du carbone 14 assimilé par les végétaux, l'IRSN a fait l'hypothèse que l'ensemble du carbone 14 était sous forme de gaz carbonique, immédiatement

assimilable par les végétaux (photosynthèse). En l'absence de données précises sur la forme chimique du carbone 14 émis par SOCATRI, dont une part peut se trouver sous forme organique (solvants) moins facilement assimilable par les végétaux, l'hypothèse retenue par l'IRSN correspond au cas le plus pénalisant en termes de contamination des végétaux.

Pour quantifier l'assimilation photosynthétique du carbone 14 émis par SOCATRI, des valeurs moyennes sur un mois des concentrations en carbone 14 dans l'air ont été calculées à partir des résultats de concentration intégrée fournis par les codes de dispersion atmosphérique. Cette approche simplificatrice est cohérente avec le temps de croissance des légumes à feuilles avant consommation. L'IRSN en déduit l'activité massique du carbone 14 assimilé par les plantes à l'aide de la formule suivante :

$$A_{\text{végétaux}} = K_{\text{carbone 14}} \times A_{\text{air}}$$

$A_{\text{végétaux}}$  (Bq/kg frais) : activité massique totale dans le végétal.

$A_{\text{air}}$  (Bq/m<sup>3</sup>) : activité moyenne dans l'air.

$K_{\text{carbone 14}}$  (m<sup>3</sup>/kg frais) : facteur de proportionnalité entre la teneur en carbone 14 du végétal et la concentration en carbone 14 de l'atmosphère à l'emplacement où ce végétal est présent.

Ce facteur de proportionnalité repose sur l'hypothèse de l'égalité des rapports isotopiques du carbone 14 sur le carbone stable dans les végétaux et l'atmosphère. Les valeurs de ce facteur retenues pour le présent calcul sont données dans le tableau 1 [A. MORIN, C. ROMMENS, FOCON96 Version 1.0 - Bibliothèque des données nucléaires de base, des paramètres radioécologiques et des coefficients de dose, Note Technique SEGR/SAER/97-22 Indice 4, IPSN, Mai 1999] ; il convient de noter que ces valeurs sont habituellement appliquées dans le contexte d'un rejet chronique de carbone 14 et peuvent être considérées comme majorantes dans le contexte d'un rejet de courte durée si l'équilibre atmosphère/végétal n'est pas atteint pour le carbone 14 (hypothèse sous-tendue dans le choix du facteur de proportionnalité, comment indiqué ci-dessus).

**Tableau 1 : Facteur de proportionnalité (m<sup>3</sup>/kg frais)**

	$K_{\text{carbone 14}}$
Légumes feuilles	267
Légumes fruits	533
Légumes racines	533

Pour le calcul des doses par ingestion de denrées végétales exposées au rejet de carbone 14 de SOCATRI, la durée de consommation prise en compte est celle correspondant à la période au cours de laquelle peuvent être récoltées des productions végétales susceptibles d'avoir été impactées par le rejet au cours de juillet : deux mois pour les légumes à feuilles et de quatre mois pour les légumes racines et les légumes fruits ; ces durées correspondent à l'occupation du sol des cultures maraîchères prises en compte dans le code ASTRAL dédié au calcul des conséquences post-accidentelles sur les productions agricoles. Au-delà de ces périodes, les nouvelles récoltes de

denrées végétales ne peuvent être affectées par l'épisode de rejet de début juillet, leur mise en culture étant postérieure à l'occurrence de ce rejet.

Les calculs de dose efficace sont réalisés pour un adulte en retenant :

- un débit respiratoire de 0,92 m<sup>3</sup>/h [ICRP Publication 66 - Human Respiratory Tract - Model for Radiological Protection, Annals of the ICRP, Volume 24 N° 1-3 1994, Pergamon],
- une ration alimentaire (cf. tableau 2) correspondant aux consommations journalières d'un adulte résidant dans la région de Pierrelatte en période estivale [PELLET Audrey et RINGEARD Caroline, Enquête alimentaire de Pierrelatte : Etude des consommations alimentaires des populations à proximité du site Pierrelatte-Tricastin : Rations alimentaires et autoconsommation, rapport SER 05-09, septembre 2005].

