



## Commission de Recherche et d'Information Indépendantes sur la Radioactivité

### Analyses d'eau de mer et algues marines dans les bouches de Bonifacio (Corse du Sud) et le secteur de la Maddalena suite à l'incident de navigation du sous-marin USS HARTFORD

Référence : CRIIRAD 04-01 / 15 janvier 2004 / V1

Analyses réalisées par le laboratoire de la CRIIRAD à la demande de l'association ABCDE  
de Bonifacio

#### Contexte

Le sous-marin à propulsion nucléaire USS Hartford aurait heurté les fonds marins à environ 30 kilomètres au sud de Bonifacio (Corse du Sud) le **25 octobre 2003**. L'accident a été rendu public le **12 novembre 2003**.

L'association ABCDE de Bonifacio et la CRIIRAD ont décidé de procéder, sur leurs fonds propres, à quelques contrôles radiologiques préliminaires. Ce travail limité ne constitue en aucune manière un bilan du marquage radiologique de l'environnement qui pourrait être lié au fonctionnement de la base militaire américaine mais visait à déterminer si cet incident avait pu conduire à une pollution radioactive grave.

En effet, la réalisation d'une expertise radiologique approfondie ne peut pas bien entendu être réalisée sur les seuls fonds propres des associations partenaires.

Le laboratoire de la CRIIRAD a recommandé que soit effectuée en priorité la recherche de radionucléides émetteurs gamma dans des algues marines. En effet, certaines algues ont une forte capacité de bioaccumulation pour de nombreux radionucléides. Elles peuvent ainsi renseigner sur des pollutions intervenues plusieurs semaines voire plusieurs mois auparavant.

Le dosage du tritium dans les eaux de mer a été effectué également. Ce type de mesure a été réalisé à titre indicatif car, compte tenu du délai écoulé entre l'incident et le prélèvement (presque un mois) et des fortes dilutions dans l'eau de mer, il était peu

probable qu'une contamination soit détectée à ce niveau.

#### Collecte des échantillons

Les 17 et 18 novembre 2003, le **WWF Gallura / Sardaigne** a collecté des échantillons d'eau de mer et d'algues marines à proximité du lieu de l'accident, dans le secteur des îles de la Maddalena, San Stefano et Caprera. Ces échantillons ont été expédiés à la CRIIRAD par l'association ABCDE et reçus le 28 novembre 2003.

En complément et afin de pouvoir effectuer une comparaison en un site plus éloigné du lieu de l'incident, la CRIIRAD a demandé à l'association **ABCDE** de collecter 2 échantillons d'algues marines sur les côtes du sud de la Corse à proximité de **Bonifacio (golfs de Sant'Amanza et Ventilegne)**. Ces échantillons ont été collectés le 9 décembre 2003 et réceptionnés à Valence le 15 décembre 2003.

Une carte de localisation des prélèvements est jointe en annexe 1.

#### Analyse des eaux de mer

En cas de fuite radioactive sur un réacteur de sous-marin nucléaire, du tritium pourrait être émis en grande quantité dans l'environnement. Dans les réacteurs nucléaires classiques, le tritium est produit par la fission ternaire de l'uranium et par activation neutronique du fluide primaire. Le tritium est un isotope radioactif de l'hydrogène, il est donc particulièrement mobile et rapidement incorporé aux molécules d'eau. Le tritium qui a une période

physique de 12,3 ans se désintègre en émettant des rayonnements bêta.

Le dosage du tritium dans les trois échantillons d'eau de mer a été effectué au laboratoire de la CRIIRAD<sup>1</sup> du 4 au 8 décembre 2003 sur 10 millilitres d'eau après distillation.

Les résultats obtenus sont tous inférieurs à la limite de détection de 2 Bq/l (Becquerel par litre). Ce résultat démontre qu'il n'y avait pas entre les 17 et 18 novembre 2003 de grave pollution en tritium des eaux de mer dans le secteur de la Maddalena.

Cependant, la limite de détection n'est pas suffisamment basse pour exclure tout marquage radiologique en tritium puisque le niveau naturel dans l'eau de mer est typiquement inférieur à 0,2 Bq/l en l'absence de pollution.

## Analyse des algues marines

En cas de fuite radioactive sur un réacteur de sous-marin nucléaire plusieurs types de radionucléides pourraient contaminer l'environnement :

- éléments associés au combustible (uranium 238, uranium 235, et transuraniens : isotopes du plutonium),
- produits de fission (césium 137, iode 131, iode 129, etc..),
- produits d'activation (radiocobalts, argent 110m, etc..).

