

# Rejets marins de tritium : Etude comparative des sites de retraitement de La Hague et de Sellafield

André Guillemette<sup>1</sup>, Jean-Claude Zerbib<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Association pour le Contrôle de la Radioactivité dans l'Ouest (ACRO)

<sup>2</sup> Groupe Radioécologie Nord-Cotentin

## AVERTISSEMENT

Utilisation de données environnementales acquises lors de la surveillance réglementaire des installations nucléaires dans une étude radio écologique.

Dans certaines contributions au livre blanc de l'ASN sur le tritium, comme lors des dernières réunions des GT tritium, il nous est reproché de manière récurrente et appuyée par certains interlocuteurs institutionnels et les représentants des exploitants, d'utiliser dans un article traitant de radio écologie des données essentiellement issues de la surveillance réglementaire des installations nucléaires, et non des données destinées à des études scientifiques.

L'utilisation des mesures de la surveillance réglementaire dans un article traitant de radio écologie n'est pas un procédé nouveau. Ces données ont été la base essentielle des travaux du Groupe Radioécologie Nord Cotentin<sup>1</sup>. Lors des travaux du GRNC, les exploitants ont pris toute leur place dans la collation des données et leur exploitation. Entre 1997 et 1999, les représentants d'AREVA NC et d'EDF notamment n'ont exprimé aucun désaccord sur la construction des travaux du GRNC, comme de sa conclusion.

Le Groupe d'Étude Pluraliste (GEP), chargé de dresser un état des lieux autour des anciennes mines d'uranium, travaille actuellement lui aussi à partir de données majoritairement issues de la surveillance réglementaire. A notre connaissance, l'exploitant AREVA NC, partie prenante des GEP, n'a pas remis en cause ses propres mesures issues de la surveillance réglementaire imposée par arrêtés préfectoraux.

Les travaux du COMARE pour le site de Sellafield ont été menés à partir de données similaires.

**Sans les données de la surveillance réglementaire des organismes institutionnels au Royaume Uni et des exploitants nucléaires en France, il ne pouvait y avoir de travaux COMARE et GRNC.**

Les données anglaises que nous utilisons sont basées sur des déterminations effectuées par le CEFAS (Center for Environment and Aquaculture Science), agence exécutive du gouvernement britannique pour l'environnement, l'alimentation et les affaires rurales. Concernant la radio écologie marine ce laboratoire est l'équivalent au laboratoire de radio écologie de la Manche de l'IRSN ; il est doté d'un effectif de 500 personnes



et d'un financement institutionnel. Les analyses environnementales du CEFAS sont publiées dans les rapports annuels RIFE.

Dans les rapports RIFE, les données environnementales OBT et HTO sont publiées sous forme de moyennes annuelles, avec le nombre de déterminations annuelles pour chaque matrice. Nous avons exploité l'équivalent de 1 000 déterminations, recueillies de 1999 à 2008 :

- 500 déterminations pour le site de Sellafield, données dans la faune marine, **toutes supérieures à la limite de détection**, et moyenne  $> 100 \text{ Bq/kg}_{\text{frais}}$  ;
- 300 déterminations pour les sites des centrales nucléaires de Wylfa, Heysham et Chapelcross, **toutes ces déterminations < seuil de détection de  $25 \text{ Bq/kg}_{\text{frais}}$**  ;
- 220 déterminations pour le site particulier de Cardiff, où les algues se révèlent être 100 fois moins contaminées en tritium total que la faune marine, **toutes supérieures à la limite de détection**.

Nos contradicteurs nous opposent 182 (91 x 2) déterminations effectuées récemment dans l'environnement de la Hague, en omettant de préciser que ces déterminations ont été effectuées « de 2000 à 2008 », dans un espace géographique très large : « prélevés en Manche », et que 79 % de ces déterminations concernent les algues et les patelles ou les ormeaux, bio indicateurs peu susceptibles de concentrer le tritium si l'on veut bien prendre en compte le retour d'expérience de la surveillance réglementaire du site de Cardiff.

**Bilan des déterminations HTO et OBT dans la faune marine, période 2000 à 2008**

- Site de Sellafield : nous avons 500 déterminations dans diverses espèces de la faune benthique, prélevées régulièrement sur le même site, bien localisées devant Sellafield.
- Site de la Hague : nous avons 36 déterminations ponctuelles dans les mêmes matrices, avec une localisation totalement imprécise: « en Manche », ce qui est un peu court pour conclure que la bioaccumulation est inexistante dans la faune marine devant l'émissaire marin de la Hague.

3 mars 2010

**Signataires :** Jean-Claude Amiard, Pierre Barbey, André Guillemette, Monique Sené et Jean-Claude Zerbib, membres du Groupe Radioécologie Nord-Cotentin

<sup>1</sup> 500 000 déterminations, laboratoires exploitants 75 %, laboratoires institutionnels 22 %, laboratoires ONG 3 %. Groupe Radioécologie Nord-Cotentin, Sous-groupe 2. Rapport final, avril 1999.

Figure n° 1 : Activité volumique en tritium de l'eau de mer sur deux stations à la côte, comparée aux rejets marins de l'usine de La Hague

Bioaccumulation du tritium

La bioaccumulation du tritium sous sa forme organique dans les milieux terrestres et aquatiques est une propriété observée depuis une trentaine d'années, [Kirchmann *et al.*, 1971, 1979 et 1981] et [Foulquier *et al.*, 1982]. Cette propriété a été observée pour la faune dulçaquicole, dans une étude IPSN de 1993 [Pally *et al.*, 1993].

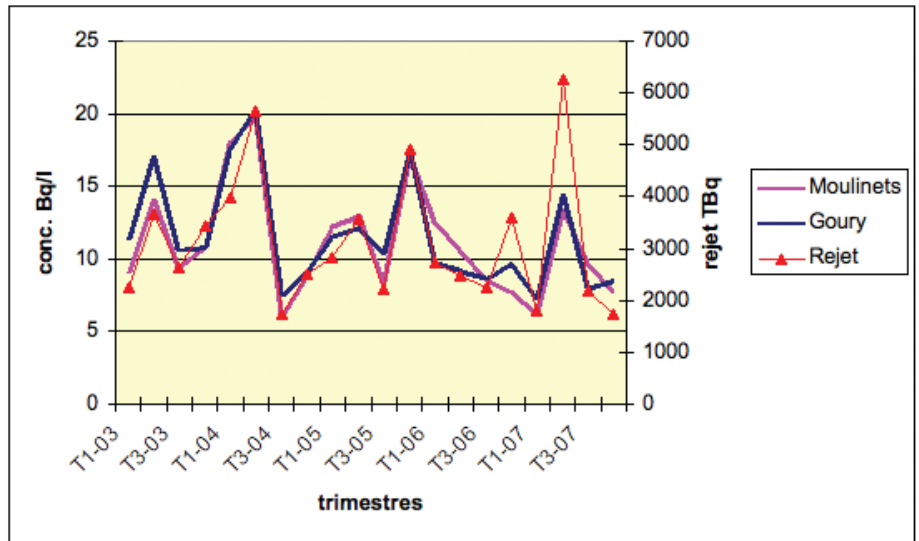
La bioaccumulation dans l'environnement marin, proche de sites nucléaires rejetant de grandes quantités de tritium, est constatée depuis une dizaine d'années en Grande Bretagne à Cardiff et à Sellafield. Ces données ont été publiées notamment dans [RIFE, 1996 à 2008] pour la bioaccumulation dans les poissons, les crustacés et les mollusques.

