Détermination de l'iode 129 dans les eaux résiduaires industrielles et dans quelques échantillons biologiques prélevés sur les côtes françaises de la Manche: *Fucus serratus*, moules (*Mytilus Edulis*) et soles (*Solea-solea*)

F. PATTI, M. GARCET, L. JEANMAIRE *

(Manuscrit reçu le 23 mars 1988)

RÉSUMÉ

Des mesures d'iode 129 ont été effectuées dans les eaux résiduaires de faible radioactivité rejetées par l'usine de La Hague entre 1983 et 1986. Les rejets annuels sont compris entre 100 et 200 GBq; au total 660 GBq (18 Ci) ont été rejetés en mer. Les mesures relatives aux niveaux d'iode 129 dans *Fucus serratus* en rapport avec l'éloignement du point de rejet, montrent la grande mobilité de ce radionucléide mesurable à Gravelines (0,6 Bq.g⁻¹ d'iode, rapport isotopique $^{129}\text{I}/^{127}\text{I} = 0,9.10^{-7}$) située à la limite de la Manche - mer du Nord.

L'évolution des concentrations dans le temps de ^{129}I et ^{127}I , au sein d'une même station, fait apparaître un cycle annuel caractérisé par des teneurs maximales en novembre-janvier et minimales en avril-mai; le rapport des concentrations est de l'ordre de 3; à Wimereux pour ^{129}I : maximum 1,75 Bq.kg⁻¹ sec de *Fucus*, minimum 0,5 Bq.kg⁻¹; pour ^{127}I maximum 997 mg.kg⁻¹ sec, minimum 268 mg.kg⁻¹. Dans le cas de l'iode 129 à Herquemoulin, station proche de l'émissaire, ce cycle annuel est modifié vraisemblablement par l'intensité des rejets, provoquant de brusques variations de la concentration du radionucléide dans l'eau de mer.

Dans la chair de moule et de sole, des teneurs de 20 mBq.kg⁻¹ frais et de 2 mBq.kg⁻¹ frais ont été respectivement mesurées; ces niveaux peuvent être considérés comme absolument négligeables pour le consommateur.

ABSTRACT

Iodine 129 was measured in the low-level wastes released from the La Hague plant between 1983 and 1986. Annual releases ranged between 100 and 200 GBq; a total amount of 660 GBq (18 Ci) was released into the sea. The measurements on iodine 129 levels in *F. serratus* in relation with the distance from the release point showed the large mobility of the radionuclide measurable at Gravelines (0.6 Bq.g⁻¹ of iodine, isotopic ratio $^{129}\text{I}/^{127}\text{I} = 0.9.10^{-7}$) located at the boundary Channel-North Sea.

* Commissariat à l'énergie atomique, Institut de protection et de sûreté nucléaire, Département de protection sanitaire, Service d'études appliquées de protection sanitaire, BP 6, 92265 Fontenay-aux-Roses Cedex.

The evolution with time of ^{129}I and ^{127}I at the same station demonstrated an annual cycle characterized by highest levels in November-January and lowest levels in April-May; the concentration ratios were about 3: iodine 129 at Wimeroux: maximum and minimum 1.75 and 0.5 Bq.kg^{-1} dry weight of *Fucus* respectively; iodine 127: maximum and minimum 997 and 268 mg.kg^{-1} dry weight respectively.

At Herquemoulin, a station close to the release point, the annual cycle for iodine 129 was probably modified by the release intensity resulting in sudden variations of its concentration in seawater.

In mussel and sole flesh, levels of 20 and 2 mBq.kg^{-1} fresh weight were measured respectively; such levels can be considered as quite insignificant for consumers.

1. INTRODUCTION

L'iode 129 est un radionucléide de longue période radioactive : 16.10^6 années donc de faible activité spécifique: 1 mg = 6,28 kBq (0,17 μCi). Il existe à l'état naturel où il est produit par fission spontanée de l'uranium 238 (océans, roches volcaniques) et par le rayonnement cosmique, réactions de spallation [2]. Le taux de production annuel a été estimé à $3,6.10^{19}$ atomes par an, soit 48 kBq.an^{-1} (1,3 $\mu\text{Ci.an}^{-1}$). On estime à 1,5 TBq (40 Ci) la quantité d'iode 129 présente dans l'environnement; soit 1,15 TBq (31 Ci) dans l'hydrosphère, en particulier les océans, et 0,37 TBq (10 Ci) dans la lithosphère [2, 3].

