

RAPPORT DE SYNTHÈSE

Appréciation par le GRNC
de l'estimation des doses présentée
dans le rapport annuel
de surveillance de l'environnement
de COGEMA-LA-HAGUE
Année 2003

AVIS DU GRNC

Le GRNC a considéré, comme il l'avait fait lors de ses précédentes missions, que pour apprécier valablement les estimations réalisées par COGEMA, il devait procéder à une analyse critique poussée des données fournies par l'exploitant aux différentes étapes du calcul des doses. Cela l'a conduit à :

- compléter la liste des radionucléides rejetés ("terme source") retenue par l'exploitant en identifiant et quantifiant les rejets de radionucléides considérés comme mineurs en termes d'impact dosimétrique et vérifier la cohérence des activités rejetées annoncées par l'exploitant avec les quantités de radionucléides contenues dans les combustibles retraités ;
- compléter l'évaluation de l'impact dû aux rejets de l'année considérée (2003) par ceux des années antérieures (1966 - 2002) susceptibles de s'être accumulés dans l'environnement et de constituer des sources d'exposition secondaires ;
- s'assurer que les modélisations des transferts des radionucléides dans l'environnement, validées précédemment par le GRNC, continuent à représenter correctement les conditions locales en comparant, pour l'année 2003, les résultats de ces modélisations avec quelques 1000 mesures réalisées par les principaux laboratoires institutionnels, industriels et associatifs ;
- vérifier que le choix de la localisation et des habitudes de vie des groupes de populations, susceptibles d'être les plus exposés, correspondent bien aux nouvelles informations disponibles et rendent compte d'une certaine variété des types de situations envisageables.

Il faut enfin souligner le développement d'un outil spécifique pour l'évaluation des doses : le logiciel ACADIE (Application pour le Calcul de la Dose efficace Interne et Externe) avec le soutien de COGEMA, de l'IRSN et de DGSNR. Ce développement, qui répond à une demande des experts associatifs et industriels, est simple d'utilisation, accessible à tous les membres du GRNC et il permet d'introduire des données spécifiques au site ainsi qu'à la population concernée. C'est sans doute un cas exemplaire permettant de montrer comment il est possible de rendre accessible aux parties prenantes un outil d'évaluation de dose.

Dans son analyse, le GRNC a rencontré des difficultés à certaines étapes de son travail dont il conviendrait de tenir compte pour les prochains exercices :

- vérification du terme source : cette vérification suppose de mieux connaître les caractéristiques des substances traitées autres que les combustibles irradiés ;
- collationnement des mesures faites dans l'environnement par les différents laboratoires : il est utile que soit réalisé un travail d'harmonisation de présentation des données fournies par les différents laboratoires, travail déjà engagé dans le cadre de la mise en place du réseau national de mesures de la radioactivité de l'environnement. Cette demande s'adresse à l'ensemble des laboratoires et non pas seulement à COGEMA.

Sur la base des considérations précédentes, l'avis du GRNC est exprimé sous la forme de réponses aux questions qui se posent aux différentes étapes de l'estimation des doses.

Avis du GRNC

La quantification des activités rejetées est-elle correcte?

Dans la continuité des travaux antérieurs du GRNC, la reconstitution de façon aussi exhaustive que possible des activités rejetées a conduit le GRNC à ajouter des radionucléides non inclus dans le “terme source” COGEMA et à considérer l’historique des rejets (1966 à 2003) à titre d’élément de comparaison. Les résultats obtenus ne sont pas différents de la dose totale calculée par COGEMA en considérant uniquement un terme source restreint pour l’année 2003.

Ce résultat démontre que :

- les radionucléides faisant l’objet d’une surveillance réglementaire, sont bien les radionucléides contribuant majoritairement à la dose reçue par le public.
- la reconstitution des activités rejetées, pour une liste de radionucléides la plus exhaustive possible et pour les 38 années de rejet (1966 à 2003), a un impact dosimétrique très faible.

La modélisation des transferts dans l’environnement traduit-elle bien les conditions locales de dispersion?

Les doses estimées par le GRNC, à partir des résultats des mesures dans l’environnement, sont globalement du même ordre de grandeur que celles calculées à partir de la modélisation appliquée aux activités rejetées aux émissaires. Les radionucléides pour lesquels la confrontation entre les résultats de calculs et les mesures dans l’environnement mettait en évidence des écarts significatifs, ne sont donc pas des contributeurs importants à la dose totale.

En comparaison des modélisations réalisées par le GRNC, les modélisations utilisées par COGEMA pour rendre compte des transferts dans l’environnement sont donc bien représentatives des conditions locales de dispersion.

Le choix des groupes de populations susceptibles d’être les plus exposés rend-t-il compte correctement de la variété des localisations et habitudes de vie de la population?

Les doses reçues par les groupes de référence retenus par COGEMA varient d’environ 4 à 9 $\mu\text{Sv}/\text{an}$. De son côté, le GRNC ajoute à ces groupes de référence six scénarios supplémentaires :

- l’étude de trois scénarios plus pénalisants, considérés comme illustrant une analyse de sensibilité, a été acceptée à ce titre par l’ensemble des membres du GRNC. Ces scénarios conduisent à des doses variant d’environ 4 à 17 μSv
- trois autres scénarios, n’ayant pas fait l’unanimité car considérés par certains comme irréalistes (autoconsommation à 100% des produits terrestres et marins), conduisent à des doses variant d’environ 7 à 35 μSv .

En résumé, le GRNC considère que l’ordre de grandeur des doses aux populations, dues aux rejets de l’usine de COGEMA - La Hague, estimées par COGEMA pour l’année 2003, est correct. L’étude de sensibilité réalisée à l’aide des scénarios plus pénalisants que le GRNC a jugé nécessaire de mener, ne conduit pas à remettre en cause l’ordre de grandeur de l’impact estimé par COGEMA.

Quels éléments de comparaison peut-on fournir pour permettre d'apprécier l'ordre de grandeur des doses estimées par COGEMA?

Cette question a soulevé au sein du GRNC un débat classique parmi les spécialistes de la radioprotection sur la pertinence des éléments de comparaison pouvant être utilisés. Il a semblé important, dans le présent avis, de rappeler ce que sont ces éléments de comparaison ainsi que les critiques qu'ils suscitent avant de préciser les résultats de leur utilisation dans le cas considéré.

- Eléments de comparaison et critique

1 - La limite de dose pour le public, fixée à 1 mSv/an (1000 μ Sv/an) par la réglementation.

Cette limite s'applique à la somme des doses reçues par un individu, en provenance des différentes sources d'exposition auxquelles il est soumis. C'est pourquoi la CIPR (Commission Internationale de Protection Radiologique) recommande de choisir une valeur plus faible comme restriction de dose en provenance d'une source - ce qui est le cas d'une source d'exposition telle que l'usine COGEMA - afin de tenir compte des expositions du public pouvant provenir d'autres sources. La réglementation française ne prévoit pas de valeur générique maximale pour cette fraction de la limite appelée « contrainte de dose » par la CIPR.

2 - La limite de rejets autorisés pour l'usine de La Hague aux termes de l'arrêté du 10 janvier 2003, limite exprimée en activité rejetée et qui correspond à une dose d'environ 0,025 mSv/an (25 μ Sv/an) au groupe de référence le plus exposé retenu par COGEMA (environ 9 μ Sv en 2003).

Cette limite à ne pas dépasser pour une source -en l'occurrence : l'usine COGEMA La Hague- que l'on va comparer à la dose due aux rejets « réels » s'apparente en fait au concept de contrainte de dose cité dans le paragraphe qui précède. Cet élément de comparaison n'est pas contestable, puisqu'il s'agit d'une obligation réglementaire nationale. La difficulté tient simplement au fait que les autorisations sont exprimées en activité et qu'il y a autant de valeurs de doses correspondant à cette limite que de groupes de référence comme pour les rejets réels. A titre indicatif, on fera le calcul pour le groupe de référence COGEMA le plus exposé.

3 - La radioactivité naturelle estimée dans le Nord-Cotentin à environ 3 mSv/an (3000 μ Sv/an).

Ce type de comparaison, qui est proposé également par la CIPR mais avec beaucoup de précaution, est contesté par de nombreux experts dans la mesure où les termes de la comparaison n'ont pas la même signification : d'un côté il y a le fond non maîtrisable de radioactivité naturelle et, de l'autre, les doses qui vont s'ajouter à ce fond naturel et qui doivent être réduites autant que raisonnablement possible.

En conclusion, la dose résultant des rejets de l'usine COGEMA La Hague estimée par COGEMA pour le groupe de référence le plus pénalisant pour l'année 2003 (9 μ Sv) est inférieure d'environ un facteur 100 par rapport à la limite réglementaire de dose au public, d'environ un facteur 30 par rapport à la contrainte de dose par source recommandée par la CIPR, d'environ un facteur 3 par rapport à une estimation de

l'expression en dose de l'autorisation de rejet correspondant à l'arrêté de janvier 2003 et d'environ un facteur 300 par rapport au niveau de radioactivité naturelle dans le Nord-Cotentin.

Le présent avis a été approuvé par la majorité des membres du GRNC. Les membres de l'ACRO et du GSIEN précisent que, tout en adhérant à la démarche et au caractère aussi exhaustif que possible de l'analyse critique, ils n'ont pas souhaité s'associer à l'appréciation des résultats, du fait, notamment, des incertitudes inhérentes à l'emploi de modèles dosimétriques. La lettre transmise au GRNC est reprise intégralement en annexe 4 du rapport de synthèse. Les experts étrangers, qui expriment leur accord sur l'ensemble du travail réalisé, portent une attention particulière au choix des groupes de population susceptibles d'être les plus exposés : ils approuvent l'approche du GRNC qui a consisté à examiner différents scénarios en complément des groupes de référence de COGEMA pour obtenir une étude de sensibilité de la dose, tout en indiquant qu'il serait utile de s'interroger davantage sur le réalisme des habitudes de vie associées à ces choix. Ils prolongent leur réflexion en notant que, pour les prochains exercices, l'analyse critique pourrait être allégée. La lettre transmise au GRNC est reprise intégralement en annexe 6 du rapport de synthèse.

SOMMAIRE

AVIS DU GRNC	1
SOMMAIRE	5
I INTRODUCTION	7
II TERME SOURCE	9
II.1 Liste des radionucléides	9
II.2 La période de rejets	10
II.3 Termes sources GRNC 3 et COGEMA	11
II.4 Analyse critique des rejets des usines de La Hague de 1997 à 2003	12
II.4.1 Les rejets liquides	13
II.4.1.1 Les radionucléides émetteurs “alpha” rejetés en mer	13
II.4.1.2 Les radionucléides émetteurs “bêta-gamma” rejetés en mer	16
II.4.2 Les rejets gazeux	22
II.4.2.1 Les radionucléides émetteurs “alpha” dans les rejets gazeux	22
II.4.2.2 Les radionucléides émetteurs “bêta-gamma” dans les rejets gazeux	23
II.5 Remarques et recommandations en vue de l’analyse 2004	24
III MESURES	26
III.1 Collecte et analyse des mesures réalisées en 2003	26
III.2 Comparaison modèle/mesure	27
III.2.1 Le milieu marin	29
III.2.1.1 Eau de mer	29
III.2.1.2 Les algues	29
III.2.1.3 Les mollusques	30
III.2.1.4 Les crustacés	30
III.2.1.5 Les poissons	31
III.2.1.6 Les sédiments	31
III.2.2 Le milieu terrestre	32
III.2.2.1 Le lait	32
III.2.2.2 Légumes	32
III.2.2.3 Viandes	33
III.2.2.4 Sols	33
III.2.2.5 Les herbes	33
III.2.2.6 L’air	34
III.2.3 Conclusion sur la comparaison des activités modèle/mesure	34
IV MODELISATION	37
IV.1 Outil de calcul : le logiciel ACADIE	37
IV.2 Paramètres de modélisation	37
IV.2.1.1 Coefficient de distribution du Curium 244	37
IV.2.1.2 Coefficient de dose externe du Krypton 85	38
IV.3 Individus cible : groupes de référence et scénarios particuliers	39
IV.4 Paramètres de mode de vie	40
IV.4.1 Rations alimentaires	40
IV.5 Voies d’exposition	41
IV.6 Présentation des calculs réalisés par le GRNC 3 et des résultats	42
IV.6.1 Calculs de doses « Variabilité »	43
IV.6.1.1 Groupes de référence	43
IV.6.1.2 Scénarios	44

IV.6.1.2.1	Scénarios chroniques définis par le GRNC 1	44
IV.6.1.2.2	Scénarios particuliers définis par le GRNC 3	46
IV.6.2	Calculs de doses « Terme source »	48
IV.6.2.1	Variabilité en fonction de la liste de radionucléides retenue	48
IV.6.2.2	Variabilité en fonction de la période de rejets considérée	49
IV.6.3	Calculs de doses « Mesures »	50
IV.6.3.1	Goury	50
IV.6.3.2	Le canton de Beaumont-Hague	52
IV.7	Remarques générales sur les estimations de doses du GRNC 3	53
V	CONCLUSION GENERALE	56
	BIBLIOGRAPHIE	58
	LISTE DES TABLEAUX	60
	LISTE DES FIGURES	61
	LISTE DES RAPPORTS DETAILLES JOINTS	62
	ANNEXES	63
	Annexe 1 : Lettre de mission	64
	Annexe 2 : Composition du GRNC, groupe plénier et groupe de travail	65
	Annexe 3 : Echange de correspondance avec les autorités	69
	Annexe 4 : Point de vue de l'ACRO et du GSIEN	73
	Annexe 5 : Point de vue technique de l'ACRO	75
	Annexe 6 : Point de vue des experts étrangers	103

I INTRODUCTION

En août 1997, Dominique Voynet, Ministre de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement et Bernard Kouchner, Secrétaire d'Etat à la Santé et à l'Action Sociale, ont confié la présidence du Groupe Radioécologie Nord-Cotentin (GRNC) à Annie Sugier - Directrice Déléguée à la Protection à l'IPSN. La mission de ce groupe : estimer le risque de leucémie, pour les jeunes de 0 à 24 ans, autour du site de la Hague (dans le canton Beaumont-Hague) à partir de l'évaluation des expositions reçues du fait des différentes sources de rayonnements (naturels, diagnostic médical et rejets d'effluents des installations industrielles nucléaires du Nord-Cotentin).

En 1999, les résultats obtenus par le GRNC, dénommé ci-après le GRNC 1, ont permis de conclure que les risques de leucémies radioinduites attribuables aux installations nucléaires sont faibles (0,002 cas environ pour la période 1978-1996 et la population considérée) et qu'il est peu probable que les rejets de ces installations puissent expliquer l'incidence élevée de leucémie observée (4 cas observés contre 2 attendus) [GRNC 1999 synthèse]. Certains membres du GRNC ont émis des réserves qui ont donné lieu à des recommandations de réalisation d'études complémentaires.

En 2000, une deuxième mission était confiée au GRNC dont l'objectif principal était de répondre à ces réserves et notamment de traiter des trois sujets suivants :

- l'impact sanitaire et environnemental des rejets chimiques,
- les incertitudes associées aux calculs du GRNC 1,
- la comparaison avec l'étude COMARE.

Les conclusions de cette deuxième mission ont été publiées en 2002 par le GRNC (dénommé ci-après le GRNC 2) [GRNC 2002 synthèse].

La publication du nouvel arrêté de rejets de COGEMA du 10 janvier 2003, fût à l'origine d'une troisième mission pour le GRNC dénommé ci-après le GRNC 3. En effet, cet arrêté stipule, article 32, que « *Chaque année, l'exploitant établit un rapport destiné à être rendu public permettant de caractériser le fonctionnement des installations, en prenant en compte l'ensemble des contrôles et de la surveillance prévu au présent arrêté.*

Ce rapport présente notamment les éléments d'information suivants :

...

g) L'estimation, de façon aussi réaliste que possible, des doses reçues par la population du fait de l'activité exercée au cours de l'année écoulée ; cette estimation s'applique aux groupes de référence de la population concernés par le site...

L'estimation des doses visée au point «g» ci-dessus est soumise à l'appréciation du groupe de radioécologie du Nord-Cotentin (GRNC), dont l'avis est rendu public et est présenté à la CSPI. ».

Pour répondre à cette mission, le groupe plénier du GRNC 3, dont la liste des membres figure en annexe 2, a mené les actions suivantes :

- la création d'un groupe de travail en charge de l'analyse du dossier COGEMA 2003 [COGEMA 2004]. Les membres de ce groupe sont listés en annexe 2 du présent avis. Trois sous-groupes se sont alors formés, le « GT terme-source » en charge de l'analyse critique des rejets, le « GT mesure » en charge de la collecte des mesures, de leur

analyse et de la confrontation modèle/mesure réalisée avec le « GT modélisation » responsable des calculs de dose,

- le développement d'un outil informatique mis à la disposition de tous les membres du GRNC 3.

Le présent rapport rend compte de l'analyse réalisée par le GRNC 3.

D'un point de vue méthodologique, le GRNC 3 s'est appuyé sur les travaux du GRNC 1. Il est cependant important de rappeler que l'étude GRNC 1 s'est inscrite dans le cadre d'une analyse rétrospective relative à 31 années de rejet (1966 à 1996). Les niveaux d'activité des effluents, l'activité des différentes matrices de l'environnement, les habitudes de mode de vie, etc., sont susceptibles d'évoluer au cours du temps ce qui pourrait induire une remise en cause des choix réalisés par le GRNC 1. Aussi, à chaque début de chapitre du présent avis, le GRNC 3 fait un rappel des hypothèses du GRNC 1 et précise pour chaque hypothèse si elle est retenue ou modifiée ; auquel cas, la nouvelle hypothèse est définie. Le travail réalisé pourra être réutilisé pour l'analyse des futurs rapports de surveillance de l'environnement de COGEMA La Hague.

II TERME SOURCE

La première étape de cette analyse consiste à lister les radionucléides à prendre en compte pour les calculs de dose et à estimer l'activité de chacun d'eux dans les rejets annuels. Ce pose alors la question de la période de rejets à considérer. Le GRNC 1 a estimé les activités annuellement rejetées de 1966 à 1996 [GRNC 1999 vol 1]. Dans la continuité du travail effectué par le GRNC1, le GRNC 3 a décidé de prendre en compte ces données et de les compléter de 1997 à 2003.

Le terme source défini par le GRNC 3 est le résultat d'une analyse dont les remarques majeures sont formulées au paragraphe II.4 et le détail présenté dans le volume 1 des rapports détaillés.

II.1 Liste des radionucléides

Pour les besoins de son étude, le GRNC 1 a établi une liste aussi exhaustive que possible des radionucléides susceptibles d'être rejetés par l'usine COGEMA La Hague [GRNC 1999 vol 1]. Cette liste est plus large que celle des radionucléides contrôlés par COGEMA en application de l'arrêté de rejets du 10 janvier 2003.

La figure ci-dessous compare le nombre de radionucléides pris en compte par COGEMA et le GRNC 1 pour l'estimation des doses reçues par la population.

<p style="text-align: center;">Rejets liquides</p> <p>Terme source GRNC 1 : 70 radionucléides</p> <p>Terme source Cogema : 13 radionucléides $\beta \gamma + \text{Pu } \alpha$</p> <p style="text-align: center;">Rejets gazeux</p> <p>Terme source GRNC 1 : 32 radionucléides</p> <p>Terme source Cogema : 7 radionucléides $\beta \gamma + \text{Pu } \alpha$</p>
--

Figure 1 : Comparaison du nombre de radionucléides pris en compte par le GRNC 1 et par COGEMA dans leurs estimations d'impact radiologique

Un écart important sur le nombre de radionucléides est observé aussi bien pour les rejets liquides que pour les rejets gazeux. Cependant, il convient de rappeler qu'une comparaison avait été réalisée par le GRNC 1 entre la dose totale due aux rejets d'effluents radioactifs liquides et gazeux, calculée à partir de la liste exhaustive du GRNC 1 et celle plus restreinte de COGEMA.

La figure ci-dessous présente le résultat de cette comparaison pour l'année la plus récente (1996), étudiée par le GRNC 1 [GRNC 1999 vol 1].

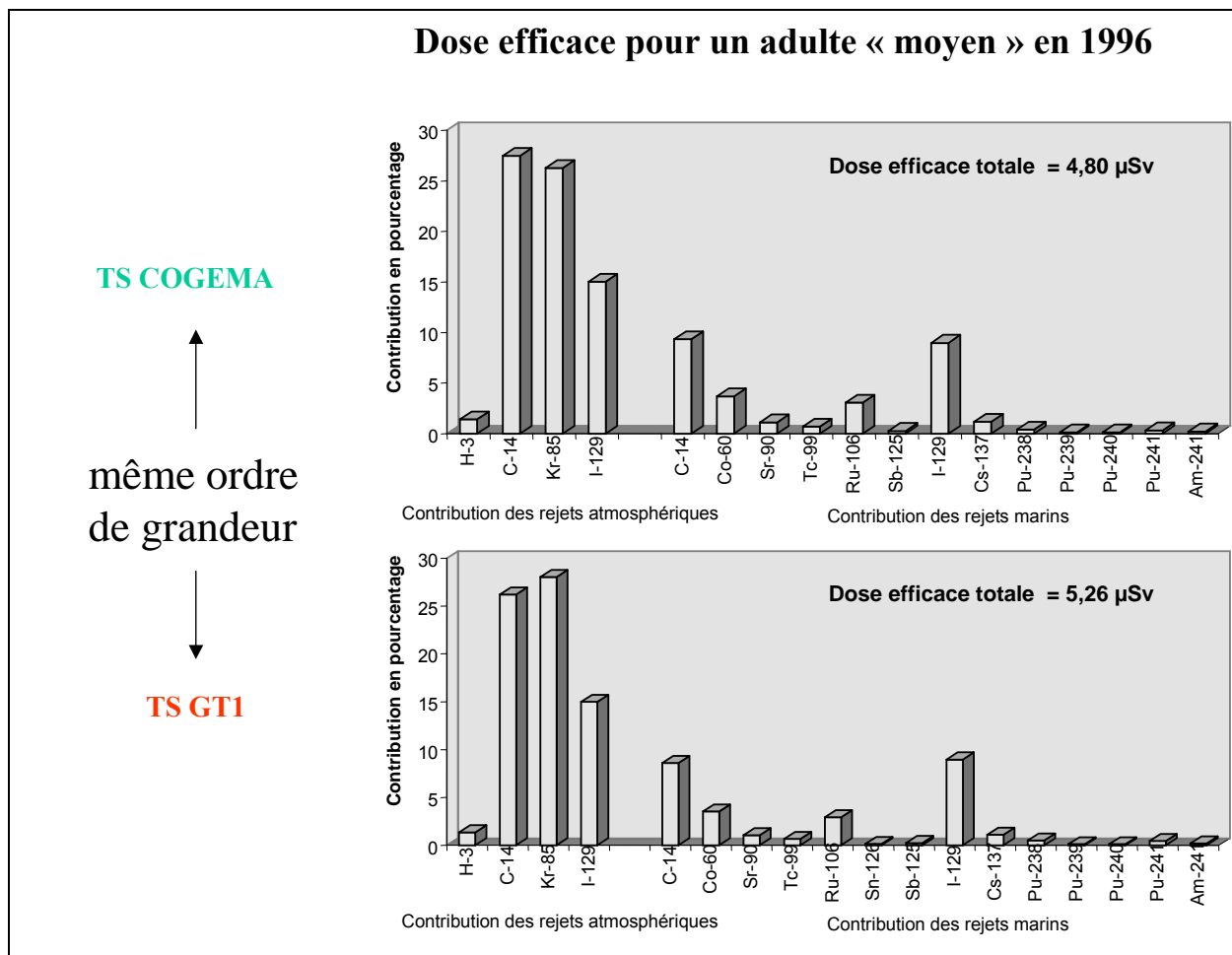


Figure 2 : Comparaison des doses efficaces totales obtenues pour l'individu de la cohorte à partir du terme source de COGEMA et celui du GRNC 1

Les résultats obtenus pour l'année 1996 sont du même ordre de grandeur, quel que soit le terme source utilisé.

Le GRNC 3 a souhaité, pour la première analyse de dossier de COGEMA, conserver l'option d'une liste de radionucléides aussi exhaustive que possible. Ce choix pourrait être remis en cause si le GRNC 3 n'a pas à sa disposition les données nécessaires à l'estimation de l'activité de chaque radionucléide rejeté.

II.2 La période de rejets

Selon la méthodologie du GRNC 1, l'impact radiologique des rejets en 2003 est égal à la dose due aux rejets de cette année plus la dose due à l'accumulation dans le sol de l'activité rejetée depuis la mise en fonctionnement de l'installation soit depuis 1966 [GRNC 1999 vol 1]. Selon la méthodologie de COGEMA, l'impact radiologique est la somme de la dose due aux rejets en 2003, plus la dose due à la persistance, sur le temps de fonctionnement des installations, de certains radionucléides dans le sol suite aux seuls rejets de 2003.

Le GRNC 3 a retenu la méthodologie du GRNC 1. Ainsi, le terme source établi par GRNC 1 a été conservé (1966 à 1996) et le GRNC 3 a reconstitué les rejets de 1997 à 2003.

La période de rejets prise en compte par le GRNC 3 est schématisée ci-dessous.

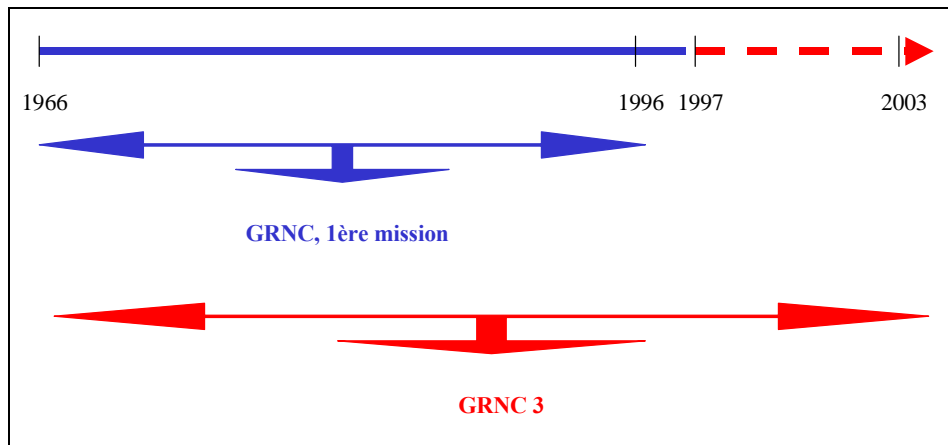


Figure 3 : Période de rejets prise en compte par le GRNC 3

II.3 Termes sources GRNC 3 et COGEMA

Le bilan annuel présenté par COGEMA dans son rapport est le suivant :

Tableau I : Bilan des rejets de COGEMA en 2003 et rappel des limites autorisées (TBq/an)

	TBq/an	2003	Limites (1)
Rejets gazeux	Tritium	67	150
	Iodes radioactifs	0,00519	0,02
	Gaz rares radioactifs dont Krypton 85	252 000	470 000
	Carbone 14	16,5	28
	Autres émetteurs bêta et gamma artificiels	0,000145	0,074 (2)
	Emetteurs alpha artificiels	0,0000018	0,00001
Rejets liquides	Tritium	11 900	18 500
	Iodes radioactifs	1,28	2,6
	Carbone 14	8,65	42
	Strontium 90	0,51	2
	Césium 137	0,76	2
	Césium 134	0,04	2
	Ruthénium 106	7,00	15
	Cobalt 60	0,36	1
	Autres émetteurs bêta et gamma	8,35	30
	Emetteurs alpha	0,023	0,1

(1) Arrêté du 10 janvier 2003

(2) 0,001 TBq à partir de 2005

Le tableau ci-après présente le détail des radionucléides et activités pris en compte par COGEMA pour son évaluation dosimétrique.

Tableau II : Terme source pris en compte par l'exploitant pour l'estimation de l'impact dosimétrique

2003					
Rejets gazeux		TBq	Rejets liquides		TBq
H3		$6,70 \cdot 10^1$	H3		$1,19 \cdot 10^4$
C14		$1,65 \cdot 10^1$	C14		8,65
Kr85		$2,52 \cdot 10^5$	Co60		$3,60 \cdot 10^{-1}$
I129		$4,94 \cdot 10^{-3}$	Sr90		$5,15 \cdot 10^{-1}$
Ru106		$4,24 \cdot 10^{-5}$	Y90		$5,15 \cdot 10^{-1}$
Rh106		$4,24 \cdot 10^{-5}$	Ru106		7,00
Cs137		$7,91 \cdot 10^{-6}$	Rh106		7,00
Pu(alpha)		$1,82 \cdot 10^{-9}$	I129		1,27
			Cs134		$4,19 \cdot 10^{-2}$
			Cs137		$7,58 \cdot 10^{-1}$
			Pu(alpha)		$6,94 \cdot 10^{-3}$
			Pu241		$1,52 \cdot 10^{-1}$
			Am241		$5,73 \cdot 10^{-3}$
			Cm244		$1,03 \cdot 10^{-3}$

Le détail des radionucléides et des activités associées, pris en compte par le GRNC 3 pour le calcul de doses dues aux rejets de l'année 2003, est présenté pour les effluents liquides et les effluents gazeux dans le volume 1 des rapports détaillés. Ces données sont issues de l'analyse critique menée par le GRNC 3 et présentée au paragraphe suivant.

II.4 Analyse critique des rejets des usines de La Hague de 1997 à 2003

Les paragraphes suivants sont une synthèse de l'analyse critique menée par le GRNC 3. Le rapport complet de cette analyse est présenté dans le volume 1 des rapports détaillés. Cet examen poussé a suscité de nombreuses questions transmises à la COGEMA.

Pour conduire son analyse, le GRNC 3 a repris la méthodologie utilisée par le GRNC 1 pour l'étude de la période antérieure de 1966 à 1996. Cette méthodologie est basée sur la notion de fonction de transfert (FT) définie comme le rapport de l'activité d'un radionucléide dans les rejets à l'activité de ce dernier dans les combustibles retraités.

La rédaction du présent chapitre reprend les questions posées, suite à l'analyse du GRNC3, et résume les réponses de l'exploitant qui figurent, en italique.

Nous verrons qu'une méthode plus précise du calcul de l'activité des radionucléides produits dans les combustibles retraités, mise en œuvre à partir de 1997, a entraîné dans le cas des périodes courtes (inférieures à un an notamment) des évaluations très différentes de l'activité (parfois plusieurs ordres de grandeurs). En effet, jusqu'en 1996, l'activité produite par fission ou par activation dans les combustibles était calculée en appliquant à la totalité du tonnage retraité, les valeurs moyennes des taux de combustion et des temps de refroidissement. A partir de 1997, le calcul de l'activité annuelle mise en œuvre s'effectue "élément combustible" (EC) par EC. Comme il existe, pour chacun des EC retraités, des écarts importants entre les valeurs individuelles de ces deux paramètres et les valeurs moyennes, les

activités calculées pour les années 1996 et 1997 présentaient des différences importantes et inattendues, car les caractéristiques moyennes étaient très voisines.

Le fait que cette différence méthodologique explique bien la grande majorité des écarts apparents mis en évidence par le GRNC 3, a été confirmée par la confrontation des résultats des activités des années 1996 et 1997 calculées, par la méthode globale des moyennes et par les calculs individualisés EC par EC. Ce sont donc les données entrées dans le code de calcul “César” qui ont entraîné des changements importants dans l’évaluation de l’activité contenue dans les combustibles retraités et non l’évolution du code¹ (version 4.21 du code “César” de 1997 à 1998, version 4.21 début 1999 puis version 4.33 à partir de 2000) (cf. tableaux V et VI).

II.4.1 Les rejets liquides

Le bilan des rejets liquides “A” et “V”, s’effectue sur chaque rejet effectué en mer (environ 600 à 700 rejets annuels pour un total de 120 000 m³).

Pour les dix radionucléides² “bêta-gamma” disposant d’une limite annuelle réglementaire de rejet, si l’isotope n’a pas été mis en évidence, le calcul du rejet s’effectue en multipliant la valeur du seuil de décision (limite de détection divisée par deux) par le volume d’effluent rejeté. Pour les autres radionucléides³ “bêta-gamma”, ils ne sont comptabilisés dans les rejets que s’ils sont mis en évidence par la mesure. Les radionucléides émetteurs “alpha” font l’objet d’une limite annuelle globale de rejet.

II.4.1.1 Les radionucléides émetteurs “alpha” rejetés en mer

Il s’agit des trois isotopes naturels de l’Uranium (²³⁴U, ²³⁵U et ²³⁸U), de trois autres isotopes de cet élément produits par activation, et des transuraniens (Neptunium, Plutonium, Américium, Curium) dont les isotopes sont en grande majorité des radionucléides émetteurs “alpha”⁴.

Plusieurs remarques sont formulées par le GRNC 3 à propos de chacune des familles de radionucléides émetteurs alpha, étudiées :

L’Uranium :

- L’activité totale de l’Uranium rejeté en 2003 est 3,3 fois plus faible que celle de 1996. En terme de masse d’Uranium évacuée dans les effluents liquides, le GRNC 3 observe une réduction significative dès 1997 : un facteur 2,3 entre 1996 et 1997 puis 3,5 entre 1996 et 2003 (données cohérentes avec les réductions d’activités mesurées par l’exploitant).
- La fonction de transfert FT est réduite d’un facteur 2,3 entre 1996 et 1997, puis d’un facteur 2,14 entre 1996 et 2003.

¹ Le Code intègre notamment les évolutions des différentes bibliothèques nucléaires (évaluations récentes des périodes radioactives, des taux d’émission, etc.) et neutroniques (évaluations récentes des sections efficaces, rendement de fission, etc.) utilisées dans les calculs d’activités.

² Le ³H, le ¹⁴C, le ⁶⁰Co, le ⁹⁰Sr, le ¹⁰⁶Ru, les iodes (¹²⁹I, ¹³¹I, ¹³³I), les ¹³⁴Cs et ¹³⁷Cs et les autres émetteurs bêta-gamma.

³ C’est le cas par exemple des ⁵⁷Co et ⁵⁸Co, du ⁶⁵Zn, de l’¹⁵⁵Eu, etc.

⁴ Pour les radionucléides émetteurs alpha, la limite de rejet est égale à 0,17 TBq/an. Cependant, les rejets “courants” ne doivent pas excéder 0,10 TBq/an. Le complément (0,07 TBq/an) concerne les mises à l’arrêt et les démantèlements d’installations.

Réponse : La fermeture en 2001 de l'installation "Moyenne activité uranium" (MAU) a entraîné une réduction des rejets d'Uranium.

Le Plutonium :

- Pour le Plutonium, il serait utile de savoir si d'autres "sources" de traitement ont été mises en œuvre en 2001-02 (Reprise de boues de traitement chimiques? Opérations d'assainissement telles que les rinçages dans des ateliers à l'arrêt? Traitements de solvants anciens?) et achevées en fin 2002? Ceci pourrait expliquer pourquoi il aurait été rejeté, en 2003, dans les effluents liquides, environ 2 fois moins de produits que l'année précédente (-53,5%) alors que les caractéristiques des combustibles traités en 2002 sont très voisines (le tonnage traité en 2003 a augmenté de 5,2% par rapport à 2002 et le taux de combustion a baissé de 2,1%).
- Est-ce que des procédés de traitement ont été modifiés dans les usines en 2003?
- La mesure de l'activité alpha du ^{238}Pu semble être sous-estimée, et ceci depuis que le Plutonium est mesuré dans les rejets en mer (1986). Alors que cette activité est, dans le combustible, en moyenne 3,8 fois supérieure à celle des $^{239+240}\text{Pu}$ pour 1996-2003, l'activité mesurée dans les effluents liquides n'est que 2,35 fois supérieure à celle des $^{239+240}\text{Pu}$. Comme les énergies du ^{238}Pu (5,456 et 5,449 MeV) et celles des $^{239+240}\text{Pu}$ (de 5,105 à 5,168 MeV) sont très proches et que ces radionucléides sont présents dans le même dépôt préparé puis analysé, une erreur de préparation ou de mesure affectant un seul isotope et pas les autres est très peu vraisemblable.
- Si une anomalie de mesure est exclue, cela renvoie à des interrogations portant sur le code de calcul : L'activité des $^{239+240}\text{Pu}$ dans le combustible est-elle sous-estimée? L'activité du ^{238}Pu est-elle surévaluée? Ou également une combinaison de ces deux hypothèses. L'estimation des activités dans les rejets, calculées sur la base de la fonction de transfert des $^{239+240}\text{Pu}$ peut être alors faussée.
- Le GRNC 3 rappelle que pour le calcul de l'activité des différents radionucléides présents dans les combustibles retraités, des changements sont intervenus durant 1996-2003. Dans le présent rapport, l'activité présente dans le combustible utilisé annuellement a été calculée assemblage par assemblage combustible.