Les teneurs en tritium des éléments de la faune marine sous les formes tritium total et tritium organiquement lié (OBT), rapportées à celle de l'eau de mer sous la forme HTO, varient d'un facteur 10 à Sellafield à des facteurs compris entre 1000 et 10000 à Cardiff.

A Sellafield, dans les mollusques comme dans les poissons ou les crustacés, les contaminations <sup>3</sup>H organique et <sup>3</sup>H total en Bq/kg<sub>fruits</sub> sont à l'équilibre. Ce constat d'équilibre <sup>3</sup>H organique - <sup>3</sup>H total est identique pour tous les bio-indicateurs suivis sur le site de Cardiff, mollusques, poissons et algues.

La bioaccumulation du tritium dans la faune marine de la zone maritime située entre les caps de la Hague et de Flamanville fait débat : elle est retenue égale à 1 (donc inexistante) dans deux études récentes de l'IRSN [Maro *et al.*, 2008] et [IRSN, 2008], alors qu'elle était mise en évidence (en étant supérieure à 10) dans une étude commune EDF – IRSN plus ancienne sur quelques échantillons de mollusques, de crustacés et de poissons dans les années 1981 – 85 [EDF 2005].

Les algues, considérées habituellement comme de bons amplificateurs de la pollution radioactive marine, s'avèrent être de mauvais indicateurs pour suivre une contamination tritium de la faune en milieu marin. A Cardiff, où les rejets tritiés sont effectués sous la forme combinée tritium libre (HTO) et molécules marquées (OBT), la teneur en tritium (<sup>3</sup>H organique et <sup>3</sup>H total) dans les fletans et les moules est 100 fois supérieure à celle des algues *Fucus serratus* [RIFE, 1996 à 2008].



Source : AREVA NC

L'activité tritium aux stations AREVA NC à la côte varie entre 10 et 20 Bq/l. Elle fluctue avec l'importance des rejets, suivant une activité volumique moyenne ajoutée d'environ un mBq/l par TBq de tritium rejeté en mer.

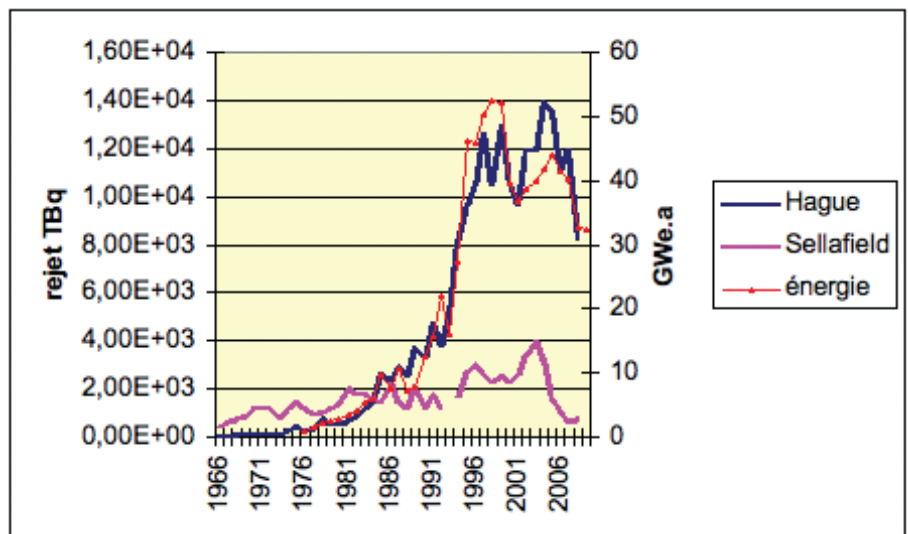
Ces données AREVA NC sont en accord avec l'étude sur la modélisation hydrodynamique de dispersion des substances solubles [Bailly du Bois et Dumas, 2004], les auteurs soulignent : « Le marquage induit par les rejets de l'usine de La Hague est net : les concentrations mesurées dans le panache de l'émissaire varient de 100 à 3000 Bq/l pour chaque rejet tritié. Les concentrations induites le long des côtes du cap de La Hague sont d'environ 10 Bq/l, elles sont encore de 6 Bq/l dans le Pas de Calais. Ces valeurs sont à comparer au « bruit de fond » des eaux entrant en Manche par l'Ouest qui varie entre 0,2 et 0,3 Bq/l. »

Si l'on compare les rejets liquides de tritium cumulés de ces 10 dernières années, des sites de Sellafield et de La Hague, le site de La Hague a rejeté 5 fois plus de tritium en mer de la Manche que le site de Sellafield en mer d'Irlande : 118 000 TBq pour La Hague et 23 300 TBq pour Sellafield.

Figure n° 2 : Comparaison de l'activité du tritium dans les effluents marins des usines de La Hague et de Sellafield

1 | Le tritium libre (HTO) dans l'environnement marin

Depuis la publication de l'arrêté du 10 janvier 2003 (prélèvements d'eau et rejets), l'exploitant des usines de La Hague AREVA NC effectue des prélèvements quotidiens d'eau de mer à la côte en deux points proches de l'émissaire marin, Les Moulinets et Goury, prélèvements regroupés en aliquote mensuel, et des prélèvements trimestriels en trois points au large, pour y surveiller notamment l'activité tritium.



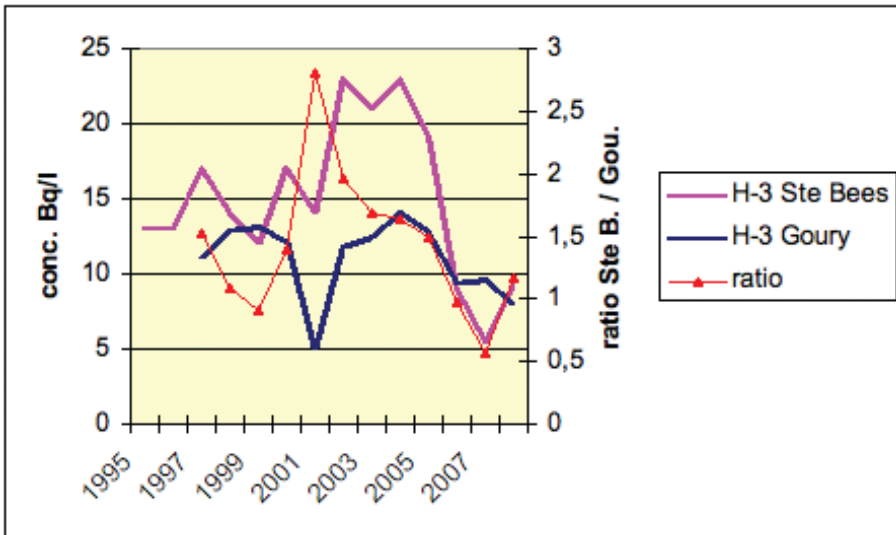
Source : AREVA NC

L'activité du tritium rejeté par l'usine de La Hague est grossièrement proportionnelle à l'énergie produite dans le combustible retraité.