Les explosions nucléaires atmosphériques des années 1945-1962 ont introduit dans la haute atmosphère une activité de l'ordre de 0,37 TBq (10 Ci).

Ce radionucléide est aussi un produit de la fission nucléaire obtenu par désintégration bêta du ^{129}Te , le rendement de fission est de 0,8 %. Étant donné sa longue période radioactive il est présent dans les combustibles nucléaires irradiés [3]; de ce fait, les teneurs d'iode 129 sont sensiblement plus élevées au voisinage des usines de retraitement d'où il est rejeté en très faibles quantités dans l'atmosphère par les effluents gazeux et dans l'hydrosphère par les effluents liquides.

Le présent travail a pour objet:

- de présenter des résultats sur les concentrations d'iode 129 dans les eaux résiduelles faiblement radioactives rejetées en mer par l'usine de retraitement de La Hague;
- de montrer la diminution des teneurs en rapport avec la distance du point de rejet au moyen d'un bioindicateur: le *Fucus serratus*;
- de comparer l'évolution dans le temps des concentrations d'iode 129 et d'iode stable dans *Fucus serratus*.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODE

Les mesures ont porté sur les prélèvements suivants:

- eaux résiduelles rejetées par l'usine de La Hague au cours des années 1983-1986;

— échantillons de *Fucus serratus* prélevés en septembre 1979 et novembre 1982 en différentes stations du littoral de la Manche, de part et d'autre de l'émissaire;

— prélèvements mensuels de *Fucus serratus* effectués à Herquemoulin et Wimereux en 1983 et 1984: deux stations de situation géographique différente se trouvant respectivement à 5 km au sud et à 300 km au nord-est du point de rejet;

— des échantillons de chair de moule (*Mytilus edulis*) et de sole (*Solea solea*) prélevés en différentes stations du littoral en janvier et avril 1984 ont également été mesurés.

La figure 1 représente la position des points de prélèvements.

Fig. 1. — Localisation des points de prélèvement.

Les échantillons d'eaux résiduelles sont fournis par le Service de prévention et de radioprotection du Centre de La Hague.

Les échantillons de *Fucus serratus* prélevés en septembre 1979 ont été mis à notre disposition par le Laboratoire de radioécologie marine de l'IPSN/DERS/SERE du Centre de La Hague.

Les autres échantillons mesurés sont ceux du réseau d'observation de la radioactivité en milieu marin, mis en place en janvier 1983 par le Service d'études appliquées de protection sanitaire de l'IPSN/DPS du Centre de Fontenay-aux-Roses.

2.1. Préparation des échantillons

Les thalles de *Fucus* sont nettoyés, égouttés, pesés puis déshydratés dans une étuve à 90 °C; le produit sec est réduit en poudre au moyen d'un broyeur et homogénéisé. Les moules sont ouvertes par cuisson à l'étouffée; la chair est transférée dans une capsule en silice et déshydratée à 150 °C. Les soles sont cuites de la même manière, les arêtes écartées et la chair également déshydratée à 150 °C. Les produits secs sont réduits en poudre et homogénéisés. Il n'est pas exclu que la cuisson et la déshydratation à 150 °C ne soient à l'origine d'une perte non négligeable d'iode, mais ces mesures donneront toutefois une idée des concentrations de l'iode 129 susceptible d'être ingéré après cuisson par le consommateur.

2.2. Technique d'analyse

La technique de dosage de l'iode 129 a fait l'objet d'une publication [3]. Le principe consiste à mesurer par spectrométrie gamma les raies principales à 538 keV et 669 keV de ^{130}I obtenu par activation neutronique, selon la réaction nucléaire $^{129}\text{I} \text{ n, } \gamma \text{ }^{130}\text{I}$. Les quantités d'échantillons traitées, exprimées en produit sec, sont de 40 g pour le *Fucus* et 10 g à 15 g pour la chair de moule et de sole.

Le dosage de l'iode stable dans *Fucus serratus* a été effectué par spectrographie de fluorescence X; les concentrations sont suffisantes pour être mesurées directement sur le produit sec, mis sous forme de pastille, sans autre traitement. Les deux raies X de fluorescence mesurées forment un pic à l'angle $2\theta = 12,48^\circ$ avec un cristal analyseur en LiF (200); la limite de dosage dans ces conditions est de $30 \pm 8 \mu\text{g.g}^{-1}$ pour un temps de comptage de 100 secondes.