Réponse : Il y a eu des traitements de solvants de l'usine UP2 400 durant la période 2001 à 2004, qui ont conduit à envoyer, à la station de traitement des effluents STE3, une activité alpha significative, comme le montre le tableau III (activités en TBq). Le plutonium ayant vieilli, le spectre de ces solutions a contribué à modifier également le spectre Pu des combustibles irradiés.

Tableau III : Contribution de l'activité alpha due aux traitements de solvants dans l'usine UP2 400 à l'activité alpha totale reçue à STE3

Année	Activité alpha totale reçue à la STE 3 TBq	Activité venant du traitement des solvants TBq	Rapport A solvant / A totale %
2001	2,90	0,84	29 %
2002	1,95	0,99	51 %
2003	1,78	1,29	72 %
2004	1,18	0,82	69 %

L'Américium :

De 1996 à 1999, la fonction de transfert de l'Américium était 2,1 fois plus faible que celle des Plutonium $^{239+240}$, mais depuis 2000, la FT de l' ^{241}Am est en moyenne 1,9 fois supérieure à la FT des $^{239+240}\text{Pu}$. Ces évolutions importantes, en deux séquences de 4 ans, de la fonction de transfert devraient pouvoir être expliquées. L'activité de ce radionucléide, émetteur alpha, est fiable, car elle est également mesurée au moyen du "gamma" de 59,5 keV qu'il émet, ce qui permet d'être moins sensible à l'auto absorption des rayonnements émis qui affecte les mesures "alpha". Y a-t-il eu une nouvelle méthode mise en œuvre pour la préparation analytique de l'échantillon ou la mesure de l' ^{241}Am dans les rejets en mer?

Il est possible que des opérations d'assainissement (traitements de solvants anciens?) soient à l'origine des modifications de la fonction de transfert observées depuis l'an 2000.

Réponse : De 2001 à 2004, d'anciens solvants de l'usine UP2 400 ont été repris à la STE 3., Ces solvants contenaient des radionucléides émetteurs alpha, notamment du Plutonium (dont le Pu^{241} , qui donne par filiation de l' ^{241}Am) et de l'Américium. Ces traitements ont produit des effluents alpha (cf. tableau III) présentant une charge d'Américium 241, sans lien avec les traitements des combustibles effectués depuis 2001. Ceci peut expliquer les écarts sur les FT estimées uniquement à partir des données sur les traitements des combustibles.

Le Curium :

- Le GRNC 3 estime pour 1997, une activité de ^{242}Cm dans le combustible environ 9 fois supérieure à celle de 1996, alors que pour ces deux années, les activités présentes dans les combustibles traités sont assez comparables. Cette discontinuité, qui dans une moindre mesure concerne aussi tous les autres isotopes du Curium (facteur variant de 1,7 à 2,3), provient-elle d'une modification du code de calcul?
- Pour le ^{242}Cm , le GRNC 3 pose la question suivante : "Pourquoi l'analyse quantitative de ce radionucléide dans les rejets liquides n'a pas pu être mise en œuvre, en 1997 alors que 1997 est l'année où il y a eu le plus de Curium dans le combustible pour la période étudiée (1996-2003)?"

Réponse : Compte tenu de la période courte du ^{242}Cm (163 jours), le calcul de son activité a été affecté par le mode d'évaluation du calcul global d'activité, fondé sur des valeurs moyennes. En effet, ce mode de calcul surévalue l'activité réelle. Le calcul de l'activité, EC par EC fait passer le rapport des activités 1997/ 1996 de 8,9 à 2,1. Comme le temps de refroidissement en 1997 est 1,1 an plus petit que celui de 1996 (cf. tableau suivant) les rapports d'activités 1997/ 1996 ne sont pas anormaux.

Tableau IV : Caractéristiques moyennes des combustibles retraités

<i>Année</i>	<i>Combustible retraité (tonne)</i>	<i>Taux de combustion (MWj.t⁻¹)</i>	<i>Temps de refroidissement jour (an)</i>
1996	1 680.884	28 102	3 196 (8,76)
1997	1 669.903	31 136	2 804 (7,68)
1998	1 633.526	33 088	3 348 (9,17)
1999	1 561.524	34 495	2 927 (8,02)
2000	1 197.497	34 005	2 857 (7,83)
2001	950.600	39 908	3 196 (8,76)
2002	1 060.565	37 599	2 315 (6,34)

2003	1 115.197	36 826	2 840 (7,78)
------	-----------	--------	---------------

Le Neptunium :

Ce transuranien a, en 2003, une fonction de transfert qui est plus de 114 fois plus forte que celle du Plutonium. De plus, depuis 1966, c'est la première fois, où il aurait été mesuré. Est-ce dû à une nouvelle méthode d'extraction de ce radionucléide du prélèvement?

Réponse : Les premières tentatives d'extraction et de mesure du Neptunium 237 dans les rejets datent de 1999. Du point de vue chimique, ces opérations se sont avérées délicates du fait des trois valences du neptunium pouvant être présentes dans les échantillons à analyser. Le traitement d'anciens solvants de l'usine UP2 400 de 2001 à 2004 peut également contribuer à ces observations.

II.4.1.2 Les radionucléides émetteurs "bêta-gamma" rejetés en mer

Les questions qui se posent à propos des radionucléides émetteurs "bêta-gamma" peuvent être classées en deux groupes principaux :

1. Les cas où *l'activité présente dans le combustible* fait un saut important entre 1996 et 1997 (1996 étant la dernière année étudiée par le GRNC 1). Un certain nombre de cas doivent pouvoir s'expliquer par des temps de refroidissement avant traitement, significativement différents.
2. Les cas où les *rejets* évoluent de manière importante en entraînant une variation significative de la *fonction de transfert* du radionucléide étudié. Ce type de situation devrait être lié aux modifications de gestion des effluents ou à des opérations qui se rajoutent aux activités habituelles de traitement (reprise de boues ou de solvants, démantèlements ou assainissements d'installations, etc.).

1 - Les variations significatives d'activité dans le combustible, des radionucléides émetteurs "bêta-gamma", entre 1996 et 1997

Les variations observées, concernant les produits de fission et d'activation, font l'objet d'une étude détaillée figurant dans le volume 1 des rapports détaillés. Comme l'avait fait le GRNC 1, le GRNC 3 a pris en compte les isotopes produits par l'activation d'impuretés présentes dans le combustible oxyde neuf, habituellement identifié par les experts et correspondant à des radionucléides de période supérieure à deux ans ou à des isotopes mesurés dans les effluents.

Le Manganèse 54 : L'activité dans le combustible est, en 1997, supérieure d'un facteur 11 à celle de l'année précédente. Les rejets n'augmentent pour leur part que d'un facteur 3,2 ce qui conduit à une réduction de la fonction de transfert d'un facteur 3,46. L'activité dans le combustible reste par la suite en moyenne 6,2 fois au-dessus de la valeur de 1996.

Est-ce dû à une augmentation du taux d'impuretés, présente dans le combustible neuf?

Le Fer 55 : L'activité dans le combustible augmente d'un facteur 2 entre 1996 et 1997, années où les caractéristiques des combustibles sont assez voisines.

Les Cobalts : L'activité dans le combustible est multipliée par $8,2 \cdot 10^6$ pour l'isotope 58 et par 19 pour l'isotope 57 entre 1996 et 1997 alors que les caractéristiques des combustibles traités

sont semblables. Est-ce une modification du code ou une réduction du temps de refroidissement?

L'Yttrium 91 : L'activité dans le combustible est multipliée par $3,4 \cdot 10^8$ entre 1996 et 1997.

Les Zirconium-Niobium 95 : Une importante augmentation de l'activité dans le combustible est observée en 1997 (facteur $5,1 \cdot 10^7$ par rapport à 1996). La valeur de 1996 est incohérente car inférieure à l'activité mesurée dans les rejets.

Les Ruthénium-Rhodium 106 : L'activité dans le combustible est multipliée par 6,8 entre 1996 et 1997 alors que les caractéristiques des combustibles traités sont très voisines.

L'Antimoine 124 : L'activité calculée dans le combustible est multipliée par $2 \cdot 10^8$ entre 1996 et 1997. L'activité était incohérente car inférieure à l'activité mesurée dans les rejets en mer. Un désaccord persiste en 1997 et les années suivantes.

Les Tellures 127 et 127m : L'activité des deux isotopes dans le combustible est multipliée par un même coefficient ($1,4 \cdot 10^4$) entre 1996 et 1997.

Les Cérium et Praséodyme 144 : Leur activité dans le combustible est multipliée par un facteur 14,6 entre 1996 et 1997, années où les caractéristiques des combustibles traités sont très voisines. Cependant, la fonction de transfert en est peu affectée. Ces deux variations semblent liées à une modification du code de calcul.

L'Europium 152 : L'activité de l'Europium 152 est multipliée par 1,7 entre 1996 et 1997.

Réponse : A des degrés divers, il s'agit pour tous ces radionucléides, d'un effet du mode de calcul de l'activité auquel s'ajoute celui de la réduction de 1,1 an, en 1997, du temps de refroidissement. L'évaluation de l'activité EC par EC (cf. tableau VI) et la correction de décroissance corrigent ces différences.

Le tableau suivant récapitule les cas des radionucléides émetteurs "bêta-gamma" pour lesquels le GRNC 3 observe, entre 1996 et 1997, une variation de l'activité du produit de fission ou d'activation dans le combustible voisine ou supérieure à un facteur 2.

**Tableau V : Les variations significatives d'activité, des radionucléides émetteurs
"bêta-gamma" et "alpha" dans le combustible, entre 1996 et 1997**

Radionucléide	Activité dans le combustible (TBq)		Rapports des activités (sans dimension)
	Année 1996*	Année 1997**	1997/1996
Mn-54 (312 jours)	2,02	22,31	11,0
Fe-55 (2,68 ans)	753	1504	2,0
Co-57 (272 jours)	$8,31 \cdot 10^{-5}$	$1,56 \cdot 10^{-3}$	18,8
Co-58 (70,8 jours)	$1,70 \cdot 10^{-10}$	$1,39 \cdot 10^{-3}$	$8,2 \cdot 10^6$
Y-91 (58,5 jours)	$2,4 \cdot 10^{-9}$	0,82	$3,4 \cdot 10^8$
Zr-95+Nb-95 (64 jours)	$2,8 \cdot 10^{-7}$	14,4	$5,1 \cdot 10^7$
Ru-106+Rh-106 (368 jours)	$1,69 \cdot 10^5$	$1,16 \cdot 10^6$	6,9
Sb-124 (60,2 jours)	$3,7 \cdot 10^{-12}$	$7,4 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^8$
Te-127 (107 jours)	$1,1 \cdot 10^{-3}$	15,3	$1,4 \cdot 10^4$
Te-127m (107 jours)	$2,8 \cdot 10^{-5}$	0,38	$1,4 \cdot 10^4$
Cs-134 (2,07 ans)	$3,87 \cdot 10^5$	$8,93 \cdot 10^5$	2,3
Ce-144 + Pr-144 (285 jours)	$5,98 \cdot 10^4$	$8,71 \cdot 10^5$	14,6
Eu-152 (13,5ans)	614	1040	1,7
Cm-242 (163 jours)	252	2231	8,9

* = activité annuelle retraitée calculée en utilisant des valeurs moyennes

** = activité annuelle retraitée calculée EC par EC

Réponse : Ces variations d'activités sont liées aux modes de calcul différents utilisés. Nous pouvons reconstituer le tableau précédant en prenant, pour l'année 1996 et 1997, la méthode de calcul d'activité "élément combustible par élément combustible". Les rapports d'activités qui variaient de 1,7 à $3,4 \cdot 10^8$ ne varient alors plus que de 1,1 à 5,6 (cf. tableau suivant).

Tableau VI : Les variations d'activité, des radionucléides émetteurs "bêta-gamma" et "alpha" dans le combustible, entre 1996 et 1997 (calcul EC par EC)

Radionucléide	Activité dans le combustible (TBq)		Rapport des activités
	Année 1996*	Année 1997*	1997/1996
Mn-54 (312 jours)	10,97	22,31	2,0
Fe-55 (2,68 ans)	1132	1504	1,3
Co-57 (272 jours)	$0,708 \cdot 10^{-3}$	$1,56 \cdot 10^{-3}$	2,2
Co-58 (70,8 jours)	$0,276 \cdot 10^{-3}$	$1,39 \cdot 10^{-3}$	5,0
Y-91 (58,5 jours)	0,147	0,82	5,6
Zr-95+Nb-95 (64 jours)	2,701	14,4	5,3
Ru-106+Rh-106 (368 jours)	$0,618 \cdot 10^6$	$1,16 \cdot 10^6$	1,9
Sb-124 (60,2 jours)	$1,487 \cdot 10^{-4}$	$7,4 \cdot 10^{-4}$	5,0
Te-127 (107 jours)	4,162	15,3	3,7
Te-127m (107 jours)	0,102	0,38	3,7
Cs-134 (2,07 ans)	$5,964 \cdot 10^5$	$8,93 \cdot 10^5$	1,5
Ce-144 + Pr-144 (285 jours)	$4,136 \cdot 10^5$	$8,71 \cdot 10^5$	2,1
Eu-152 (13,5ans)	$0,937 \cdot 10^3$	$1,04 \cdot 10^3$	1,1
Cm-242 (163 jours)	1057	2231	2,1

* = activité annuelle retraitée calculée EC par EC

Les rapports d'activités distincts de 1 qui subsistent encore sont essentiellement liés aux temps de refroidissement des combustibles retraités en 1996 et 1997.

En 1997, la valeur moyenne de ce temps (7,68 ans) était plus faible de 1,1 an que celle de 1996 (8,76 ans). Cette différence explique les écarts résiduels qui subsistent pour les radionucléides de périodes inférieures à un an (illustrés par les rapports d'activité du tableau VI).

2 - Les variations significatives de la fonction de transfert

Les variations significatives de fonction de transfert observées ont souvent été attribuées à une réévaluation de l'activité dans le combustible. Les autres cas sont dus à des réductions de l'activité rejetée en mer.

• L'activité dans le combustible

Lorsque l'activité dans le combustible évolue peu, les variations significatives d'activités rejetées dans les effluents entraînent "mécaniquement" des modifications importantes de la fonction de transfert, FT. Le GRNC 3 observe à la fois des décroissances de FT qui traduisent une amélioration du traitement des solutions et des augmentations de FT probablement liées à la réalisation, dans l'année considérée, d'une activité d'assainissement (traitements de solvants ou de boues, démantèlement, etc.).

• L'activité dans les rejets en mer

Les rejets en mer sont constitués de trois types d'effluents :

- les effluents "A", effluents de procédé, dont l'activité est la plus élevée,
- les effluents "V", effluents à vérifier, qui sont faiblement radioactifs. Ils subissent, avant rejet en mer, un traitement simple de neutralisation et de filtration.
- et les effluents "gravitaires à risque" (GR). Ces effluents ne proviennent pas du procédé de traitement des matières nucléaires. Ils contiennent des eaux de pluie, collectées sur des zones extérieures d'entreposage, ainsi que des eaux provenant du réseau de drainage profond.

En 1995, a été mise en oeuvre une méthodologie dite “Nouvelle Gestion des Effluents” (NGE). La NGE effectue des évaporations, des filtrations, des recyclages et renvoie vers les ateliers de vitrification les fractions actives. Elle diminue ainsi le recours aux traitements par co-précipitation effectués dans la Station de Traitement des Effluents (STE3). L’effluent traité passe alors de la catégorie “A” à “V”.

La mise en oeuvre de la NGE explique diverses réductions d’activités dans les rejets qui se traduisent, en ricochet, par une réduction de la fonction de transfert (cas des Césiums et Strontiums notamment).

- **Les principales variations de la fonction de transfert**

Le Tritium : Les 2/3 environ du Tritium formé dans le combustible étaient rejetés en mer de 1990 à 1996. Depuis 1996, le GRNC 3 observe une augmentation progressive de la fonction de transfert du Tritium, en passant d’une FT moyenne voisine de 2/3 en 1996-99 à environ 4/5 depuis l’an 2000. Est-ce dû à une évolution des matériaux de gainage (nouvel alliage de zirconium M5)? A des traitements des gaines de crayons combustibles visant à les rendre moins perméables à la diffusion de certains radionucléides (Plutonium notamment)?

Réponse : *L’exploitant avait lui-même noté cette évolution mais ne peut l’expliquer. Des études sont en cours au CEA, car l’évaluation de l’activité du tritium produit dans le combustible est discutée.*

Le Carbone 14 : La fonction de transfert, FT, passe de 0,32 en 1996-99 à 0,38 en 2000-03. Y a t’il eu une modification technique qui peut expliquer cette évolution?

Notons également, qu’en considérant la *somme* des activités rejetées dans les liquides et les gaz, nous constatons qu’en moyenne, pour les années 2000-03, il y a un excédent de Carbone 14 dans les rejets par rapport à l’activité contenue dans les combustibles (115% en moyenne). Nous ne disposons d’aucun élément pour expliquer ces augmentations.

Réponse : *L’augmentation de la fraction de carbone 14 rejetée en mer peut être liée à une amélioration de l’efficacité de piégeage du dioxyde de Carbone dans la colonne de lavage des gaz, mais l’excédent global de Carbone 14 n’est pas expliqué.*

Le Cobalt 60 : Du fait que la quasi-totalité des isotopes radioactifs du cobalt, présents dans les effluents liquides, proviennent des effluents des piscines d’entreposage des combustibles irradiés avant traitement, le calcul de la fonction de transfert telle qu’elle est définie n’est pas applicable.

Le Strontium 90 : La fonction de transfert, FT, se réduit d’un facteur 5,3 entre 1996 et 1997 puis d’un facteur 10 entre 1996 et 2000.

Réponse : *Cette diminution importante de FT est due à une réduction significative de la teneur en ⁹⁰Sr des effluents “A” de la STE3 (5,29 TBq en 1996 ramenés à 1,34 TBq en 1997) consécutive à l’amélioration de la gestion des effluents sodés.*

L’yttrium 91 : Entre 1996 et 1997 l’activité dans le combustible a fait un saut de $3,4 \cdot 10^{10}$, variation non-liée aux caractéristiques de combustible.

Réponse : *L’évaluation de l’activité EC par EC (cf. tableau VI) corrige cette différence.*

Le Technétium 99 : A compter de 1998, une augmentation significative des rejets en mer et de la fonction de transfert sont observées alors que l'activité dans le combustible varie relativement peu. En 1999-2000, la valeur de FT, était 3,3 fois supérieure à celles de 1996-97. Est-ce lié à la conduite d'opérations autres que celles du traitement?

Les Ruthénium-Rhodium 106 : Entre 1996 et 2003, la fonction de transfert connaît de nombreuses fluctuations. De 1996 à 1997, l'activité dans le combustible augmente d'un facteur 14,6 tandis que la fonction de transfert diminue d'un facteur 5,9.

Réponse : Ceci est un effet du mode de calcul présenté dans les tableaux V et VI.

L'Antimoine 124 : C'est en 1996-97, que cet isotope a été mesuré pour la dernière fois. Des incohérences apparaissent depuis 1983 entre l'activité dans le combustible et celle dans les rejets. En 1996, l'évaluation de son activité dans le combustible, est inférieure à l'activité mesurée dans les rejets. Les valeurs d'activité dans le combustible, font un bond significatif en 1997 par rapport à 1996 ($2 \cdot 10^8$), mais l'activité, mesurée en 1997 dans les rejets est bien supérieure à celle calculée avec la fonction de transfert de l'Antimoine 125. L'activité du ^{124}Sb dans le combustible est donc encore sous-évaluée par le code de calcul.

Réponse : Ceci est un effet du mode de calcul présenté dans les tableaux V et VI.

L'Antimoine 125 : Ce radionucléide est mesuré dans les rejets depuis 1966. Entre 1996 et 1997 (années pour lesquelles les caractéristiques des combustibles sont voisines), sa fonction de transfert, FT, diminue d'un facteur 2,3 alors que l'activité dans le combustible avait augmenté d'un facteur 1,6. Y a-t-il eu une modification technique qui expliquerait cette évolution?

Réponse : La diminution de l'activité bêta gamma due à la réduction des volumes d'effluents de type A traités à la STE pourrait expliquer ces variations.

L'Antimoine 126 : Les valeurs de l'activité de cet isotope, calculées dans les rejets en mer au moyen de la fonction de transfert de l'Antimoine 125, devraient conduire à des activités mesurables en laboratoire. C'est en effet un isotope émetteur bêta-gamma qui ne pose pas de problème pour sa mesure. Les activités attendues dans les rejets sont en effet d'un ordre de grandeur supérieures à celles de l'Antimoine 125, lequel est mesuré dans les effluents depuis 1966. L'activité du ^{126}Sb dans le combustible serait-elle surévaluée par le code de calcul?

Réponse : Le mode de calcul par valeur moyenne surévalue l'activité de ce radionucléide à période courte.

Les Césiums 134 et 137 : Les fonctions de transfert de ces deux isotopes deviennent très différentes à partir de 1996 (rapport des deux FT égal à 2,27). Est-ce que les différences observées sont dues à des opérations diverses (démantèlement ou assainissement d'installations, traitements de boues, etc.), mettant en jeu des Césiums ayant eu des temps de refroidissement bien supérieurs à ceux des combustibles (ce qui entraîne des variations de rapports isotopiques)?

Le GRNC 3 observe entre 1996 et 2003 deux périodes distinctes du point de vue de la fonction de transfert, FT : 1996-98 où FT, est égale en moyenne à $0,5 \cdot 10^{-6}$ et les années suivantes où FT est égale à $0,26 \cdot 10^{-6}$ soit une diminution d'un rapport 1,9.

Après plusieurs fluctuations significatives, la FT du Césium 137 a été diminuée, en 2003, d'un facteur 2,8 par rapport à 1996.

Réponse : Cette diminution est liée, selon l'exploitant, à une diminution de l'activité (initiée en mai 1998) des effluents "V" obtenue par un recyclage vers les évaporateurs de R2 et T2. Ces effluents proviennent des ateliers de vitrification T7 et R7. De plus, la différence des FT entre le Cs134 et le Cs137 provient du fait que le Cs134 n'est que rarement mesuré au dessus de la limite de détection (LD) et donc non comptabilisé contrairement au Cs137 qui est dans ce cas calculé au niveau du seuil de décision ($SD = LD/2$).

Il serait utile de connaître les activités des radionucléides présents dans les rejets des piscines d'entreposage des combustibles irradiés. Ces données permettraient le calcul de fonctions de transfert et par conséquent l'estimation de l'activité de radionucléides non mesurés dans les effluents liquides, tels que le fer 55.

II.4.2 Les rejets gazeux

Le GRNC 3 a examiné les mesures d'activité, relatives aux radionucléides émetteurs alpha et bêta, réalisées par COGEMA, sur les effluents gazeux rejetés par les émissaires de l'ensemble du site en tenant compte de l'évaluation de l'activité, au moment du traitement, des radionucléides formés dans le combustible (cf. le volume 1 des rapports détaillés).

Pour les radionucléides⁵ "bêta-gamma" disposant d'une limite annuelle réglementaire de rejet, si l'isotope n'a pas été mis en évidence, le calcul du rejet s'effectue en multipliant la valeur du seuil de détection par le volume d'effluent rejeté. Pour les autres radionucléides "bêta-gamma", ils ne sont comptabilisés dans les rejets que s'ils sont mis en évidence par la mesure. Les radionucléides émetteurs "alpha" font l'objet d'une limite annuelle globale de rejet.

II.4.2.1 Les radionucléides émetteurs "alpha" dans les rejets gazeux

Les seuls radionucléides émetteurs alpha, mesurés dans les rejets gazeux, sont trois isotopes du Plutonium : le ²³⁸Pu et les ²³⁹⁺²⁴⁰Pu.

Comme pour les rejets liquides alpha, les valeurs de la fonction de transfert du Plutonium 238 sont significativement inférieures à celle relative aux Plutoniums 239 et 240 (facteur 2,8 en moyenne).

Les activités des transuraniens (Neptunium, Américium, Curium) non mesurés dans les effluents gazeux sont calculées au moyen de la fonction de transfert des ²³⁹⁺²⁴⁰Pu.

Les valeurs d'activités déduites des comptages "alpha total" (somme des rejets de 34 émissaires du site) sont en moyenne 34 fois supérieures à la somme des activités calculées ou mesurées des radionucléides émetteurs alpha présents dans les rejets gazeux. Ces activités, calculées fréquemment sur la base d'une limite de détection (dans le cas où le radionucléide n'a pas été mis en évidence), conduisent à des valeurs très enveloppe.

⁵ Les limites annuelles de rejets portent sur le ³H, le ¹⁴C, les gaz rares dont le ⁸⁵Kr, les iodes (¹²⁹I, ¹³¹I, ¹³³I), les autres émetteurs bêta-gamma et alpha artificiels.

II.4.2.2 Les radionucléides émetteurs “bêta-gamma” dans les rejets gazeux

Comme pour les rejets en mer, les questions qui se posent à propos des radionucléides émetteurs “ bêta-gamma” dans les effluents gazeux peuvent être classées en deux groupes principaux :

1. Les cas où l’activité présente dans le combustible fait un saut important entre 1996 et 1997 (1996 étant la dernière année étudiée par le GRNC). Ces cas ont été examinés dans le cadre des rejets liquides.
2. Les cas où les rejets évoluent de manière importante en entraînant une variation significative de la fonction de transfert du radionucléide étudié.

1 - Les principales variations de la fonction de transfert

Le Carbone 14 : La fonction de transfert du Carbone 14 a augmenté depuis 1996 et plus nettement encore depuis l’an 2000. La fonction de transfert est passée de 55% pour 1996-99 à 77% en 2000-03. Y a t’il eu une modification technique qui pourrait expliquer cette évolution?

Nous avons également observé une augmentation de la FT du carbone 14 rejeté en mer. En considérant la somme des activités rejetées dans les liquides et les gaz, nous constatons qu’en moyenne, pour les années 2000-03, il y a un excédent de Carbone 14 dans les rejets par rapport à l’activité contenue dans les combustibles (115% en moyenne). Cet excédent s’est traduit par l’augmentation simultanée des FT relatives aux rejets d’effluents liquides et gazeux. Nous ne disposons d’aucun élément pour expliquer ces augmentations.

Le Cobalt 60 : Les activités en Cobalt 60 mesurées dans les rejets gazeux sont faibles et épisodiques (2 activités mesurables en 8 ans), cependant l’augmentation de la fonction de transfert observée entre 1999 et 2003 (facteur 268) ne peut s’expliquer par l’augmentation de l’activité dans le combustible (facteur 1,9).

Réponse : *Ce radionucléide est rarement mesuré au-dessus de la LD (il est alors pris égal à la LD/2), ce qui induit de grandes fluctuations les années où il est mesuré.*

Le Krypton 85 : Pour les huit années étudiées, la fonction de transfert du Krypton, est égale en moyenne à 98%, ce qui est cohérent avec le fait de son rejet en totalité dans les effluents gazeux.

Les Ruthénium-Rhodium 106 : En 1997 la fonction de transfert, FT, augmente d’un facteur 3,6 par rapport à 1996 alors que l’activité dans le combustible était réduite de 32%. Ces augmentations inexplicables persistent en 1999-2000. L’année 2001 montre des augmentations significatives de la fonction de transfert liées à deux rejets incidentels⁶ survenus au niveau des ateliers de vitrification R7 et T7. Nous ne disposons pas d’éléments nous permettant d’expliquer les augmentations des années 1997, 1999 et 2000.

L’Antimoine 125 : Le GRNC 3 observe une augmentation significative de la fonction de transfert de l’¹²⁵Sb en 2001 (facteur 270) en 2003 (facteur 295). Si l’augmentation de 2001 est probablement liée aux incidents survenus dans les ateliers de vitrification, le GRNC 3 ne

⁶ GT « Ruthénium 106 » (GRNC), *Rapport du groupe de travail « Ruthénium »*, 75 pages + Annexes, octobre 2002.

dispose d'aucun élément pour expliquer l'augmentation, encore plus grande, observée en 2003.

Réponse : Cette augmentation de l'activité des rejets gazeux, qui a entraîné une augmentation de la fonction de transfert, est liée à la mise en service d'un nouvel atelier : l'Atelier de compactage des coques (ACC).

Les Césiums 134 et 137 : En 2003, la FT du Césium 137 est 26 fois plus élevée qu'en 1996. Cependant, la majorité des rejets gazeux en ^{137}Cs provient d'UP2-400 et d'Elan2B (cf. le volume 1 des rapports détaillés), qui sont des installations sans lien avec le traitement des combustibles réalisé en 2003.

Remarque : L'exploitant insiste sur le fait que le calcul de l'activité conduit sur la base du produit des volumes d'effluents gazeux par le seuil de décision (cas des radionucléides disposant d'une limite de rejet réglementaire spécifique) entraîne très souvent d'importante surévaluation de l'activité réelle rejetée.

II.5 Remarques et recommandations en vue de l'analyse 2004

Pour l'analyse des rejets liquides et gazeux des usines de COGEMA La Hague, le GRNC 3 s'est appuyé sur la méthodologie définie par le GRNC 1, pour la période antérieure, de 1966 à 1996. Cette méthodologie est basée sur la notion de "fonction de transfert", FT, définie comme étant le rapport de l'activité d'un radionucléide, dans le rejet considéré, à l'activité présente initialement dans le combustible.

Cette approche a permis :

- Pour les radionucléides faisant l'objet de mesures, dans les effluents liquides ou gazeux, de vérifier la cohérence entre le résultat de ces mesures et la composition radioactive des combustibles traités lors des différentes années,
- Pour les radionucléides non mesurés (par exemple le ^{241}Pu) pour lesquels un ou plusieurs isotopes du même élément sont mesurés (les ^{239}Pu et ^{240}Pu) de calculer l'activité rejetée en utilisant la fonction de transfert qui leur est commune,
- Pour certains autres radionucléides, d'évaluer l'activité dans les rejets par "analogie" avec un élément chimique de propriété voisine (par exemple, les éléments transuraniens comme le Neptunium, l'Américium et le Curium, à partir des mesures de rejet de Plutonium), quand il existe.

Les principales remarques et observations formulées par le GRNC 3 à l'issue de cette analyse sont les suivantes :

- Pour ce qui concerne les caractéristiques des combustibles traités, l'exploitant a fourni les tonnages annuels ainsi que l'inventaire de l'activité des différents radionucléides, présents au moment du traitement, en utilisant le code César (version 4.21 de 1997 à 1998, version 4.21 début 1999 puis version 4.33 à partir de 2000), (cf. le volume 1 des rapports détaillés).
- Pour certains radionucléides, le GRNC 3 a observé d'importantes variations de leur activité, d'une année sur l'autre, tout particulièrement entre 1996 et 1997. Le tableau V recense les cas des 13 radionucléides et des 3 couples de radionucléides pour lesquels le rapport des activités 1997/1996 est voisin ou supérieur à 2 (ce rapport est supérieur à 10^4 pour 6 d'entre eux). Ces différences ont été expliquées par l'emploi, depuis 1997, d'un mode de calcul de l'activité contenue dans les combustibles retraités, différent de celui des années antérieures (cf. tableau VI).

- Une difficulté rencontrée en appliquant la méthode de la fonction de transfert, FT, concerne certains radioisotopes, d'un même élément chimique, pour lesquels le GRNC 3 a des valeurs de FT parfois très différentes (un ordre de grandeur ou plus), ce qui, a priori, ne peut s'expliquer que par la contribution aux rejets radioactifs d'une ou plusieurs autres activités (assainissements d'ateliers anciens, reprise de déchets anciens, récupération de solvants usés, etc.) que celle du seul retraitement des combustibles irradiés. L'origine des flux d'effluents, ainsi que les volumes et les activités concernées ont fait l'objet d'une présentation par COGEMA. Il serait utile, lors des prochains exercices, de connaître l'existence de travaux qui auraient entraîné le rejet d'effluents radioactifs ayant des activités significatives.

- Pour ce qui concerne les évolutions des rejets, si certaines sont facilement interprétables à partir des modifications de procédé et d'équipements associés – diminution des rejets de césium 137 et de strontium 90, grâce à la mise en service de la “Nouvelle Gestion des Effluents” ou NGE, réduction des rejets d'iode 129 dans les effluents gazeux après la mise en place de pièges spécifiques (AC6120) notamment sur les événements des ateliers de vitrification, etc.

Pour les prochaines années, deux évolutions pourront compliquer la tâche d'analyse critique des rejets :

- Une augmentation notable du taux de combustion des combustibles traités dans l'usine, entraînant des modifications des rapports isotopiques, il serait utile de disposer de calculs d'activités pour divers taux de combustion élevés, afin de comprendre et d'interpréter les modifications observées.

- La mise en œuvre de divers travaux d'assainissement (reprise des boues de la STE2, assainissement ou démantèlement de certains ateliers, etc.) peut induire des rejets d'effluents d'activités significatives, comparées à celles produites par le retraitement. Dans ce cas, l'usage de la fonction de transfert sera plus délicat si la part d'activité due à ces travaux d'assainissement n'est pas précisée.

III MESURES

Cette deuxième étape de l'analyse consiste à recueillir toutes les informations disponibles sur les laboratoires existants, les techniques de mesures, les points de prélèvement, la nature des échantillons, les résultats de mesures ... L'analyse de ces mesures a pour principal objectif la comparaison modèle/mesure. Le détail de cette comparaison est donnée le volume 2 des rapports détaillés.

Dans le cadre de l'analyse du GRNC 1, les résultats de mesure significatifs collectés de 1966 à 1996 étaient nombreux et la confrontation modèle/mesure avait permis l'estimation de facteurs correctifs dont les valeurs avaient été intégrées au programme de calcul [GRNC 1999 vol 2].

Ces facteurs correctifs ont été conservés par défaut pour les années postérieures à 1996. Les activités calculées présentées dans ce chapitre et dans le volume 2 des rapports détaillés, tiennent compte de ces paramètres.

III.1 Collecte et analyse des mesures réalisées en 2003

Le GRNC 3 a recensé l'ensemble des mesures réalisées en 2003 dans La Hague pour le domaine terrestre, et de Granville à St Vaast la Hougue pour le domaine marin. Plus de mille données ont ainsi été collectées.

Ces données ont été fournies par les organismes et laboratoires suivants :

- ACRO ;
- ANDRA ;
- COGEMA ;
- IRSN/SESURE ;
- IRSN/SECRE/LRC ;
- LDA 50 ;
- Marine Nationale.

Le GRNC 1 a discuté des problèmes d'homogénéité et de variabilité des données acquises par les différents laboratoires en ce qui concerne les activités des divers radionucléides [GRNC 1999 vol 2] (lieu, fréquence, dates..., traitements – organisme entier ou organes...-, mesure - poids sec ou frais ou cendre, quantité, durée du comptage, limites de détection (LD)-...). Les remarques formulées lors de cette première mission conduisent tout d'abord à harmoniser les résultats de 2003 des laboratoires sous un format identique.

Cette présentation a pour objectif de permettre une comparaison entre les activités mesurées et les activités calculées par le modèle.

La mise en forme des données correspond aux étapes suivantes :

- Réalisation, pour chaque lot de résultats fournis par les laboratoires, d'un fichier standard sous tableur Excel (pour chaque échantillon : date et lieu de prélèvement, nom du laboratoire, poids frais/poids sec, activité du radionucléide, erreur, LD).
- Réalisation pour chaque laboratoire, chaque type d'échantillon, chaque lieu, d'un tableau prenant en compte :
 - le nombre total de mesures,

- le nombre de résultats supérieurs et inférieurs à la LD,
 - la moyenne arithmétique et l'écart type des activités supérieures à la LD,
 - la moyenne arithmétique et l'écart type des activités supérieures à la LD et des activités des LD.
- Choix des radionucléides : pour chaque laboratoire, ont été retenus les radionucléides artificiels pour lesquels une activité supérieure à la LD ou la LD a été exprimée.
 - Réalisation de tableaux pour la comparaison avec les résultats du modèle ACADIE, regroupant pour les radionucléides retenus :
 - les moyennes des activités mesurées par matrice (eau de mer, algues, mollusques, crustacés, sédiments) pour tous les laboratoires en fonction de la dilution dans le domaine marin [GRNC 1999 vol 2] ;
 - les moyennes des activités mesurées par matrice (lait, légumes, viande, sol, herbe, air) dans le canton de Beaumont-Hague pour le domaine terrestre.

[Remarque : seul le dernier type de tableau est présenté dans le volume 2 des rapports détaillés. Un tableau concernant des « aliments divers » (miel, mûres, champignons, œufs, romarin, cidre) est ajouté à titre indicatif]

III.2 Comparaison modèle/mesure

Les résultats de mesure collectés par le GRNC 3 sont comparés aux valeurs d'activité obtenues par la modélisation (ACADIE cf. paragraphe IV.1).