Par contre, si l'on observe le tritium dans l'eau de mer autour de Sellafield sur ces 10 dernières années, les valeurs relevées à Sellafield sont similaires à celles observées à proximité du site de la Hague (mesures réalisées au niveau du port de Goury) :

- 5 à 23 Bq/l en zone proche à la côte, au point de contrôle de Ste Bees, et environ 10 Bq/l au large [RIFE, 1995 à 2007]<sup>2</sup>.
- 5 à 14 Bq/l zone proche à la côte, au point de contrôle du port de Goury [AREVA NC, 2003 à 2007]. Masson et al relatent des activités moyennes attendues de l'ordre de 10 à 30 Bq/l dans la zone comprise entre les caps de Flamanville et de la Hague [IRSN, 2008].

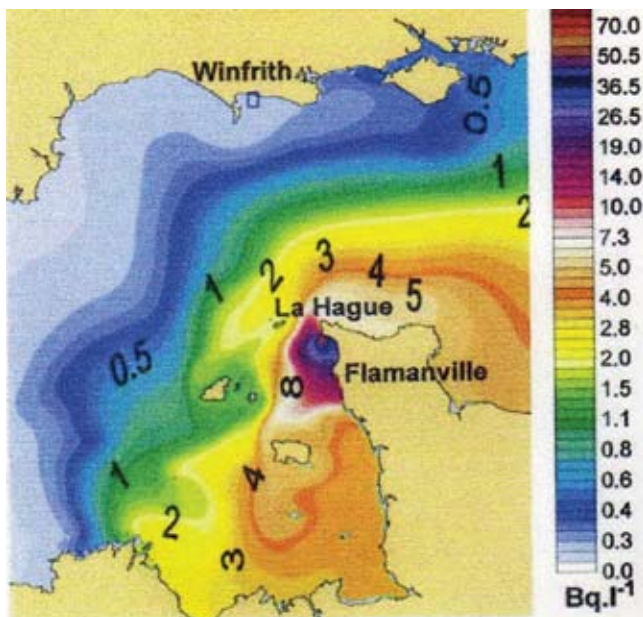
Figure n° 3 : Moyennes annuelles de l'activité volumique du tritium dans l'eau de mer aux stations de Goury (La Hague) et de Ste Bees (Sellafield).



Sources : IRSN LRM, AREVA NC et RIFE 1996 à 2008

Le ratio de l'activité tritium de l'eau de mer des deux sites montre que l'activité tritium due à Sellafield est supérieure à celle de La Hague d'un facteur deux au début des années 2000. En 2008-08 ces activités volumiques en tritium sont voisines.

Figure n° 4 : Carte [Masson et al., 2004] et [IRSN, 2008]

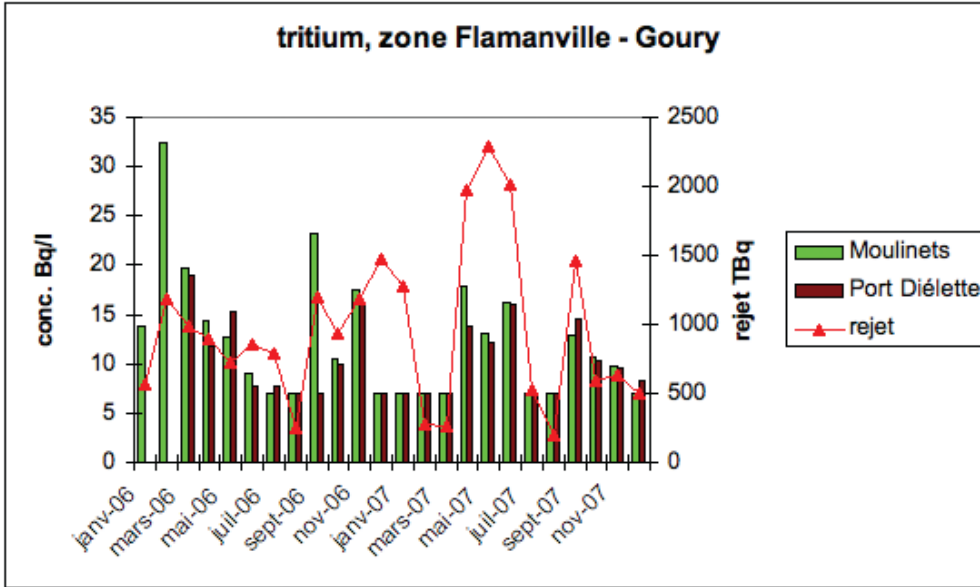


Carte des iso-concentrations en tritium dans l'eau de mer pour les rejets AREVA NC La Hague des années 2001 et 2002.

<sup>2</sup> Le coefficient de dispersion du rejet en mer du site de La Hague qui serait 20 fois supérieur à celui de Sellafield (GT GRNC du 12/03/08) pour le <sup>3</sup>H, est de 6 en moyenne sur 10 ans d'observation des 2 sites.

Les données du tritium dans l'eau de mer aux stations de Diélette port et des Moulinets, acquises par l'ACRO en 2006 et 2007 indiquent une contamination tritium instantanée similaire au niveau de ces deux stations. Elles confirment cette iso-concentration aux deux points extrêmes de la zone comprise entre les caps de Flamanville et de la Hague<sup>3</sup>. L'évolution de la contamination en tritium dans l'eau de mer suit celle de l'activité du rejet tritium du site AREVA NC La Hague.

Figure n° 5 : Tritium instantané mesuré dans l'eau de mer aux stations de Diélette et des Moulinets. (le seuil des mesures ACRO est de 7 Bq/l)



Sources : ACRO et AREVA NC

## 2|2| Données dans les zones des émissaires marins de Sellafield et de la Hague

Les publications anglaises observent la bioaccumulation du tritium sous les formes tritium total et tritium organique (OBT) dans la zone maritime proche de l'émissaire de rejets de BNGSL Sellafield à partir de 2001 [RIFE, 2002], chez les mollusques, les poissons et les crustacés,

en regard de la teneur en tritium libre dans l'eau de mer de la zone observée.

La bioaccumulation, observée sur ces trois matrices sur le tritium total comme sur le tritium organique, est d'un facteur voisin de 10 par rapport à la teneur HTO de l'eau de mer prise pour référence. Les activités <sup>3</sup>H organique et <sup>3</sup>H total, observées depuis 1979, se situent à plus de 100 Bq/kg<sub>frais</sub> dans ces trois matrices de la faune marine [RIFE, 2000] à [RIFE, 2009].