Dans la mesure où une grande partie de ces radionucléides émet en se désintégrant des rayonnements gamma, une spectrométrie gamma a été effectuée sur les algues afin de mesurer l'activité de certains de ces radionucléides.

Les analyses ont été effectuées au laboratoire de la CRIIRAD<sup>2</sup> sur 16 à 57 grammes d'algues fraîches (prélèvements des 17 et 18 novembre 2003) ou après dessiccation (prélèvements du 9 décembre 2003).

Dans les 2 cas les résultats d'analyse ont été exprimés en Bq/kg sec (Becquerel par kilogramme de matière sèche) et ramenés à la date du prélèvement (correction de la décroissance radioactive).

Compte tenu des faibles quantités disponibles il n'a pas été possible de procéder à un comptage dans des conditions optimales, les limites de détection

<sup>1</sup> Le laboratoire de la CRIIRAD est agréé par le Ministère de la Santé pour la mesure du tritium dans les eaux (Arrêté du 13 juin 2002 / JO du 16 juin 2002). L'activité du tritium est déterminée par scintillation liquide sur compteur Packard 2770 TR/SL Bas bruit de fond (5 cycles de 100 minutes, 10 ml d'eau mélangés à 10 ml de scintillant UG Packard, flaconnage plastique).

<sup>2</sup> Le laboratoire de la CRIIRAD est agréé par le Ministère de la Santé pour la mesure des radionucléides émetteurs gamma dans l'environnement et la chaîne alimentaire (Arrêté du 13 juin 2002 / JO du 16 juin 2002).

obtenues sont donc relativement élevées (utilisation d'une géométrie à faible contenance de 66 cc alors que pour ce type d'étude le laboratoire utilise normalement une géométrie 560 cc qui permet d'améliorer d'un facteur proche de 10 la limite de détection).

Les résultats détaillés sont reportés dans le tableau en annexe 2.

**Aucun radionucléide artificiel émetteur gamma** n'est mis en évidence (ni produits de fission, ni produits d'activation, ni américium 241 couramment associé au plutonium 241).

On détecte la **présence de 4 radionucléides naturels** émetteurs gamma dans les échantillons d'algues marines :

- Du thorium 234 (descendant de l'uranium 238) : de 621 à 4 727 Bq/kg sec,
- Du plomb 210 (descendant de l'uranium 238) : de 166 à 245 Bq/kg sec,
- Du plomb 212 (chaîne du thorium 232) : de 20 à 29 Bq/kg sec
- Du béryllium 7 (cosmogénique) : de 106 à 438 Bq/kg sec.

Pour le plomb 210, plomb 212 et béryllium 7, les résultats obtenus sont relativement comparables d'un site à l'autre (compte tenu des marges d'incertitude) et n'appellent pas de commentaires particuliers.

### Questionnements concernant le thorium 234 et l'uranium :

Pour le thorium 234 on observe de fortes variations entre les 5 échantillons que l'on peut classer en 2 groupes :

1. Activité du thorium 234 comprise entre 620 et 860 Bq/kg sec dans les algues « vertes » collectées près du lieu de l'incident et les 2 échantillons d'algues (« vertes et rouges ») collectées près de Bonifacio, à environ 30 kilomètres du lieu de l'accident,
2. Activité 4 à 7 fois plus élevée (3 900 et 4 700 Bq/kg sec) dans les 2 échantillons d'algues « rouges » collectées près de la zone de l'accident.

Ces derniers résultats sont étonnement élevés par rapport à ceux obtenus habituellement par la CRIIRAD et par d'autres laboratoires sur les côtes françaises continentales. Les activités en thorium 234 sont en effet habituellement de l'ordre de quelques dizaines (voire quelques centaines) de becquerels par kilogramme sec.

Ainsi les mesures réalisées par la CRIIRAD en 1997 sur 3 espèces d'algues collectées sur les côtes du Cotentin à proximité de l'émissaire de rejet de l'usine de retraitement de la Hague donnaient des activités en thorium 234 proches de 50 Bq/kg sec pour 9

échantillons de 3 espèces différentes (*Laminaria digitata*, *Fucus serratus* et *Chondrus crispus*).

L'interprétation reste difficile car nous ne disposons pas de références concernant les teneurs habituelles en thorium 234 en méditerranée et dans l'espèce correspondant aux algues rouges collectées près de la Maddalena (voir photographies en [annexe 3](#)). On pourrait imaginer en effet, que cette espèce dispose d'une capacité particulière de bioaccumulation du thorium 234.