Expression des résultats

Dans *Fucus serratus* les concentrations en ^{129}I sont exprimées en Bq.g^{-1} d'iode stable et sous la forme de rapport isotopique en poids $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$, rapport généralement utilisé dans la littérature scientifique car il permet de suivre l'évolution quantitative de l'iode 129 dans le cycle de l'iode stable. Les résultats sont aussi exprimés en Bq.kg^{-1} sec d'échantillon, ce qui rend compte de la capacité d'accumulation globale du *Fucus serratus* pour ^{129}I ; pour l'iode stable les concentrations sont données en mg.kg^{-1} sec.

Dans la chair de moule et de sole, les concentrations en iode stable sont très faibles; ne disposant pas d'une technique suffisamment sensible pour le dosage, le rendement chimique de la séparation de l'iode 129 a été

déterminé au moyen d'un ajout connu d'iode stable; c'est la raison pour laquelle les valeurs pour ces échantillons sont uniquement exprimées en Bq.kg^{-1} frais.

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1. Eaux résiduares

Les activités mensuelles rejetées sont représentées figure 2. Les rejets annuels, de 1983 à 1986, sont respectivement de: 105 GBq, 152 GBq sur dix mois, soit de l'ordre de 182 GBq pour l'année 1984, 217 GBq en 1985, 131 GBq sur dix mois en 1986, soit environ 157 GBq pour l'année.

Fig. 2. — Activités mensuelles d'iode 129 rejetées en mer par l'usine de retraitement de La Hague dans les eaux résiduares de faible radioactivité.

Les rejets en milieu marin varient donc au cours de cette période de 105 à 217 GBq.an^{-1} et représentent au total 659 GBq (17,8 Ci); 100 GBq d'iode 129 représentent une masse de 16 kg. Ces rejets sont plus importants que les rejets atmosphériques pour lesquels les activités rejetées, au cours de la même période, sont comprises entre $1,1 \cdot 10^{10}$ et $3,7 \cdot 10^{10}$ Bq.an^{-1} , au total 92,5 GBq (2,5 Ci).

3.2. *Fucus serratus*

3.2.1. Variations des concentrations interstations

Les résultats obtenus sont représentés tableau I. Il apparaît de part et d'autre de l'émissaire deux zones de concentrations dissymétriques avec une prédominance des teneurs vers l'est (fig. 3).

TABLEAU I

Variations dans l'espace des teneurs d'iode 129, dans *Fucus serratus*, exprimées en Bq g^{-1} d'iode et du rapport isotopique $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ en poids

Stations	km	Bq g^{-1} d'iode stable			Rapport isotopique		
					$^{129}\text{I}/^{127}\text{I} \times 10^{-7}$ en poids		
		Septembre 1979	Novembre 1982	1984	Septembre 1979	Novembre 1982	1984
Gravelines	340		0,6			0,95	
Wimereux	300		1,8	1,6* (1 à 1,8)		3,0	2,6** (1,6 à 4)
Penly	230		1,0			1,5	
Honfleur	150	0,65			0,8		
Bruneval	145	0,65			1,0		
Luc s/Mer	130	0,67			1,1		
Cherbourg	30		1,6			2,5	
Goury	5	2,5			4		
Herque-moulin	5		7,0	9,5* (5,7 à 17,4)		11	15** (9 à 27)
Siouville	10		3,4			5,0	
Dielette	15		2,7			4,3	
Granville	90	0,3	0,36		0,5	0,6	
Cancale	110	0,3			0,4	0,55	
Roscoff	200	0,04	0,10		0,06	0,17	

* Concentration moyenne annuelle - valeur maximale et minimale.

** Rapport isotopique, moyenne annuelle - valeur maximale et minimale.

Fig. 3. — Répartition des concentrations d'iode 129 dans *Fucus serratus*, en fonction de la distance, de part et d'autre du point de rejet (La Hague).

○ Echantillons prélevés en septembre 1979,

▲ Echantillons prélevés en novembre 1982.

A Herquemoulin, station située à 5 km au sud du point de rejet, les teneurs sont de l'ordre de 7 Bq.g^{-1} d'iode (rapport isotopique 11.10^{-7}); elles décroissent rapidement pour atteindre des niveaux de $0,1 \text{ Bq.g}^{-1}$ ($^{129}\text{I}/^{127}\text{I} = 0,2.10^{-7}$) à Roscoff (Nord-Finistère), station située à environ 200 km à l'ouest des rejets. A Penly, située à l'est (Pays de Caux), à la même distance que Roscoff, les teneurs sont de l'ordre du becquerel par gramme d'iode, soit dix fois supérieures. Il apparaît une sensible remontée de l'activité à Wimereux: $1,8 \text{ Bq.g}^{-1}$ d'iode.