## 2| Le tritium organiquement lié (OBT) dans la faune et la flore marine

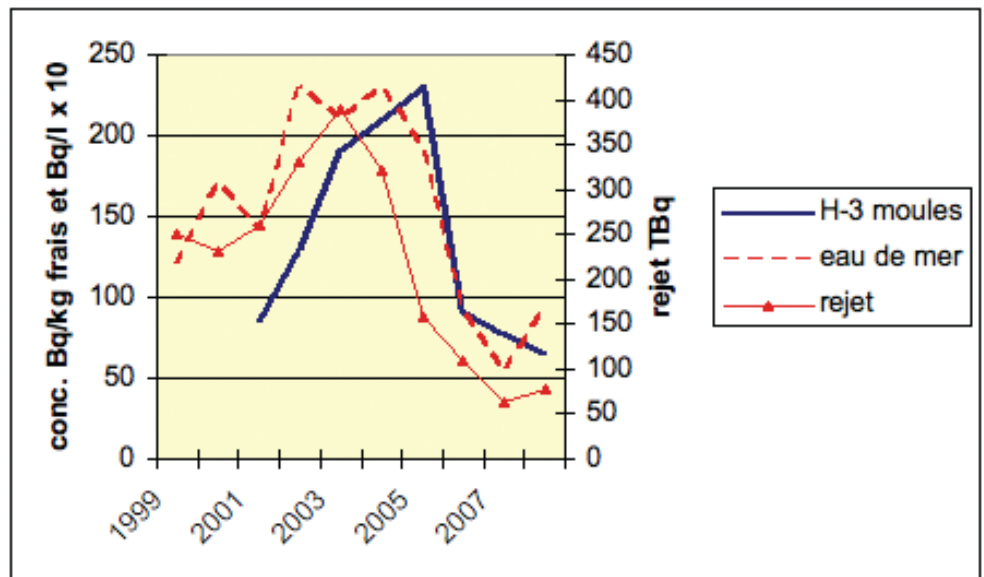
### 2|1| Données bibliographiques

La bioaccumulation du tritium sous sa forme organique dans les milieux terrestres et aquatiques est observée, depuis au moins une trentaine d'années. Pour le milieu terrestre, Kirchmann publiait en 1971 une étude sur le transfert et l'incorporation du tritium dans les constituants de l'herbe et du lait [Kirchmann *et al.*, 1971], le même auteur publiait également en 1979, une étude sur les transferts de tritium dans les organismes aquatiques [Kirchmann *et al.*, 1979].

Les premiers travaux sur les transferts et la bioaccumulation du tritium en milieux aquatiques, ont été par ailleurs confortés par ceux de Kirchmann [Kirchmann *et al.*, 1981], Foulquier et Pally [Foulquier *et al.*, 1982] et Pally [Pally *et al.*, 1993].

Pally soulignait l'influence des rejets de tritium du réacteur à eau lourde de Brennilis sur la base de l'activité tritium organique relevée sur 3 échantillons de poissons pêchés dans la rivière Ellez : 1030 à 2590 Bq/l d'eau de combustion, hors de tout apport exogène identifié de tritium organique, à proximité de cette centrale située dans les Monts d'Arrée, au centre de la Bretagne [Pally *et al.*, 1993].

Figure n° 6 : Exemple du tritium total dans les moules à Nethertown (zone proche de Sellafield)



Source : RIFE 1996 à 2009

Le suivi radio-écologique du tritium dans les mollusques filtreurs (Fig. 6) et les poissons plats devant Sellafield, de 1999 à 2008, montre une influence du rejet tritium de Sellafield, avec une hystérésis de 1 à 2 ans entre les valeurs maximales de rejet et les valeurs maximales de pollution tritium dans les mollusques et les poissons plats.

Certains auteurs avancent l'hypothèse de l'influence des rejets de molécules marquées en tritium organique par l'usine radiochimique de Cardiff sur l'environnement marin de Sellafield.

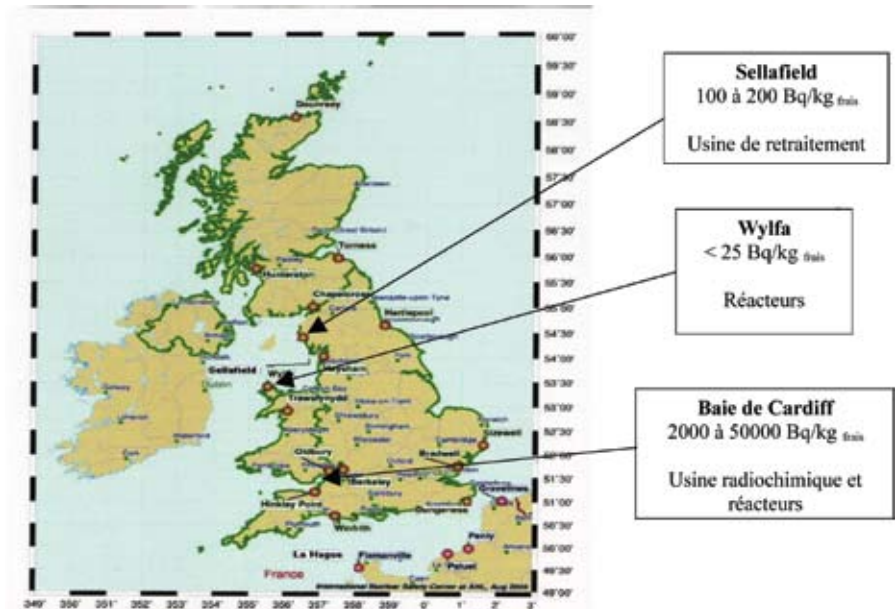
Les analyses publiées dans les publications RIFE ne corroborent pas cette hypothèse. Devant la centrale nucléaire de Wylfa, située sur la côte

<sup>3</sup> Antoine Bemollin, ACRO, communication personnelle

ouest de l'Angleterre entre Cardiff et Sellafield, les mesures faites sur les bio-indicateurs (poissons plats et moules) n'indiquent pas de présence décelable de tritium, alors que ceux de Sellafield, zone située encore plus au nord de Wylfa par rapport à la baie de Cardiff, sont en permanence à des teneurs  $^3\text{H}$  organique et  $^3\text{H}$  total comprises entre 100 et 200 Bq/kg<sub>fraîs</sub> (carte des installations nucléaires anglaises ci-après, Fig. 7).

Distribution du tritium,  $^3\text{H}$  organique et  $^3\text{H}$  total, chez *Platichys flesus* (flet) et *Pleuronectes platessa* (carrelet ou plie) autour des sites nucléaires de la côte ouest de l'Angleterre :

Figure n°7 : Carte des sites nucléaires anglais et pollutions tritium comparées chez les poissons plats de 2000 à 2008.



Sources : RIFE 2001 à 2008

Les teneurs en tritium sous la forme HTO dans l'eau de mer, à proximité des émissaires de Sellafield en mer d'Irlande et de La Hague en mer de la Manche étant sensiblement les mêmes, aussi bien en milieu proche que dans une large zone géographique, nous devrions constater un même processus de bioaccumulation du tritium dans la faune marine, d'autant qu'une partie non négligeable, environ 1/5<sup>ème</sup> (18,5 % selon [EDF, 2005]), des radionucléides rejetés sont dilués dans la zone comprise entre la canalisation de rejet du site de la Hague et celles de la centrale nucléaire EDF de Flamanville (Fig. 4).

Masson et al ont étudié l'état du tritium sous les formes HTO et OBT dans la flore marine dans les échantillons d'algues brunes prélevées de Concarneau à Gravelines entre 1998 et 2002 [Masson et al., 2004]. Quelques échantillons de la faune ont fait l'objet de déterminations de l'activité du tritium sous des formes libre et organique à Concarneau et à Gravelines. Il n'y a pas eu, au cours de cette étude, de déterminations récentes sur la faune à proximité de l'émissaire d'AREVA NC La Hague. Les auteurs donnaient pour l'environnement marin de Flamanville en 1981 des valeurs d'OBT dans les crustacés, mollusques et poissons (exprimées en Bq/l d'eau de combustion) nettement supérieures à celles des *Fucus serratus* observées pour le même site, voir (Tab. 1) :

Tableau n° 1 : Tritium lié à la matière organique (Bq/l d'eau de combustion) dans l'environnement marin de la mer de la Manche de 1981 à 1995 (étude non publiée de l'IRSN et d'EDF), Masson 2004 et al. Radioprotection, Suppl. 1, Vol. 39 (2004).