**Tableau 2 : Taux d'autoconsommation et quantité ingérée**

	Taux autoconsommation (%)	Quantité ingérée (g/j)
Légumes feuilles	89	100
Légumes fruits	87,5	711
Légumes racines	87,5	83

Les coefficients de dose par inhalation et ingestion retenus sont ceux de la réglementation française : 6,2.10<sup>-12</sup> Sv/Bq pour l'inhalation et 5,8.10<sup>-10</sup> Sv/Bq pour l'ingestion [Arrêté du 1<sup>er</sup> septembre 2003 définissant les modalités de calcul des doses efficaces et des doses équivalentes résultant de l'exposition des personnes aux rayonnements ionisants, Journal Officiel de la République Française N°262 du 13 novembre 2003].

## **2. RESULTATS**

Les tableaux 3 et 4 présentent l'ensemble des résultats obtenus : activités massiques dans les denrées végétales, doses efficaces par inhalation, doses efficaces par ingestion et sommes de ces doses.

**Tableau 3 : Activités massiques du carbone 14 ajouté dans les végétaux**

	Distance	Activité massique (Bq/kg)		
		Légumes feuilles	Légumes fruits	Légumes racines
DN11	500 m	4,4	8,8	8,8
	600 m	4,6	9,1	9,1
	1000 m	3,4	6,7	6,7
	2000 m	1,4	2,8	2,8
	3000 m	0,7	1,5	1,5
	4000 m	0,4	0,9	0,9
	5000 m	0,3	0,6	0,6

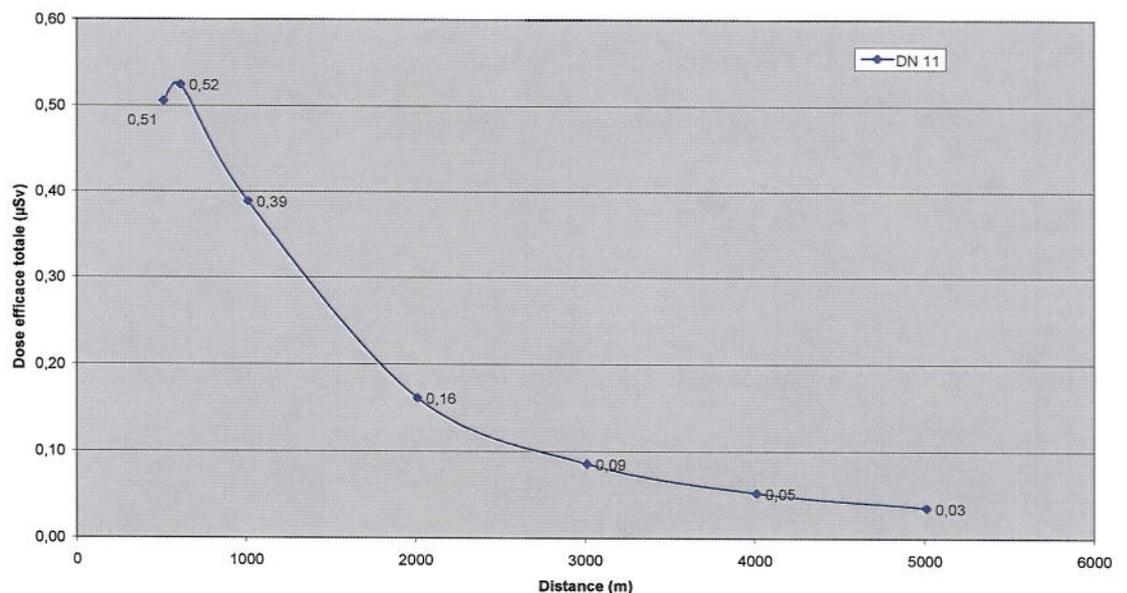
Les valeurs fournies dans ce tableau correspondent uniquement au carbone 14 « ajouté » par le rejet de SOCATRI, auquel il convient d'ajouter le carbone 14 provenant du bruit de fond naturel. Ainsi, à titre de comparaison, les activités massiques en carbone 14 dans les légumes à feuilles dues au « bruit de fond » sont de l'ordre de 10 à 15 Bq/kg.