A Gravelines, située à la limite de la mer du Nord, à environ 300 km de l'émissaire, la teneur est d'environ $0,6 \text{ Bq.g}^{-1}$ d'iode ($^{129}\text{I}/^{127}\text{I} = 0,95.10^{-7}$). Cette prédominance des teneurs vers l'est a déjà été observée avec ^{99}Tc [6]: elle est très vraisemblablement liée à la dérive générale des masses d'eau qui transitent de l'Atlantique vers la mer du Nord [1].

D'après certains travaux [7], il est très probable que, dans les milieux aquatiques, l'iode se trouve sous des formes chimiques solubles, d'iode (I^-) et d'iodate (IO_3^-); dans l'eau de mer, l'iode se présenterait sous la forme IO_3^- , ce qui expliquerait sa grande mobilité comparable à celle du ^{99}Tc .

3.2.2. Variations mensuelles des concentrations de ^{129}I

Les mesures ont porté sur des prélèvements mensuels de *Fucus serratus* effectués en 1983 et 1984 à Herquemoulin et Wimereux. Le tableau II montre l'amplitude des fluctuations. Exprimées en Bq.g^{-1} d'iode stable (colonnes 2 et 5), les concentrations à Herquemoulin varient de 5,7 à $17,4 \text{ Bq.g}^{-1}$ d'iode, soit un facteur 3, avec une moyenne de $9,5 \text{ Bq.g}^{-1}$ d'iode. A Wimereux, la concentration moyenne est de $1,6 \text{ Bq.g}^{-1}$ d'iode, avec un minimum de 1 Bq.g^{-1} d'iode et un maximum de $2,5 \text{ Bq.g}^{-1}$ d'iode.

Variation du rapport isotopique $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ en poids.

A l'état naturel dans les océans, ce rapport a été estimé à environ 2.10^{-12} [2-3]; avec l'apparition de l'énergie nucléaire et son développement industriel, sa valeur a évolué de plusieurs ordres de grandeur; des rapports de 10^{-7} à 10^{-9} ont été mesurés dans des algues prélevées en 1980 et 1982 près de l'usine de retraitement de Tokaimura au Japon [8].

Les résultats présentés tableau II (colonnes 8 et 9) montrent que la valeur moyenne du rapport $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ dans *Fucus serratus* est de 15.10^{-7} à Herquemoulin, avec un minimum de 9.10^{-7} et un maximum de 28.10^{-7} . A Wimereux, elle est de $2,6.10^{-7}$ avec minimum de $1,6.10^{-7}$ et un maximum de $3,5.10^{-7}$. A Roscoff, le rapport est de $0,2.10^{-7}$ (tableau I).

Par ailleurs, sur deux échantillons de *Fucus serratus* prélevés à La Rochelle (littoral Atlantique) en 1984, des teneurs de 0,2 et $0,3 \text{ Bq.g}^{-1}$ d'iode ont été mesurées, soit un rapport de $0,3.10^{-7}$, valeur assez voisine de celle observée à Roscoff. La station de La Rochelle n'étant, en principe, pas atteinte par les eaux contaminées transitant dans la Manche, ces niveaux d'activité pourraient uniquement être dus au dépôt atmosphérique d'iode 129.

TABLEAU II

Concentrations d'iode 129 et iode stable dans *Fucus serratus* (sec)
Rapport isotopique $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ en poids (1 Bq = 0,16 μg).
Fluctuation des valeurs au sein d'une même station, Herquemoulin et Wimereux.