Site – année	<i>Fucus serratus</i>	Crustacés	Mollusques	Poissons
Flamanville (1981)	24 à 41	152 à 185	26 à 174	126 à 174
Gravelines (1992)	10,3		20,3	
Paluel (1995)	4,5 à 5,9	6,5 à 7,6	6,5 à 13,6	

Rapportées à une valeur générique moyenne de 10 Bq/l de tritium libre dans l'eau de mer entre les caps de Flamanville et de la Hague, [Bailly du Bois et Dumas, 2004] et carte IRSN Fig. 4, ces valeurs interpellent. Tout en notant que les années observées dans la publication et la carte ne correspondent pas à la période 1973-85.

Ces mesures d'OBT pratiquées en 1981-82 dans l'eau de combustion des poissons, mollusques et crustacés, prélevés au large de Flamanville, sont à comparer aux valeurs de tritium libre dans l'eau de mer dans la même zone, à la même période. Une étude de Wedekind, publiée en 1982, donne une valeur moyenne de 1,3 Bq/l dans le détroit du Pas de Calais, en surface, pour des prélèvements effectués en 1980-81 [Wedekind, 1982].

Quant aux mesures mensuelles de tritium dans l'eau de mer au nez de Jobourg de l'OPRI de cette période, elles sont toutes inférieures au seuil de détermination de l'époque (AAD ou AAS) de 40 Bq/l.

Entre 1,3 Bq/l et < 40Bq/l de tritium libre dans l'eau de mer en 1981, pour des valeurs de tritium organique dans les mollusques et les crustacés allant jusqu'à 140 et 150 Bq/l d'eau de combustion observées devant Flamanville cette même année.

Ces données de 1981 sont indicatives d'une bioaccumulation en tritium, comme celle constatée depuis 1999 par les anglais devant Sellafield.

## 2|3 Discussion

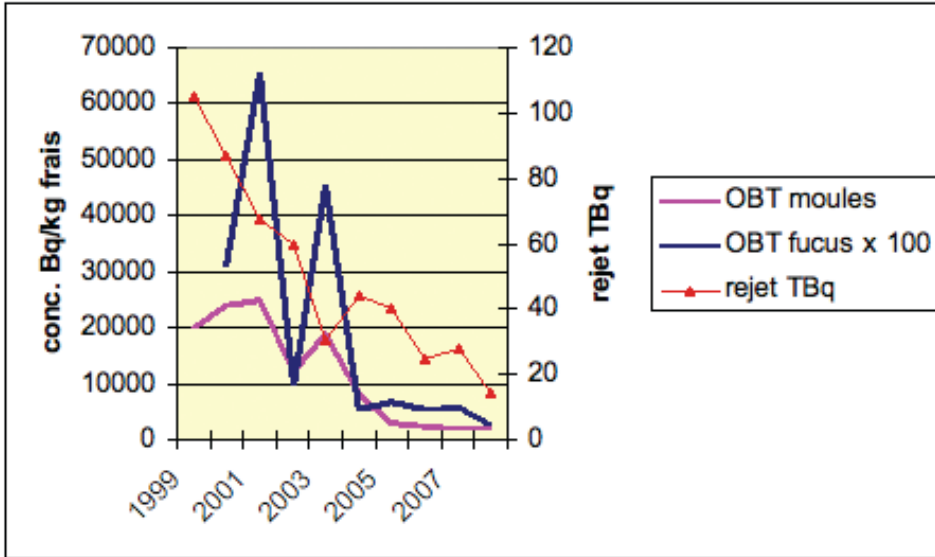
En dehors des études [Masson et al., 2004] et [EDF, 2005] pour la période 1981-1985, nous n'avions pas trouvé de publication portant sur la détermination du tritium dans la faune marine proche des émissaires de La Hague et de Flamanville. Seule une étude radioécologique décennale sur l'environnement proche du CNPE de Flamanville, effectuée par l'IRSN pour EDF, publie quelques résultats d'analyses OBT et HTO sur des prélèvements marins effectués lors du 2<sup>ème</sup> trimestre de 2006 entre Flamanville et Carteret : un poisson plat, un poisson rond et un homard pêchés au « large de Flamanville », et les mêmes bio-indicateurs devant le port de Carteret [IRSN, 2008]. Ces quelques analyses ne montrent pas de bioaccumulation notable par rapport aux valeurs de tritium relevées dans l'eau de mer, mais si l'on se réfère aux relevés de tritium dans l'eau de mer en 2001-02 publiés dans le même document (voir Fig. 4), ces prélèvements ne sont pas pratiqués dans la zone la plus polluée en permanence par les rejets tritiés de La Hague à des taux supérieurs à 10 Bq/l, zone comprise entre les caps de Flamanville et de Goury.

Une analyse OBT – HTO de patelles à Goury et à une à Diélette port, ont été pratiquées en mars 2006, sans bioaccumulation tritium mise en évidence. *Patella species* est un mollusque brouteur d'algues, et les algues sont connues pour avoir une teneur proche de l'équilibre avec celle de l'eau de mer en tritium (voir § 2.3 ci-après).

### 3 | Les algues, un bio-indicateur non pertinent pour la surveillance environnementale de l'impact des rejets de tritium sur la faune marine

Le retour d'expérience de la surveillance réglementaire des autorités anglaises, à partir des rejets de Cardiff, rejets partiellement sous la forme OBT<sup>4</sup>, et les quelques données publiées en France sur le tritium dans la faune et la flore marines, montrent que les algues ne sont pas représentatives de la teneur en tritium dans les autres matrices : à Cardiff, les teneurs en tritium, sous les formes tritium total et OBT, sont pour les mollusques et les poissons, 100 fois supérieures à celles des fucus (Fig. 8).

Figure n° 8 : La mesure du tritium organique dans les éléments marins à Cardiff.