Il ne s'agit pas des résultats de mesures « individuelles », mais de moyennes arithmétiques calculées par zone, pour chaque matrice et chaque radionucléide.

Pour un certain nombre de radionucléides et de matrices, les limites de détection s'avèrent hétérogènes, du fait des pratiques de prélèvements, de traitements d'échantillons, de conditions de mesures variables selon les différents laboratoires. Pour obtenir un ensemble de données le plus homogène possible, seules les activités supérieures aux limites de détection ont été retenues. Il y a lieu cependant dans la comparaison modèle/mesure de porter l'attention au nombre de résultats supérieurs à la limite de détection par rapport au nombre total de mesures d'un radionucléide pour une matrice donnée. En effet, les activités des radionucléides mesurées sont pour la majorité inférieures à la limite de détection, et seules quelques valeurs dépassent cette limite. La comparaison modèle/mesure s'effectue donc sur la moyenne des activités « maximales » mesurées, et engendre des activités surestimées par rapport au modèle.

Remarques :

Une partie de l'activité de certains radionucléides peut provenir de plusieurs origines :

- les retombées atmosphériques des essais militaires (Césium 137, isotopes du Plutonium, Tritium, Carbone 14),
- les installations nucléaires comme le CNPE de Flamanville,
- la radioactivité naturelle (Carbone 14, Tritium).

Le modèle ACADIE considérant uniquement les rejets de l'usine COGEMA la Hague, l'activité de ces radionucléides sera surestimée lors de la mesure.

Dans le milieu marin, les facteurs de dilution sont présentés sur la figure 4 ; ils expriment une dilution par rapport à un site de référence (Goury) [GRNC 1999 vol 2]. Dans les différents tableaux, les résultats sont regroupés par « zone de dilution », c'est à dire qu'ils correspondent à des prélèvements réalisés en des lieux situés dans la même zone de dilution (exemple : Flamanville, Diélette, Goury, Jardeheu ... : facteur de dilution de 1).

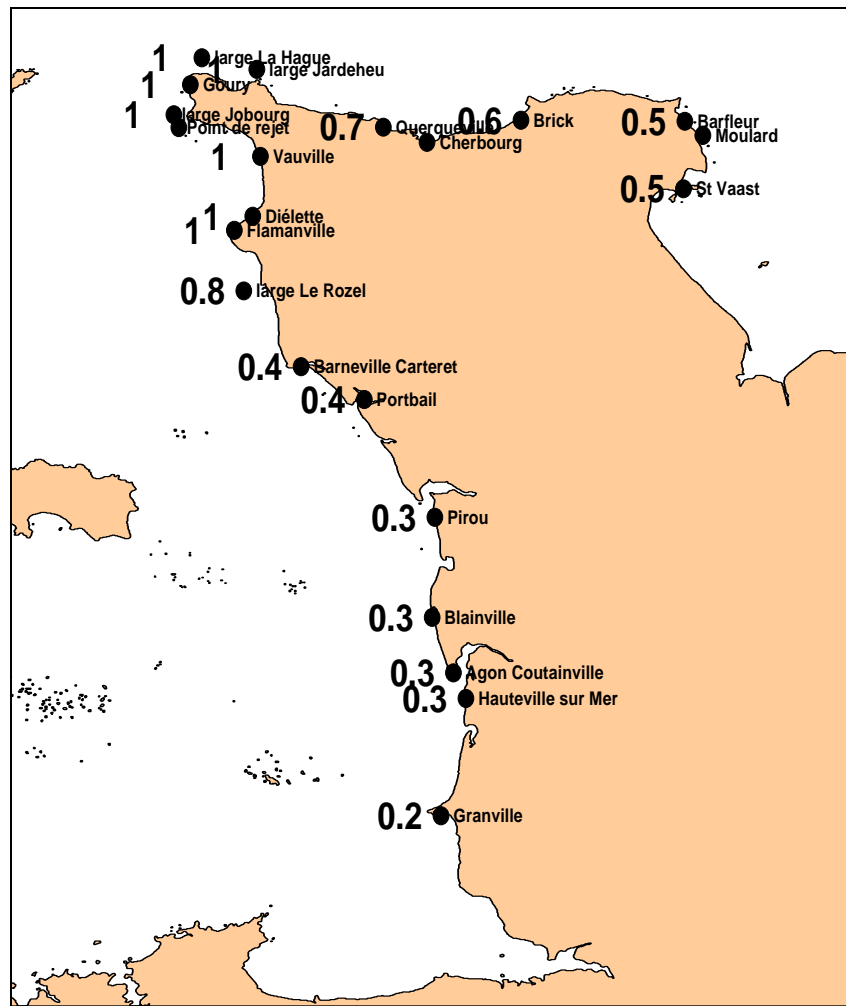


Figure 4 : Facteurs de dilution

Les quelques mesures réalisées pour déterminer l'activité du ^{238}Pu et du $^{239+240}\text{Pu}$ montrent un rapport $^{238}\text{Pu} / ^{239+240}\text{Pu}$ de l'ordre de 0,5. Le même rapport calculé sur ces deux radionucléides dans les rejets montre une valeur de l'ordre de 2. Cette constatation prouve que le marquage du milieu marin par certains radionucléides de longue période provient des rejets anciens et des retombées. Les activités calculées par le modèle prenant en compte uniquement les rejets actuels seront inférieures aux activités mesurées.

Les activités mesurées en ^{14}C sont exprimées par deux résultats :

- le Carbone total dû, au bruit de fond (Carbone naturel et retombées) et aux rejets industriels ;

- le Carbone en excès, calculé après déduction du bruit de fond, représente le ^{14}C dû aux seuls rejets industriels, cette activité est comparée à l'activité calculée par le modèle ACADIE qui ne prend en compte que les rejets de l'usine de la Hague.

Les colonnes des tableaux de comparaison modèle/mesure correspondent à :

- radionucléides retenus,
- nombre de résultats d'activité supérieurs à la limite de détection,
- nombre de résultats d'activité inférieurs à la limite de détection lorsque celle-ci est précisée,
- moyenne et écart-type des activités supérieures et inférieures à la LD (dans le cas d'activités inférieures à la LD, la valeur de cette dernière a été prise en compte si celle-ci a été précisée),
- moyenne et écart -type des activités uniquement supérieures à la LD,
- activité maximale des valeurs supérieures à la LD,
- activité minimale des valeurs supérieures à la LD,
- activité calculée par le modèle ACADIE,
- rapport activité calculée/moyenne des activités supérieures à la LD.

III.2.1 Le milieu marin

III.2.1.1 Eau de mer

Les échantillons d'eau de mer des différents laboratoires n'ont pas fait l'objet d'une filtration à 0,45 ou 0,22 μm .

Les volumes d'eau de mer analysés (de 5 litres à 400 litres) provoquent des écarts importants sur les limites de détection.

Seuls six radionucléides présentent des valeurs supérieures à la LD : ^3H , ^{137}Cs , $^{106}\text{Ru-Rh}$, ^{60}Co , ^{125}Sb , ^{241}Am .

Pour le ^3H , le ^{137}Cs , le $^{106}\text{Ru-Rh}$, le ^{60}Co , les activités mesurées sont du même ordre de grandeur que les activités calculées par ACADIE. Les rapports modèle/mesure varient pour l'ensemble des dilutions :

- ^3H de 0,47 à 0,73;
- ^{137}Cs de 0,31 à 0,59 ;
- $^{106}\text{Ru-Rh}$ de 0,80 à 0,94;
- ^{60}Co de 0,61 à 0,96.

L'activité calculée par ACADIE se situe en général entre l'activité maximale et l'activité minimale des activités mesurées supérieures à la LD.

Les mesures d'activités en ^{125}Sb font apparaître un écart proche d'un ordre de grandeur avec le modèle (rapport modèle/mesure compris entre 0,07 et 0,19) (Il est à noter que le nombre de mesures supérieures à la LD est très réduit, 15 sur 211, cf. remarque paragraphe III.2).

L'activité de l' ^{241}Am mesurée sur un seul échantillon est supérieure à l'activité calculée (rapport modèle/mesure : 0,01). Ce radionucléide provient sans doute des matières en suspension présentes dans les 400 litres d'eau de mer de l'échantillon analysé.

III.2.1.2 Les algues

Les radionucléides suivants, le ^{14}C , le ^{60}Co , le $^{106}\text{Ru+Rh}$, l' ^{129}I , le ^{137}Cs , le ^{238}Pu , le $^{239+240}\text{Pu}$, le ^{241}Pu et l' ^{241}Am , présentent des activités supérieures à la limite de détection.

L'activité du ^{14}C calculée par le modèle est légèrement supérieure ou très proche de l'activité mesurée (rapport modèle/mesure compris entre 0,6 et 1,88).

Le ^{137}Cs ayant plusieurs origines, l'activité calculée est toujours inférieure à l'activité mesurée (moins d'un ordre de grandeur).

L'activité calculée pour le ^{60}Co est, en général, supérieure à l'activité mesurée (facteur compris entre 0,8 et 2,5) ; il en est de même pour l' ^{129}I (facteur 1 à 3).

Pour le $^{106}\text{Ru}+\text{Rh}$ les rapports sont proches de 1.

Pour les ^{241}Pu et le ^{238}Pu les rapports modèle/mesure sont inférieurs à 1 (moins d'un ordre de grandeur). Pour les $^{239-240}\text{Pu}$, dans les zones de concentration les plus élevées, les rapports modèle/mesure sont de l'ordre de 0,1 à 0,2. Pour l' ^{241}Am dans les zones de concentration les plus élevées le rapport varie de 0,05 à 0,1 ; ce radionucléide n'est pas aisé à doser par spectrométrie gamma.

Pour les isotopes du plutonium la comparaison modèle/mesure doit être nuancée par la remarque mentionnée ci-dessus.

III.2.1.3 Les mollusques

Les radionucléides suivants : le ^{14}C , le ^{60}Co , le $^{106}\text{Ru}+\text{Rh}$, le $^{110\text{m}}\text{Ag}$, l' ^{129}I , le ^{137}Cs , le ^{238}Pu , le $^{239+240}\text{Pu}$, le ^{241}Pu et l' ^{241}Am , présentent des activités supérieures à la limite de détection.

Dans les mollusques l'activité du ^{14}C calculée est toujours supérieure à l'activité mesurée.

Pour le ^{60}Co , le $^{106}\text{Ru}+\text{Rh}$, les activités calculées sont supérieures aux activités mesurées (rapport évoluant de 2 à 8 selon les dilutions).

Le rapport d'activité modèle/mesure de l' ^{129}I est compris entre 0,2 et 0,4, soit moins d'un ordre de grandeur. Ce radionucléide pour des activités très faibles (inférieures au Bq) est très difficile à mesurer par spectrométrie gamma compte tenu de l'énergie de son rayonnement (29 keV). Cette sous-estimation pourrait être liée à un problème de mesure et/ou de facteur de concentration.

Comme pour les algues, le ^{137}Cs ayant plusieurs origines, l'activité calculée est toujours inférieure à l'activité mesurée (moins d'un ordre de grandeur).

Le $^{110\text{m}}\text{Ag}$ provenant des rejets du CNPE de Flamanville n'est pas pris en compte par le modèle.

Suivant les zones, le rapport d'activité modèle/mesure varie pour les transuraniens :

- le ^{238}Pu de 0,6 à 1,8
- le $^{239+240}\text{Pu}$ de 0,10 à 0,36
- le ^{241}Pu de 0,7 à 1,73
- l' ^{241}Am de 0,01 à 0,23

III.2.1.4 Les crustacés

Pour les crustacés, pour une espèce, la nature de l'échantillon diffère selon les laboratoires (l'organisme entier ou la chair). Ces différentes pratiques peuvent avoir une conséquence sur l'interprétation des activités.

Les radionucléides suivants : le ^{14}C , le ^{60}Co , le $^{106}\text{Ru}+\text{Rh}$, l' $^{110\text{m}}\text{Ag}$, l' ^{129}I , le ^{137}Cs , l' ^{241}Am , le ^{238}Pu , le $^{239+240}\text{Pu}$, présentent des activités supérieures à la limite de détection.

Pour le ^{14}C les 3 résultats supérieurs à la LD montrent des activités supérieures à l'activité calculée (rapport compris entre 0,5 et 0,6). L' $^{110\text{m}}\text{Ag}$ provenant des rejets du CNPE de Flamanville n'est pas pris en compte par le modèle.

Le ^{60}Co est surestimé par le modèle (rapport 1,5 à 2,2).

Pour le $^{106}\text{Ru}+\text{Rh}$ le rapport varie de 0,35 à 0,78.

Comme pour les mollusques, l' ^{129}I est en général sous-estimé par le modèle, le rapport varie de 0,08 à 0,15.

Pour les raisons déjà évoquées, le ^{137}Cs est sous-estimé par le modèle (rapport compris entre 0,04 et 0,5).

Les activités mesurées sur un seul échantillon, pour deux isotopes du plutonium sont supérieures aux activités calculées :

- le ^{238}Pu rapport 0,2;
- le $^{239+240}\text{Pu}$ rapport 0,06.

L'activité de l' ^{241}Am mesurée sur 3 échantillons est supérieure à l'activité calculée (rapport compris entre 0,03 et 0,07).

III.2.1.5 Les poissons

Les comptages sont effectués soit sur l'organisme entier, ou les muscles, les viscères, les squelettes. Ces différentes pratiques peuvent expliquer la dispersion de l'activité de chaque radionucléide compte tenu des facteurs de concentration différents suivant les organes, et leur masse.

Les radionucléides suivants : le ^{14}C , le ^{60}Co , l' ^{129}I et le ^{137}Cs présentent des activités supérieures à la limite de détection.

L'activité du ^{14}C mesurée est inférieure à l'activité calculée (rapport 2,2 à 2,4).

Pour les autres radionucléides :

- le ^{60}Co le rapport des activités varie de 0,6 à 1,6 ;
- l' ^{129}I est sous-estimé d'un ordre de grandeur (rapport variant de 0,009 à 0,03). Les activités mesurées (inférieures au Bq par kg frais) sont supérieures d'un ordre de grandeur aux activités calculées ;
- le ^{137}Cs est sous-estimé par le modèle pour la raison évoquée précédemment (rapport 0,32 à 0,45).

III.2.1.6 Les sédiments

Les radionucléides suivants : le ^{54}Mn , le $^{106}\text{Ru}+\text{Rh}$, le ^{60}Co , l' ^{129}I , le ^{137}Cs , le ^{238}Pu , le $^{239+240}\text{Pu}$, le ^{241}Pu , l' ^{241}Am et le ^{244}Cm présentent des activités supérieures à la limite de détection.

Les échantillons proviennent essentiellement de zones sédimentaires sableuses ou sédiments grossiers et de zones de sédimentation plus fine de la Rade de Cherbourg (dilution 0,6). Les caractéristiques sédimentaires sont très différentes, ce qui explique en partie la dispersion des résultats.

Les activités mesurées sont supérieures d'un ordre de grandeur aux activités calculées en particulier pour les transuraniens, à l'exception de certains résultats concernant le ^{60}Co , le $^{106}\text{Ru}-\text{Rh}$, le ^{137}Cs et l' ^{129}I . Ces différences modèle/mesure s'expliquent en partie par le fait que le modèle ne prend pas en compte le marquage des sédiments par les rejets des années précédentes.

Les rapports des activités calculées sur les activités mesurées varient pour :

- le ^{54}Mn , le rapport est de 0,02 , ce radionucléide (trois mesures supérieures à la LD sur 78 échantillons dans la seule rade de Cherbourg, dilution 0,6) peut être confondu lors de la mesure avec l' ^{228}Ac ;
- le $^{106}\text{Ru+R}$, de 0,7 à 5,3 (le rapport 5,3 correspond à la dilution 1 c'est à dire à des sédiments plus ou moins grossiers) ;
- le ^{60}Co , de 0,02 à 0,37 (à la dilution 1 le rapport est inférieur à un ordre de grandeur) ;
- l' ^{129}I , le rapport est de 0,14, (mesuré uniquement dans la zone de dilution 0,6 ; 10 mesures supérieures à la LD sur 78 échantillons) ;
- le ^{137}Cs , de 0,05 à 0,42, (origines différentes) ;
- le ^{238}Pu , de 0,04 à 0,08 ;
- le $^{239+240}\text{Pu}$, de 0,01 à 0,03 ;
- le ^{241}Pu , de 0,04 à 0,07 ;
- l' ^{241}Am , de 0,02 à 0,14 ;
- le ^{244}Cm , de 0,02 à 0,07.

Pour les transuraniens les Kd sont très vraisemblablement à réviser.

III.2.2 Le milieu terrestre

III.2.2.1 Le lait

Les radionucléides suivants : le ^3H , le ^{14}C , le ^{90}Sr et l' ^{129}I présentent des activités supérieures à la limite de détection.

Pour le ^3H une seule mesure sur 37 est supérieure à la limite de détection. Cette activité est du même ordre de grandeur que l'activité calculée (rapport 0,42).

L'activité mesurée en ^{14}C est du même ordre de grandeur que l'activité calculée rapport (0,5).

Pour le ^{90}Sr , parmi les valeurs supérieures à la limite de détection, certaines valeurs correspondent à des mesures effectuées sur des précipités d'oxalates qui contiennent l'isotope du strontium mais aussi tous les isotopes radioactifs naturels des terres rares.

La moyenne des activités en ^{90}Sr seul, mesurées par la COGEMA dans le canton de Beaumont Hague sur 49 échantillons de lait (0,075 Bq/l) (voir rapport COGEMA résultats détaillés chapitre 4.6) correspond à celle mesurée lors des études radioécologiques décennales (0,071 Bq/l) ou des études de points zéro (0,082 Bq/l) effectuées autour de 8 Centres de Production Nucléaire d'Electricité [IPSN 1997, 1998, 2000, 2001] [IRSN 2003] (le volume 2 des rapports détaillés). Pour cet isotope du strontium l'activité est due principalement aux retombées des essais nucléaires ce qui explique l'écart par rapport au modèle (rapport 0,003) qui ne prend pas en compte les retombées atmosphériques et l'incendie du silo.

Pour l' ^{129}I , compte tenu de la difficulté de la mesure et du faible nombre de mesures supérieures à la LD (2), la comparaison modèle/mesure s'avère peu fiable (rapport 0,11).

III.2.2.2 Légumes

Les radionucléides suivants : le ^3H , le ^{14}C et le ^{137}Cs présentent des activités supérieures à la limite de détection.

Le faible nombre de mesures ne permet pas de faire une comparaison fiable, cependant une tendance peut être exprimée :

- le Tritium : l'activité mesurée est inférieure à l'activité calculée (rapport 6,1) ;
- l'activité du ^{14}C mesurée est supérieure à l'activité calculée (rapport 0,58).

Les faibles activités mesurées pour le ^{137}Cs ($30 \text{ mBq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{frais}}$) proviennent principalement des retombées atmosphériques (rapport 0,014).

III.2.2.3 Viandes

Les activités du tritium et du ^{14}C mesurées sont inférieures aux activités calculées. Le rapport des activités modèle/mesure est de : 1,7 pour le tritium et de 9,5 pour le ^{14}C , traduisant pour ce dernier une surestimation du modèle.

III.2.2.4 Sols

Le ^{137}Cs est le seul radionucléide mesuré dans les sols prélevés dans le canton de Beaumont Hague (sols prélevés pour certains à moins de 1km). L'activité de ce radionucléide provenant de l'incident du feu du silo et des retombées des essais militaires, n'est pas prise en compte par le modèle. Ceci explique en partie la différence par rapport au modèle (rapport de 0,001). Les sols prélevés au sémaphore de la Hague à moins de 50m de la côte subissent l'impact des embruns (gouttelettes d'eau de mer et particules associées), présence de ^{60}Co , ^{241}Am , ^{137}Cs . Avec la diminution des rejets liquides, l'impact des embruns devient prépondérant. Des écarts apparaissent entre les activités calculées et mesurées. Il faut souligner que le ^{60}Co et l' ^{241}Am ne sont pas rejetés par la cheminée, et que le modèle TORIMA, utilisé par ACADIE, ne modélise que le transfert par les « gouttelettes d'eau de mer », et ne reflète pas la modélisation de la totalité des embruns. Les rapports des activités modèle/mesure pour le sémaphore de la Hague sont : de 0,0007 pour le ^{60}Co , de 0,002 pour l' ^{241}Am et de 0,07 pour le ^{137}Cs .

III.2.2.5 Les herbes

Les herbes prélevées au sémaphore de la Hague et en bordure de côte sont marquées par les embruns. Comme pour les sols, les activités mesurées dans les herbes prélevées en bordure de la côte sont supérieures aux prédictions.

Les rapports d'activités modèle/mesure en bordure de côte sont pour :

- le ^{60}Co de 0,0006 ;
- le $^{106}\text{Ru}+\text{Rh}$ de 0,02 ;
- le ^{137}Cs de 0,03 ;
- l' ^{241}Am de 0,00010 .

Les radionucléides suivants : le ^3H , le ^{14}C , le ^{90}Sr et l' ^{129}I ont été mesurés dans des herbes du canton de Beaumont et présentent des activités supérieures à la limite de détection.

L'activité du ^{90}Sr mesurée sur des précipités d'oxalate correspond à l'activité des isotopes radioactifs des terres rares. Comme cette activité est majoritaire aucune comparaison n'est possible (à titre indicatif le rapport est de 0,004).

L'activité de l' ^{129}I mesurée est supérieure à l'activité calculée par le modèle (rapport 0,02).

Le modèle ACADIE ne calcule pas les activités du ^3H et du ^{14}C dans l'herbe (aucune comparaison possible).

III.2.2.6 L'air

L'activité du ^{85}Kr a été mesurée depuis le mois de février 2003 dans 5 stations (Gréville, Digulleville, Beaumont, Herqueville, Jobourg). Un Coefficient de Transfert Atmosphérique (CTA) a été calculé à partir de l'activité rejetée et des mesures en ^{85}Kr en un lieu donné ; ce CTA tient compte des conditions de vent.

La comparaison modèle/mesure montre une surestimation du modèle pour Gréville (rapport 2,9), Digulleville (rapport 1,7), Beaumont (rapport 1,3). Pour Jobourg la comparaison modèle/mesure ne montre pas de différence (rapport 1).

Pour Herqueville le modèle ACADIE sous-estime d'un facteur 2,4 (rapport 0,4). Cette sous-estimation provient d'une météo différente en 2003 par rapport à la rose des vents moyenne utilisée par le modèle.

Pour l'ensemble des stations, les écarts entre les « résultats modèle »/« résultats mesure » sont inférieurs à un ordre de grandeur.

Cette constatation montre que le groupe de référence se situe vers Herqueville, pour l'année 2003.

III.2.3 Conclusion sur la comparaison des activités modèle/mesure

Pour le domaine marin, les radionucléides présentant des activités supérieures à la LD sont : ^3H , ^{14}C , ^{60}Co , $^{106}\text{Ru-Rh}$, $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{125}Sb , ^{129}I , ^{137}Cs , ^{238}Pu , $^{239-240}\text{Pu}$, ^{241}Pu , ^{241}Am , ^{244}Cm .

En général, les écarts modèle/mesure sont inférieurs à un ordre de grandeur. Pour certains radionucléides dans différentes matrices les écarts correspondent à des facteurs supérieurs à un ordre de grandeur, le modèle sous-estimant les activités par rapport aux mesures.

Le tableau VII présente les rapports modèle/mesure de différentes matrices pour la zone concernant le groupe de référence (dilution 1). Les radionucléides pour lesquels le rapport est supérieur à un ordre de grandeur sont les transuraniens chez les sédiments (cf. remarques paragraphes précédents), l' ^{241}Am chez les algues, l' ^{129}I chez les crustacés et les poissons.

En ce qui concerne le ^{60}Co et le $^{106}\text{Ru-Rh}$, les rapports modèle/mesure sont en général supérieurs à 1 chez les algues et les mollusques. Il y aura lieu d'ajuster certains facteurs de concentration.

Pour le domaine terrestre, les radionucléides présentant des activités supérieures à la LD sont : ^3H , ^{14}C , ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{60}Co , ^{129}I , ^{241}Am , $^{106}\text{Ru-Rh}$.

Pour la comparaison modèle/mesure, il y a lieu de considérer plusieurs sources de radionucléides artificiels : les embruns, l'incendie du silo, les retombées des essais militaires dans l'atmosphère. Actuellement ces sources deviennent prépondérantes par rapport aux rejets dans le marquage des différentes matrices. Cela se traduit par des activités calculées qui sont inférieures de plusieurs ordres de grandeur aux activités mesurées, à l'exception du ^3H et du ^{14}C .

Le tableau VIII présente les rapports modèle/mesure des différentes matrices pour le canton de Beaumont Hague.

Dans les deux domaines marin et terrestre, pour l'ensemble des matrices, les activités sont inférieures à $10 \text{ Bq.kg}^{-1}_{\text{frais}}$ (à l'exception du ^{14}C en excès et du ^3H , activités inférieures à $30 \text{ Bq.kg}^{-1}_{\text{frais}}$). Le nombre de mesures inférieures à la LD (80% pour le marin et 90% pour le terrestre) est important, et ce fait doit être pris en compte dans l'appréciation des résultats de la comparaison modèle/mesure. Cette situation est différente de celle du GRNC 1 du fait que le nombre de résultats d'activité supérieurs à la LD était nettement plus important ce qui a facilité la validation du modèle GRNC 1.

L'analyse des résultats de la comparaison modèle/mesure, quant aux concentrations des radionucléides dans les matrices de l'environnement, montre qu'il y a une bonne adéquation entre les activités calculées par le modèle et celles mesurées. Certes quelques écarts importants (supérieurs à un facteur 10) sont enregistrés. Ils sont expliqués par : les incertitudes sur les caractéristiques des paramètres de transfert, les modalités de traitements d'échantillons, le nombre de résultats inférieurs à la LD, le fait de calculer les moyennes sur les activités maximales, l'existence d'autres termes sources (retombées, embruns...). Il se dégage que pour exprimer les concentrations dans les matrices des seuls rejets de COGEMA la Hague, le modèle est satisfaisant.

Il est recommandé, pour le futur, afin de faciliter la comparaison des résultats modèle/mesure, que les différents laboratoires fournissent leurs données selon un format identique (le volume 2 des rapports détaillés).

Cela pourrait avoir lieu dans le cadre de la mise en place du réseau national de surveillance.

Tableau VII : Milieu marin - synthèse des rapports modèle/mesure de différentes matrices pour la zone concernant le groupe de référence (dilution 1)

Radionucléides	Rapport modèle/mesures					
	Eau de mer	Algues	Mollusques	Crustacés	Poissons	Sédiments
3H	0,73					
14C*						
14C**		1,88	1,34		2,19	
54Mn						
90Sr						
60Co	0,92	2,36	5,38	1,46	0,56	0,37
106Ru+Rh	0,80	1,22	4,53	0,54		5,26
110mAg						
125Sb	0,19					
129I		1,01	0,28	0,08	0,03	
137Cs	0,59	0,51	0,61	0,55	0,45	0,23
238Pu		0,65	1,61			0,08
239+240Pu		0,17	0,36			0,02
241Pu		0,64	1,24			0,07
241Am		0,05	0,13			0,10
244Cm						0,04

14C* total

14C** en excès

Tableau VIII : Milieu terrestre - synthèse des rapports modèle/mesure de différentes matrices pour le canton de Beaumont Hague

Radionucléides	Rapport modèle/mesures				
	Lait	Légumes	Viandes	Sols	Herbes
3H	0,42	6,09	1,72		
14C*					
14C**	0,50	0,59	9,47		
54Mn					
90Sr	0,003				0,004
60Co					
106Ru+Rh					
110mAg					
125Sb					
129I	0,11				0,018
137Cs		0,01		0,001	
238Pu					
239+240Pu					
241Pu					
241Am					
244Cm					

14C* total

14C** en excès

Tableau IX : Milieu terrestre - synthèse des rapports modèle/mesure pour le 85Kr dans l'air pour le canton de Beaumont-Hague

Radionucléide	Rapport modèle/mesures				
	Gréville	Digulleville	Beaumont	Herqueville	Jobourg
85 Kr	2,9	1,7	1,3	0,4	1,0

IV MODELISATION

IV.1 Outil de calcul : le logiciel ACADIE

L'Application pour le Calcul de la Dose efficace Interne et Externe (ACADIE) est un projet commun IRSN, COGEMA et DGSNR dont l'historique est résumé par la figure ci-dessous.

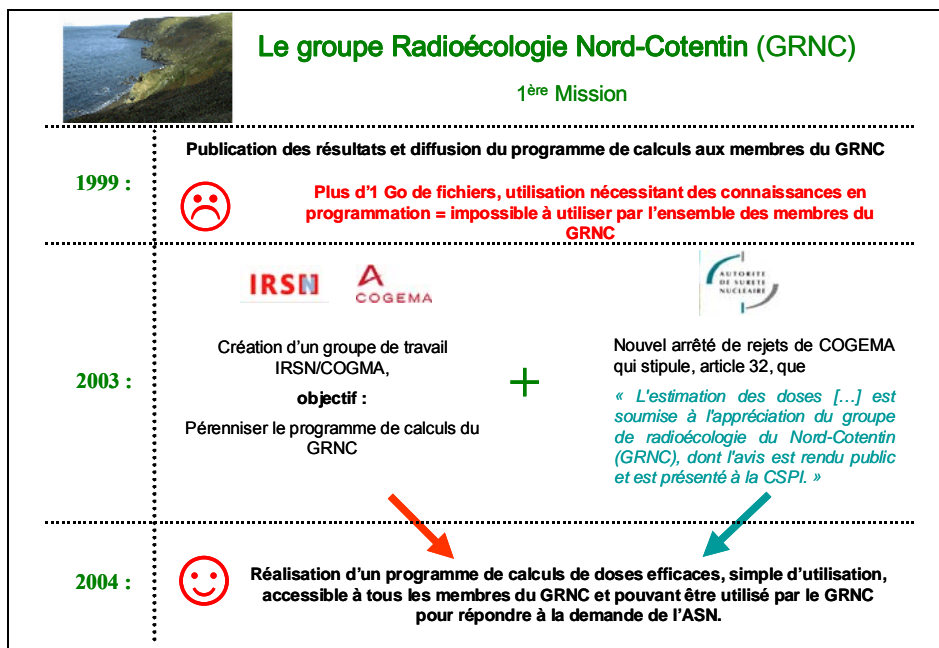


Figure 5 : Historique du logiciel ACADIE

Le suivi de l'outil est réalisé conjointement par IRSN et COGEMA. ACADIE est mis à la disposition de tous les membres du GRNC via le site Internet du GRNC. La mise à jour des données figurant dans la version actuelle du code sera publiée sur le site Internet du GRNC. ACADIE est donc un outil de calcul de doses et une base de données communs aux membres du GRNC. Le manuel utilisateur d'ACADIE est présenté le volume 3 des rapports détaillés.

IV.2 Paramètres de modélisation

Ce chapitre a pour objet de lister les modifications apportées à la modélisation du GRNC 1 depuis la publication des résultats [GRNC 1999 vol 4].

IV.2.1.1 Coefficient de distribution du Curium 244

Le GRNC 1 a estimé par modélisation les concentrations des radionucléides rejetés par les installations nucléaires de La Hague, dans les différents compartiments de l'environnement [GRNC 1999 vol 3]. Ces concentrations obtenues par calcul ont été confrontées aux résultats de mesures existants. Cette confrontation modèle/mesures a permis de définir des valeurs de paramètres spécifiques de transferts locaux pour certains radionucléides.

En ce qui concerne le Cm-244, en l'absence de résultats de mesures dans l'environnement et de données de l'IRSN, le GRNC 1 avait retenu la valeur médiane recommandée par l'AIEA, à savoir $2 \cdot 10^6$ l/kg_{sec} [AIEA 1985]. Il est à noter que cette valeur semblait très élevée en comparaison de celles d'autres éléments transuraniens possédant des propriétés physico-

chimiques voisines et des comportements dans l'environnement analogues comme le Plutonium ($K_d 10^4 \text{ l/kg}_{\text{sec}}$) et l'Américium ($K_d 3.10^4 \text{ l/kg}_{\text{sec}}$). En février 2002, l'IRSN a publié les résultats d'une étude concernant le comportement des radionucléides dans l'environnement [Germain 2002]. L'une des conclusions de cette étude est que la valeur du K_d du Cm-244 est de l'ordre de $2.10^4 \text{ l/kg}_{\text{sec}}$, ce qui apparaît réaliste et cohérent avec les valeurs des K_d des autres transuraniens. Cette valeur a été prise en compte par le GRNC 3 et intégrée dans ACADIE. Les conséquences sur les résultats publiés en 1999, ont été estimés par le GRNC [Ringard 2003] et l'une des conclusions de cette étude est que cette modification est sans impact sur les résultats de doses efficaces.

IV.2.1.2 Coefficient de dose externe du Krypton 85

La référence prise en compte par le GRNC 1 pour les coefficients de dose relatifs à l'exposition externe est la publication Federal Guidance [Eckerman 1993].

L'arrêté du 1^{er} septembre 2003 définissant les modalités de calcul des doses efficaces et des doses équivalentes résultant de l'exposition des personnes aux rayonnements ionisants, fixe une valeur pour le coefficient de dose externe du Kr-85, supérieure d'environ un facteur 2 à celle retenue par le GRNC 1. Cette nouvelle valeur a été prise en compte par le GRNC 3 et intégrée dans ACADIE.

A titre d'illustration, l'impact de cette modification sur les résultats du GRNC 1 est présentée ci-dessous pour l'année la plus récente, 1996, et pour un adulte résidant à Digulleville. La première figure est un rappel des résultats publiés en 1999. La seconde figure prend en compte la nouvelle valeur de coefficient de dose.