Date de prélève- ment	Herquemoulin			Wimereux			Herque- moulin	Wime- reux
	iode 129		I stable mg kg ⁻¹	iode 129		I stable mg kg ⁻¹	Rapport isotopique $^{129}\text{I}/^{127}\text{I} \times 10^{-7}$	
	Bq g ⁻¹ d'I	Bq kg ⁻¹		Bq g ⁻¹ d'I	Bq kg ⁻¹			
22/09/83				1,5	1,16	773		
14/10	8,8	5,55	631				13,9	2,4
27/10				1,3	1,11	846		1,6
15/11	11,7	6,48	554				18,7	
25/11				2,0	1,8	900		3,2
9/12				1,9	1,68	884		3,0
15/12	8,1	5,35	660				12,9	
16/01/84	11,9	7,08	595				19,0	
25/01				1,5	1,05	700		2,9
15/02				1,8	0,82	456		2,9
09/03				1,5	0,65	433		2,4
16/03	8,4	3,36	400				13,4	
02/04	11,0	4,76	433	2,5	0,67	268	17,6	4,0
03/05	17,4	6,96	400				27,8	
11/05				1,6	0,52	325		2,6
15/06	13,0	7,42	569				20,7	
22/06				2,2	0,90	409		3,5
02/07	10,1	5,33	528				16,1	
13/07				1,3	0,64	492		2,1
01/08	8,3	3,50	419				13,3	
03/08				1,1	0,61	555		1,8
14/09				1,0	0,75	750		1,6
24/09	5,7	3,96	695				9,1	
16/10	5,9	3,46	586				9,4	
25/10				1,3	1,27	977		2,1
14/11	7,0	4,64	663				11,1	
16/11				1,4				2,2
12/12	6,5	5,92	911				10,4	
31/12				2,1	1,75	833		3,3
Moyenne 1984	9,5	5,13	564	1,6	0,88	563	15,3	2,6

Le tableau II indique également, pour les deux stations d'Herquemoulin et Wimereux, les concentrations d'iode 129 exprimées en Bq.kg⁻¹ sec (colonnes 3 et 6) et les concentrations d'iode stable en mg. kg⁻¹ sec (colonnes 4 et 7); l'évolution dans le temps de ces valeurs est représentée figure 4.

En ce qui concerne l'iode stable, il apparaît aux deux stations un cycle caractérisé par des valeurs supérieures à la moyenne, aux mois de novembre – janvier, de l'ordre de 900 mg.kg⁻¹ sec, et des valeurs plus faibles en mai – juin, de l'ordre de 300 mg.kg⁻¹ sec.

Fig. 4. — Variations dans le temps des concentrations d'iode 129 ● et d'iode 127 ○ dans *F. Serratus* à Herquemoulin et à Wimereux.

En ce qui concerne l'iode 129, une variation de même nature est observée à Wimereux, station éloignée du point de rejet avec des concentrations maximales de l'ordre de $1,8 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ alternant avec des valeurs plus faibles de l'ordre de $0,5 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$, soit un facteur 3,6.

A Herquemoulin, par contre, station proche du point de rejet, l'évolution des valeurs d'iode 129 se distingue de celle observée à Wimereux par des concentrations plus élevées, de 7 à $7,5 \text{ Bq.kg}^{-1} \text{ sec}$ aux mois de mai – juin ; cette modification du cycle est vraisemblablement liée à la proximité de la station avec l'émissaire, le *Fucus* est, de ce fait, plus directement soumis aux brusques variations des concentrations de l'iode 129 dans l'eau de mer.

Il est regrettable que les rejets d'avril et mai 1984 n'aient pu être évalués. Des mesures sur des échantillons de *Fucus* prélevés au cours du premier semestre 1985 sont en cours; ils devraient montrer une augmentation notable de la concentration en iode 129, étant donné les rejets relativement plus importants des mois de décembre 1985 et janvier 1986.

3.3. Chair de moule et de sole

Les résultats sont présentés tableau III. Dans la chair de moule, les concentrations varient de 5 mBq.kg⁻¹ frais à Wimereux à 20 mBq.kg⁻¹ frais à Cherbourg et Goury. Dans la chair de sole, les concentrations sont très faibles: de l'ordre de 2 mBq.kg⁻¹ frais à Carteret et Granville.

TABLEAU III
Concentrations d'iode 129 dans la chair de moule et de sole
prélevées en différentes stations du littoral de la Manche

IODE 129 - MOULES (chair)

Stations	Dates	mBq.kg ⁻¹ frais
Wimereux	23/1/84	4
	3/4/84	6
Carantan	10/1/84	3
	3/4/84	8
Cherbourg	23/1/84	22
Goury	1978	15

SOLES (chair)