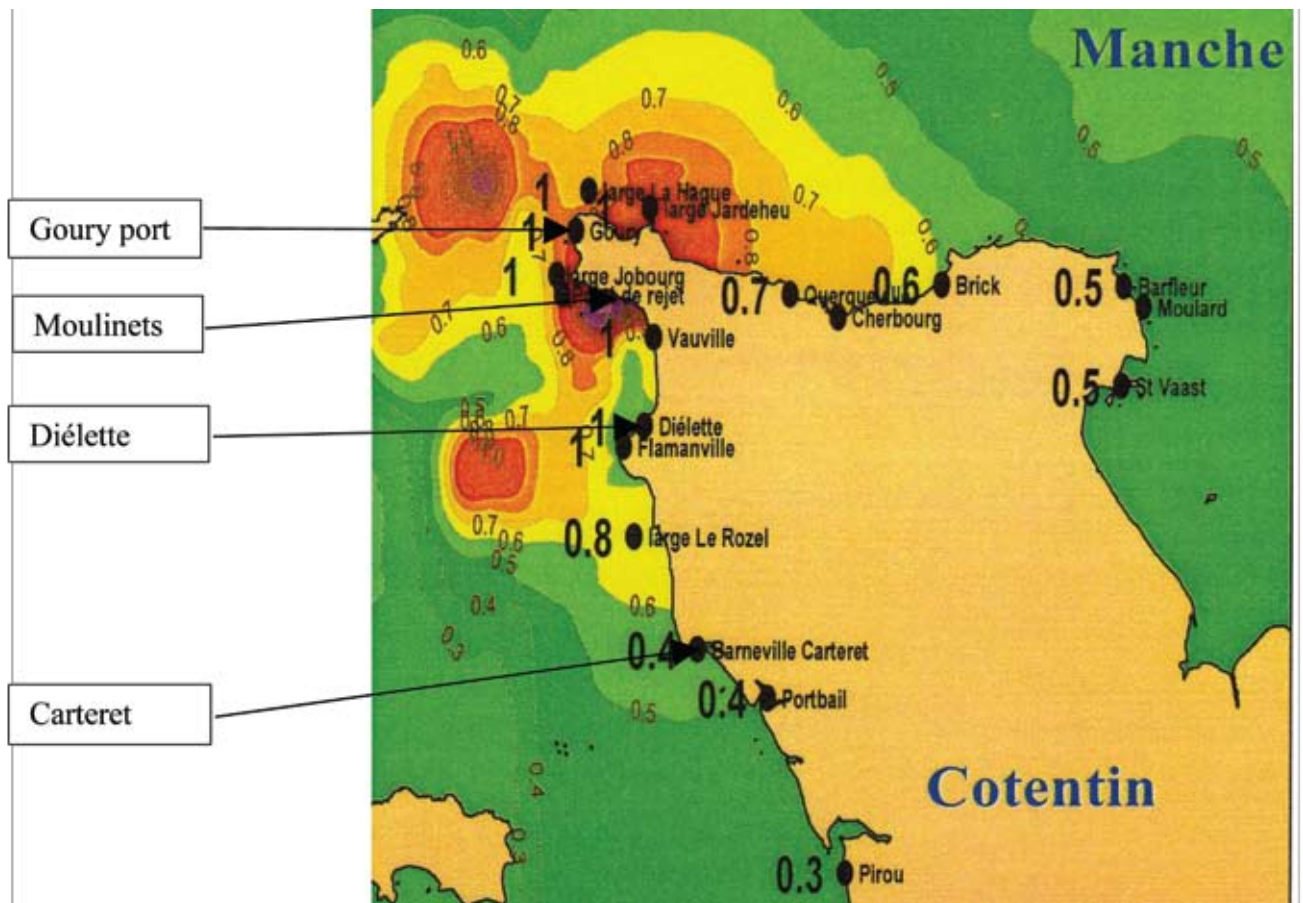


Source : RIFE 1996 à 2009

C'est pourtant les algues qui servent de support de surveillance dans les études les plus récentes publiées sur l'impact des rejets marins des sites de la Hague et de Flamanville : [EDF, 2005] et [Maro *et al.*, 2008]. Dans cet environnement, l'étude détaillée, effectuée de 2002 à 2007 par Maro *et al.* à la station de Goury, analyse les activités tritium sous la forme OBT dans les *Fucus serratus*, comparées aux activités tritium HTO dans l'eau de mer à la même station [Maro *et al.*, 2008]. Cette étude montre que les facteurs de concentration entre les activités volumiques de l'eau de combustion des fucus (OBT) et celle du tritium libre de l'eau de mer (HTO) varient de 0,8 à 1,1 (pas de bioaccumulation dans les algues).

L'IRSN effectue aussi depuis 2000, une analyse par an du tritium dans l'eau et dans les *Fucus serratus* sur 4 stations : Carteret port, Sciotot, Diélette port et Goury port, au titre de la surveillance environnementale pour le CNPE de Flamanville [EDF, 2007 - 2]. Pour le tritium dans l'eau de mer, l'ACRO effectuée depuis 2006 une analyse mensuelle sur 3 stations Diélette port, Vauville et Moulinets ; AREVA NC effectuée depuis 2003 une analyse mensuelle sur une aliquote des prélèvements quotidiens aux stations des Moulinets et de Goury port.

Figure n° 9 : Localisation des sites de prélèvement sur la carte de modélisation de la dispersion des rejets de l'usine de La Hague en Manche. Rapport détaillé du GT3, RNC 1999.



Source : GRNC 1999

<sup>4</sup> Donnés comme < 5% sous la forme OBT dans les rejets tritium du site radiochimique de Nycomed-Amersham [McCubbin *et al.*, 2001].

Les chiffres indiquent la valeur du coefficient de dilution, normalisé à 1 au point de rejet, pour des radionucléides insolubles.

Nous pouvons comparer les données *Fucus serratus* acquises par l'IRSN en mars 2006 à Goury et à Diélette avec les données ACRO et AREVA NC pour le tritium dans l'eau de mer aux mêmes stations pour le mois de mars 2006 (Tab. 2) :

Tableau n° 2 : Tritium dans les *Fucus serratus* et dans l'eau de mer en mars 2006.

Station	<i>Fucus serratus</i>			eau de mer
	<sup>3</sup> H libre Bq/l	<sup>3</sup> H lié (MO + MS) Bq/kg	<sup>3</sup> H total <sup>5</sup> Bq/kg <sub>fraîs</sub>	
Diélette port	9,5	7,1	9	11
Goury port	4,5 à 5,9	6,5 à 7,6	11,2	11

Sources : IRSN, ACRO et AREVA NC

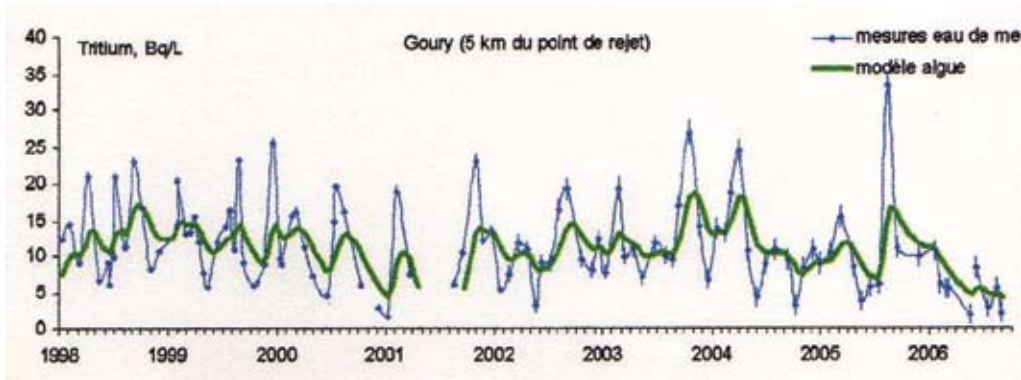
Ces données concordantes montrent que le niveau de tritium dans les algues de Flamanville est du même ordre de grandeur que celui du tritium dans l'eau de mer. Comme on peut l'observer à partir des analyses publiées depuis une dizaine d'années par les autorités anglaises sur la surveillance des sites de Sellafield et de Cardiff, s'il y a bioaccumulation du tritium dans les algues, elle est très faible.

#### 4 | Le tritium dans les algues, une donnée utilisable pour connaître la donnée tritium libre dans l'eau de mer sur un même site

Les observations tritium mensuelles, effectuées par le LRC de l'IRSN sur les algues *Fucus serratus* et l'eau de mer au port de Goury, à 5 km du conduit de rejets en mer de l'usine AREVA NC, montrent un synchronisme constant entre les teneurs en tritium libre dans les algues et l'eau de mer (Fig. 10).