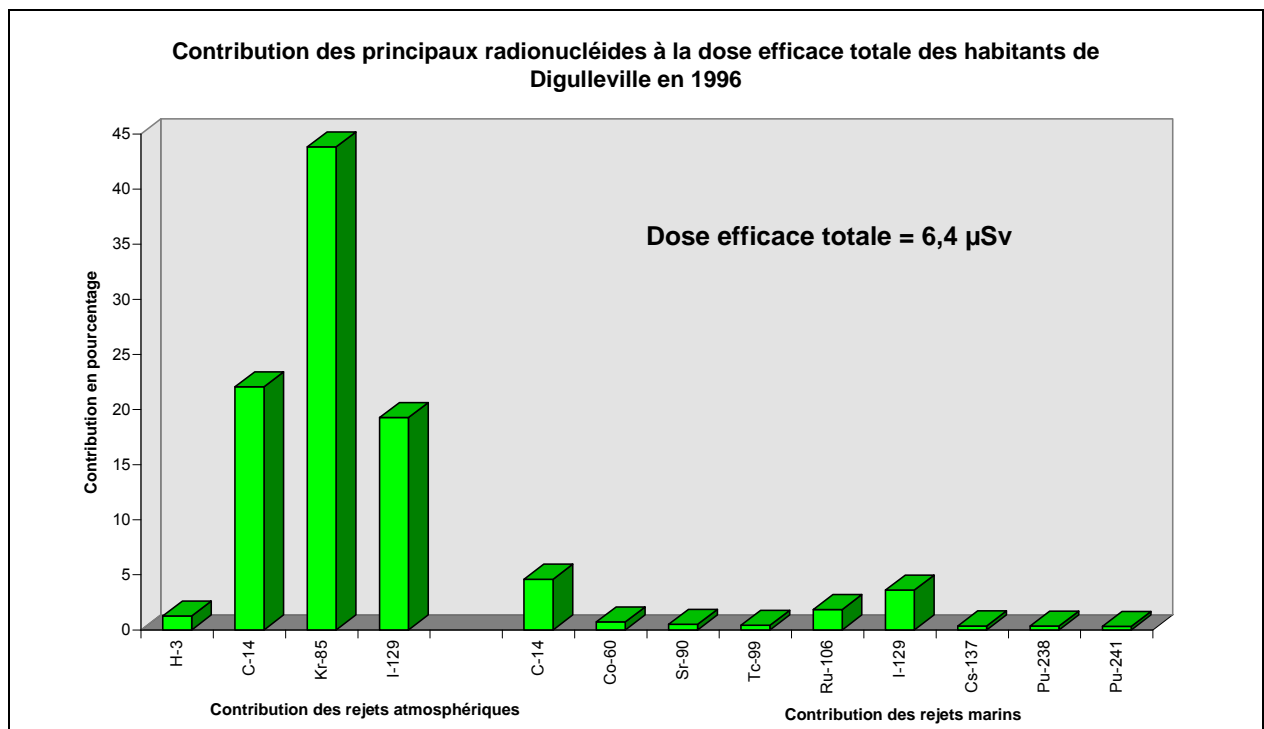


Figure 6 : Résultats obtenus pour un coefficient de dose externe pour le Kr-85 issu de la publication « Federal Guidance »

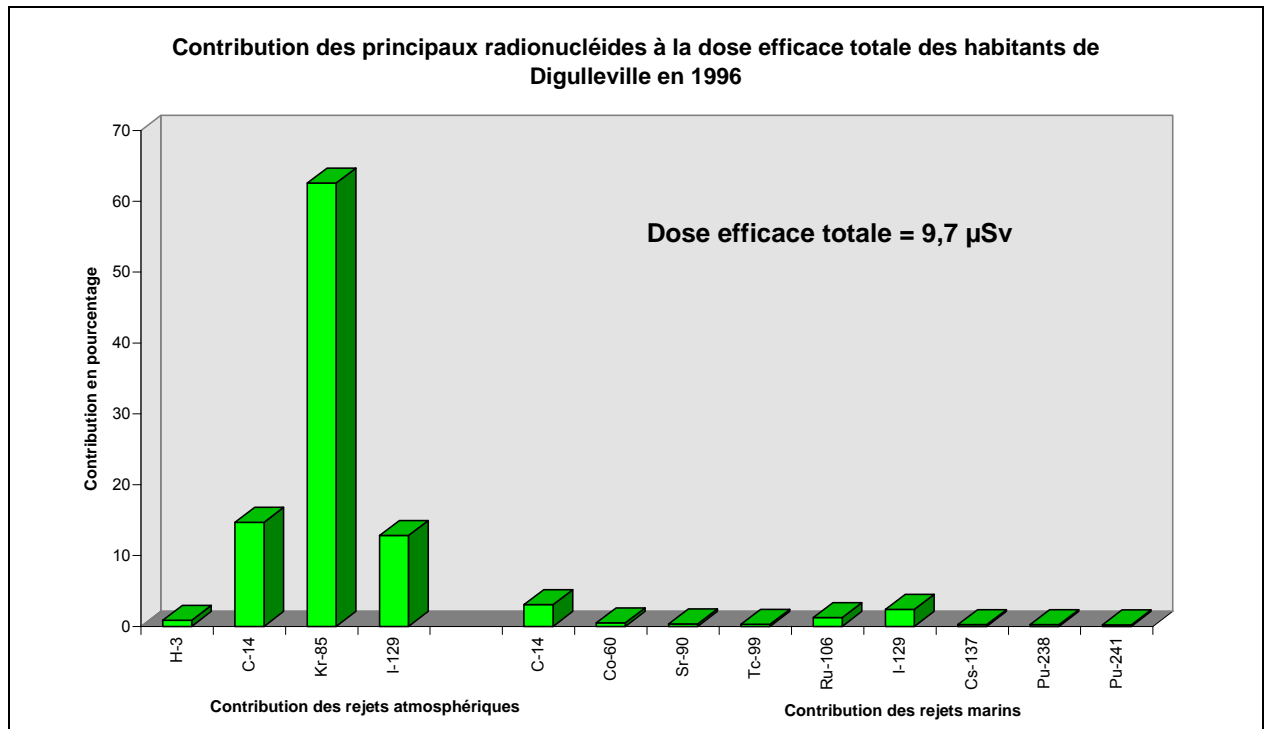


Figure 7 : Résultats obtenus pour un coefficient de dose externe pour le Kr-85 issu de l'arrêté du 1^{er} septembre 2003

Cette modification de la valeur du coefficient de dose externe du Kr-85 a pour conséquence d'augmenter la dose totale d'environ un facteur 1,5. Le Kr-85 contribue alors pour 63 % à la dose totale.

IV.3 Individus cible : groupes de référence et scénarios particuliers

Dans son rapport annuel, COGEMA présente ses calculs de dose pour deux groupes de population :

- un groupe de pêcheurs vivant à Goury, en bord de mer, à 7 km du point de rejet, défini comme le groupe critique associé aux effluents liquides,
- un groupe d'adultes résidant dans la commune de Digulleville à 2,6 km du site COGEMA La Hague, défini comme le groupe critique associé aux effluents gazeux.

Le GRNC 1 avait retenu, pour ces calculs de doses efficaces, six jeux de données :

- deux jeux de données correspondant aux groupes de référence proposés par COGEMA,
- un jeu correspondant aux agriculteurs habitant et cultivant leurs champs dans une zone située à moins de 1500 m des émissaires de rejet dans l'atmosphère,
- un jeu correspondant aux agriculteurs habitant et cultivant leurs champs au Pont-Durand,
- un jeu correspondant aux pêcheurs de la zone des Huquets,
- et un jeu correspondant à un adulte « moyen » résidant dans le canton de Beaumont Hague.

Le GRNC 3 retient pour ces calculs de dose, les individus cibles définis par le GRNC1. Cependant, à la demande de membres du groupe plénier, deux jeux de données

supplémentaires correspondant à des scénarios particuliers, ont fait l'objet d'estimations de doses. Les résultats obtenus sont présentés au paragraphe IV.6.1.2.2.

IV.4 Paramètres de mode de vie

IV.4.1 Rations alimentaires

Deux références ont été retenues par le GRNC 1 pour les régimes alimentaires :

- l'enquête effectuée en 1978 pour EDF autour du site Flamanville, car elle est basée sur une enquête locale réalisée à peu près au milieu de la période de l'étude menée par le GRNC 1 [Mathieu 1978],
- l'enquête réalisée en 1998, à la demande de COGEMA, par le CREDOC [Dufour 1998].

Le tableau suivant présente le détail des quantités supposées ingérées annuellement par les individus cible (cf. paragraphe IV.3).

Tableau X : Quantités ingérées annuellement par les individus cible (kg/an)

Produits alimentaires	Quantités ingérées (kg/an)				
	Digulleville ⁷	Goury ¹	Adulte moyen ⁸	Pt Durand ⁹ Hameau < 1500m	Huquets ¹⁰
Crustacés	8,2	70,9	13	13	61
Mollusques	4,7	14,6	7	7	31
Poissons	13,8	41,7	23	23	67
Lait	292	97,1	122	297	122
Produits laitiers			33	78	33
Viande de boeuf	117,2	61,6	21	30	21
Viande de mouton			2	2	2
Viande de porc			30	43	30
Volailles et lapins			23	32	23
Oeufs			12	25	12
Légumes feuilles	23,2	5,9	24	55	24
Légumes racines	62,6	33,7	131	265	131
Légumes fruits	141,8	38	73	178	73
Céréales	0	0	123	123	123
Confiture	0	0	4	10	4
Cidre	0	0	38	170	38

Les taux d'autoconsommation présentés dans le tableau ci-dessous ont été retenus pour l'ensemble des individus cible.

⁷ CREDOC [Dufour 1998]

⁸ Enquête de Flamanville [Mathieu 1978]

⁹ La ration en aliments d'origine terrestre correspond à la moyenne des seuls consommateurs de l'enquête de Flamanville + 2 écart-types sauf pour les céréales pour lesquelles la ration moyenne de la cohorte a été retenue. La ration en produits marins correspond à la ration de l'adulte moyen. La ration en lait est probablement majorante car l'échantillon de population sondée dans la région de Flamanville contenait des enfants. Cependant l'absence de données sur ce sujet dans l'enquête de Flamanville ne permet pas de corriger ce biais.

¹⁰ La ration en produits marins correspond à la moyenne des seuls consommateurs de l'enquête de Flamanville + 2 écart-types. La ration en aliments d'origine terrestre correspond à la ration de l'adulte moyen.

Tableau XI : Taux d'autoconsommation (%)

Produits alimentaires	Taux d'autoconsommation (%)	
	Digulleville ¹¹ Goury	Adulte moyen ¹² Individu < 1500 m Pont-Durand Huquets
Crustacés	53,6	53
Mollusques	75,3	75
Poissons	51,7	53
Lait	17,5	62
Produits laitiers		30
Viande de boeuf	39,9	56
Viande de mouton		56
Viande de porc		56
Volailles et lapins		56
Oeufs		80
Légumes feuilles	57,4	60
Légumes racines	54	60
Légumes fruits	11,2	40
Céréales	-	0
Confiture	-	84
Cidre	-	100

Le GRNC 3 retient l'enquête CREDOC comme l'a fait COGEMA car elle est plus récente que celle de Flamanville.

Le GRNC 3 étudie la variabilité de la dose en fonction des données présentées dans les deux tableaux ci-dessus (cf. paragraphe IV.6.1).

IV.5 Voies d'exposition

La COGEMA a pris en compte cinq voies d'exposition pour son évaluation d'impact dosimétrique des rejets d'effluents radioactifs liquides et gazeux :

1. Ingestion de produits terrestres contaminés par les rejets gazeux
2. Ingestion de produits marins contaminés par les rejets liquides
3. Inhalation des rejets gazeux (panache et dépôts remis en suspension)
4. Exposition externe au dépôt et au panache (rejets gazeux)
5. Exposition externe aux sédiments fixés sur les engins de pêche (rejets liquides)

Le GRNC 1 avait pris en compte 12 voies d'exposition :

1. Ingestion de produits terrestres contaminés par les rejets gazeux
2. Ingestion de produits terrestres contaminés par les embruns

¹¹ CREDOC [Dufour 1998]

¹² Enquête de Flamanville [Mathieu 1978], sauf pour le cidre (100 % par défaut de valeur dans la littérature), les produits laitiers et les mollusques (CREDOC [Dufour 1998])

3. Ingestion de produits terrestres contaminés par l'épandage d'algues
4. Ingestion de produits marins contaminés par les rejets liquides
5. Inhalation des rejets gazeux (panache et dépôts remis en suspension)
6. Inhalation des embruns
7. Exposition externe au dépôt et au panache (rejets gazeux)
8. Exposition externe au dépôt et au panache (embruns)
9. Exposition externe au sable des plages et par immersion dans l'eau
10. Ingestion par inadvertance de sol contaminé par les rejets gazeux
11. Ingestion par inadvertance de sol contaminé par les embruns et l'épandage (rejets liquides)
12. Ingestion par inadvertance de sable et d'eau de mer

Le tableau ci-dessous indique les voies d'exposition prises en compte pour chaque groupe de population sélectionné par le GRNC 1.

Tableau XII : Voies d'exposition prises en compte pour chacun des calculs du GRNC 1

	Digulleville	Goury	1500 m	Huquets	Pont Durand	Moyen
Exposition associée aux rejets liquides en mer	x	x	x	x	x	x
ingestion de produits marins	x	x	x	x	x	x
exposition externe aux sédiments	x	x	x	x	x	x
ingestion sable, eau de mer			x	x	x	x
exposition aux embruns	x	x	x	x	x	x
épandage d'algues	x		x		x	x
Exposition associée aux rejets atmosphériques	x	x	x	x	x	x
ingestion de produits terrestres	x	x	x	x	x	x
ingestion de sol			x	x	x	x
inhalation du panache	x	x	x	x	x	x
remise en suspension	x	x	x	x	x	x
exposition externe panache	x	x	x	x	x	x
exposition externe dépôt	x	x	x	x	x	x

Le GRNC 3 retient les voies d'exposition du GRNC 1 pour chaque groupe de population.

IV.6 Présentation des calculs réalisés par le GRNC 3 et des résultats

Le détail des doses par voie d'exposition est donné pour chaque calcul, afin d'illustrer la contribution de ces voies à la dose totale.

Les calculs de dose présentés au paragraphe IV.6.1 « calculs de doses « Variabilité » », illustrent la variabilité de la dose en fonction de la définition des individus cibles retenus par le GRNC 3 (localisation, voies d'exposition, rations alimentaires ...).

Les calculs présentés au paragraphe IV.6.2 « calculs de doses « Terme source » », reprennent les données présentées au chapitre « Terme source ». Il s'agit en effet d'estimer :

- l'impact du terme source exhaustif du GRNC 3, par rapport au terme source plus restreint de COGEMA, sur la dose totale (cf. paragraphe IV.6.2.1). Dans le le volume

3 des rapports détaillés est présentée la contribution à la dose totale de chaque radionucléide de la liste du GRNC 3 pour un rejet unitaire de 1Bq/an et pour un adulte résidant dans le canton de Beaumont-Hague,

- et l'impact de la prise en compte ou non, des rejets passés, sur la dose totale (cf. paragraphe IV.6.2.2).

Les calculs de dose présentés au paragraphe IV.6.3 « calculs de doses « Mesures » », sont basés sur les données présentées au chapitre « Mesures ». Il s'agit de prendre en compte dans l'évaluation de l'impact radiologique, des niveaux d'activité estimés à partir de résultats de mesures.

IV.6.1 Calculs de doses « Variabilité »

Le GRNC 3 a estimé les doses reçues par les six groupes d'individus définis au paragraphe IV.3.

Le paragraphe suivant présente les résultats obtenus pour les deux groupes de référence de COGEMA. Les résultats obtenus par le GRNC 3 sont comparés à ceux de l'exploitant.

Le paragraphe IV.6.1.2.1 présente, quant à lui, les doses estimées par le GRNC 3 pour les quatre scénarios « chroniques » définis par le GRNC 1. Deux calculs sont réalisés pour chacun des scénarios, le premier calcul à partir de l'enquête alimentaire sélectionnée par le GRNC 1 [Mathieu 1978], le second calcul à partir de l'enquête plus récente du CREDOC [Dufour 1998].

Enfin, le paragraphe IV.6.1.2.2 présente trois scénarios pour lesquels l'hypothèse de 100 % d'autoconsommation est prise en compte. Il est à noter que ces scénarios ne font pas l'unanimité au sein du GRNC 3.

IV.6.1.1 Groupes de référence

Les jeux de données sont ceux définis par le GRNC 1 pour les deux groupes de référence proposés par COGEMA, c'est à dire les pêcheurs résidant à Goury et les adultes habitant à Digulleville. Les résultats obtenus à partir du terme source reconstitué par le GRNC 3 et du logiciel ACADIE, sont comparés à ceux indiqués par COGEMA dans son rapport 2003.

- **Pêcheurs vivant à Goury**

Tableau XIII : Doses reçues par les pêcheurs vivant à Goury

GOURY	2003 (Sv)
Ingestion de produits terrestres (Rejets gazeux)	$2,63.10^{-7}$
Ingestion de sol par inadvertance (Rejets gazeux)	-
Exposition externe (Rejets gazeux)	$1,13.10^{-6}$
Inhalation (Rejets gazeux)	$3,24.10^{-9}$
Ingestion de produits terrestres (Rejets liquides)	$1,08.10^{-7}$
Ingestion de produits marins (Rejets liquides)	$2,96.10^{-6}$
Ingestion par inadvertance (Rejets liquides)	-
Exposition externe (Rejets liquides)	$1,71.10^{-8}$
Inhalation (Rejets liquides)	$3,63.10^{-9}$
Somme	$4,48.10^{-6}$

Ces résultats sont cohérents avec ceux de l'exploitant. En effet, la dose totale estimée par COGEMA est de l'ordre de 5 μ Sv, soit du même ordre de grandeur que celle estimée par le GRNC 3.

- **Adultes résidant dans la commune de Digulleville**

Tableau XIV : Doses reçues par les habitants de Digulleville

DIGULLEVILLE	2003 (Sv)
Ingestion de produits terrestres (Rejets gazeux)	2,72.10⁻⁶
Ingestion de sol par inadvertance (Rejets gazeux)	-
Exposition externe (Rejets gazeux)	5,30.10⁻⁶
Inhalation (Rejets gazeux)	1,55.10 ⁻⁸
Ingestion de produits terrestres (Rejets liquides)	2,61.10 ⁻⁷
Ingestion de produits marins (Rejets liquides)	5,55.10 ⁻⁷
Ingestion par inadvertance (Rejets liquides)	-
Exposition externe (Rejets liquides)	1,87.10 ⁻⁸
Inhalation (Rejets liquides)	3,35.10 ⁻⁹
Somme	8,87.10⁻⁶

Ces résultats sont cohérents avec ceux de l'exploitant. En effet, la dose totale estimée par COGEMA est de l'ordre de 8 μ Sv, soit du même ordre de grandeur que celle estimée par le GRNC 3.

IV.6.1.2 Scénarios

Ces scénarios sont regroupés en deux catégories, les scénarios chroniques du GRNC 1 et les scénarios particuliers du GRNC 3.

IV.6.1.2.1 Scénarios chroniques définis par le GRNC 1

Les rations alimentaires, définies par le GRNC 1 pour ces quatre scénarios, sont issues de l'enquête de Flamanville. Cette enquête (1978) est représentative de la période étudiée par le GRNC 1 (1966 à 1996). Dans le cadre de l'analyse du dossier 2003 de COGEMA, le GRNC 3 a estimé les conséquences en termes de dose, de la prise en compte de l'enquête plus récente du CREDOC (1998). Les résultats obtenus sont comparés dans les tableaux ci-dessous.

- **Agriculteurs habitant et cultivant leurs champs dans une zone située à moins de 1500 m des émissaires de rejet dans l'atmosphère**

Tableau XV : Doses reçues par les agriculteurs résidant à moins de 1500 m du point de rejet

Hameau situé à moins de 1500 m du point de rejet	Dose 2003 (Sv) Rations issues de l'enquête Flamanville	Dose 2003 (Sv) Rations issues de l'enquête CREDOC
Ingestion de produits terrestres (Rejets gazeux)	$1,78.10^{-5}$	$5,32.10^{-6}$
Ingestion de sol par inadvertance (Rejets gazeux)	$1,81.10^{-10}$	$1,81.10^{-10}$
Exposition externe (Rejets gazeux)	$1,05.10^{-5}$	$1,05.10^{-5}$
Inhalation (Rejets gazeux)	$3,32.10^{-8}$	$3,32.10^{-8}$
Ingestion de produits terrestres (Rejets liquides)	$1,57.10^{-6}$	$2,69.10^{-7}$
Ingestion de produits marins (Rejets liquides)	$8,73.10^{-7}$	$5,55.10^{-7}$
Ingestion par inadvertance (Rejets liquides)	$1,27.10^{-10}$	$1,27.10^{-10}$
Exposition externe (Rejets liquides)	$1,33.10^{-7}$	$1,33.10^{-7}$
Inhalation (Rejets liquides)	$1,47.10^{-8}$	$1,47.10^{-8}$
Somme	$3,15.10^{-5}$	$1,68.10^{-5}$

La dose totale reçue par les agriculteurs résidant à moins de 1500 m du point de rejet est de l'ordre de 31,5 μ Sv pour la ration alimentaire retenue par le GRNC 1 [Mathieu 1978] et de l'ordre de 17 μ Sv pour la ration alimentaire retenue par le GRNC 3 [Dufour 1998], soit une dose 1,9 fois plus faible.

- **Agriculteurs habitant et cultivant leurs champs au Pont-Durand**

Tableau XVI : Doses reçues par les agriculteurs habitant et cultivant leurs champs au Pont-Durand

PONT-DURAND	Dose 2003 (Sv) Rations issues de l'enquête Flamanville	Dose 2003 (Sv) Rations issues de l'enquête CREDOC
Ingestion de produits terrestres (Rejets gazeux)	$3,95.10^{-5}$	$1,16.10^{-5}$
Ingestion de sol par inadvertance (Rejets gazeux)	$1,12.10^{-9}$	$1,12.10^{-9}$
Exposition externe (Rejets gazeux)	$2,23.10^{-5}$	$2,23.10^{-5}$
Inhalation (Rejets gazeux)	$7,20.10^{-8}$	$7,20.10^{-8}$
Ingestion de produits terrestres (Rejets liquides)	$1,57.10^{-6}$	$2,69.10^{-7}$
Ingestion de produits marins (Rejets liquides)	$8,73.10^{-7}$	$5,55.10^{-7}$
Ingestion par inadvertance (Rejets liquides)	$1,27.10^{-10}$	$1,27.10^{-10}$
Exposition externe (Rejets liquides)	$1,33.10^{-7}$	$1,33.10^{-7}$
Inhalation (Rejets liquides)	$1,47.10^{-8}$	$1,47.10^{-8}$
Somme	$6,45.10^{-5}$	$3,49.10^{-5}$

La dose totale reçue par les agriculteurs habitant et cultivant leurs champs au Pont-Durand est de l'ordre de 64,5 μ Sv pour la ration alimentaire retenue par le GRNC 1 [Mathieu 1978] et de l'ordre de 35 μ Sv pour la ration alimentaire retenue par le GRNC 3 [Dufour 1998], soit une dose 1,9 fois plus faible.

- **Pêcheurs de la zone des Huquets**

Tableau XVII : Doses reçues par les pêcheurs des Huquets

HUQUETS	Dose 2003 (Sv) Rations issues de l'enquête Flamanville	Dose 2003 (Sv) Rations issues de l'enquête CREDOC
Ingestion de produits terrestres (Rejets gazeux)	$8,80 \cdot 10^{-7}$	$2,63 \cdot 10^{-7}$
Ingestion de sol par inadvertance (Rejets gazeux)	$1,67 \cdot 10^{-10}$	$1,67 \cdot 10^{-10}$
Exposition externe (Rejets gazeux)	$1,13 \cdot 10^{-6}$	$1,13 \cdot 10^{-6}$
Inhalation (Rejets gazeux)	$3,55 \cdot 10^{-9}$	$3,55 \cdot 10^{-9}$
Ingestion de produits terrestres (Rejets liquides)	$7,50 \cdot 10^{-7}$	$3,37 \cdot 10^{-8}$
Ingestion de produits marins (Rejets liquides)	$1,73 \cdot 10^{-5}$	$1,33 \cdot 10^{-5}$
Ingestion par inadvertance (Rejets liquides)	$3,04 \cdot 10^{-9}$	$3,04 \cdot 10^{-9}$
Exposition externe (Rejets liquides)	$2,88 \cdot 10^{-7}$	$2,88 \cdot 10^{-7}$
Inhalation (Rejets liquides)	$1,79 \cdot 10^{-8}$	$1,79 \cdot 10^{-8}$
Somme	$2,04 \cdot 10^{-5}$	$1,50 \cdot 10^{-5}$

La dose totale reçue par les pêcheurs des Huquets est de l'ordre de 20 μ Sv pour la ration alimentaire retenue par le GRNC 1 [Mathieu 1978] et de l'ordre de 15 μ Sv pour la ration alimentaire retenue par le GRNC 3 [Dufour 1998], soit une dose 1,4 fois plus faible.

- **Adultes résidant dans le canton de Beaumont Hague**

Tableau XVIII : Doses les adultes résidant dans le canton de Beaumont Hague

CANTON DE BEAUMONT HAGUE	Dose 2003 (Sv) Rations issues de l'enquête Flamanville	Dose 2003 (Sv) Rations issues de l'enquête CREDOC
Ingestion de produits terrestres (Rejets gazeux)	$1,92 \cdot 10^{-6}$	$1,23 \cdot 10^{-6}$
Ingestion de sol par inadvertance (Rejets gazeux)	$4,09 \cdot 10^{-10}$	$4,09 \cdot 10^{-10}$
Exposition externe (Rejets gazeux)	$2,45 \cdot 10^{-6}$	$2,45 \cdot 10^{-6}$
Inhalation (Rejets gazeux)	$6,16 \cdot 10^{-9}$	$6,16 \cdot 10^{-9}$
Ingestion de produits terrestres (Rejets liquides)	$6,35 \cdot 10^{-7}$	$2,84 \cdot 10^{-7}$
Ingestion de produits marins (Rejets liquides)	$9,47 \cdot 10^{-7}$	$6,02 \cdot 10^{-7}$
Ingestion par inadvertance (Rejets liquides)	$6,75 \cdot 10^{-10}$	$6,75 \cdot 10^{-10}$
Exposition externe (Rejets liquides)	$6,39 \cdot 10^{-8}$	$6,39 \cdot 10^{-8}$
Inhalation (Rejets liquides)	$3,16 \cdot 10^{-9}$	$3,16 \cdot 10^{-9}$
Somme	$6,03 \cdot 10^{-6}$	$4,64 \cdot 10^{-6}$

La dose totale reçue par les adultes résidant dans le canton de Beaumont Hague est de l'ordre de 6 μ Sv pour la ration alimentaire retenue par le GRNC 1 [Mathieu 1978] et de l'ordre de 35 μ Sv pour la ration alimentaire retenue par le GRNC 3 [Dufour 1998], soit une dose 1,3 fois plus faible.

IV.6.1.2.2 Scénarios particuliers définis par le GRNC 3

Plusieurs membres du GRNC 3 ont souhaité que soient ajoutés deux scénarios à ceux du GRNC 1. Ainsi, pour les deux groupes de référence de COGEMA, les taux d'autoconsommation ont été modifiés :

- pour Digulleville, le taux d'autoconsommation relatif aux aliments d'origine terrestre est pris égal à 1,

- pour Goury, le taux d'autoconsommation relatif aux aliments d'origine marine est pris égal à 1.

Les résultats obtenus sont présentés dans les tableaux ci-dessous.

Tableau XIX : Doses reçues par les pêcheurs vivant à Goury

GOURY	Dose 2003 (Sv) Autoconsommation GRNC 1	Dose 2003 (Sv) Autoconsommation de 100 % pour les produits marins
Ingestion de produits terrestres (Rejets gazeux)	$2,63.10^{-7}$	$2,63.10^{-7}$
Ingestion de sol par inadvertance (Rejets gazeux)	-	-
Exposition externe (Rejets gazeux)	$1,13.10^{-6}$	$1,13.10^{-6}$
Inhalation (Rejets gazeux)	$3,24.10^{-9}$	$3,24.10^{-9}$
Ingestion de produits terrestres (Rejets liquides)	$1,08.10^{-7}$	$1,08.10^{-7}$
Ingestion de produits marins (Rejets liquides)	$2,96.10^{-6}$	$5,16.10^{-6}$
Ingestion par inadvertance (Rejets liquides)	-	-
Exposition externe (Rejets liquides)	$1,71.10^{-8}$	$1,71.10^{-8}$
Inhalation (Rejets liquides)	$3,63.10^{-9}$	$3,63.10^{-9}$
Somme	$4,48.10^{-6}$	$6,68.10^{-6}$

Seule la voie ingestion de produits marins est impactée par cette modification. La dose associée à cette voie d'exposition est augmentée d'environ un facteur 1,7.

La dose totale est de l'ordre de 6,7 μ Sv, soit une augmentation de l'ordre de 49 %.

- **Adultes résidant dans la commune de Digulleville**

Tableau XX : Doses reçues par les habitants de Digulleville

DIGULLEVILLE	Dose 2003 (Sv) Autoconsommation GRNC 1	Dose 2003 (Sv) Autoconsommation de 100 % pour les produits terrestres
Ingestion de produits terrestres (Rejets gazeux)	$2,72.10^{-6}$	$9,12.10^{-6}$
Ingestion de sol par inadvertance (Rejets gazeux)	-	-
Exposition externe (Rejets gazeux)	$5,30.10^{-6}$	$5,30.10^{-6}$
Inhalation (Rejets gazeux)	$1,55.10^{-8}$	$1,55.10^{-8}$
Ingestion de produits terrestres (Rejets liquides)	$2,61.10^{-7}$	$8,76.10^{-7}$
Ingestion de produits marins (Rejets liquides)	$5,55.10^{-7}$	$5,55.10^{-7}$
Ingestion par inadvertance (Rejets liquides)	-	-
Exposition externe (Rejets liquides)	$1,87.10^{-8}$	$1,87.10^{-8}$
Inhalation (Rejets liquides)	$3,35.10^{-9}$	$3,35.10^{-9}$
Somme	$8,87.10^{-6}$	$1,59.10^{-5}$

Seule la voie ingestion de produits terrestres est impactée par cette modification. La dose associée à cette voie d'exposition est augmentée d'environ un facteur 3,4.

La dose totale est de l'ordre de 16 μ Sv, soit une augmentation de l'ordre de 79 %.

IV.6.2 Calculs de doses « Terme source »

IV.6.2.1 Variabilité en fonction de la liste de radionucléides retenue

Le tableau ci-dessous présente les résultats obtenus (Sv) à partir du logiciel ACADIE, pour un adulte résidant dans le canton de Beaumont-Hague et pour deux termes source différents : celui exhaustif du GRNC 3 et celui plus restreint de COGEMA (volume 1 des rapports détaillés).

Tableau XXI : Doses reçues par un adulte résidant dans le canton de Beaumont-Hague – comparaison des termes source du GRNC 3 et de COGEMA –

CANTON DE BEAUMONT HAGUE – Dose (Sv)	Dose 2003 (Sv) Terme source GRNC 3	Dose 2003 (Sv) Terme source COGEMA
Ingestion de produits terrestres (Rejets gazeux)	$1,23.10^{-6}$	$1,23.10^{-6}$
Ingestion de sol par inadvertance (Rejets gazeux)	$4,09.10^{-10}$	$4,09.10^{-10}$
Exposition externe (Rejets gazeux)	$2,45.10^{-6}$	$2,45.10^{-6}$
Inhalation (Rejets gazeux)	$6,16.10^{-9}$	$6,14.10^{-9}$
Ingestion de produits terrestres (Rejets liquides)	$2,84.10^{-7}$	$2,83.10^{-7}$
Ingestion de produits marins (Rejets liquides)	$6,02.10^{-7}$	$5,76.10^{-7}$
Ingestion par inadvertance (Rejets liquides)	$6,75.10^{-10}$	$6,59.10^{-10}$
Exposition externe (Rejets liquides)	$6,39.10^{-8}$	$6,57.10^{-8}$
Inhalation (Rejets liquides)	$3,16.10^{-9}$	$3,09.10^{-9}$
Somme	$4,64.10^{-6}$	$4,61.10^{-6}$

L'écart observé entre les doses totales estimées à partir du terme source du GRNC 3 et celui de COGEMA est inférieur à 1 %.

La même comparaison a été menée pour les deux groupes de référence de COGEMA. Les résultats obtenus sont détaillés dans les deux tableaux ci-dessous.

Tableau XXII : Doses reçues par les pêcheurs vivant à Goury – comparaison des termes source du GRNC 3 et de COGEMA –

GOURY	Dose 2003 (Sv) Terme source GRNC 3	Dose 2003 (Sv) Terme source COGEMA
Ingestion de produits terrestres (Rejets gazeux)	$2,63.10^{-7}$	$2,63.10^{-7}$
Ingestion de sol par inadvertance (Rejets gazeux)	-	-
Exposition externe (Rejets gazeux)	$1,13.10^{-6}$	$1,13.10^{-6}$
Inhalation (Rejets gazeux)	$3,24.10^{-9}$	$3,23.10^{-9}$
Ingestion de produits terrestres (Rejets liquides)	$1,08.10^{-7}$	$1,08.10^{-7}$
Ingestion de produits marins (Rejets liquides)	$2,96.10^{-6}$	$2,85.10^{-6}$
Ingestion par inadvertance (Rejets liquides)	-	-
Exposition externe (Rejets liquides)	$1,71.10^{-8}$	$1,71.10^{-8}$
Inhalation (Rejets liquides)	$3,63.10^{-9}$	$3,56.10^{-9}$
Somme	$4,48.10^{-6}$	$4,37.10^{-6}$

L'écart observé entre les doses totales estimées à partir du terme source du GRNC 3 et celui de COGEMA est inférieur à 3 %.

**Tableau XXIII : Doses reçues par les adultes vivant à Digulleville
– comparaison des termes source du GRNC 3 et de COGEMA –**

DIGULLEVILLE	Dose 2003 (Sv) Terme source GRNC 3	Dose 2003 (Sv) Terme source COGEMA
Ingestion de produits terrestres (Rejets gazeux)	$2,72 \cdot 10^{-6}$	$2,72 \cdot 10^{-6}$
Ingestion de sol par inadvertance (Rejets gazeux)	-	-
Exposition externe (Rejets gazeux)	$5,30 \cdot 10^{-6}$	$5,30 \cdot 10^{-6}$
Inhalation (Rejets gazeux)	$1,55 \cdot 10^{-8}$	$1,55 \cdot 10^{-8}$
Ingestion de produits terrestres (Rejets liquides)	$2,61 \cdot 10^{-7}$	$2,61 \cdot 10^{-7}$
Ingestion de produits marins (Rejets liquides)	$5,55 \cdot 10^{-7}$	$5,31 \cdot 10^{-7}$
Ingestion par inadvertance (Rejets liquides)	-	-
Exposition externe (Rejets liquides)	$1,87 \cdot 10^{-8}$	$1,86 \cdot 10^{-8}$
Inhalation (Rejets liquides)	$3,35 \cdot 10^{-9}$	$3,28 \cdot 10^{-9}$
Somme	$8,87 \cdot 10^{-6}$	$8,85 \cdot 10^{-6}$

L'écart observé entre les doses totales estimées à partir du terme source du GRNC 3 et celui de COGEMA est inférieur à 1 %.

Pour l'année 2003, la reconstitution d'un terme source détaillé selon la méthodologie du GRNC 1, n'a donc pas d'impact en terme de dose.

IV.6.2.2 Variabilité en fonction de la période de rejets considérée

Le tableau ci-dessous présente les résultats obtenus par le GRNC 3 en prenant en compte l'impact des rejets passés (1966 à 2002) ou uniquement l'année 2003. L'individu cible est l'adulte résidant dans le canton de Beaumont-Hague.

Tableau XXIV : Doses reçues par un adulte résidant dans le canton de Beaumont-Hague – Terme source du GRNC 3

CANTON DE BEAUMONT HAGUE	Dose 2003 (Sv) Rejets de 1966 à 2003	Dose 2003 (Sv) Rejets de l'année 2003
Ingestion de produits terrestres (Rejets gazeux)	$1,23 \cdot 10^{-6}$	$1,22 \cdot 10^{-6}$
Ingestion de sol par inadvertance (Rejets gazeux)	$4,09 \cdot 10^{-11}$	$2,10 \cdot 10^{-12}$
Exposition externe (Rejets gazeux)	$2,45 \cdot 10^{-6}$	$2,44 \cdot 10^{-6}$
Inhalation (Rejets gazeux)	$6,16 \cdot 10^{-9}$	$6,06 \cdot 10^{-9}$
Ingestion de produits terrestres (Rejets liquides)	$2,84 \cdot 10^{-7}$	$7,51 \cdot 10^{-8}$
Ingestion de produits marins (Rejets liquides)	$6,02 \cdot 10^{-7}$	$6,02 \cdot 10^{-7}$
Ingestion par inadvertance (Rejets liquides)	$6,75 \cdot 10^{-10}$	$1,29 \cdot 10^{-10}$
Exposition externe (Rejets liquides)	$6,39 \cdot 10^{-8}$	$5,18 \cdot 10^{-8}$
Inhalation (Rejets liquides)	$3,16 \cdot 10^{-9}$	$1,12 \cdot 10^{-10}$
Somme	$4,64 \cdot 10^{-6}$	$4,40 \cdot 10^{-6}$

L'écart observé entre les doses totales est de l'ordre de 5 %

La prise en compte des rejets passés, se traduit par une augmentation de la dose totale due aux rejets de 2003 uniquement, de moins de 0,3 μ Sv.

La prise en compte des rejets passés n'a d'incidence que sur les doses dues aux rejets gazeux. En effet, dans la modélisation, la prise en compte des rejets passés se traduit par l'estimation de l'accumulation des radionucléides dans le sol.

Une deuxième comparaison a été effectuée pour l'individu cible dont la dose liée aux rejets gazeux est la plus élevée ; l'agriculteur résidant au Pont-Durand.

**Tableau XXV : Doses reçues par un agriculteur résidant au Pont-Durand
rejets de 1966 à 2003**

PONT-DURAND– TS GRNC 3 – Doses (Sv)	Dose 2003 (Sv) Rejets de 1966 à 2003	Dose 2003 (Sv) Rejets de l'année 2003
Ingestion de produits terrestres (Rejets gazeux)	$1,16.10^{-5}$	$1,13.10^{-5}$
Ingestion de sol par inadvertance (Rejets gazeux)	$1,12.10^{-9}$	$5,74.10^{-11}$
Exposition externe (Rejets gazeux)	$2,23.10^{-5}$	$2,20.10^{-5}$
Inhalation (Rejets gazeux)	$7,20.10^{-8}$	$6,87.10^{-8}$
Ingestion de produits terrestres (Rejets liquides)	$2,69.10^{-7}$	$7,24.10^{-8}$
Ingestion de produits marins (Rejets liquides)	$5,55.10^{-7}$	$5,55.10^{-7}$
Ingestion par inadvertance (Rejets liquides)	$1,27.10^{-10}$	$1,13.10^{-10}$
Exposition externe (Rejets liquides)	$1,33.10^{-7}$	$5,10.10^{-8}$
Inhalation (Rejets liquides)	$1,47.10^{-8}$	$5,16.10^{-10}$
Somme	$3,49.10^{-5}$	$3,40.10^{-5}$

L'écart observé entre les doses totales est inférieur à 3 %.

La prise en compte des rejets passés, se traduit par une augmentation de la dose totale due aux rejets de 2003 uniquement, de moins de 0,1 µSv.

Pour l'année 2003, la prise en compte de l'accumulation de la radioactivité dans le sol depuis 1966 (date du premier rejet dans l'environnement de l'usine COGEMA la Hague), n'a donc pas d'impact en terme de dose.