St-Vaast	2/4/84	< 1
Carteret	3/4/84	2
Granville	2/4/84	2
La Rochelle	3/4/84	< 1

4. CONCLUSION

Ce travail a apporté des informations sur les activités d'iode 129 rejetées en mer par l'usine de retraitement de La Hague et sur les concentrations actuelles dans quelques espèces biologiques (*Fucus serratus*, moule, sole). Les mesures d'iode 129 effectuées dans les eaux résiduaires rejetées par l'usine de La Hague montrent que les activités annuelles rejetées en mer sont comprises entre 100 et 200 GBq, soit 660 GBq (18 Ci) en quatre ans, de janvier 1983 à décembre 1986. Les mesures relatives aux niveaux de

radioactivité de l'iode 129 dans *Fucus serratus* en rapport avec l'éloignement du point de rejet montrent que la mobilité de ce radionucléide est comparable à celle observée avec le technétium 99, analogie s'expliquant très vraisemblablement par les formes chimiques solubles que présentent ces deux éléments dans l'eau de mer. La dissymétrie des teneurs — avec une prédominance de celles-ci, à l'est du point de rejet — s'explique par la dérive générale des masses d'eaux qui se déplacent de l'Atlantique vers la mer du Nord. L'évolution chronologique des valeurs du rapport isotopique $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ dans *Fucus serratus* varie de 9.10^{-7} à 4.10^{-7} à Wimereux.

Les concentrations d'iode stable et d'iode 129, exprimées respectivement en mg.kg^{-1} sec et Bq.kg^{-1} sec de *Fucus serratus*, évoluent dans le temps selon un cycle annuel caractérisé par des teneurs maximales au cours des mois de novembre à janvier, et minimales au cours des mois d'avril et mai; le rapport de ces concentrations est de l'ordre d'un facteur 3. Pour ^{129}I , ce cycle annuel est modifié à Herquemoulin, station située à proximité de l'émissaire, par l'intensité des rejets, provoquant dans l'eau de mer de brusques variations de la concentration du radionucléide.

Des mesures, poursuivies sur plusieurs années et sur des éléments d'origine différente: iode stable, potassium 40 et technétium 99, confirment l'existence de ce cycle, ce qui laisse penser que celui-ci pourrait être lié au métabolisme de l'algue. Ces résultats feront prochainement l'objet d'une publication.

Les concentrations d'iode 129, dans la chair de moule et de sole, sont très faibles: 20 mBq.kg^{-1} frais à Cherbourg dans la chair de moule. L'impact de ces niveaux sur le consommateur est absolument négligeable, la limite annuelle d'incorporation (LAI) de l'iode 129 par ingestion étant pour le public de $2.10^4 \text{ Bq.an}^{-1}$ [4].

Ce travail fournit des informations chiffrées permettant de valider les modèles pour les prévisions de transfert.

REMERCIEMENTS

Les mesures de spectrométrie gamma ont été effectuées par Mademoiselle BULLIER à qui nous adressons nos sincères remerciements pour sa collaboration.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] CALMET D., PATTI F., CHARMASSEN S. Spatio-temporal variations in the technetium 99 content of *Fucus serratus* in the English Channel during 1982-1984. J. Environ. Radioactivity, 1987, **5**, 57-69.
- [2] EDWARDS R.R., REY P. Terrestrial occurrence and distribution of iodine 129. NYO-3624-3, 1968.
- [3] ÉTATS-UNIS. NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS (NCRP). Iodine 129: Evaluation of release from nuclear power generation. (NCRP report no. 75). Bethesda: NCRP, 1983.

- [4] FRANCE. Décret n° 86-1103 du 2 octobre 1986 relatif à la protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants. Journal Officiel, 12 octobre 1986.
- [5] GROS R., CAPPELLINI L., GOJJON DE BEAUVIVIER M., JEANMAIRE L., PATTI F. Dosage de l'iode 129 dans les thyroïdes. Rapport CEA-R-4691, 1975.
- [6] MASSON M., PATTI F., CAPPELLINI L., GERMAIN P., JEANMAIRE L. Etude de la dispersion du technétium 99 sur les côtes françaises de la Manche à l'aide de deux indicateurs biologiques: *Fucus sp. et Patella sp.* J. Radioanal. Chem, 1983, 77 (1), 247-255.
- [7] MURAMATSU Y., OHMOMO Y. Tracer experiments for the determination of chemical forms of radioiodine in water samples. In: International conference on method and applications of radioanalytical chemistry, Kona, Hawaii, USA, April 5-10, 1987. J. Radional. Chem., 1988, 124, 123-134.
- [8] MURAMATSU Y., OHMOMO Y. Iodine 129 and iodine 127 in environmental samples collected from Tokaimura-Ibaraki, Japan. Sci. Total Environ., 1986, 48, 33-43.