Les données RIFE du tritium dans l'eau de mer et dans les algues de la baie de Cardiff sont elles aussi éloquentes : sur 10 années d'observation, les algues sont toujours plus contaminées que la faune benthique d'un facteur 100 (Fig. 8).

Figure n°10 : Tritium libre dans l'eau de mer et les algues au port de Goury, de 1998 à 2006.



Source : Fiévet 2009, colloque CLI de la Manche, 15 avril 2009

Nous pouvons donc avoir de manière pertinente le facteur de concentration  $F_c$ , ou valeur de bioaccumulation, quand nous connaissons soit les valeurs <sup>3</sup>H total (<sup>3</sup>Ht) dans les algues et dans les animaux marins prélevés sur le même site au même moment, soit les teneurs <sup>3</sup>H organique (<sup>3</sup>Horg).  $F_c$  obtenus par les rapports  $\frac{{}^3\text{Ht}_{\text{mollusques}}}{{}^3\text{Ht}_{\text{algues}}}$ ,  $\frac{{}^3\text{Horg}_{\text{mollusques}}}{{}^3\text{Horg}_{\text{algues}}}$ ... etc.

Les données du tableau 1 [Masson, 2004] et [EDF, 2005] sont inexploitable en l'état, l'OBT dans les algues et la faune est donné en valeurs extrêmes, sans précision de date de prélèvement. Les données complémentaires fournies par EDF<sup>6</sup> lors des travaux du groupe impact tritium, initié par l'ASN, permettent d'estimer le  $F_c$  tritium pour quatre des échantillons prélevés dans la zone maritime proche de Flamanville en 1981 (Tableau n° 3), en supposant que la teneur en tritium des algues est égale à celle de l'eau de mer :

<sup>5</sup> <sup>3</sup>H total reconstitué à partir des données [IRSN, 2008] et du rapport générique Ps/Pf dans les *Fucus Serratus* de 0,2  
<sup>6</sup> Courrier électronique de Madame Françoise Siclet, 15 avril 2009

Tableau n° 3 : Facteur de concentration (Fc) du tritium dans la faune marine en 1981, en partant de la donnée OBT algues, supposée égale à celle de l'eau de mer

Compartiment	Fucus (juin 1981)	Patelle (juin 1981)	Vieille (avril 1981)	Homard (août 1981)
OBT en Bq/l	26	44	174	185
Facteur Fc	1	1,7	6,7	7,1

A partir de deux approches différentes, données bibliographiques du tritium dans l'eau de mer ou tritium organique mesuré dans les algues, la discussion autour de ces quelques données anciennes montre que la bioaccumulation du tritium dans la faune marine pouvait être observée en 1981 devant Flamanville. Mais cette propriété n'a pas été soulignée.

La connaissance de l'état du tritium dans les formes libre et organique dans la faune marine de la « zone de concentration 1 »<sup>7</sup> du Nord-Cotentin reste donc à approfondir.

Il faudra à cet effet, retenir les bio-indicateurs pertinents pour la surveillance environnementale réglementaire en effectuant des analyses sur les mêmes bio-indicateurs marins que ceux prélevés devant Sellafield depuis une dizaine d'années : poissons plats, homards, moules ou coquilles St Jacques (mollusques filtreurs), avec un protocole de prélèvement similaire à celui des autorités anglaises, notamment sur la périodicité des prélèvements et la distance de la zone de prélèvement par rapport à l'émissaire AREVA NC.

Plus la zone d'observation est étendue, plus la variabilité de la contamination sera grande, ce qui complique l'analyse des résultats.

Sur ce paramètre de localisation, la zone de prélèvement de la faune benthique est circonscrite à deux carrés de 7 km de côté de part et d'autre du conduit de rejet de Sellafield ; elle s'étend de 80 km (zone ouest) à 50 km (zone nord) de part et d'autre du conduit de rejet de La Hague, pour la surveillance des mêmes bio-indicateurs.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**ACRO 2007**, Bilan des prélèvements effectués en 2006 dans le cadre de l'observation des niveaux et des tendances de la radioactivité d'écosystèmes aquatiques du bassin de Seine-Normandie. RAP061215(01)-RIV-v2-AB, 11/07/2007.

**AREVA NC, 2005**. Rapport annuel de surveillance de l'environnement. Année 2005. AREVA NC, Etablissement de La Hague.

**AREVA NC, 2006**. Rapport annuel de surveillance de l'environnement. Année 2006. AREVA NC, Etablissement de La Hague.

**AREVA NC, 2007**. Rapport annuel de surveillance de l'environnement. Année 2007. AREVA NC, Etablissement de La Hague.

**Bailly du Bois P. et Dumas F., 2004**. Modélisation hydrodynamique de la dispersion à court terme dans une mer macrotidale : validation par des mesures à haute résolution de traceurs solubles. VIIIème Journées Nationales Génie Civil – Génie Côtier, Compiègne, 7-9 septembre 2004.

**CEA 1966 à 1975**. Surveillance du site et de l'environnement. Service de protection. Commissariat à l'Energie Atomique. Direction des productions. Centre de La Hague. Rapports trimestriels 1966 à 1975.

**CEFAS 2007**, Radiological habits survey : Sellafield Review, 2006. Shellfish consumption and intertidal occupancy review, Environment Report RL 11/07, 2007.

**CERRIE 2002**, Committee Examining Radiation Risks of Internal Emitters (CERRIE), Paper 5-4, Uncertainties in Wr and RBE, 5th Meeting, August 2002.

**CERRIE 2004**, Report of the Committee Examining Radiation Risks of Internal Emitters (CERRIE), october 2004.

**COGEMA 1976 à 2002**. Surveillance trimestrielle. Environnement de La Hague. Service de Prévention et de Radioprotection. COGEMA La Hague. Rapports trimestriels 1976 à 2002.

**COGEMA 2003**. Rapport annuel de surveillance de l'environnement. Année 2003. COGEMA La Hague.

**COGEMA 2004**. Rapport annuel de surveillance de l'environnement. Année 2004. COGEMA La Hague.

**COPIL GRNC 2007**. Campagne de prélèvements et de mesures chimiques dans l'environnement du Nord-Cotentin, Groupe Radiécologie Nord-Cotentin, 3ème mission, Rapport juillet 2007.

**Croudace I.W. and Warwick P.E**, Organically-bound tritium (OBT) dispersion and accumulation in Severn Estuary sediments, (R01034) - Extension to study. National Oceanographic Centre, Southampton, 2005.

**De Vol, T. A. and Powel, B. A.**, Theoretical organically bound tritium doses estimates. Health Physics, Vol. 86 (2), pp (183-86), 2004.

**EDF 2005**. Bilan radio-écologique de l'environnement terrestre et marin du CNPE de Flamanville (1973 – 2003), référence : ELIER/05 B BPE, 2005.

**EDF 2007-1**, Mémoire en réponse aux dépositions issues des registres et aux observations des commissaires enquêteurs. Enquête publique conduite du 14 février au 17 mars 2007. Demande d'autorisation de rejets d'effluents liquides et gazeux et de prélèvements d'eau du site de Flamanville, mars 2007.

**EDF 2007- 2**. Rapport annuel 2007 de surveillance de l'environnement de Flamanville.

**Fairlie I, 2008**, Estimated radionuclide releases and collective doses from the Rokkasho reprocessing facility. By Dr. Ian Fairlie, commissioned by Greenpeace Japan, February 2008.