**Tableau 4 : Doses efficaces calculées pour un adulte**

	Distance	Dose efficace (Sv)		
		Inhalation	Ingestion	Total
DN11	500 m	$6,8 \cdot 10^{-11}$	$5,1 \cdot 10^{-7}$	$5,1 \cdot 10^{-7}$
	600 m	$7,0 \cdot 10^{-11}$	$5,2 \cdot 10^{-7}$	$5,2 \cdot 10^{-7}$
	1000 m	$5,2 \cdot 10^{-11}$	$3,9 \cdot 10^{-7}$	$3,9 \cdot 10^{-7}$
	2000 m	$2,2 \cdot 10^{-11}$	$1,6 \cdot 10^{-7}$	$1,6 \cdot 10^{-7}$
	3000 m	$1,1 \cdot 10^{-11}$	$8,5 \cdot 10^{-8}$	$8,5 \cdot 10^{-8}$
	4000 m	$6,9 \cdot 10^{-12}$	$5,1 \cdot 10^{-8}$	$5,1 \cdot 10^{-8}$
	5000 m	$4,6 \cdot 10^{-12}$	$3,5 \cdot 10^{-8}$	$3,5 \cdot 10^{-8}$

La dose efficace maximale déduite de ces estimations est  $0,5 \mu\text{Sv}$  à 600 m du point de rejet, dans l'axe des vents dominants au cours de la semaine du 25 juin au 2 juillet. La part due à l'ingestion de végétaux est quasiment de 100%.

La figure 1 présente l'évolution de la dose efficace totale en fonction de la distance au point de rejet.



**Figure 1 : Evolution de la dose efficace (ingestion + inhalation) en fonction de la distance au point de rejet**

La figure 2 montre le secteur sous le vent dominant au cours de la semaine du 25 juin au 2 juillet au cours de laquelle le rejet principal de carbone 14 a eu lieu et indique le point, situé à 600 m de l'usine SOCATRI sur l'axe de ce secteur, où les conséquences estimées par l'IRSN atteignent leurs valeurs maximales. On notera que ce point se situe au bord du Lac Trop Long et que pour la présente estimation, l'IRSN n'a pas pris en considération l'existence ou non de culture de denrées végétales en ce point. Par ailleurs, compte tenu de l'incertitude sur les conditions météorologiques au moment précis du rejet principal, la localisation de ce point fournie dans

cette estimation est imprécise et doit être considérée comme purement indicative. Ces questions seront examinées plus en détail à l'issue de la campagne de prélèvement d'échantillons végétaux que l'IRSN engagera prochainement.



Figure 2 : Identification cartographique du secteur sous les vents dominants au cours de la semaine du 25 juin au 2 juillet 2008 et localisation du point où les conséquences maximales ont été estimées par l'IRSN.

### 3. CONCLUSION

Les résultats des calculs montrent que la contamination en carbone 14 des différents compartiments de l'environnement liée au rejet de l'usine SOCATRI est au maximum de l'ordre d'une dizaine de  $Bq.kg^{-1}$  dans les végétaux, c'est-à-dire du même ordre de grandeur que le bruit de fond naturel de carbone 14 dans les feuilles.

De plus, les hypothèses de calcul et notamment la séquence météorologique retenue, sont majorants. Une meilleure connaissance de la cinétique du rejet permettrait d'utiliser des conditions météorologiques plus réalistes et ainsi de diminuer les conséquences.

Enfin, la dose efficace maximale par inhalation et par ingestion d'aliments issus des productions agricoles locales calculée est d'environ  $0,5 \mu Sv$  pour un adulte. Pour les mêmes raisons que précédemment, cette estimation doit être considérée comme majorante et des données plus précises et réalistes conduiraient à une valeur estimée plus basse.