IV.6.3 Calculs de doses « Mesures »

Ces calculs ont pour objectif la comparaison de doses obtenues à partir des activités des effluents rejetés et à partir des activités mesurées dans l'environnement

Deux comparaisons ont été menées par le GRNC 3. La première concerne la dose « liquide » reçue par le pêcheur de Goury, la seconde la dose « atmosphérique » reçue par l'adulte résidant dans le canton de Beaumont Hague.

Le principe de cette comparaison est de remplacer, les activités dans l'environnement calculées par modélisation, par les résultats de mesure.

Ces résultats de mesure sont les moyennes annuelles estimées par le GRNC 3 à partir des résultats de mesure supérieurs à la limite de détection.

IV.6.3.1 Goury

Les mesures prises en compte concernent uniquement la zone de dilution 1.

Les radionucléides mesurés sont : le C-14, le Co-60, le Ru-106, l'I-129, le Cs-137, les Pu-238, 239, 240 et 241 et l'Am-241.

Les compartiments de l'environnement concernés sont : les poissons, les mollusques et les crustacés.

Le tableau ci-dessous présente les résultats de la confrontation modèle/mesures, obtenus pour ces trois compartiments et la zone de dilution 1 (volume 2 des rapports détaillés).

Tableau XXVI : Milieu marin - rapports modèle/mesure pour les poissons, mollusques et crustacés et pour la zone de dilution 1 (Goury)

	Zone de dilution 1 (0,76 Bq.m ⁻³ pour 1 TBq rejeté par an)		
	Rapport activité calculée/activité mesurée		
Radionucléides	Poissons	Mollusques	Crustacés
14C		1,34	
60Co	0,56	5,38	1,46
106Ru+Rh		4,53	0,54
129I	0,03	0,28	0,08
137Cs	0,45	0,61	0,55
238Pu		1,61	
239+240Pu		0,36	
241Pu		1,24	
241Am		0,13	

Ce tableau met en évidence des écarts significatifs entre le modèle et la mesure. Pour l'I-129, par exemple, l'activité calculée pour les poissons est inférieure d'un facteur 50 à la moyenne des résultats de mesure significatifs. Il s'agit alors d'estimer l'impact de ces écarts sur la dose totale.

Le tableau ci-dessous présente les résultats obtenus en terme de dose pour l'année 2003 à partir des activités calculées uniquement (dose « modélisation ») et en intégrant les résultats de mesure (dose « mesure »). La contribution à la dose totale est également présentée.

Tableau XXVII : Comparaison des doses « modélisation » et « mesure » et contributions à la dose totale

Radionucléides	Dose « modélisation » 2003 (µSv)	Contribution à la dose due aux rejets d'effluents liquides (%)	Dose « mesure » 2003 (µSv)	Contribution à la dose due aux rejets d'effluents liquides (%)	Rapport Dose 2003 « mesure » / dose 2003 « modélisation »
14C	1,36	44	1,07	13	0,79
60Co	0,28	9	0,18	2	0,64
106Ru+Rh	0,46	15	0,45	5	0,98
129I	0,55	18	6,42	75	11,67
137Cs	0,03	<1	0,05	<1	1,67
238Pu	0,09	3	0,05	<1	0,56
239+240Pu	0,02	<1	0,05	<1	2,50
241Pu	0,05	2	0,03	<1	0,60
241Am	0,03	<1	0,1	1	3,33
Dose due à l'ingestion de produits marins	2,98		8,51		2,86
Dose due aux rejets d'effluents liquides	3,08		8,51		2,76
Dose totale due aux rejets d'effluents liquides et gazeux	4,5		9,9		2,20

La prise en compte dans l'estimation des doses, des moyennes de résultats de mesure supérieurs à la limite de détection a pour conséquence d'augmenter la dose totale d'environ un facteur 2. La dose « mesure » en 2003, est de l'ordre de 10 μ Sv.

IV.6.3.2 Le canton de Beaumont-Hague

Les mesures prises en compte concernent uniquement le canton de Beaumont Hague.

Les radionucléides mesurés sont : le H-3, le C-14, le Sr-90, l'I-129 et le Cs-137.

Les compartiments de l'environnement concernés sont : le lait, les légumes, la viande.

Le tableau ci-dessous présente les résultats de la confrontation modèle/mesures, obtenus pour ces trois matrices et le canton de Beaumont Hague (volume 2 des rapports détaillés).

Tableau XXVIII : Milieu terrestre - synthèse des rapports modèle/mesure de différentes matrices pour le canton de Beaumont Hague

Radionucléides	Rapport modèle/mesures		
	Lait	Légumes	Viandes
3H	0,42	6,09	1,72
14C*			
14C**	0,50	0,59	9,47
54Mn			
90Sr	0,003		
60Co			
106Ru+Rh			
110mAg			
125Sb			
129I	0,11		
137Cs		0,01	
238Pu			
239+240Pu			
241Pu			
241Am			
244Cm			

14C* total

14C** en excès

Ce tableau met en évidence des écarts significatifs entre le modèle et la mesure, un ordre de grandeur pour l'I-129, deux ordres de grandeur pour le Cs-137 et trois pour le Sr-90. Il s'agit alors d'estimer l'impact de ces écarts sur la dose totale.

Le tableau ci-dessous présente les résultats obtenus en terme de dose pour l'année 2003 à partir des activités calculées uniquement (dose « modélisation ») et en intégrant les résultats de mesure (dose « mesure »). La contribution à la dose totale est également présentée.

Tableau XXIX : Comparaison des doses « modélisation » et « mesure » et contributions à la dose totale – année 2003

Radionucléides	Dose « modélisation » 2003 (µSv)	Contribution à la dose due aux rejets d'effluents gazeux (%)	Dose « mesure » 2003 (µSv)	Contribution à la dose due aux rejets d'effluents gazeux (%)	Rapport dose 2003 « mesure » / dose 2003 « modélisation »
3H	0,04	1,1	0,03	0,6	0,75
14C	1,42	38,6	0,55	10,8	0,39
90Sr	0,02	0,5	0,18	3,5	9,00
129I	0,38	10,3	1,86	36,5	4,89
137Cs	0,02	0,5	0,27	5,3	13,50
Dose due à l'ingestion de produits terrestres	1,51		2,93		1,94
Dose due aux rejets d'effluents gazeux	3,68		5,10		1,39
Dose totale due aux rejets d'effluents liquides et gazeux	4,64		6,06		1,31

La prise en compte dans l'estimation des doses, des moyennes de résultats de mesure supérieurs à la limite de détection, a pour conséquence d'augmenter la dose totale d'environ un facteur 1,3. La dose « mesure » en 2003, est de l'ordre de 6 µSv.

IV.7 Remarques générales sur les estimations de doses du GRNC 3

Le tableau ci-dessus récapitule les résultats des calculs de doses réalisés par le GRNC 3 pour différents scénarios d'exposition, pour un terme source aussi exhaustif que possible et pour 38 années de rejets.

Tableau XXX : Synthèse des calculs de doses réalisés par le GRNC 3

	Description	Doses 2003 (µSv)	Commentaires
Groupes de référence de COGEMA	Pêcheurs vivant à Goury	4,5	Résultats du GRNC 3 du même ordre de grandeur que ceux de COGEMA
	Adultes résidant à Digulleville	8,9	
Scénarios chroniques	Adultes « moyens » résidant dans le canton de Beaumont-Hague	4,6	Environ un facteur 4 entre la dose max groupe de référence de COGEMA et la dose max scénario chronique du GRNC 3
	Pêcheurs dans la zone des Huquets	15,0	
	Agriculteurs résidant à moins de 1 500 m du point de rejet	16,8	
	Agriculteurs du Pont-Durand	34,9	
Scénarios particuliers	Pêcheurs vivant à Goury 100 % d'autoconsommation pour les aliments marins	6,7	La dose totale est augmentée d'un facteur < 2
	Adultes résidant à Digulleville 100 % d'autoconsommation pour les aliments terrestres	15,9	
Doses terme source (TS)	TS COGEMA – TS GRNC 3	Même ordre de grandeur	Données ajoutées par le GRNC 3 par rapport aux données COGEMA, sans impact sur la dose totale 2003
	Avec et sans accumulation de la radioactivité dans le sol au cours du temps	Même ordre de grandeur	
Doses mesures (prise en compte des résultats de mesure dans l'estimation de doses)	Marin : Pêcheurs vivant à Goury	Augmentation d'un facteur 2	Cohérence entre les doses estimées à partir d'activités calculées et mesurées
	Terrestre : Adultes « moyens » résidant dans le canton de Beaumont-Hague	Augmentation d'un facteur 1,3	

Les doses estimées par le GRNC 3 pour l'année 2003 varient entre 4 et 35 µSv. La dose maximale est obtenue pour un agriculteur, travaillant et résidant au Pont-Durand. D'après les informations transmises au GRNC 3, cet individu est un individu hypothétique. En effet, l'agriculteur de Pont-Durand ne réside pas en ce lieu. Le calcul du GRNC 3 serait donc pénalisant.

Le GRNC 3 rappelle également que les deux scénarios prenant en compte un taux d'autoconsommation de 100 % pour certains aliments, ne font pas l'unanimité au sein du groupe. En effet, cette hypothèse n'est pas jugée réaliste par tous les participants à l'analyse. La dose maximale est obtenue pour l'adulte résidant à Digulleville (16 µSv).

Les résultats obtenus par le GRNC 3 et COGEMA pour les deux groupes de référence sont du même ordre de grandeur.

La reconstitution d'un terme source aussi exhaustif que possible et la prise en compte de la dose due aux rejets passés, ont un impact négligeable sur la dose totale calculée uniquement pour le rejet de l'année 2003 et à partir du terme source plus restreint de COGEMA.

Concernant le terme source, ce résultat démontre que les radionucléides faisant l'objet d'une surveillance réglementaire, sont bien les radionucléides contribuant majoritairement à la dose reçue par le public.

Concernant l'impact des rejets passés, cette conclusion est à prendre avec prudence. En effet, la version actuelle d'ACADIE ne prend pas en compte l'accumulation de la radioactivité dans les sédiments et la confrontation modèle/mesure semble mettre en évidence que l'activité due aux embruns calculée est sous-estimée. Cette conclusion pourrait donc être remise en cause si de nouvelles données à implémenter dans le code, étaient portées à la connaissance du GRNC 3.

V CONCLUSION GENERALE

Pour répondre à la mission qui lui est confiée par les autorités, le GRNC 3 a défini la méthodologie d'analyse des rapports annuels de surveillance de l'environnement de COGEMA-La-Hague.

D'un point de vue méthodologique, le GRNC 3 s'est appuyé sur les travaux du GRNC 1. Cependant, l'étude du GRNC 1 est une analyse rétrospective (1966-1996). Les niveaux d'activité des effluents, l'activité des différentes matrices de l'environnement, les habitudes de mode de vie, etc., sont susceptibles d'évoluer au cours du temps. Par exemple, le GRNC 3 a retenu les scénarios du GRNC 1 mais les rations alimentaires ont été modifiées afin de prendre en compte une enquête plus récente.

Le travail ainsi réalisé pourra être réutilisé pour l'analyse des futurs dossiers.

L'analyse critique du terme source est basée sur la notion de fonction de transfert (rapport de l'activité d'un radionucléide dans les rejets à l'activité dans les combustibles traités) définie par le GRNC 1. Or, la mise en œuvre de diverses activités d'assainissement (reprise des boues de la STE2, assainissements ou démantèlement de certains ateliers, etc.) peut induire des rejets d'effluents d'activités significatives, comparées à celles produites par le traitement de combustibles usés. Dans ce cas, l'usage de la fonction de transfert sera plus délicat si la part d'activité due à ces travaux d'assainissement n'est pas précisée. Cette analyse très détaillée a suscité de nombreuses questions transmises à COGEMA. Le traitement de ces demandes a nécessité du temps, aussi le GT Terme-source n'a pu analyser l'ensemble des réponses transmises par COGEMA dans les délais impartis. Une réunion technique a eu lieu le 6 juillet afin de finaliser cette analyse et de mettre à jour le présent avis. L'analyse des données transmises par COGEMA a permis de mettre en évidence une différence méthodologique qui explique bien la grande majorité des anomalies apparentes mises en évidence par le GRNC 3.

Concernant l'analyse des mesures, le GRNC 3 dénombre plus de 80 % de résultats de mesure inférieurs à la limite de détection (LD) en 2003 alors que le GRNC 1 pour la période étudiée (1966 à 1996) recensait de nombreux résultats supérieurs à la LD. La confrontation modèle/mesures réalisée pour 2003 montre qu'il y a une bonne adéquation entre les activités calculées par le modèle et celles mesurées. Aucun facteur correctif n'est donc introduit dans le modèle. Afin de faciliter l'analyse critique des mesures qui sera reproduite chaque année, le GRNC 3 recommande que les différents laboratoires fournissent leurs données selon un format identique figurant dans le volume 2 des rapports détaillés (sous réserve que cette mise en forme soit cohérente avec le format qui sera défini par le réseau national de mesure de la radioactivité de l'environnement). Le format des mesures est un sujet qui est abordé et traité dans le cadre du réseau national de mesure de la radioactivité de l'environnement qui se met en place actuellement (cf. l'arrêté du 17 octobre 2003).

Les estimations de doses du GRNC 3 pour les deux groupes de référence proposés par l'exploitant sont du même ordre de grandeur que celles figurant dans le rapport de surveillance de l'environnement de COGEMA-La-Hague 2003. Quatre scénarios chroniques et deux scénarios particuliers ont également été pris en compte par le GRNC 3. Les résultats obtenus varient de 4 μSv à 35 μSv . La dose maximale est obtenue pour un agriculteur, travaillant et résidant au lieu-dit Pont-Durand. D'après les informations transmises au

GRNC 3, il s'agit d'un individu hypothétique. En effet, il existe un agriculteur au Pont-Durand mais qui ne réside pas en ce lieu. Le calcul du GRNC 3 serait donc pénalisant.

L'intégration des données issues de l'analyse critique du terme source (liste de radionucléides la plus exhaustive possible et prise en compte des rejets depuis 1966) a un impact négligeable sur la dose totale calculée à partir du terme source plus restreint de COGEMA et sans prise en compte des rejets passés.

La prise en compte des activités mesurées dans les aliments à la place des activités calculées n'a pas d'incidence significative sur la dose totale.

BIBLIOGRAPHIE

AIEA, Sediments K_d s and Concentration Factors for Radionuclides in the Marine Environment, technical reports Series n°247, Vienne 1985.

COGEMA, rapport annuel de surveillance de l'environnement, 2004.

Dufour A, Enquête sur la consommation alimentaire dans le Nord-Cotentin pour la COGEMA, Centre de Recherche pour l'Etude et l'Observation des Conditions de vie, Paris, 1998.

Eckerman KF and Ryman JC, External exposure of radionuclides in air, water and soil, Federal Guidance Report 12, EPA Report 402-R-93-081, Washington, 1993.

Germain P, M. Masson, Etude du comportement des radionucléides rejetés dans l'environnement par l'usine de La Hague, rapport IPSN/DPRE/SERNAT/2002-02, Institut de Protection et de Sécurité Nucléaire, Fontenay-aux-Roses, février 2002.

Groupe Radioécologie Nord-Cotentin, Rapport de synthèse : Estimation des niveaux d'exposition aux rayonnements ionisants et des risques de leucémie associés de population du Nord-Cotentin, Institut de Protection et de Sécurité Nucléaire, Fontenay-aux-Roses, 1999.

Groupe Radioécologie Nord-Cotentin, Volume 1 : Inventaire des rejets radioactifs des installations nucléaires, Institut de Protection et de Sécurité Nucléaire, Fontenay-aux-Roses, 1999.

Groupe Radioécologie Nord-Cotentin, Volume 2 : Revue critique des mesures dans l'environnement, Institut de Protection et de Sécurité Nucléaire, Fontenay-aux-Roses, 1999.

Groupe Radioécologie Nord-Cotentin, Volume 3 : Modèles de transfert des radionucléides dans l'environnement, Institut de Protection et de Sécurité Nucléaire, Fontenay-aux-Roses, 1999.

Groupe Radioécologie Nord-Cotentin, Volume 4 : Estimation des doses et des risques de leucémies associés, Institut de Protection et de Sécurité Nucléaire, Fontenay-aux-Roses, 1999.

Groupe Radioécologie Nord-Cotentin 2^{ème} mission : Rapport de synthèse, Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire, Fontenay-aux-Roses, 2002.

IPSN, Bilan radioécologique décennal du Centre Nucléaire de Production d'Electricité de Paluel, 1995. Rapport SERE 97/001, 1997.

IPSN, Bilan radioécologique décennal du Centre Nucléaire de Production d'Electricité de Cattenom, 1997. Rapport SERE 98/011, 1998.

IPSN, Bilan radioécologique décennal du Centre Nucléaire de Production d'Electricité de Nogent-sur-Seine, 1997. Rapport SERE 98/022, 1998.

IPSN, Bilan radioécologique décennal du Centre Nucléaire de Production d'Electricité de Belleville, 1998. Rapport DPRE/SERNAT/2000-12, 2000.

IPSN, Bilan radioécologique décennal du Centre Nucléaire de Production d'Electricité du Bugey, 1999. Rapport DPRE/SERNAT/2001-29, 2001.

IPSN, Bilan radioécologique décennal du Centre Nucléaire de Production d'Electricité de Penly, 2000. Rapport DPRE/SERNAT/2001-44, 2001.

IRSN, Bilan radioécologique décennal du Centre Nucléaire de Production d'Electricité de Golfech, 2000. Rapport DEI/SESURE n° 2003-12, 2003.

IRSN, Bilan radioécologique décennal du Centre Nucléaire de Production d'Electricité de Dampierre-en-Burly, 2001. Rapport DEI/SESURE n° 2003-10, 2003.

Mathieu PY, Mathieu C, Etude du régime alimentaire des habitants de la région de Flamanville, Bureau d'étude de géographie et d'écologie appliquée, 1978.

Robinson CA, Memorandum – Generalised habit data for radiological assessments, NRPB M636, Chilton, 1996.

Ringard C., Réexamen des risques associés aux rejets de Cm-244 dans les effluents liquides de l'usine COGEMA La Hague, FT SEGR/SAER/03-49, Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, Fontenay-aux-Roses, 2003.

Ringard C., ACADIE, Application pour le Calcul de la Dose efficace Interne et Externe, Manuel utilisateur, GRNC 3, Rapport DRPH/SER/N°2005-15, Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, Fontenay-aux-Roses, 2005.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Bilan des rejets de COGEMA en 2003 et rappel des limites autorisées (TBq/an) _____	11
Tableau II : Terme source pris en compte par l'exploitant pour l'estimation de l'impact dosimétrique _____	12
Tableau III : Contribution de l'activité alpha due aux traitements de solvants dans l'usine UP2 400 à l'activité alpha totale reçue à STE3 _____	14
Tableau IV : Caractéristiques moyennes des combustibles retraités _____	15
Tableau V : Les variations significatives d'activité, des radionucléides émetteurs "bêta-gamma" et "alpha" dans le combustible, entre 1996 et 1997 _____	18
Tableau VI : Les variations d'activité, des radionucléides émetteurs "bêta-gamma" et "alpha" dans le combustible, entre 1996 et 1997 (calcul EC par EC) _____	19
Tableau VII : Milieu marin - synthèse des rapports modèle/mesure de différentes matrices pour la zone concernant le groupe de référence (dilution 1) _____	35
Tableau VIII : Milieu terrestre - synthèse des rapports modèle/mesure de différentes matrices pour le canton de Beaumont Hague _____	36
Tableau IX : Milieu terrestre - synthèse des rapports modèle/mesure pour le 85Kr dans l'air pour le canton de Beaumont-Hague _____	36
Tableau X : Quantités ingérées annuellement par les individus cible (kg/an) _____	40
Tableau XI : Taux d'autoconsommation (%) _____	41
Tableau XII : Voies d'exposition prises en compte pour chacun des calculs du GRNC 1 _____	42
Tableau XIII : Doses reçues par les pêcheurs vivant à Goury _____	43
Tableau XIV : Doses reçues par les habitants de Digulleville _____	44
Tableau XV : Doses reçues par les agriculteurs résidant à moins de 1500 m du point de rejet _____	45
Tableau XVI : Doses reçues par les agriculteurs habitant et cultivant leurs champs au Pont-Durand _____	45
Tableau XVII : Doses reçues par les pêcheurs des Huquets _____	46
Tableau XVIII : Doses les adultes résidant dans le canton de Beaumont Hague _____	46
Tableau XIX : Doses reçues par les pêcheurs vivant à Goury _____	47
Tableau XX : Doses reçues par les habitants de Digulleville _____	47
Tableau XXI : Doses reçues par un adulte résidant dans le canton de Beaumont-Hague – comparaison des terme source du GRNC 3 et de COGEMA – _____	48
Tableau XXII : Doses reçues par les pêcheurs vivant à Goury _____ – comparaison des terme source du GRNC 3 et de COGEMA – _____	48
Tableau XXIII : Doses reçues par les adultes vivant à Digulleville _____ – comparaison des terme source du GRNC 3 et de COGEMA – _____	49
Tableau XXIV : Doses reçues par un adulte résidant dans le canton de Beaumont-Hague – Terme source du GRNC 3 _____	49
Tableau XXV : Doses reçues par un agriculteur résidant au Pont-Durand _____ rejets de 1966 à 2003 _____	50
Tableau XXVI : Milieu marin - rapports modèle/mesure pour les poissons, mollusques et crustacés et pour la zone de dilution 1 (Goury) _____	51
Tableau XXVII : Comparaison des doses « modélisation » et « mesure » et contributions à la dose totale _____	51
Tableau XXVIII : Milieu terrestre - synthèse des rapports modèle/mesure de différentes matrices pour le canton de Beaumont Hague _____	52
Tableau XXIX : Comparaison des doses « modélisation » et « mesure » et contributions à la dose totale – année 2003 _____	53
Tableau XXX : Synthèse des calculs de doses réalisés par le GRNC 3 _____	54

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Comparaison du nombre de radionucléides pris en compte par le GRNC 1 et par COGEMA dans leurs estimations d'impact radiologique	9
Figure 2 : Comparaison des doses efficaces totales obtenues pour l'individu de la cohorte à partir du terme source de COGEMA et celui du GRNC 1	10
Figure 3 : Période de rejets prise en compte par le GRNC 3	11
Figure 4 : Facteurs de dilution	28
Figure 5 : Historique du logiciel ACADIE	37
Figure 6 : Résultats obtenus pour un coefficient de dose externe pour le Kr-85 issu de la publication « Federal Guidance »	38
Figure 7 : Résultats obtenus pour un coefficient de dose externe pour le Kr-85 issu de l'arrêté du 1^{er} septembre 2003	39

LISTE DES RAPPORTS DETAILLES JOINTS

Volume 1 : Analyse critique du terme source

Volume 2 : Détail de la comparaison modèle/mesures pour l'année 2003

Volume 3 : Calculs de doses - outils et résultats

ANNEXES

Annexe 1 : Lettre de mission

AUTORITE DE SURETE NUCLEAIRE

COURRIER - ARRIVEE
DPHD / SEGR
30 06 04 23186

Liberté - Egalité - Fraternité
REPUBLIQUE FRANÇAISE

DIRECTION GÉNÉRALE DE LA SÛRETÉ NUCLEAIRE ET DE LA RADIOPROTECTION

D.R.P.H.		
Circul	Visa	Date
	B	28/6
76		

Classement
GRNC

Copie
SER JB JA

IRSN DRPH
001228 28 JUN 2004

DIRECTION DE LA PREVENTION DES POLLUTIONS ET DES RISQUES

SER	
VISA	DATE
KL	30/6
ACTION	
WETP	
COPIES	
A.R.	
CLASSEMENT	

DGSNR/SD1/N° 351 / 2004
Affaire suivie par : Jacques Aguilar
Tél : 01.43.19.70.02 Fax : 01.43.19.70.27
Mel : jacques.aguilar@asn.minefi.gouv.fr

Madame Annie SUGIER
Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire
B.P. 6
92265 FONTENAY aux ROSES Cédex

Paris, le 24 JUN 2004

Madame,

Nous vous remercions de bien vouloir continuer à assurer la présidence du groupe de radioécologie du Nord-Cotentin.

L'article 32 de l'arrêté du 10 janvier 2003, autorisant COGEMA à poursuivre les prélèvements d'eau et les rejets d'effluents liquides et gazeux pour l'exploitation du site de La Hague, comporte la prescription suivante : « L'estimation des doses visées au point g ci-dessus est soumise à l'appréciation du groupe de radioécologie du Nord-Cotentin (GRNC), dont l'avis est rendu public et est présenté à la CSPI » (commission spéciale permanente d'information auprès du site de La Hague).

L'article 32 de l'arrêté précité précise le contenu du rapport annuel que l'exploitant doit présenter chaque année avant le 30 avril de l'année qui suit l'année décrite dans ce rapport et le point g de cet article concerne l'estimation, de façon aussi réaliste que possible, des doses reçues par la population du fait de l'activité exercée au cours de l'année écoulée.

Dans le cadre de l'article 32 précité, nous vous demandons de bien vouloir faire procéder à l'appréciation demandée par cet article et de nous faire part avant la fin de l'année en cours de votre avis sur l'estimation présentée par COGEMA. Il conviendra que vous présentiez l'avis du GRNC devant la CSPI comme cela est prescrit dans l'article 32.

Nous vous demandons également de bien vouloir procéder à cette évaluation pour les années suivantes dès réception du rapport annuel transmis par COGEMA.

Par ailleurs, la DGSNR assurera le financement des frais de déplacement des experts afin de permettre la réalisation des réunions.

<p>Le directeur général de la sûreté nucléaire et de la radioprotection</p> <p><i>A.C.</i></p> <p>A.C. LACOSTE</p>	<p>Le directeur de la prévention des pollutions et des risques</p> <p><i>T.</i></p> <p>T. TROUVÉ</p>
--	--

6, place du Colonel Bourgois - 75572 PARIS Cedex 12
19, route du Panorama - 92266 Fontenay aux Roses cedex

www.asn.gouv.fr

MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE, DES FINANCES ET DE L'INDUSTRIE - MINISTÈRE DÉLÉGUÉ À L'INDUSTRIE
MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DE LA PROTECTION SOCIALE - MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Copie : SR, JBP, DG
JCN, JC, PG

Annexe 2 : Composition du GRNC, groupe plénier et groupe de travail

Groupe plénier

NOMS	ADRESSES
Mme SUGIER Annie (Présidente) IRSN	DSDRE/MPP BP 17 92262 Fontenay-aux-Roses Cedex Tél. 01.58.35.83.36 Fax. 01.58.35.84.78
M AMIARD Jean-Claude CNRS	Chef du service d'Ecotoxicologie, CNRS DR2 Université de Nantes, ISOMER, SMAB 2 rue de la Houssinière BP 92208 44322 NANTES Cedex 3 Tél. : 02.51.12.56.76 - Fax : 02.51.12.56.77 e-mail : amiard@sante.univ-nantes.fr
M. BARBEY Pierre ACRO	138, rue de l'Eglise 14200 HEROUVILLE St CLAIR Tél. 02.31.94.35.34 (ACRO) - Fax 02 31 56 64 28 Tél : 02.31.56.54.17
M. BARON Yves GEA	IRSN 77-83, avenue du Général de Gaulle 92140 CLAMART
M. BENGTTSSON Gunnar Expert étranger	Luruddsvägen 32 SE- 17854 Ekerö Sweden Tél. 00 468 560 20276 gunnarbengt@telia.com
M. BOILLEY David ACRO	Boulevard Henri Becquerel BP 55027 14076 Caen Cedex 5 Tél. : 02.31.45.47.81
M. BRENOT Jean IRSN	DRPH/DIR BP 17 92262 Fontenay-aux-Roses Cedex Tél. 01.58.35.81.59 Fax. 01.46.54.46.10
M. CALMET Dominique CEA/DAM	Direction Matières Surveillance Environnement Bâtiment DAM BP 12 91680 Bruyères le Chatel Tél. 01.69.26.75.80 – Fax. 01.69.26.70.02
M. CHEVALIER Christian EDF	Attaché au Délégué d'Etat Major Environnement Division Production Nucléaire Branche Energies Site Cap Ampère 1 Place Pleyel 93282 Saint Denis Cedex Tél 01 43 69– Fax 01 43 69 christian.chevalier@edf.fr

M. CHINO Philippe	ANDRA	Chef de Service Biosphère et Environnement Direction Scientifique Parc de la Croix Blanche 1/7 rue Jean Monnet 92298 Chatenay-Malabry Tél. 01.46.11.80.12 – Fax 01.46.11.82.22
M. CROUAIL Pascal (Secrétaire)	CEPN	CEPN / FAR Tél. 01.46.54.74.60 – Fax 01.40.84.90.34
M. CORYN Pierre	IRSN	IRSN 77-83, avenue du Général de Gaulle 92140 CLAMART
Mme DECOBERT Véronique	COGEMA	Directeur Sûreté Santé Sécurité / Inspection Générale 2, rue Paul Dautier BP 4 78141 VELIZY Cedex Tél. 01.39.26.30.96 - Fax 01.39.39.26.27.30
Mme DELERY Laure	INERIS	DRC/ERSA Parc technologique Alata 60550 Verneuil-en-Halatte Tel. : 03 44 55 62 35- fax : 03 44 55 68 99 Laure.delery@ineris.fr
Mme DRESSAYRE Catherine	ANDRA	Ingénieur Radioprotection Service Sécurité et radioprotection Direction Sûreté Parc de la Croix Blanche 1/7 rue Jean Monnet 92298 Chatenay-Malabry Tél 01.46.11.81.51 – Fax 01.46.11.80.13
M. GERMAIN Pierre	IRSN	DEI/LRC BP 10 Rue Max Pol Fouchet 50130 OCTEVILLE Tél. 02.33.01.41.02 - Fax 02.33.01.41.30
M. GOUMONDY Jean-Pierre	IRSN	IRSN 77-83, avenue du Général de Gaulle 92140 CLAMART
M. HUBERT Philippe	INERIS	Directeur des risques chroniques Parc Alata 5 rue Taffanel - BP 2 60550 Verneuil en Halatte Tel. : 03 44 55 68 27 - Fax : 03 44 55 61 75 Philippe.Hubert@ineris.fr
M. LE BAR Serge	COGEMA	DQSSE 50444 BEAUMONT HAGUE Tél : 02.33.02.62.02 – Fax : 02.33.02.76.07 slebar@cogema.fr
Mme LEMAITRE Nathalie	IRSN	DEI/SESURE Le Vésinet Tel. 01.30.15.52.06 – Fax. 01.30.15.37.78
Mme MERCAT-ROMMENS Catherine	IRSN	DEI/LERCM CEA/CADARACHE Bâtiment 153 13105 Saint Paul Lez Durance Tél. 04.42.25.74.67 - Fax 04.42.25.63.73

M. MURITH Christophe	OFSP Expert étranger	Office Fédéral de la Santé Publique Division Radioprotection CH-3003 BERNE Suisse Tél 00 41 31 323 41 55 - Fax 00 41 31 322 83 83 Christophe.murith@bag.admin.ch
Mme RINGEARD Caroline	IRSN	DRPH/SER/UETP BP 17 92262 Fontenay-aux-Roses Cedex Tel. 01.58.35.72.58 – Fax. 01.58.35.88.29
Mme SENÉ Monique	GSIEN	2 rue François Villon 91400 ORSAY Tél 01 60 10 03 49 - Fax 01 60 14 34 96
Mme SIMMONDS Jane	NRPB Expert étranger	Chilton – Didcot Oxon – OX11 ORQ United Kingdom Tél. 00.44.1235.82.27.78 – Fax 00.44.1235.83.38.91
M. TENAILLEAU Lionel	GEA	Chef du Groupe d'Etudes Atomiques EAMEA BP 19 50115 CHERBOURG Armées Tel . 02.33.92.65.97 – Fax. 02.33.94.24.00
M. THYBAUD Eric	INERIS	Direction des Risques Chroniques Parc Alata 5 rue Taffanel - BP 2 60550 Verneuil en Halatte Tél. 03.44.55.67.10 – Fax 03.44.55.67.67
M. ZERBIB Jean-Claude	CSPI	IRSN 77-83, avenue du Général de Gaulle 92140 CLAMART

Groupe de travail

NOMS	ADRESSES
M. BARBEY Pierre ACRO	ACRO 138, rue de l'Eglise 14200 HEROUVILLE St CLAIR
M. BARON Yves Expert missionné par l'IRSN	IRSN 77-83, avenue du Général de Gaulle 92140 CLAMART
M. BOILLEY David ACRO	ACRO 138, rue de l'Eglise 14200 HEROUVILLE St CLAIR
M. CORYN Pierre Expert missionné par l'IRSN	IRSN 77-83, avenue du Général de Gaulle 92140 CLAMART
M. DEVIN Patrick COGEMA	COGEMA Dir. Sûreté Santé Sécurité / Inspection Générale B.P. 4 2 rue Paul Dautier 78141 VELIZY
M. GERMAIN Pierre IRSN	IRSN/DEI/SECRE/LRC B.P. 10 Rue Max Pol Fouchet 50130 CHERBOURG-OCTEVILLE
M. GOUMONDY Jean-Pierre Expert missionné par l'IRSN	IRSN 77-83, avenue du Général de Gaulle 92140 CLAMART
M. GUILLEMETTE André ACRO	ACRO 138, rue de l'Eglise 14200 HEROUVILLE St CLAIR
M. LE BAR Serge COGEMA	COGEMA Etablissement de la Hague DQSSE 50444 BEAUMONT-HAGUE
Mme RENNESSON Malvina COGEMA	COGEMA BU-Traitement / Dir. Qualité, Sûreté, Sécurité, Environnement B.P. 4 2 rue Paul Dautier 78141 VÉLIZY
M. RINGEARD Caroline IRSN	IRSN/DRPH/SER/UETP B.P. 17 92262 FONTENAY-AUX ROSES
M. ZERBIB Jean-Claude Expert missionné par l'IRSN	IRSN 77-83, avenue du Général de Gaulle 92140 CLAMART

Annexe 3 : Echange de correspondance avec les autorités

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Groupe Radioécologie
Nord-Cotentin

Fontenay-aux-Roses, le 19 janvier 2005

Monsieur Thierry TROUVE

Directeur de la Prévention des Pollutions et des
Risques
Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable
20 avenue de Ségur
75007 PARIS

Monsieur André-Claude LACOSTE

Directeur Général de la Sûreté Nucléaire et de la
Radioprotection
6 place du colonel Bourgoïn
75572 PARIS Cedex 12

Objet : Groupe Radioécologie Nord-Cotentin
Votre Réf. Lettre de mission du 24 juin 2004
Notre Réf. IRSN/GRNC/05-18

Monsieur le Directeur,
Monsieur le Directeur Général,

Dans la lettre de mission que vous m'avez adressée le 24 juin 2004, vous me demandez en tant que présidente du Groupe Radioécologie Nord-Cotentin de faire procéder à l'appréciation par le GRNC de l'estimation faite par COGEMA des doses reçues par la population du fait de l'activité exercée sur le site de La Hague au cours de l'année écoulée.

La présente lettre a pour objet de vous informer de l'état d'avancement du travail réalisé par le GRNC.

Vous trouverez ci-joint une fiche succincte rappelant l'objet de la mission que vous m'avez confiée, le travail préparatoire auquel il a donné lieu avec COGEMA pour mettre au point un logiciel permettant, en appliquant la méthodologie développée par le GRNC, de calculer les doses au public et les risques associés, les conditions de la mobilisation du GRNC en accord avec les organismes auxquels appartiennent ses membres, les réunions, le planning de travail et le mode d'approche que nous nous sommes fixés.

Courrier
BP 17
92262 Fontenay-aux-Roses
Cedex France

tel. (33) 01.58.35.83.36
fax (33) 01.58.35.79.62
annie.sugier@irsn.fr

Siège social
77. av. du Général-de-Gaulle
92140 Clamart
Standard (33) 01 58 35 88 88
RCS Nanterre B 440 546 018

Je voudrais souligner la qualité du travail réalisé pour développer le logiciel ACADIE (Application pour le Calcul de la Dose efficace Interne et Externe) qui a été salué au cours de la réunion de la CSPI du 16 décembre dernier lorsque j'ai fait le point sur l'action du GRNC. Ce développement qui répond à une demande des experts associatifs et industriels est simple d'utilisation, accessible à tous les membres du GRNC, il permet d'introduire des données spécifiques au site et à la population concernée. C'est sans doute un cas exemplaire permettant de montrer comment il est possible de rendre accessible aux parties prenantes un outil d'évaluation de dose et de risque.