**Foulquier L. et Pally M**, Données sur la teneur en tritium lié de poissons des grands fleuves français. Annales de l'association belge de radioprotection 7: pp (259-281), 1982.

**GRNC 2005**, Groupe Radioécologie Nord-Cotentin, Appréciation par le GRNC de l'estimation des doses dans le rapport annuel de surveillance de l'environnement de Cogéma-La Hague. Année 2003, publié en 2005.

**GRNC, 2006**. Groupe Radioécologie Nord-Cotentin, Appréciation par le GRNC de l'estimation des doses dans le rapport annuel de surveillance de l'environnement de Cogéma-La Hague. Année 2004, publié en 2006.

**GRNC, 2007**. Groupe Radioécologie Nord-Cotentin, Appréciation par le GRNC de l'estimation des doses dans le rapport annuel de surveillance de l'environnement de Cogéma-La Hague. Année 2005, publié en 2007.

**GRNC, 2009**. Groupe Radioécologie Nord-Cotentin, Appréciation par le GRNC de l'estimation des doses dans le rapport annuel de surveillance de l'environnement de Cogéma-La Hague. Année 2006, publié en 2009.

**Guillemette A, 2007**. ACRO, Analyse critique de la demande de modification des autorisations de rejets du site EDF de Flamanville, rejets de tritium et de carbone 14. Rapport de la commission d'enquête, mars 2007.

**Harrison J.D, Khursheed, A and Lambert, B.E**, Uncertainties in dose coefficients for intakes of tritiated water and organically bound forms of tritium by members of the public, Radiation Protection Dosimetry, 98, pp (299 – 311) 2002.

**Harrison, J.D., and Lambert, B.E., 2003**. Uncertainties in dose coefficients for intakes of tritiated water and organically bound forms of tritium by members of the public, Committee Examining Radiation Risks of Internal Emitters (CERRIE), Paper 9-15, april 2003.

**Hodgson A. Scott, J.E, Fell T.P. and Harrison J.D, 2005**, Radiation doses from the consumption of Cardiff Bay flounder containing organically bound tritium (OBT). Project SC020042/SR. Environment Agency, Bristol, 2005.

<sup>7</sup> Située entre les caps de Flamanville et de la Hague, voir cartes IRSN Fig. 4 et Fig. 9



- Intechmer 1994.** Etude de l'impact des rejets de dragage du port militaire de Cherbourg sur le milieu marin, 4 rapports de janvier 1992 à avril 1994, Conservatoire National des Arts et Métiers, Institut national des techniques de la mer, 1994.
- Hydro Québec Production, 2002.** Evaluation des risques écotoxicologiques et toxicologiques associés à l'exploitation des centrales de Gentilly-2 et de Bécancour, juin 2002.
- Hydro Québec Production, 2006.** Résultats du programme de surveillance de l'environnement du site de Gentilly. Rapport annuel 2005, publié le 7 juillet 2006.
- ICRP 1991,** Recommendations of the international commission on radiological protection, Publication 60, Annuals of the ICRP, Oxford, Pergamon Press, 1991.
- IRSN 2005,** Bilan de l'état radiologique de l'environnement français en 2004 - Synthèse des réseaux de surveillance de l'IRSN. Rapport DEI/SESURE n° 2005-33.
- IRSN 2007 (a),** Bilan de l'état radiologique de l'environnement français en 2005 - Synthèse des réseaux de surveillance de l'IRSN. Rapport DEI/SESURE n° 2007-30.
- IRSN 2007 (b),** Bilan de l'état radiologique de l'environnement français en 2006 - Synthèse des réseaux de surveillance de l'IRSN. Rapport DEI/SESURE n° 2007-72.
- IRSN 2008,** Bilan radioécologique décennal 2006 de l'environnement proche du centre nucléaire de production d'électricité de Flamanville. Rapport DEI/SCRE n° 2008-41.
- Kirchmann R, Van Den Hoek J. and Lafontaine A,** Transfert et incorporation du tritium dans les constituants de l'herbe et du lait en conditions naturelles. *Health Physics*, Vol. 21(1), pp (61-66), July 1971.
- Kirchmann R, Bonotto S, Soman S. D, Krishnamoorthly T. M, Lyengar T. S. and Moghisi A,** Transfer and incorporation of tritium in aquatic organisms in behaviour of the tritium in the environment. Vienne, IAEA-SM-232/74, pp (187-203), 1979.
- Kirchmann R. et Dupont J.L,** Rôle du tritium dans les rejets d'effluents radioactifs liquides provenant des installations nucléaires. *Bull. Rech. Agron. Grembloux*, Vol.16, pp (111-136), 1981.
- Lambert B,** Welsh tritium (Invited Editorial). *J. Radiol. Prot.*, Vol. 21, pp (333-335), 2001.
- Leonard K.S, McCubbin D. and Bailey T.A,** Organic forms of tritium in food chains, Project R01023/C0814, RL 6/01, Cefas, Lowestoft, 2001.
- McCubbin D, Leonard K.S, Bailey, T.A, Williams J. and Tossell P,** Incorporation of organic tritium ( $^3\text{H}$ ) by marine organisms and sediment in the Severn Estuary/Bristol Channel (UK), *Mar. Pollut. Bull.*, Vol. 42 (10), pp (852-63), 2001.
- Mobbs S, Barraclough I, Napier I, Casey A, Poynter R. and Harvey M,** A review of the use and disposal of gaseous tritium light devices, Environment Agency, Lancaster, 1998.
- Maro M, Masson M, Fievet B, Bailly du Bois P, Connan O, Boust D, Germain P,** Analyse critique des données disponibles de carbone 14 et de tritium dans le Nord-Cotentin et en Manche. Rapport DEI/SECRE/2008-06, 2008.
- Masson M, Siclet F., Fournier M, Maigret A, Gontier G. and Bailly du Bois P,** Tritium along the French Coast of the English Channel, *Radioprotection*, Vol. 39, suppl. 1, 2004.
- OSPAR 2006,** Rapport national français de mise en œuvre de la Recommandation PARCOM 91/4 sur les rejets radioactifs, Commission OSPAR 2006.
- Pally M, Barré A. et Foulquier L,** Tritium associé à la matière organique de sédiments, végétaux et poissons des principaux cours d'eau français, *Verh. Internat. Verein. Limnol.* Vol. 25, pp (285-289), Stuttgart, September 1993.
- RIFE-1 à 14.** Food Standards Agency and Scottish Environment Protection Agency, 1996 à 2009. Radioactivity in Food and the Environment, 1995 à 2007. Food Standards Agency and Scottish Environment Protection Agency, London and Stirling.
- Rowe J, James A. and Allott R,** Potential for bio-accumulation of organically bound tritium in the environment: review of monitoring data, NCAS/TR/2000/026. Environment Agency, Lancaster, 2001.
- Wedekind C,** 1982. Tritium distribution and spreading in the North Sea and the Baltic Sea in 1980/81, as well as in the surface water of the North Atlantic in 1979, *Ocean Dynamics*. Vol. 35, N° 4, July 1982.
- Williams J.L, Russ R.M, McCubbin D. and Knowles J.F,** An overview of tritium behaviour in the Severn estuary (UK), *J. Rad. Prot.*, Vol. 21, pp (337-44), 2001.