L'interprétation de l'origine de ces variations est compliquée par le fait que le thorium 234 est le premier descendant de l'uranium 238. Habituellement dans les sols il y a un équilibre entre l'uranium 238 et le thorium 234 (leurs activités sont égales). Dans les algues par contre un déséquilibre est envisageable. Selon des experts européens, le facteur de concentration du thorium 234 dans les algues serait en moyenne 2 fois plus élevé que celui de l'uranium 238. L'activité de l'uranium 238 pourrait alors être deux fois inférieure à celle du thorium 234.

Un dosage spécifique de l'uranium 238 par spectrométrie alpha devra être réalisé pour vérifier ce point. Ceci est très important car l'uranium 238 peut avoir une double origine (naturelle et liée aux activités nucléaires). Le fait que l'activité de l'uranium 235 (isotope fissile de l'uranium utilisé dans les réacteurs nucléaires) reste inférieure à la limite de détection dans les 5 algues étudiées suggère qu'il ne s'agit pas d'uranium enrichi et conforte a priori l'hypothèse d'un uranium d'origine naturelle (sans exclure la présence d'uranium appauvri).

Afin de valider cette hypothèse il serait utile de compléter cette campagne d'analyse préliminaire en procédant à une nouvelle collecte de ces algues rouges en quantités plus importantes, en plusieurs points à proximité du lieu de l'incident et à plus grande distance hors influence de la base militaire. Il faudra s'entourer des compétences de spécialistes en biologie marine pour l'identification des espèces.

Dans tous les cas -origine naturelle du thorium 234 et/ou marquage radiologique par des activités humaines - il convient de poursuivre les investigations compte tenu de la radiotoxicité de l'uranium 238 par ingestion. Il est donc recommandé de mesurer les teneurs en uranium et thorium dans d'autres échantillons de la faune, de la flore et de la chaîne alimentaire dans le secteur de la Maddalena.

## Recommandations

Les analyses préliminaires réalisées par le laboratoire de la CRIIRAD sur des échantillons d'algues marines collectées par les associations WWF Sardaigne et ABCDE dans la zone proche de l'incident de navigation du sous-marin USS HARTFORD permettent a priori d'exclure une grave pollution radioactive de l'environnement. Compte tenu du caractère très préliminaire et limité de ce

travail et des questionnements concernant des teneurs anormales en thorium 234 (descendant de l'uranium 238) dans les algues rouges, la CRIIRAD recommande :

1 / Que les autorités italiennes et américaines fournissent les résultats des campagnes de mesure de la radioactivité dans le secteur de la Maddalena avant l'implantation de la base militaire. Ce type d'étude a dû être effectué dans la mesure où il s'agissait d'implanter une installation à risque et potentiellement polluante. Le secret défense ne saurait être invoqué concernant des mesures d'environnement antérieures à la mise en œuvre de l'installation. Il serait utile de disposer également des résultats de mesures postérieures à la mise en service de la base.

2 / Que soit engagée une expertise radioécologique indépendante permettant de réaliser des échantillonnages plus conséquents en termes de :

- nombre de stations d'échantillonnage,
- types de matériaux collectés (différentes espèces d'algues, mollusques, crustacés, poissons, des boues et sédiments, etc...),
- types de radionucléides recherchés (dosage de l'uranium 238 et 235 par spectrométrie alpha, dosage du tritium dans la faune et la flore, dosage du carbone 14, des isotopes du plutonium, etc...).

Les moyens financiers nécessaires dépassent largement ceux que les associations CRIIRAD et ABCDE ont pu engager pour effectuer ces contrôles préliminaires (environ 2 000 Euros).

PS : la CRIIRAD tient à remercier ici les bénévoles des associations ABCDE et WWF Gallura / Sardaigne qui ont assumé la collecte et l'envoi des échantillons.

Rédacteur : Bruno Chareyron, ingénieur en physique nucléaire, responsable du laboratoire CRIIRAD.

Renseignements à la CRIIRAD :

Bruno Chareyron et Corinne Castanier

Tel : 04.75.41.82.50

**Contacts locaux :**

Association ABCDE à Bonifacio :

Mme Vincente Cucchi

tel/fax : 0495731080

Association WWF Gallura (Sardaigne) :

Mme Paola Buioni

tel : 00390789755788