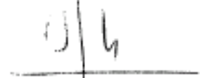
J'attire enfin votre attention sur les points suivants :

- l'avis du GRNC ne vous sera adressé qu'en mars 2005 et non comme vous le souhaitez en fin d'année 2004. Ce décalage est dû à la remise tardive aux membres du GRNC (octobre 2004) du rapport établi par COGEMA à l'appui de son évaluation,
- la convention tripartite (DGSNR, COGEMA et IRSN) définissant les conditions financières de développement du logiciel ACADIE n'a toujours pas été signée par les 3 partenaires mais par deux d'entre eux seulement (COGEMA, IRSN).

Je suis naturellement à votre disposition pour toutes informations complémentaires.

Veuillez agréer, Monsieur le Directeur, Monsieur le Directeur Général, l'expression de mes salutations distinguées.

et bon week-end pour vous



Annie SUGIER

PJ : 2

Copies :

J. LEMIERE CSPI
J. REPUSSARD IRSN

Fiche d'état d'avancement sur les travaux du GRNC

1. Objet

Appréciation par le GRNC de l'estimation faite par COGEMA des doses reçues par la population autour de l'usine COGEMA de La Hague du fait de l'activité exercée au cours de l'année écoulée ; l'estimation doit être réalisée de façon aussi réaliste que possible et s'applique aux groupes de référence de la population (ref. lettre de mission DPPR / DGSNR du 24 juin 2004).

2. Travail préparatoire, aspect technique et aspect contractuel

Dès février 2003, anticipant sur la lettre de mission DPPR / DGSNR et sur la mobilisation du GRNC, COGEMA et IRSN ont développé le modèle de logiciel ACADIE (Application pour le Calcul de la Dose efficace Interne et Externe) permettant d'évaluer les doses au public en appliquant la méthodologie du GRNC. La partie technique du projet a été terminée en juin 2004. Ce logiciel est simple d'utilisation, accessible à tous les membres du GRNC, il permet d'introduire des données spécifiques au site et à la population concernée. Il a fait l'objet d'une présentation à la CSPI le 16 décembre 2004.

3. Mobilisation du GRNC

Le GRNC ne s'était pas réuni depuis fin 2002, il a été nécessaire dès réception de la lettre de mission de consulter les responsables des organismes auxquels appartenaient les experts membres du GRNC 2 (mission 2000-2002) afin de confirmer leur désignation (ou de désigner de nouveaux experts en cas de changement de fonction) – Cf. nouvelle composition.

En outre, un groupe de travail spécialisé animé par Caroline Ringiard de l'IRSN, chargé de préparer l'analyse à présenter au GRNC plénier, a été mis en place regroupant en particulier les animateurs / secrétaires des groupes mesures et modèles du GRNC 2¹³.

4. Réunions et planning de travail

Le GRNC plénier qui s'est réuni le 29 novembre 2004 rendra son avis après une deuxième réunion le 24 mars 2005.

5. Mode d'approche retenu

Le GRNC a considéré qu'il devait adopter la même démarche que lors de ses missions précédentes. Les orientations suivantes ont ainsi été approuvées :

- Liste des radionucléides : ne pas se limiter aux radionucléides dominants en termes de dose, mais être aussi exhaustif que possible. Cela permet d'être vigilant en cas de remise en cause des données sur un radionucléide.
- Données météorologiques : les données n'ont pour l'essentiel pas varié par rapport à celles retenues par le GRNC dans ses missions précédentes.

¹³ Composition du groupe de travail : Pierre Barbey, Yves Baron, Pierre Coryn, Patrick Devin, Pierre Germain, Jean-Pierre Goumondy, Serge Le Bar, Malvina Rennesson, Caroline Ringiard, Jean-Claude Zerbib

- Population : ne pas se limiter aux deux groupes de référence classiques mais inclure les scénarios du GRNC, y compris celui de Pont-Durand (bien qu'il n'y ait plus d'agriculteur à cet endroit). Il s'agit ici de montrer le lieu où un maximum peut être observé en termes de dose.
- Voies d'exposition : inclure les voies d'exposition atypiques retenues par le GRNC (embruns, épandage d'algues et ingestion par inadvertance de sable, de sol et d'eau de mer).
- Ration alimentaire : pour certains scénarios du GRNC1 (1997-1999), l'enquête alimentaire Flamanville (1979) a été retenue ; retenir pour la période 1997-2003 l'enquête CREDOC (1998) comme l'a fait COGEMA, car elle est plus récente que celle de Flamanville.
- Analyse de sensibilité : il est rappelé que l'étude d'incertitude du GRNC 2 portait sur la cohorte des jeunes du canton de Beaumont-Hague. Dans le cas présent, il vaut mieux se limiter à des appréciations de type « sensibilité » pour certains paramètres (par exemple taux d'autoconsommation).
- Classes d'âge : considérer les 5 classes d'âge utilisées par le GRNC.
- Métrologie : Il apparaît important de collationner l'ensemble des mesures faites au cours de l'année 2003 et de les comparer aux résultats de la modélisation afin d'apprécier l'évolution éventuelle des « facteurs correctifs » utilisés par le GRNC pour adapter les modèles aux conditions locales. Yves Baron prépare le travail de collationnement pour le groupe en liaison avec Pierre Germain. Annie Sugier a adressé une lettre à l'intention des organismes « mesureurs » pour les informer de la mission d'Yves Baron.
- Planning du travail : le groupe de travail spécialisé animé par Caroline Ringeardevra proposer son projet d'analyse au plénier pour fin février ainsi qu'un projet d'avis, de telle sorte que le GRNC puisse se prononcer lors de sa réunion de mars.

Annexe 4 : Point de vue de l'ACRO et du GSIEN

Position de l'ACRO et du GSIEN vis-à-vis du GRNC-3

L'ACRO et le GSIEN ont participé aux travaux du GRNC-1 puis du GRNC-2. A la demande de sa Présidente en vue de constituer le GRNC-3 et après une décision de leur structure respective, il a été décidé de poursuivre cette démarche participative.

Celle-ci s'inscrit pleinement dans nos missions de surveillance et de vigilance citoyenne. Il nous paraît indispensable d'être présent dans des structures où s'élaborent des données nécessaires à la connaissance, afin de pouvoir témoigner mais aussi intervenir sur les choix par notre habitude du terrain et enfin agir comme force de proposition pour peser dans les processus de décision.

Lors des étapes précédentes, nous avons eu l'occasion d'exposer nos réserves actées dans les rapports du GRNC. Ces réserves conservent encore aujourd'hui toute leur actualité. Pour autant nous avons aussi exprimé publiquement tout l'intérêt du fonctionnement d'un tel groupe pluraliste et souligné l'immense travail produit par le GRNC. D'où notre nouvel engagement.

Si le GRNC-3 a pour objet de poursuivre le travail d'évaluation des risques sanitaires lié aux rejets des installations nucléaires du Nord-Cotentin, il a surtout pour mission d'apprécier les estimations des doses établies par l'exploitant Cogema-Hague dans son rapport annuel (défini à l'article 32 de l'arrêté du 10 janvier 2003). Sur ce point, nous voulons d'abord souligner l'importance du travail développé par les sous-groupes afin de reconstituer le terme-source, de collecter les données de mesures dans l'environnement, puis de les confronter à la modélisation. L'étude du terme source a fait apparaître de nombreuses questions sans réponse et l'évolution de l'activité des usines risque d'imposer à l'avenir de changer la méthode d'évaluation. Enfin, le calcul de dose peut maintenant être réalisé grâce à une application - le logiciel ACADIE - qui constitue un excellent outil à disposition de tous les membres du Groupe, leur permettant de tester les variantes de leur choix.

Néanmoins et comme nous l'avons dit dans le passé, **les représentants de l'ACRO et du GSIEN prennent acte des conclusions du GRNC** mais ne peuvent être engagés par les résultats de calcul de doses auquel le GRNC aboutit en l'état actuel des connaissances et des outils d'évaluation dont il dispose. En particulier, nous maintenons nos plus vives réserves quant à l'emploi de modèles dosimétriques pour lesquels la contamination interne chronique (laquelle correspond à l'essentiel des expositions environnementales) n'est appréciée que par la connaissance que nous avons des conséquences des expositions externes aiguës. Même si nous admettons qu'il n'existe pas à l'heure actuelle de modèle alternatif exploitable en terme d'évaluation de dose, il est clair que tout résultat de calcul de dose en lien avec des expositions environnementales est entaché d'incertitudes scientifiques qui peuvent être considérables, ce que ne laisse pas supposer l'apparente précision des résultats exprimés au microsievert près.

Si l'ACRO et le GSIEN assument pleinement leur « démarche participative », celle-ci ne signifie en aucun cas que nous puissions nous engager dans un processus de co-gestion des risques, en particulier vis-à-vis d'installations industrielles à risques dont la création n'a pas fait l'objet de processus de décision démocratique et dont la justification n'est pas établie. Or, valider des résultats de doses reçues par des groupes de référence qui, à quelques pourcent près, viennent conforter les mêmes calculs réalisés par l'exploitant conduirait

immanquablement nos associations agréées de protection de l'environnement à cautionner des rejets radioactifs effectués quotidiennement. Si le débat est possible et la confrontation nécessaire, les rôles et les missions distincts et clairement définis des différentes parties prenantes – exploitants, institutionnels et associations – doivent être respectés.

Le 18 avril 2005.

Annexe 5 : Point de vue technique de l'ACRO

Point de vue de l'ACRO sur le rapport annuel de surveillance de l'environnement - année 2003 présenté par Cogéma la Hague et sur les estimations d'impact 2003 pour les groupes critiques retenues par l'exploitant

Résumé

L'impact 2003 sur les groupes de références (appelés aussi groupes critiques dans la majorité des publications) est estimé par l'exploitant à 5 μ Sv pour le groupe des pêcheurs de Goury (dont 2,3 μ Sv pour le seul carbone 14) et à 8 μ Sv pour le groupe de Digulleville (dont 2,3 μ Sv pour le seul carbone 14).

Nous formulons les réserves suivantes sur la méthode utilisée et sur les résultats :

- Caractéristiques alimentaires retenues pour les 2 groupes de référence

Les pêcheurs ne consommeraient qu'une part « locale » de 51,7 % en poisson, 75,3 % en mollusques et 53,6 % en crabes. Nous ne voyons pas quel argument justifie ces chiffres sortis d'une enquête sur une population « moyenne » :

les pêcheurs professionnels, comme de nombreux pêcheurs plaisanciers, consomment 100 % de leurs poissons, mollusques et crabes.

L'agriculteur de Digulleville ne consommerait en apport local qu'une part de 39,9 % pour la viande, 57,4 % pour les légumes racines et 54 % pour les légumes feuilles, là aussi les parts locales sont plus proches de 100 % pour la viande, les légumes feuilles et les légumes racines, que de 40 ou 50 %.

Cette question a été soulevée par les représentants de l'ACRO lors de la séance plénière du 23 novembre 2004. Il nous semble essentiel que le GRNC procède à des évaluations de doses avec pour hypothèse des % d'autoconsommation portés à 100% (selon le groupe retenu, pêcheurs ou agriculteurs).

La consommation retenue pour ces 2 groupes ne tient pas compte de la situation « gros mangeurs » de produits marins ou de produits terrestres comme l'avait étudié le GRNC¹⁴. L'incidence résultante est donc réduite par rapport à celle calculée avec les données des groupes les plus critiques des études précédentes.

- Cas du carbone 14

Le carbone 14 des combustibles irradiés relargué par les opérations de retraitement est rejeté intégralement sous forme gazeuse (2/3) et sous forme liquide (1/3).

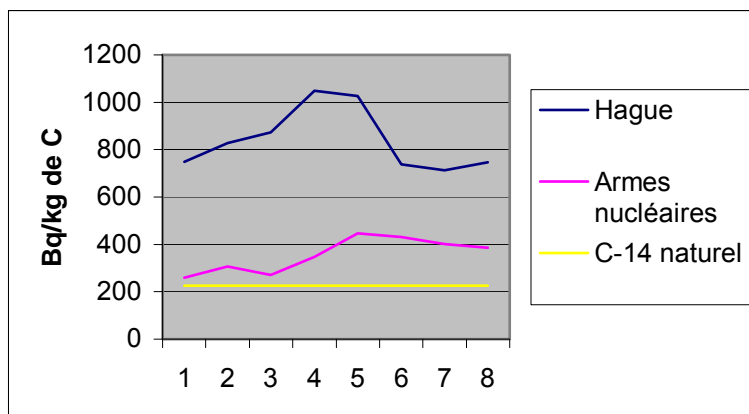
Dans l'environnement terrestre du site, toutes les mesures effectuées depuis 1997 par l'OPRI puis par l'exploitant convergent pour établir que l'environnement terrestre proche du site est soumis à des taux de carbone 14 compris entre 400 et plus de 1000 Bq/kg de carbone stable (Bq/kg de C) depuis que des mesures environnementales de carbone 14 sont effectuées. L'environnement marin est lui aussi soumis à des taux variant entre 400 à plus de 700 Bq/kg de C.

Le carbone 14 « naturel » dosé à 226 Bq/kg de C induit une dose efficace de 15 μ Sv/an, les explosions atmosphériques d'armes nucléaires ont doublé cette dose efficace dans les années 1962 / 1964 au plus fort des tirs atmosphériques de 1962. Le reliquat de dose dû à ces tirs atmosphériques est encore aujourd'hui de 2 μ Sv/an pour un taux résiduel de 30 Bq/kg de C.

Comme le soulignait l'OPRI dès 1997 au vu des premières analyses environnementales de carbone 14 (amplement confirmées par les données actuelles), l'impact du carbone 14 rejeté par la Hague depuis le milieu des années 1990 serait plutôt de l'ordre des 50 μ Sv/an et non de 2,3 μ Sv/an comme calculé par l'exploitant.

¹⁴ GRNC : Groupe Radioécologie Nord-Cotentin

Voir ci-dessous la juxtaposition des taux de carbone 14 au plus fort des retombées des tirs atmosphériques de la période 1959 / 1962 et des 8 dernières années de rejets atmosphériques de carbone 14 par les usines de la Hague (1996 /2003) :



Sources : [Labeyrie 1976] et [Délibrias 1985] pour l'impact des tirs aériens sur le sol français entre 1959 et 1966, OPRI et Cogéma pour l'impact des rejets aériens à partir des moyennes annuelles de 3 analyses d'herbe effectuées dans la zone proche du site de retraitement de 1996 à 2003

- Cas du strontium 90

En milieu marin les analyses de strontium 90 sur les sédiments, les patelles et les fucus entre Granville et Barfleur effectuées par l'OPRI depuis 1988 montrent un marquage prépondérant en Sr-90 sur la station des Moulinets. Ce marquage s'estompe progressivement dans le temps sur les différentes stations sauf sur celle des Moulinets où il reste significatif. La Cogéma, contrairement à BNFL n'effectue pas de détermination de Sr-90 sur les échantillons marins (crabes, mollusques, poissons).

Les analyses d'échantillons marins publiés par les anglais montrent que les taux de Sr-90 des échantillons prélevés à proximité de l'émissaire de Sellafield présentent une différence d'un facteur 5 dans trois échantillons comestibles (carrelet, crabes, homards) par rapport aux taux relevés sur les échantillons des stations non soumises à l'influence directe des rejets liquides.

Une teneur importante en Sr-90 (jusqu'à 0,5 Bq/l) dans l'eau de mer, à proximité de l'émissaire, analysée par l'OPRI de mai 1982 à juin 1984, n'a pas été prise en compte dans les travaux du GRNC. Le Sr-90 étant un contributeur important sur les doses induites par les rejets, il n'est pas neutre d'en omettre sa détermination.

En milieu terrestre, aucune analyse ne prend en compte la persistance de la pollution en Sr-90 du ruisseau des Landes (2 Bq/l encore aujourd'hui), pollution constatée depuis le milieu des années 1980.

Document complet

1- Caractéristiques alimentaires retenues pour les groupes critiques (enquête CRÉDOC 1998, modes alimentaires dans le Nord-Cotentin ...)

Les pêcheurs ne consommeraient en part locale que **51,7 % en poisson, 75,3 % en mollusques et 53,6 % en crabes**. Cela semble très précis et ... complètement irréaliste. Pourquoi le pêcheur irait-il chercher environ la moitié de sa consommation en poissons frais et en crabes chez les poissonniers de Cherbourg ou dans un supermarché?¹⁵

Les chiffres « réalistes » pour les pêcheurs de Goury, comme pour de nombreux pêcheurs plaisanciers, sont des parts locales de 100 % en crustacés, mollusques et poissons.

Le groupe de référence de Digulleville consommerait (?) en production locale **51,7 % de poisson, 75,3 % de mollusques et 53,6 % de crabes**. La consommation en part locale serait de 39,9 % pour la viande (la même que pour le pêcheurs (??)) 57,4 % pour les légumes feuilles (la même que pour le pêcheurs (??)) et 54 % pour les légumes racines (la même que pour le pêcheurs (??)). Même raisonnement, pourquoi l'agriculteur de Digulleville irait-il acheter ces produits au supermarché alors qu'il les a sous la main et à un coût défiant toute concurrence?

Les chiffres « réalistes » pour un agriculteur de Digulleville sont des parts locales de 100 % en viande, légumes feuilles et légumes racines.

Nous avions déjà souligné l'irréalisme de ces pourcentages d'autoconsommation lors des travaux du GT chimie en décembre 2001, voir fiche technique en annexe 1. Les consommations retenues sont des consommations « moyennes », elles ne prennent pas en compte l'aspect « gros mangeur » comme le font les études d'impact anglaises ou le GT4 lors des premiers travaux du GRNC.

2- Cas du carbone 14

Rappels :

- La dose efficace due au carbone 14 « naturel », **226 Bq/kg de C**, est d'environ 15 μ Sv/an selon plusieurs publications de référence [OMS, 1987], [I. Jeanmaire, 1982], [R. Paulin, 1997] et [Beaujard, IPSN, 1997].

- « On fait l'hypothèse que le milieu terrestre et l'homme se mettent rapidement en équilibre et que l'activité spécifique du carbone dans l'organisme humain est égale à celle de l'atmosphère au point considéré [Schwibach, Killough, EUR15760]. Cette dernière hypothèse se base sur le fait que le carbone des végétaux vient essentiellement de l'air (98 %) et que ces derniers sont à la base des chaînes alimentaires. » [Beaujard, IPSN, 1997]

2.1 Milieu Marin

Les analyses 2003 effectuées par l'exploitant montrent un biotope marin soumis à des taux de 400 à plus de 700 Bq/kg de C dans un secteur très large, de Granville à Barfleur.

A titre d'exemples, moyennes sur 4 mesures 2003 de taux de C-14 dans quelques échantillons :

Patelles, Barneville 442 Bq/kg de C, Moulinets 731 Bq/kg de C, Barfleur 347 Bq/kg de C

Poissons plats, côte ouest 425 Bq/kg de C

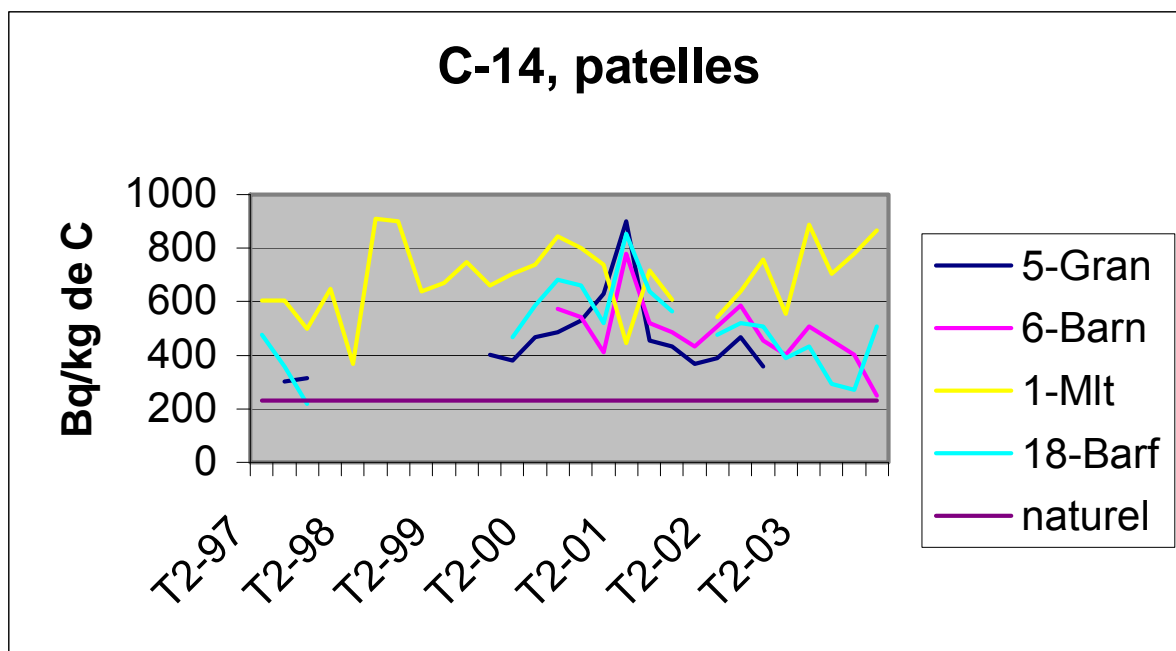
Moules côte est, 420 Bq/Kg de C

Coquilles S^t Jacques côte nord, 531 Bq/kg de C

Tourteaux côte ouest, 580 Bq/kg de C

Ces teneurs en C-14 ne sont pas propres à l'année 2003, dans tous les compartiments où des analyses de C-14 sont effectuées depuis 1998, les chiffres obtenus montrent que le milieu marin observé a un biotope soumis en permanence à une ambiance comprise entre 400 et 800 Bq/kg de C, voir détail de différents compartiments en annexe 4, le graphique n°1 ci-dessous donne l'observation du C-14 dans les patelles de Granville à Barfleur de 1998 à 2003 :

¹⁵ Note personnelle : Nous pouvons témoigner que même chez les pêcheurs plaisanciers ces chiffres n'ont aucune cohérence avec les pratiques locales. Pour être nous aussi adepte de cette activité-loisir, nous pouvons constater que cette pratique suffit à notre approvisionnement en poisson et en crabes pour au moins 10 mois de l'année (de l'ordre de 6 à 8 repas en poisson par semaine) en produits frais ou congelés. De même nous n'achetons jamais de mollusques, nous les pêchons.



Sources, Cogéma données initiales
grille de conversion : RIFE9-2004

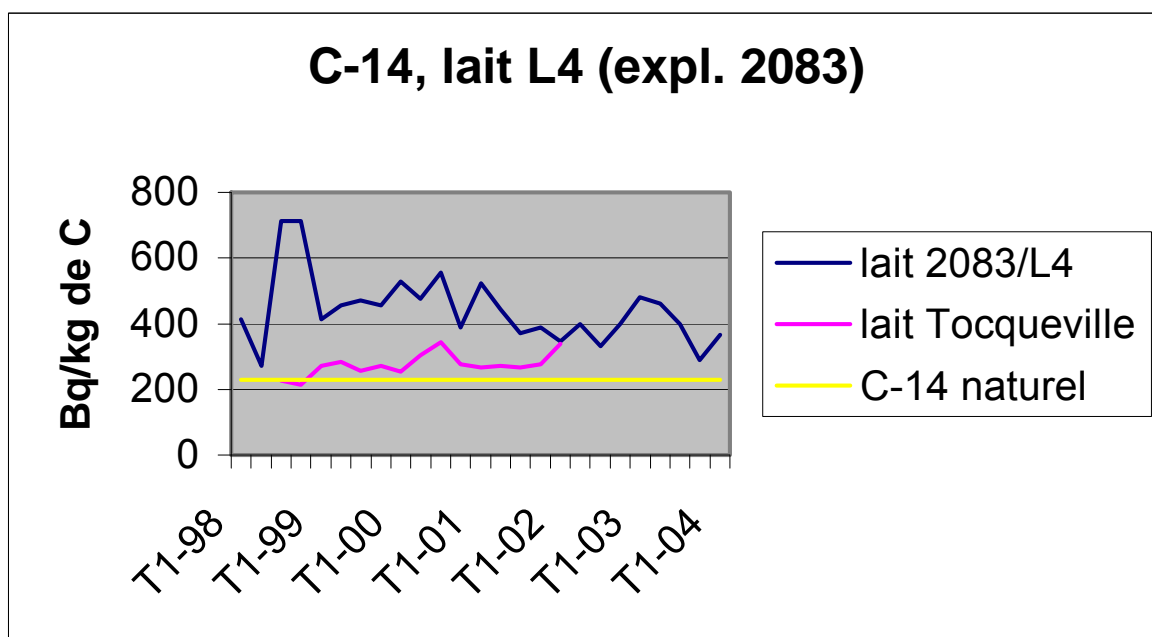
Graphique n° 1

2.2 Milieu terrestre

Le biotope terrestre est soumis à des taux de 400 à plus de 1000 Bq/kg de C dans la zone proche du site (qqs km).

A titre d'exemples, moyennes sur 12 mesures 2003 du taux de C-14 dans quelques échantillons :
Herbe, OPRI code HAG87 734 Bq/kg de C, Cogéma code V3 702 Bq/kg de C, code V12 798 Bq/kg de C

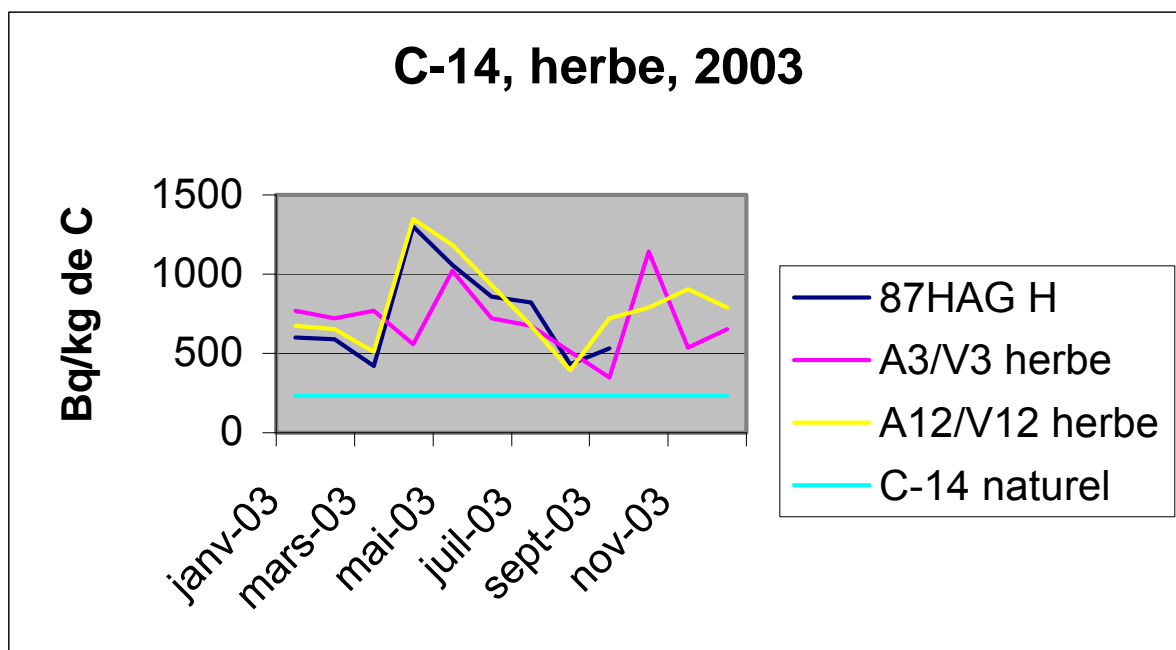
Comme pour le Biotope marin, le biotope terrestre témoigne d'une teneur chronique en C-14 oscillant entre 400 et 1000 Bq/kg de C depuis les premières mesures effectuées en 1998. Ci-dessous, l'exemple du C-14 dans le lait d'une exploitation de Digulleville depuis 1998.



Sources, Cogéma données initiales
grille de conversion : RIFE9-2004

Graphique n° 2

Le Graphique n° 3 ci-dessous donne les taux de carbone 14 dans l'herbe en 2003 en 3 points V3 (Digulleville), V12 (Herqueville) et 87HAG (OPRI, Herqueville). Variations entre 500 et 1300 Bq/kg de C confirmées depuis le début des observations en 1998



Sources OPRI et Cogéma données initiales avec grille de conversion : RIFE9-2004

Graphique n° 3

2.3 Commentaires

Le GT4 dans son rapport « Estimation des doses et des risques de leucémie associés », GRNC volume 4, juillet 1999, avait relevé que selon l'UNSCEAR les doses à la moelle osseuse dues aux retombées des essais atmosphériques d'armes nucléaires, ou par l'accident de Tchernobyl, intégrées par la population française étaient essentiellement dues au carbone 14 ([GRNC 1999], volume 4, figures 2, page 164 et 3, page 165).

Au plus fort des retombées de C-14 dues aux tirs aériens (voir annexe 7), le taux global de carbone 14 a été de 2 fois l'activité naturelle (env. 450 Bq/kg de C) [J. Labeyrie, 1976 et G. Délibrias, 1986], soit une dose efficace pour les années 1962/1964 proche de 15 μ Sv/an induite par les tirs atmosphériques.

Dans l'étude des effets des tests nucléaires atmosphériques à l'échelle de la population mondiale l'UNSCEAR [UNSCEAR 1993] estimait **la contribution du carbone 14 à 70 % de la dose collective engagée.**

L'excédent d'activité dû à ces explosions atmosphériques est encore aujourd'hui de l'ordre de 30 Bq/Kg de C et la dose engagée par cet excédent est de l'ordre de 2 μ Sv/an. [R. Paulin, 1998 et A. Flury-Hérard 2002]¹⁶.

Dans un biotope global soumis à des taux de carbone 14 compris entre 400 et 1000 Bq/kg de C (voir annexe 4), les individus des groupes critiques (ou « de référence », au choix) ne seraient-ils pas soumis à un impact voisin de 25 μ Sv dus aux rejets du seul C-14 plutôt qu'à un impact compris entre 5 et 8 μ Sv?

(hypothèse : 600 Bq/kg de C en carbone 14 total, en moyenne ; environ 374 Bq/kg de C en excès, soit 15 μ Sv x 374/226 = 25 μ Sv/an ; calculs Cogéma pour 2003, groupe de Digulleville : 4,9 μ Sv, groupe de Goury : 2,3 μ Sv)

¹⁶ Dans [UNSCEAR 2001] annexe C, page 171, l'impact du C-14 des tirs atmosphériques est estimé à 7,7 μ Sv en 1964, il a diminué d'un facteur 4 aujourd'hui (1,7 μ Sv/an)

Dès 1996, dans son rapport de synthèse sur l'usine de la hague [OPRI 1997], l'OPRI, à partir de quelques analyses environnementales donnant des taux de C-14 du même ordre de grandeur que les valeurs actuelles, s'attendait déjà à une valeur d'impact de l'ordre de 50 µSv/an dus aux rejets du site de retraitement pour les groupes critiques.

NB :

- Les données C-14 Cogéma sont exprimées généralement en Bq/kg frais : milieu marin, herbe et lait ; nous pouvons convertir en Bq/kg de C à partir de données bibliographiques sur les teneurs en carbone des produits frais (voir annxe 2) ; par contre, à partir de janvier 2003, les relevés terrestres légumes viandes sont exprimés en Bq/kg sec sans précision de la teneur en carbone de la matière sèche ou du rapport poids frais / poids sec des échantillons, il est donc impossible de comparer avec des données naturelles (ou alors avec une approximation générique du rapport pds frais / pds sec = 4??)

- Selon les hypothèses de consommation et le lieu de prélèvement des échantillons marins retenus, les variations d'impact sont très importantes (annexe 6), voir ci-dessous le tableau résumant les estimations des impacts (en µSv/an) des rejets de C-14

Hypothèse	Cogéma	Cogéma + 100 % Autoconsommation ⁴	GT4 + 100 % autoconsommation ¹⁷	Gros cons. [RIFE]	Gros consommateur [RIFE] + « Sellafield » ¹⁸
Pêcheurs	2,3	3,62	6,82	12,41	29,91
agriculteurs	2,3	6,49	11,44	13,75	16,38

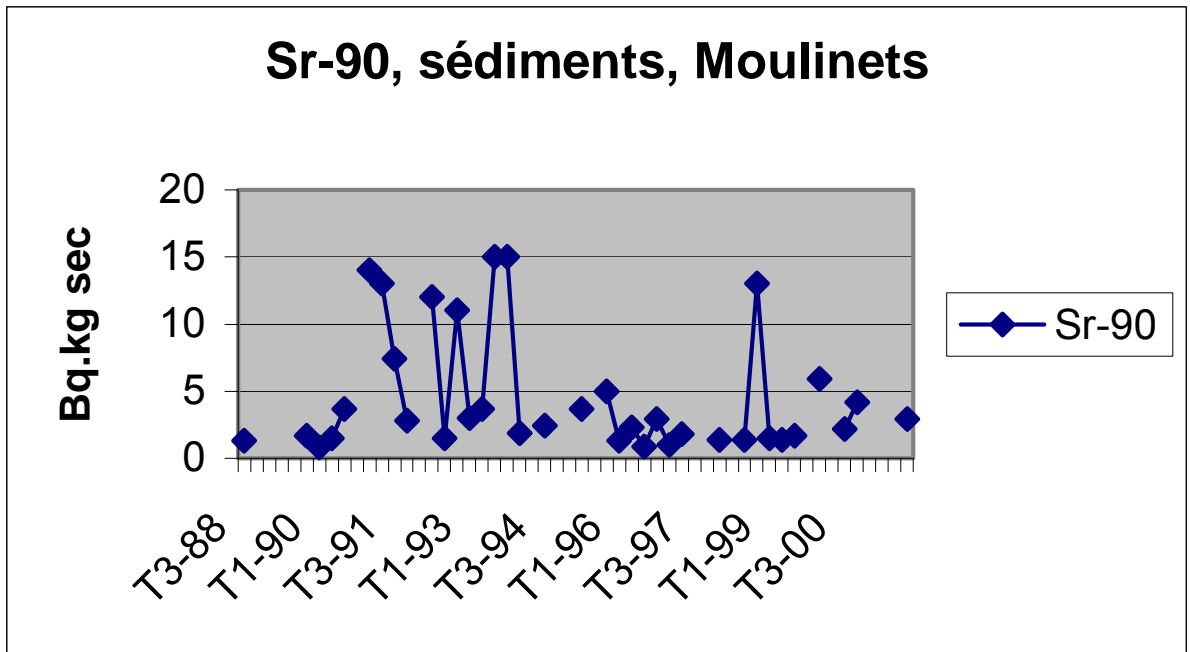
3- Cas du Sr-90

3.1 Milieu marin

3.1.1 Les analyses de Sr-90 sur les sédiments, les patelles et les fucus serratus des stations témoin entre Granville et Barfleur effectuées par l'OPRI depuis 1988 montrent un marquage prépondérant en Sr-90 dans les 3 compartiments observés sur la station des Moulinets. Ce marquage s'estompe progressivement sur toutes les stations jusqu'à la fin des années 1990 sauf pour le cas notable de la station des Moulinets où les traces de Sr-90 restent significatives et du même ordre de grandeur depuis le début des observations OPRI en 1988, voir les graphiques de ces analyses ci-après :

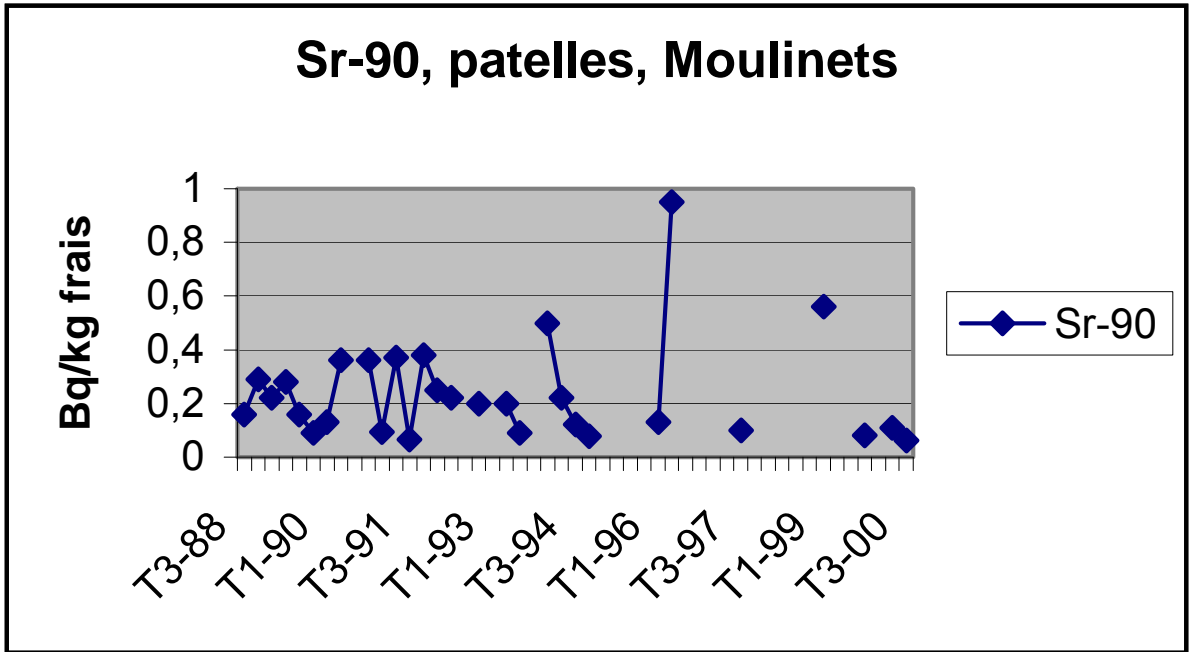
¹⁷ Autoconsommation totale de produits locaux, marins pour les pêcheurs, terrestres pour les agriculteurs

¹⁸ Milieu marin proche de l'émissaire considéré au même niveau de C-14 que celui de Sellafield en 2003 où la politique de rejet total du C-14 dans le milieu marin conduit à des taux de C-14 dépassant les 2000 Bq/kg de C



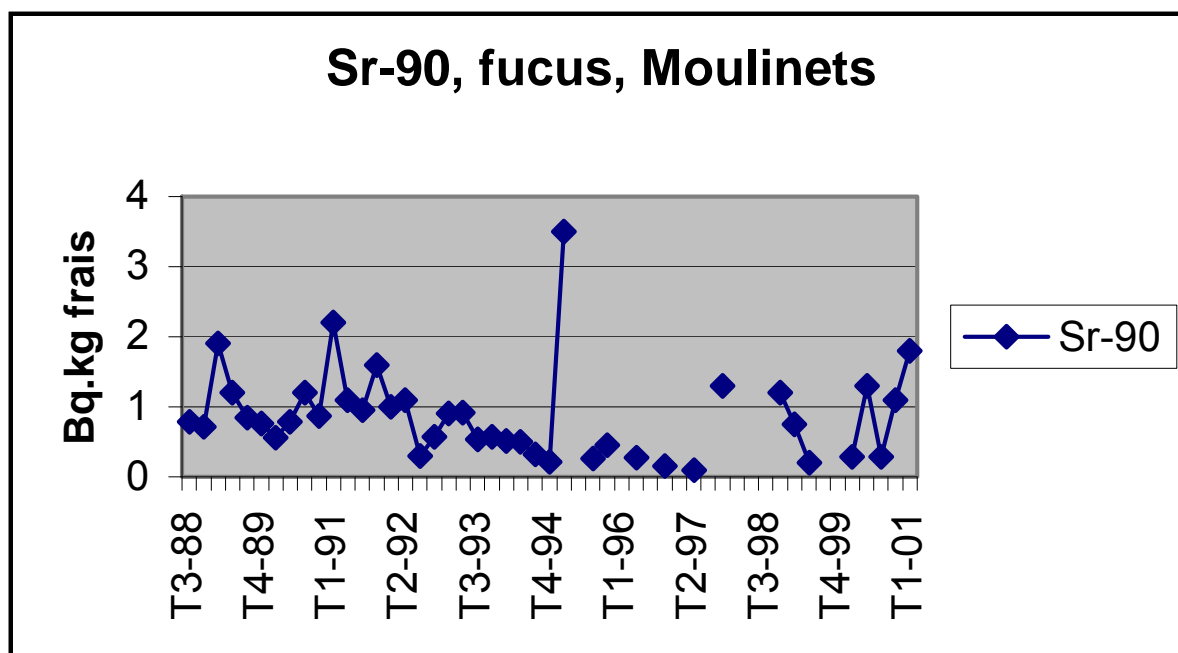
Source OPRI

Graphique n° 4



Source OPRI

Graphique n° 5



Source OPRI

Graphique n° 6

La Cogéma, contrairement à son confrère anglais BNFL qui analyse le Sr-90 dans tous ses échantillons (biotope marin comme terrestre [BNFL 1998]), ne publie aucune analyse de Sr-90 dans le biotope marin (à l'exception de 2 mesures dans l'eau de mer depuis l'arrêt des rejets du 11 janvier 2003) alors que les rejets de Sr-90 sont toujours effectués en mer. Les données publiées par les autorités anglaises montrent un marquage prépondérant par le Sr-90 à proximité de l'émissaire marin de Sellafield, taux de Sr-90 plus élevé d'un facteur supérieur à 5 (valeur moyenne sur 9 années observées, voir annexe 8), dans les échantillons de poissons plats, de crustacés et de mollusques par rapport aux autres stations [RIFE 1996 à 2004].

Comme le suggèrent les 3 graphiques ci-dessus et les relevés OPRI des autres stations manchoises, si la réduction des rejets en mer de Sr-90 a réduit significativement la trace du Sr-90 dans les stations de Granville à Barfleur, il reste une trace significative à proximité de l'émissaire marin et il serait souhaitable que les déterminations de Sr-90 soient effectuées sur les produits pêchés dans la zone proche de l'émissaire, crabes, poissons et mollusques.

Cette dernière remarque est valable pour la détermination du C-14. Plutôt que des produits marins génériques « Côte ouest », il serait préférable de cibler les produits « Goury / Vauville », les taux de C-14 sur les échantillons témoins permanents (patelles et Fucus) étant environ 2 fois plus élevés que sur les échantillons des stations extrêmes (Granville et Barfleur).

Voir aussi en annexe 5 les illustrations du marquage particulier dus aux rejets de C-14 par l'émissaire marin de Sellafield. A noter la corrélation directe entre activité rejetée et taux de carbone 14 dans les moules observée à Sellafield, ainsi que la similitude entre le taux de carbone 14 dans les mollusques et le taux de carbone 14 dans les crabes et les poissons.

3.1.2 Les travaux du groupe de travail « Percement de la conduite » [GRNC 2000] ont montré que le rejet à l'estran des effluents liquides avait provoqué des contaminations importantes dans plusieurs compartiments de la faune marine. Lors de ces travaux, l'OPRI nous avait communiqué les analyses mensuelles qu'il pratique depuis 1970 dans l'eau de mer au nez de Voidries (à la côte, au droit de l'émissaire entre les Moulinets et Goury), avec détermination du Sr-90, du RuRh-106 et du Cs-137 [OPRI 1999].

La confrontation des mesures environnementales effectuées par la Cogéma, ou la CFDT à l'époque, avec les valeurs attendues dans les mêmes prélèvements en tenant compte des concentrations de radionucléides dans l'eau de mer et des facteurs de concentration (FC) retenus par le GRNC [GRNC 1999] montre une forte sous-estimation des contaminations en Sr-90 (facteur 5 à 100 pour les

mollusques, 3 à 46 pour les algues) et en RuRh-106 (facteur 4 pour les mollusques et supérieur à 8 pour les algues).

Cette incohérence entre les mesures et la modélisation avait été soulignée dans le rapport du GT « percement de la conduite » pour ces deux radionucléides.

Ces dispersions, avec des mesures majoritairement supérieures à celles attendues par la modélisation illustrent la nécessité d'effectuer les déterminations de radionucléides dans l'environnement marin, notamment pour le strontium 90.

Date prélèvement	nature	RuRh -106 Bq/kg	OPRI Eau de mer Bq/l	RuRh -106 attendu Bq/kg	Ratio mesuré /attendu	Sr-90 Bq/kg	OPRI Eau de mer Bq/l	Sr-90 attendu Bq/kg	Ratio mesuré /attendu
4/12/79	patelles	6527	2,95	1770	3,7	81,4	0,44	4,4	18,5
4/12/79	fucus	7086	2,95	855	8,3	815	0,44	17,6	46,3
2/01/80	patelles	6109	2,95	1770	3,5				
2/01/80	fucus	7456	2,95	855	8,7				
8/01/80	CSJ	488/840	2,95	1770	0,3 à 0,5	407	0,44	4,4	92,5
8/01/80	patelles	7030	2,95	1770	3,9				
8/01/80	fucus	7700/14800	2,95	855	9 à 17,3	592	0,44	17,6	33,6
27/08/80	patelles	569	<0,28	<168	>3,4	2,6	0,029	0,29	9
27/08/80	fucus	466	<0,28	<84	>5,5	3,3	0,029	1,16	2,8
23/01/81	CSJ	1527	<0,48	<288	>5,3	40,5	0,034	0,34	119
21/05/81	CSJ	702	<0,14	<84	>8,3	1,4	0,029	0,29	4,8
9/07/81	CSJ	868	<0,405	<243	>3,6	1,04	0,020	0,20	5,2
24/11/83	CSJ					5,6	0,083	0,83	6,7

Source GRNC

Tableau de comparaison données GT percement avec valeurs théoriques (données eau de mer OPRI et FC du GRNC) dans la zone Moulinets / Goury

3.1.3 Les déterminations de strontium 90 par OPRI dans l'eau de mer au nez de Voidries font apparaître l'événement « rupture de la conduite de rejets en mer » en octobre et novembre 1979. Cet événement a fait l'objet d'une reconstitution d'incident, par contre, les données OPRI font apparaître dans la même zone maritime une pollution en Sr-90 de même amplitude que celle de fin 1979 (0,5 Bq/l), non étudiée mais beaucoup plus longue dans le temps, de mai 1982 à juin 1984 (2 ans au lieu de 2 mois).

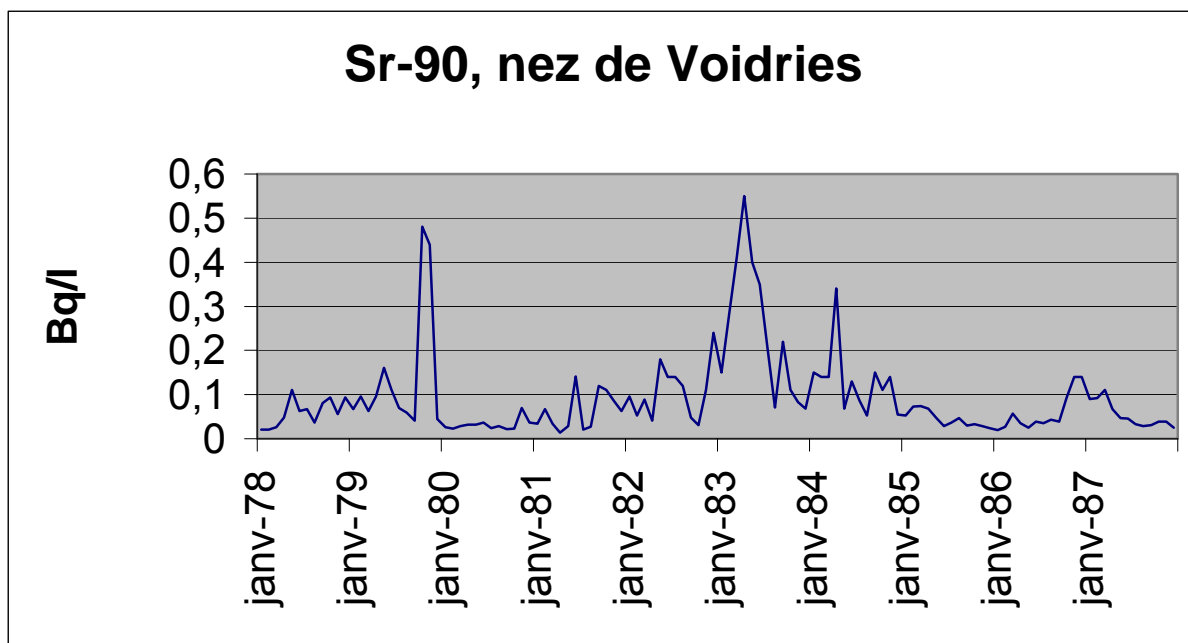
Le GRNC dans ses premiers travaux a pris en compte les relevés dans l'environnement marin de l'OPRI à compter de 1987 (rapport GT2 de [GRNC 1999]), la période mai 1982 à juin 1984 n'a donc pas été reconstituée (voir graphique n° 7).

A partir de mesures complémentaires effectuées par la Cogéma et le GEA en 1997, le GT2 du GRNC avait constaté un dépôt très important du Sr-90 dans les sédiments à proximité de l'extrémité de l'émissaire, jusqu'à 1500 Bq/g dans le sédiment sec, soit environ 1200 Bq/g¹⁹ dans le sédiment frais, alors que le césium 137 était dosé dans le même échantillon à 14 Bq/g frais²⁰ [GRNC 1999, volume 2, tome 1, page 239].

Ci-dessous, la restitution des analyses de Strontium 90 dans l'eau de mer au nez de Voidries par l'OPRI de 1970 à 1990 :

¹⁹ Rapport poids sec / poids frais > 0,8 dans les sédiments marins, donnée laboratoire ACRO, 3/01/05

²⁰ Soit un rapport isotopique Sr-90 / Cs-137 supérieur à 86 dans les sédiments marins à proximité de l'émissaire marin ... pour un rapport attendu de 0,16



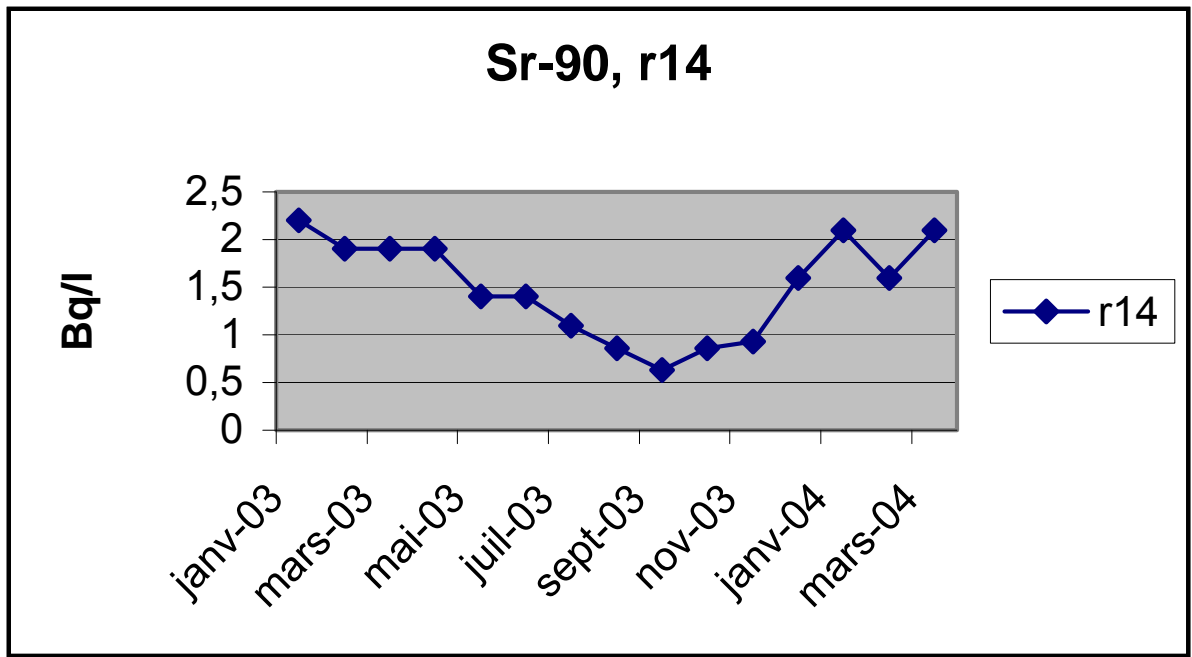
Source OPRI

Graphique n° 7

3.2 Milieu terrestre

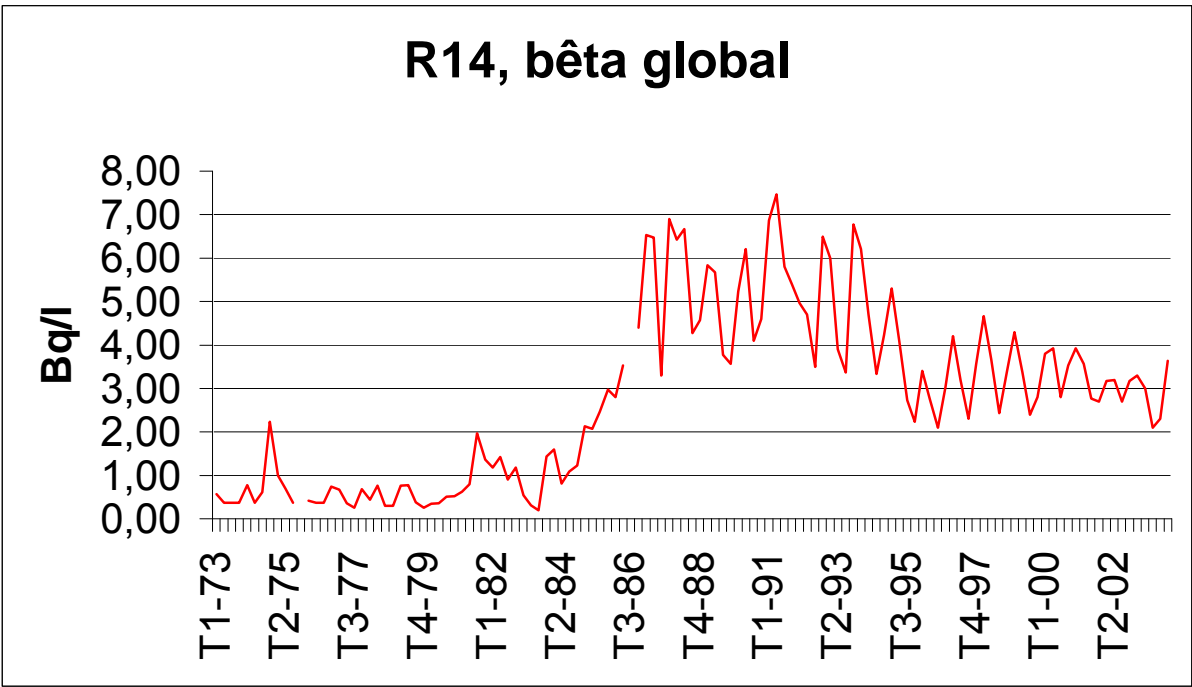
Comme l'ACRO l'a souligné lorsque nous avons posé le problème de l'analyse de l'incident de 1974, le lait y compris « moyen » des exploitations de la Hague, reste à une teneur en Sr-90 supérieure aux laits nationaux, données OPRI 2002/2003 : 0,2 Bq/l pour le lait moyen de la Hague, 0,1 Bq/l pour la moyenne nationale. La teneur de l'eau du ruisseau des Landes reste à environ 2 Bq/l en Sr-90 en 2003 (voir graphique n° 8 ci-dessous) et aucune analyse ne prend en compte cette persistance d'incidence sur le domaine public, incidence sur les animaux broutant les prairies irriguées par ce ruisseau et s'abreuvant en R-14.

NB : La lecture des enregistrements du bêta total (2 fois le marquage en Sr-90, décroissance Sr/Y) dans l'eau du ru des Landes depuis 1973 pourrait s'interpréter comme le marquage provoqué soit par l'incendie du silo 130 en janvier 81, soit par une pollution accidentelle des nappes du nord ouest du site à compter de 1984 (graphique n° 9).



Graphique n° 8

Source Cogéma



Graphique n° 9

Source Cogéma

André Guillemette
 ACRO, tx GRNC3
 14/03/05

Bibliographie

- Beaujard P., Etude bibliographique sur le carbone 14, IPSN, SEGR/SEAR/97 n° 10, février 1997
- BNFL, Annual report on discharges and monitoring of the environment, 1998
- Cogéma, Surveillance trimestrielle environnement de la Hague, collection 1966 – 2003
- Delibrias G., Le carbone 14, Méthodes de datation par les phénomènes naturels, édition Masson, collection CEA, 1985
- Douville E., Fiévet F., Germain P., Fournier M., Comportement du radiocarbone dans l'eau de mer et dans les algues brunes (*fucus serratus*) dans les environs de l'usine de retraitement de combustibles usés de Cogéma la Hague (Goury)- France, J. Environ. Radioactivity 77 (2004) 355-368
- Flury-Hérard A., SFRP, Journée carbone 14, actes du colloque, 18 avril 2002
- Fontugne M., Maro D., Baron Y., Hébert D. et Douville E., Identification et distribution du radiocarbone dans les environs de l'usine de retraitement de combustibles usés de Cogéma la Hague, Radioprotection – Colloques, volume 37, C1 (2002)
- Fontugne M., Maro D., Baron Y., Hébert D. et Douville E., Sources de ¹⁴C et distribution dans les environs de l'usine de retraitement de combustibles usés de Cogéma la Hague : Part I – Environnement terrestre, Radiocarbon, Vol 46, Nr 2, 2004, p 827-830
- G. T. Cook, A. B. MacKenzie, P. Naysmith & R. Anderson, Natural and anthropogenic ¹⁴C in the UK coastal marine environment, J. Environ. Radioactivity, V 40, N° 1, pp 89-111. 1998
- Galle P., Toxiques nucléaires, 2^{ème} édition, Masson 1997
- Groupe Radioécologie Nord-Cotentin, Estimation des niveaux d'exposition aux rayonnements ionisants et des risques de leucémies associés de populations du Nord-Cotentin, Synthèse et volumes 1 à 4, juillet 1999
- Groupe Radioécologie Nord-Cotentin, Rapport concernant le percement de la conduite de rejet en mer de l'usine de retraitement de la Hague (1979-80), Complément au rapport de synthèse, septembre 2000
- Labeyrie J., La datation par le carbone 14, La Recherche N° 73, Décembre 1976
- Maro D., Fontugne M., Hatté C., Hébert D., Rozet M., Sources de ¹⁴C et distribution dans les environs de l'usine de retraitement de combustibles usés de Cogéma la Hague : Part II – Environnement marin, Radiocarbon, Vol 46, Nr 2, 2004, p 831-839
- OPRI, bulletins mensuels, collection 1980 – 2003
- OPRI, La question du carbone 14, Rapport de synthèse sur l'usine de la Hague, 16 juillet 1997
- OPRI, travaux du GT percement conduite de rejet en mer, document de travail OPRI référence 8191 du 28/12/99
- OMS, Critères d'hygiène de l'environnement, 1987
- RIFE-1 à RIFE-9, Radioactivity in food and the environment, Food Standards Agency and Scottish Environment Agency, 1996 – 2004
- Simmonds J. R., Robinson C. A., Phipps A. W., Muirhead C. R. and Fry F. A., Risks of leukaemia and other cancers in Seascale from all sources ionising radiation exposure, NRPB, NRPB-R276, 1995
- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and effects of ionising radiation. New York : United Nations, 1993. (UNSCEAR 1993 Report to the General Assembly, with scientific annexes)

André Guillemette,
Représentant ACRO au GT rejets chimiques
5, allée Bellevue
50460, Urville-Nacqueville
tél, 02 33 03 53 69
mél, a.guillemette@wanadoo.fr

Fiche sur les scénarios de consommation

Objet : Groupe de travail rejets chimiques, scénarios des habitudes alimentaires de groupes d'individus habitant le Nord-Cotentin proposé par le GT santé

Référence : Proposition de scénarios d'exposition dans le cadre de l'évaluation des risques associés aux rejets chimiques des installations nucléaires du Nord-Cotentin, Version 1 –20/11/01

1 – Les données des scénarios « GT4 » et « CREDOC » sont basées sur des enquêtes effectuées à partir d'un échantillon de 500 à 1000 personnes, dit représentatif de la population du Nord-Cotentin, environ 100000 habitants. De telles études ont leur propre faiblesse statistique, marge d'erreur de 2 à 5 %? pour une question dans un tel créneau d'échantillon. Il est difficile d'en calquer le résultat (comportement « moyen ») sur les habitudes alimentaires d'une population plus restreinte, pêcheurs ou agriculteurs par exemple.

2 – Si l'on compare ces 2 scénarios avec les données de consommation retenues par les autorités anglaises pour surveiller leurs sites nucléaires [RIFE-5, 2000], on constate les différences d'approche suivantes :

2.1 – Produits marins

Contrairement au chiffrage global des scénarios français, chaque site anglais fait l'objet d'une quantification propre, adaptée à la ressource et aux habitudes de consommation délocalisées, exemples :

Sellafield (groupe A)

Poisson 43 kg/an, morues 50 %, plies 50 %
Crustacés 24 kg/an, crabes 80 %, homards 20 %
Mollusques 25 kg/an, bigorneaux 50 %, autres mollusques 50 %

Sellafield (Fleetwood, groupe G)

Poisson 93 kg/an, plies et morues
Crustacés 24 kg/an, crevettes
Mollusques 23 kg/an, buccins

Sellafield (Ile de Man, groupe L)

Poisson 100 Kg/an
Crustacés 20 kg/an
Mollusques 20 kg/an

Hunterston

Poisson 82 Kg/an
Crustacés 41 kg/an (Nephrops?)
Mollusques 21 kg/an, coquilles St Jacques

Etc ..., en regard des données anglaises les valeurs retenues pour le scénario « gros consommateurs de produits marins » poisson 67 kg/an, crustacés 61 kg/an, mollusques 31 kg/an, paraissent faibles, hormis la donnée crustacés. Les données anglaises étant celles d'un individu « moyen ».

2.2 – Produits terrestres

Par rapport aux études françaises, les autorités anglaises précisent la consommation en produits locaux connus pour reconcentrer les polluants chimiques et les radionucléides, elles donnent des ordres de grandeur des consommations moyennes (adulte standard et adulte gros mangeur) :

Champignons 3 à 10 kg/an
Miel 2,5 à 9,5 kg/an

Gibier 6 à 10 kg/an

Noix 3 à 10 kg/an

Ces quatre produits font aussi l'objet de consommation locale dans le Nord-Cotentin, il serait souhaitable de les intégrer dans les produits analysés pour surveiller l'impact des sites nucléaires.

3 – **Produits terrestres, coutumes locales**

Le GT4 retient une consommation de cidre de 38 l/an pour l'individu moyen, 170 l/an pour le gros mangeur de produits terrestres et 38 l/an pour le gros mangeur de produits marins. Dans le NC, la consommation de cidre n'est pas une moyenne, soit on en consomme soit on n'en consomme pas. Si on en consomme, c'est la boisson journalière et à partir d'une consommation minimale de 1 l/j la consommation est supérieure à 365 l/an et non une moyenne de 38 l/an.

Pour les confitures, c'est un peu la même chose, soit on aime ou on n'aime pas. Si on apprécie, la consommation est journalière, à raison de 1 kg/mois cela nous donne 12 kg/an pour un individu « moyen ». Les confitures locales sont la rhubarbe et les mûres.

4 – **Origine locale des produits consommés**

Pour les scénarios gros mangeurs de produits terrestres ou marins, les pourcentages de produits d'origine locale retenus sont faibles : 40 à 60 % des produits terrestres pour le gros mangeur terrestre et de l'ordre d'un peu plus de 50 % des produits marins pour le gros mangeur de produits marins.

Si l'on considère que les gros mangeurs standards sont plutôt l'agriculteur et le pêcheur, on peut s'étonner que la moitié de leur consommation vienne d'un apport extérieur alors qu'ils ont tout sous la main, presque gratuit, d'une qualité connue, consommé ou conditionné (congelé) frais. Ne pas oublier que le hagar, quoi que considéré comme peu futé est quand même « près de ses sous ».

André Guillemette

[RIFE-5, 2000] – Radioactivity in Food and the Environment, 1999, Food Standards Agency and Scottish Environment Protection Agency, septembre 2000

Comparaison données GT4 et CREDOC avec celles du RIFE-5
(consommation en kg/an)

	GT4			CREDOC (1998)			RIFE-5	
	Adlt moy	Groupe de référence		Adlt moy	Groupe de référence		Adlt moy	Gros mangeur
		Digulleville	Goury		Digulleville	Goury		Prod. ter.
Crustacés	13	13	61	13	8	71	20 à 34	
Mollusques	7	7	31	6	5	15	20 à 39	
Poisson	23	23	67	17	14	42	43 à 100	
Lait + prod. laitiers	155	375	155	98	292	97		
Lait	122	297	122				95	240
Produits laitiers	33	78	33					
Viande et œufs	88	142	88	67	117	62		
Boeuf	21	30	21				15	45
Mouton	2	2	2				8	25
Porc	30	43	30				15	40
Volailles	23	32	23				10	30
Œufs	12	25	12				5,5	20
Légumes feuilles	24	55	24	8	23	6	15	45
Légumes racines	131	265	131	36	63	34	80	210
Légumes-fruits	73	178	73	41	142	38	27	100
Céréales	123	123	123	90	152	90	50	100
Confiture	4	10	4					
Cidre	38	170	38					
Noix							3	10
Gibier							6	15
Miel							2,5	9,5

Champignons							3	10
-------------	--	--	--	--	--	--	---	----

Annexe 2

Données sur le carbone 14 naturel (nb : que les anglais considèrent à env. 260 Bq/kg de C, soit au minimum le naturel plus le reliquat des explosions atmosphériques)

Réf 1 :

- RIFE-9, Radioactivity in Food and the Environment, 2003, Food Standards Agency and Scottish Environment Protection Agency, 2004
- Garnier – Laplace et al, 1998

denrée	Concentration C-14 (Bq/kg frais)	Teneur en carbone total (%) - RIFE	Teneur en carbone total (%) - Garnier	k C-14 (Bq de C par Bq/kg frais)
Poisson	26		3	10
Crustacés	27			9,63
Mollusques	24			10,83
Fourrage			16	
Foin			33	
Lait	18	7	6,7	14,44
Bœuf	44	17	22,8	5,91
Mouton	54	21	28,9	4,81
Porc	54	21	40,2	4,81
Volaille	72	28	15,6	4,61
Gibier	38	15		6,84
abbats	31	12		8,39
Œufs	38	15	15,6	6,84
Légumes feuilles	8	3	3,5	32,5
Légumes racines	8	3	3,5	32,5
Autres végétaux	20	8	7,2	13
Haricots secs	51	20		5,10
Pommes de terre	23	9		11,30
Céréales	105	41	36	2,48
Fruits (cultivés)	10	4	6,5	26
Fruits sauvages	10	4	6,5	26
Champignons	5	2		52
Miel	79	31		3,29
Noisettes	148	58		1,76

Réf 2 : Natural and Anthropogenic C-14 in the UK Coastal Marine Environment, G. T. Cook, A. B. MacKenzie, P. Naysmith & R. Anderson, J. Environment Radioactivity, Vol. 40, No. . pp. 89-111. 1998

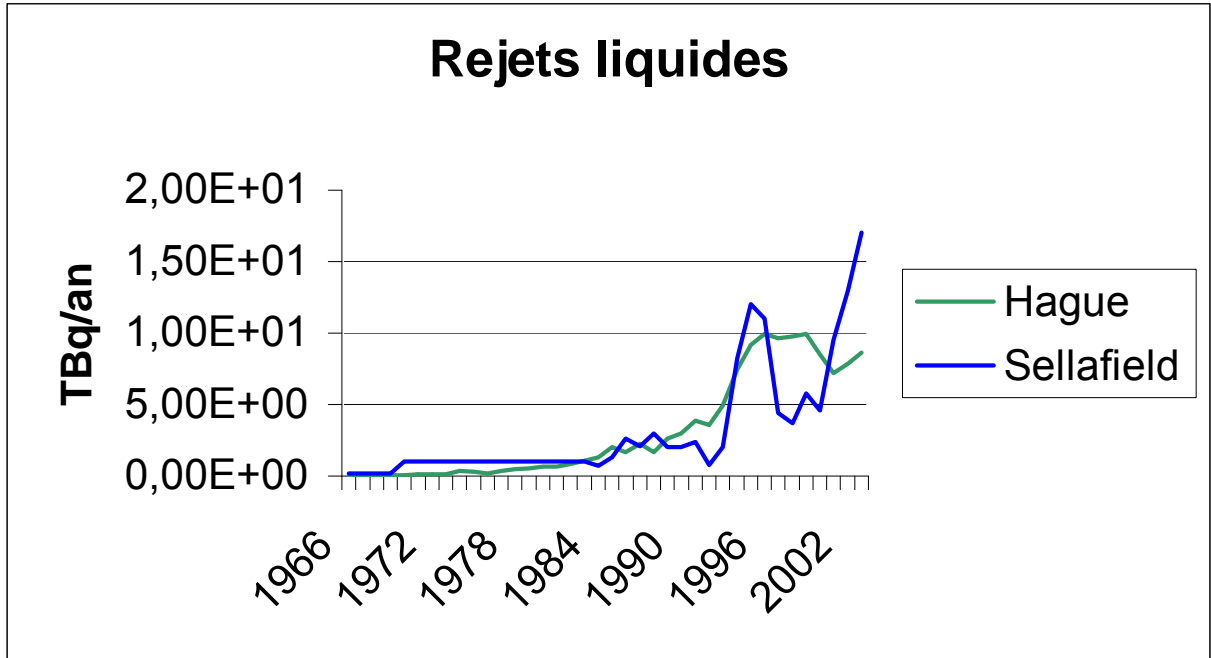
denrée	Ratio poids frais / poids sec	Teneur en carbone total (% du poids sec)	k C-14 (Bq de C par Bq/kg frais)
Moules	4,94	39	12,66
Poissons	4,52	44	10,27
Crustacés	4,04	41	9,85

Réf 3 : Douville E., Fiévet F., Germain P., Fournier M., Radiocarbon behaviour in seawater and the brown algae *Fucus serratus* in the vicinity of the Cogéma la Hague spent fuel reprocessing plant (Goury)- France, J. Environ. Radioactivity 77 (2004) 355-368

denrée	Ratio poids frais / poids sec	Teneur en carbone total (% du poids sec)	k C-14 (Bq de C par Bq/kg frais)
<i>Fucus serratus</i>	4,9	39,2	12,5

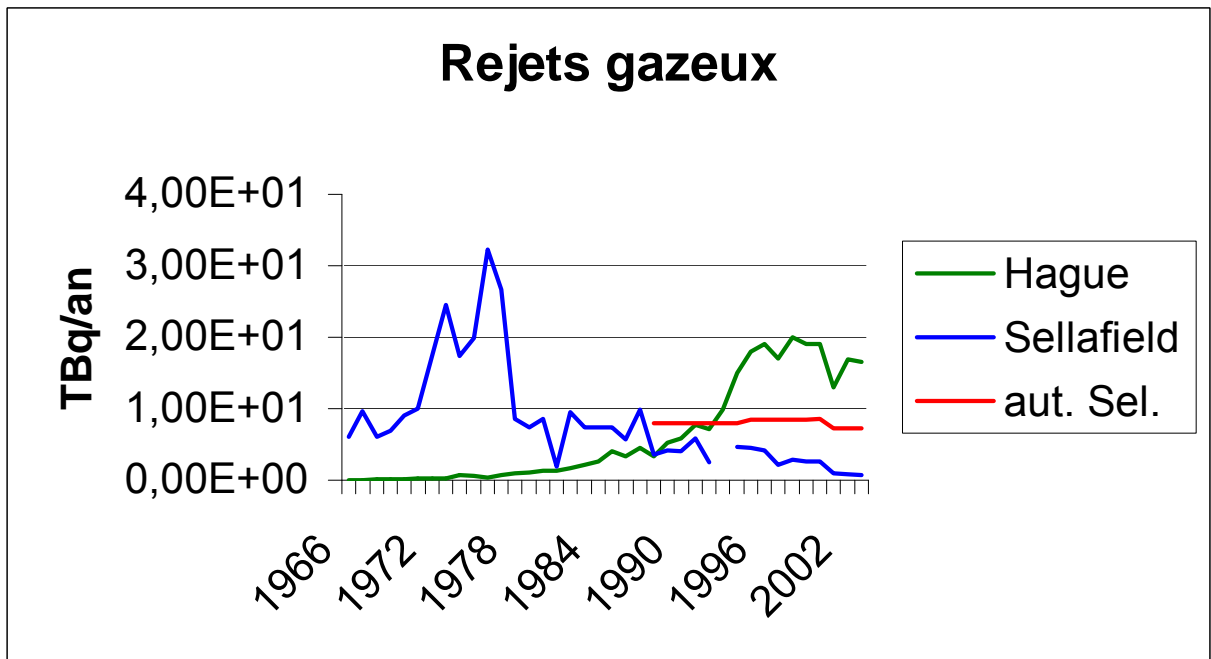
Annexe 3

Rejets liquides et gazeux des usines de retraitement de la Hague et de Sellafield



Sources Environment Agency (UK) et Cogéma

Nota : les autorisations de rejets liquides sont limitées au-dessous de 20,8 TBq à Sellafield depuis 1988, Les installations de retraitement de la Hague sont autorisées à rejeter jusqu'à 42 TBq depuis juillet 2003

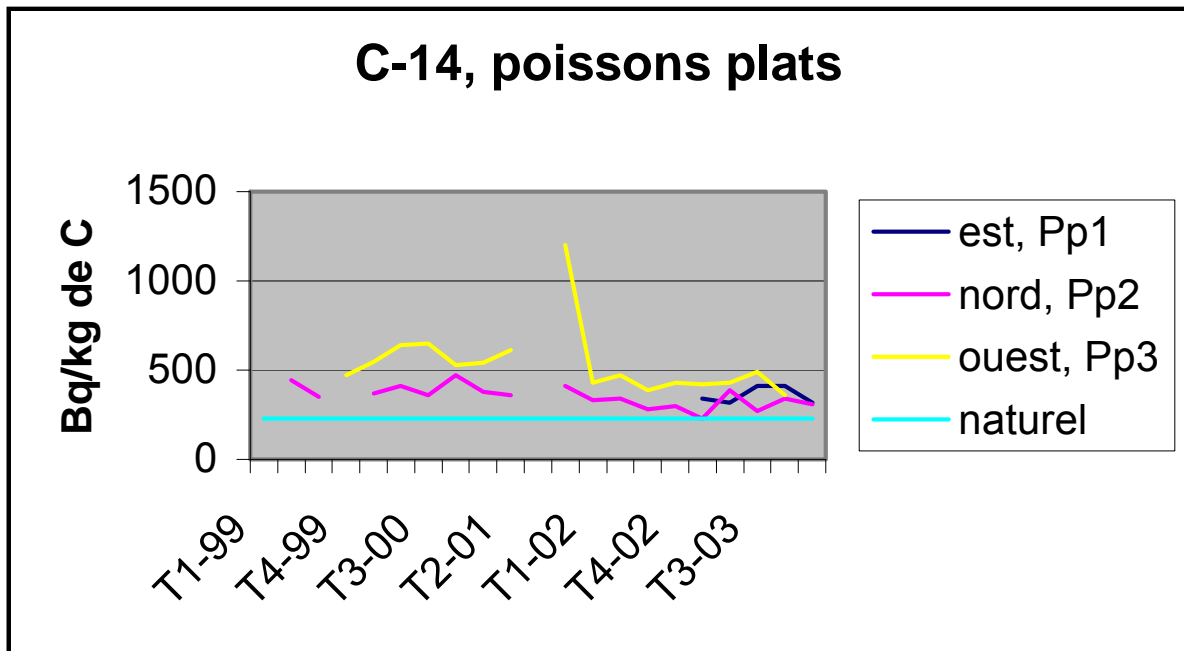


Sources Environment Agency (UK) et Cogéma

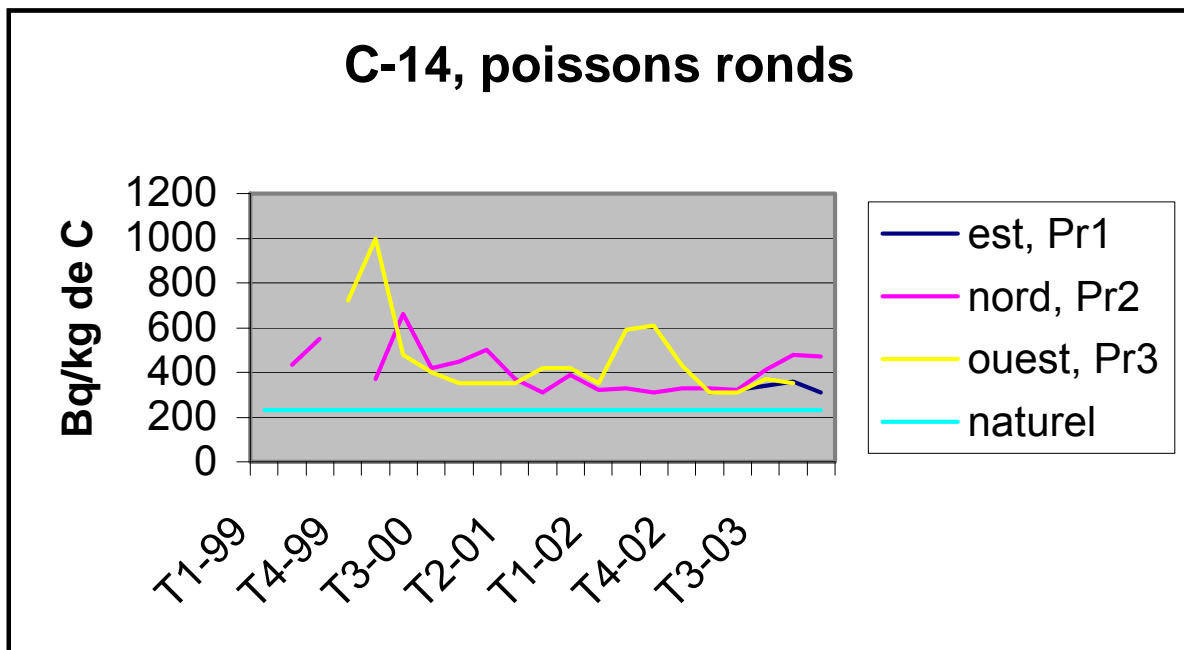
Nota : les autorisations de rejets gazeux sont limitées au-dessous de 8 TBq à Sellafield depuis 1988, Les installations de retraitement de la Hague sont autorisées à rejeter jusqu'à 28 TBq depuis juillet 2003

Annexe 4

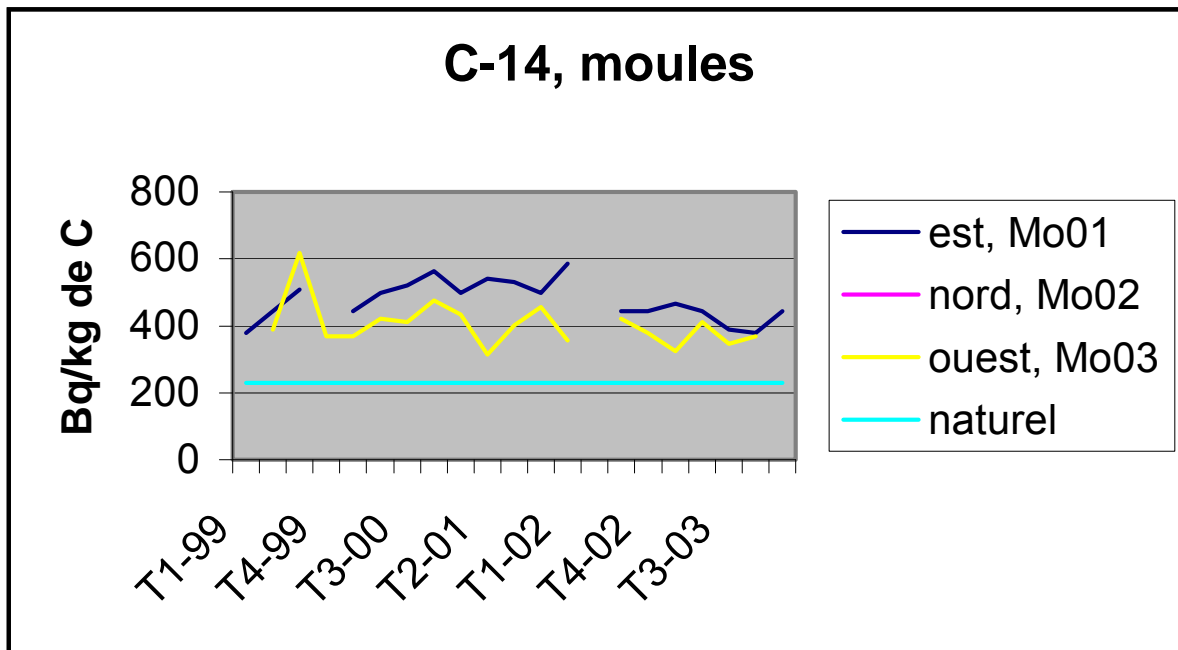
4.1 Taux de Carbone 14 en milieu marin dans les échantillons analysés par l'exploitant depuis 1998



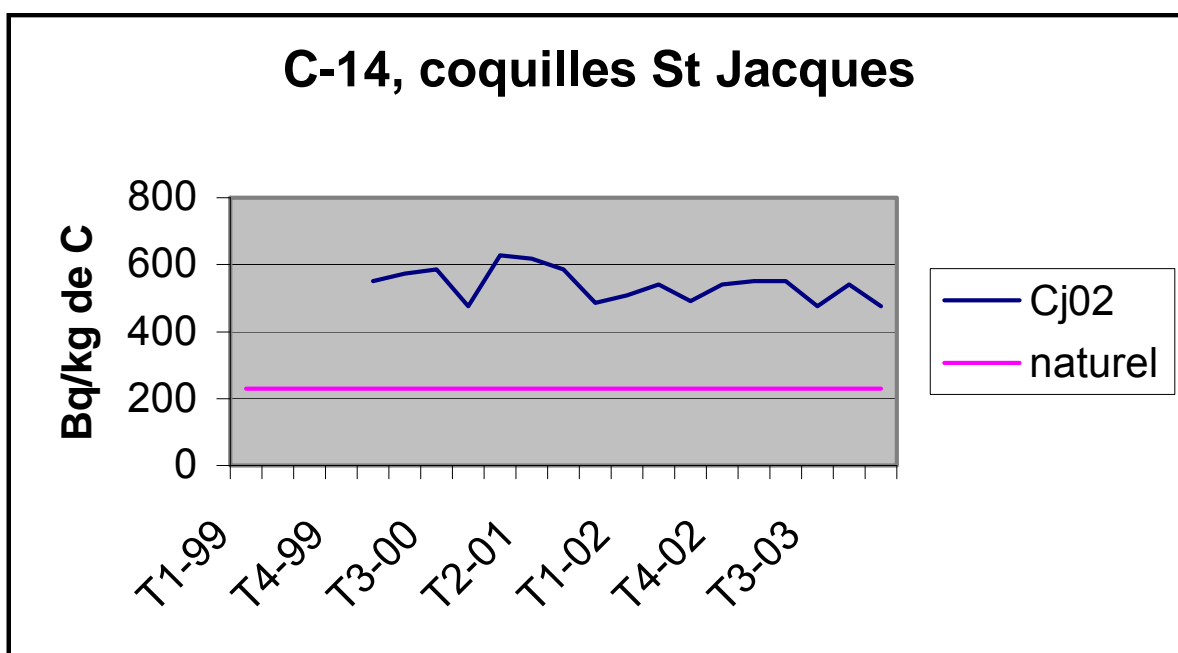
Sources, Cogéma données initiales
grille de conversion : RIFE9-2004



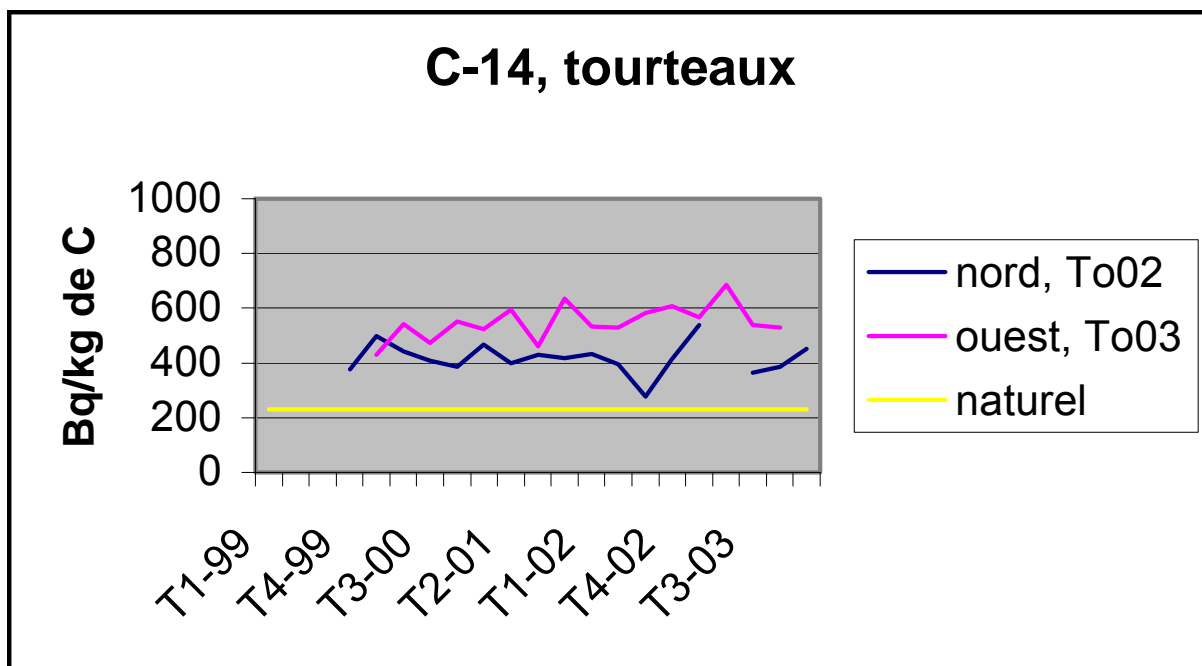
Sources, Cogéma données initiales



Sources, Cogéma données initiales
grille de conversion : RIFE9-2004

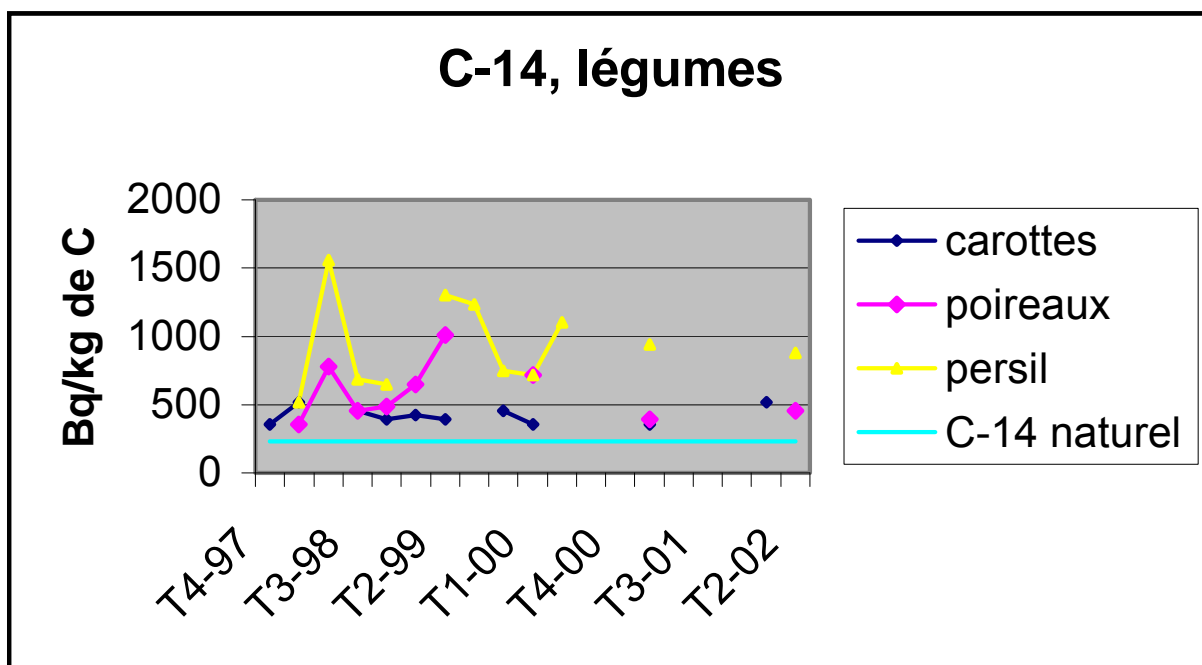


Sources, Cogéma données initiales
grille de conversion : RIFE9-2004



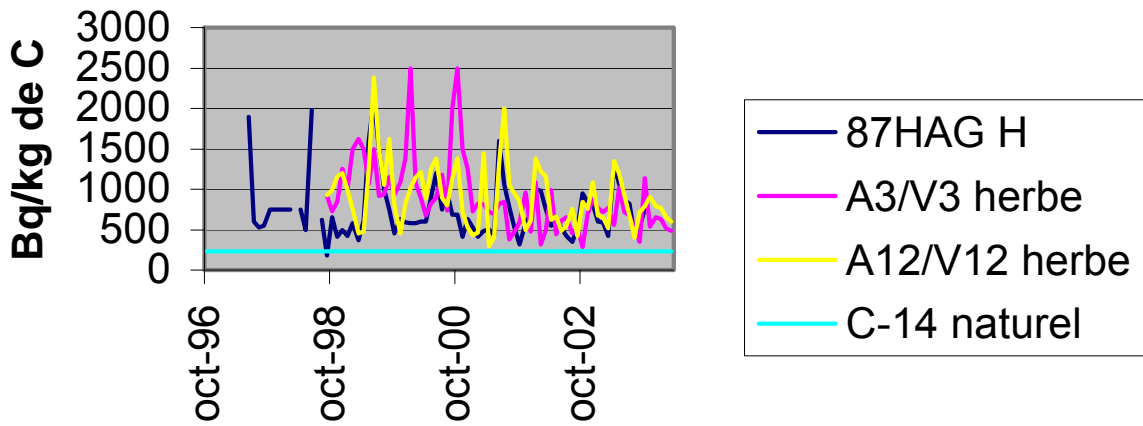
Sources, Cogéma données initiales
grille de conversion : RIFE9-2004

4.2 Taux de Carbone 14 en milieu terrestre dans les échantillons analysés par l'exploitant depuis 1998



Sources, Cogéma données initiales
grille de conversion : RIFE9-2004

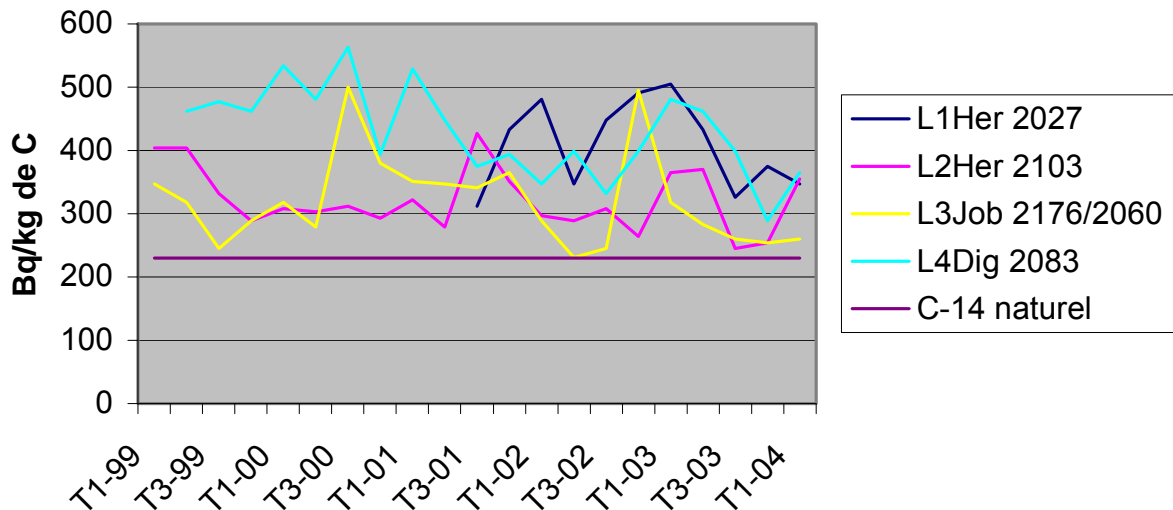
C-14, herbe 1997/2003



Sources OPRI et Cogéma données initiales
avec grille de conversion : RIFE9-2004

Carbone 14 dans l'herbe en 3 points suivis par l'OPRI (1 point) puis par Cogéma (2 points) depuis 1996, données mensuelles

C-14, Lait

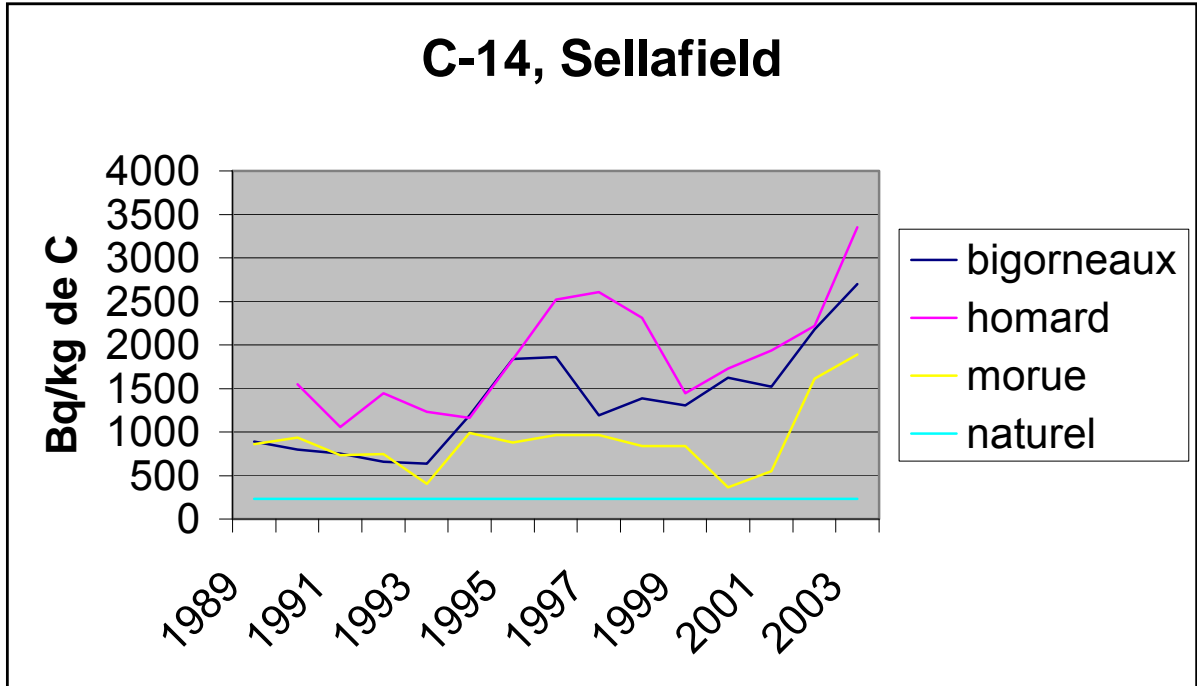


Sources, Cogéma données initiales
grille de conversion : RIFE9-2004

Carbone 14 dans le lait de 4 exploitations suivies par Cogéma depuis 1999, moyennes trimestrielles

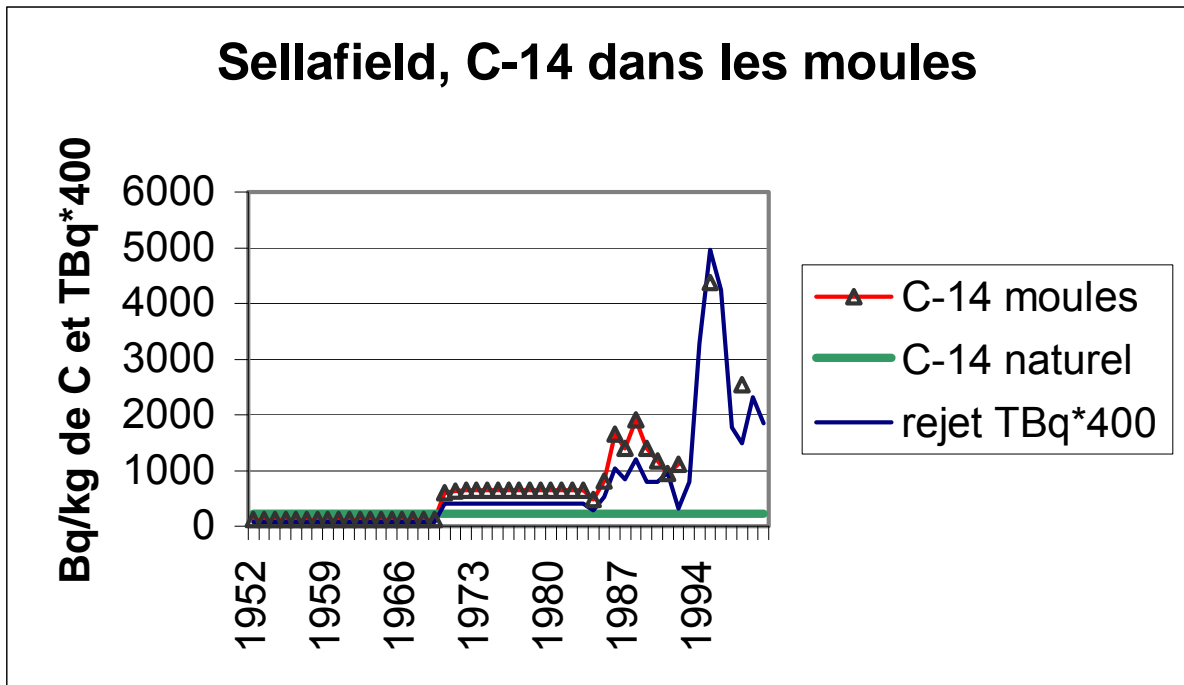
Annexe 5

Sellafield et la Hague, milieu marin



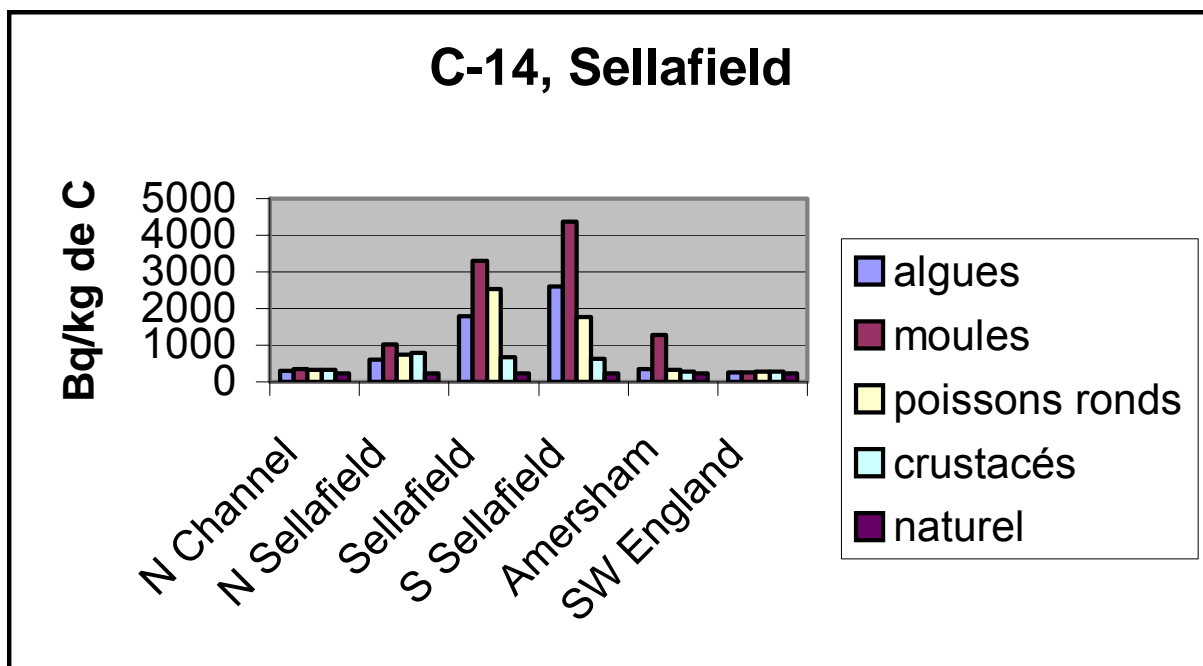
source RIFE 9, 2004

Carbone 14 dans 3 compartiments à proximité de l'émissaire marin de Sellafield



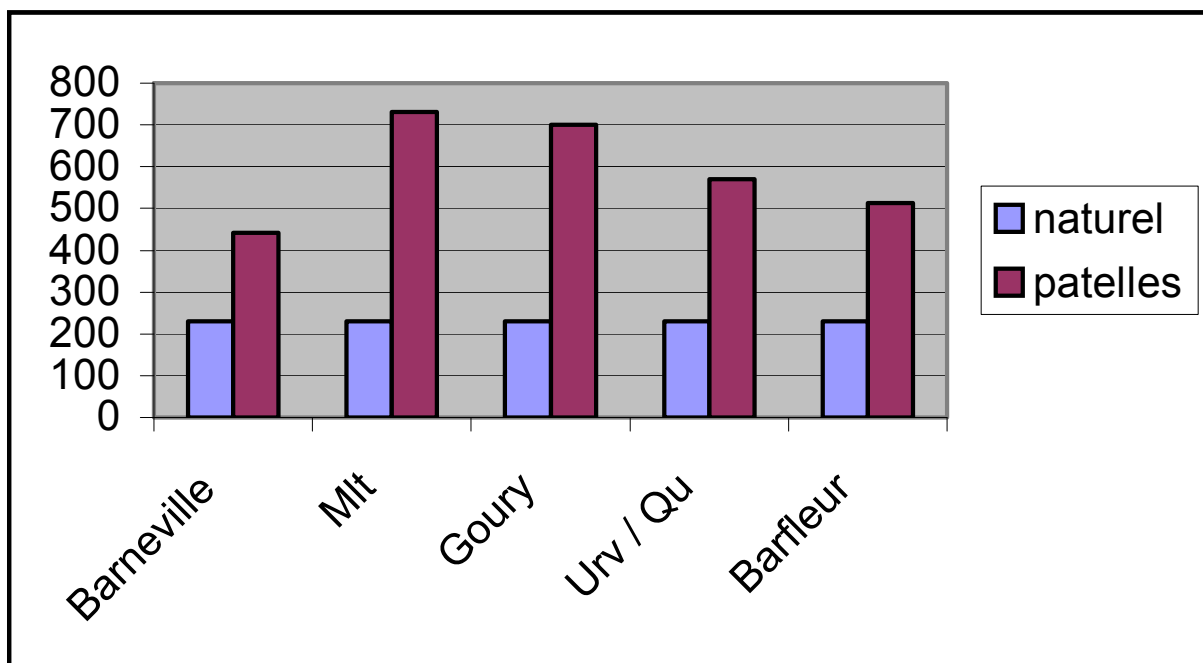
Sources NRPB et BNFL

Sellafield, similitude entre activité des rejets en mer et taux de carbone 14 dans les moules



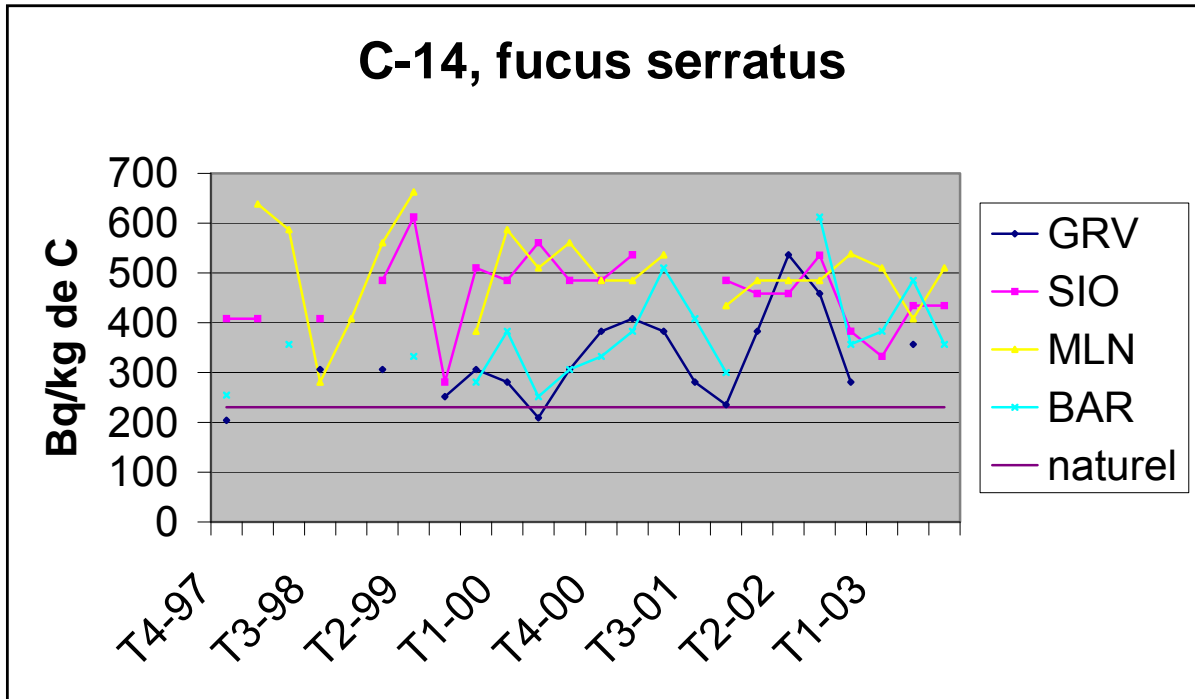
G. T. Cook et al, J. Environment Radioactivity, 1998

Taux de carbone 14 en milieu marin côte ouest du Royaume Uni (1995)



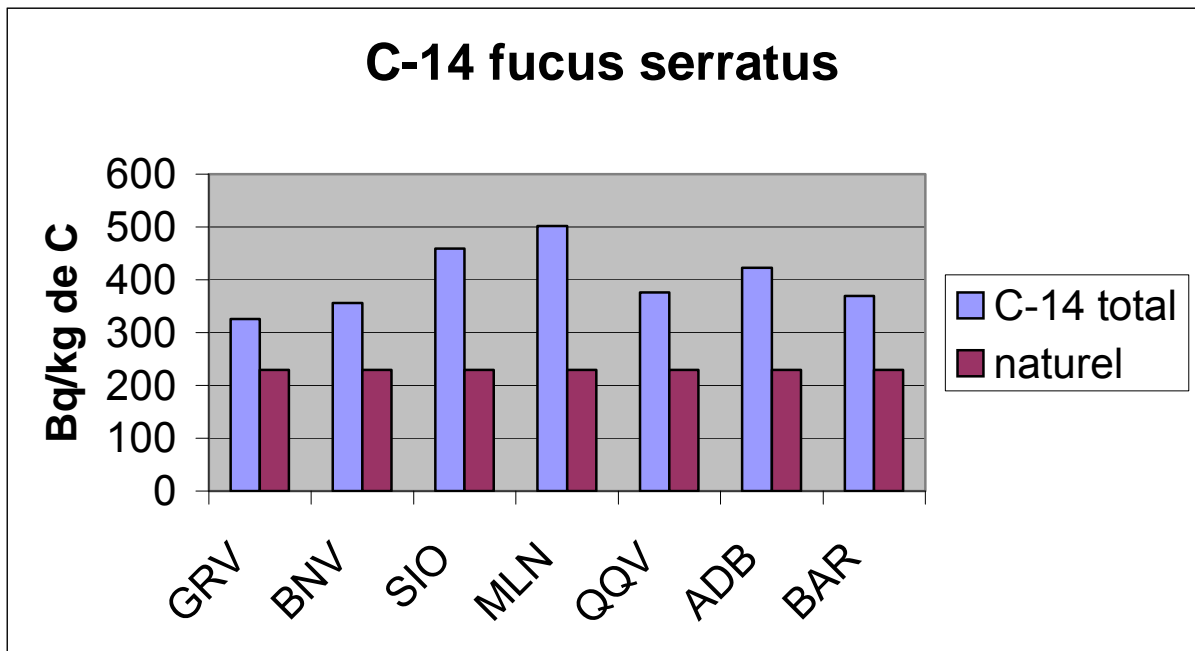
Sources, Cogéma données initiales
grille de conversion : RIFE9-2004

Taux de carbone 14 en Bq/kg de C dans les patelles dans les environs de l'émissaire marin de la Hague en 2003



Source OPRI
Grille de conversion Douville 2004

Taux de C-14 dans les algues fucus serratus pour 4 stations observées par l'OPRI depuis 1997 : Granville (GRV), Siouville (SIO), Moulinets (MLT) et Barfleur (BAR).
Les analyses de C-14 commencent au premier trimestre avec un seuil de mesure à 255 Bq/kg de C, elles deviennent significatives à partir du premier trimestre 1997.



Source OPRI
Grille de conversion Douville 2004

Taux moyens de C-14 dans les fucus serratus depuis le début des observations de l'OPRI en 1997. Granville (GRV), Barneville (BNV), Siouville (SIO), Moulinets (MLT), Querqueville (QQV), Anse du Becquet (ADB) et Barfleur (BAR).

Annexe 6

Calcul des doses dues au carbone 14 artificiel dans l'environnement proche de l'usine de retraitement de la Hague pour les groupes critiques Cogéma, 2 des groupes critiques du GT4 [GRNC 1999], 2 groupes « gros mangeurs » (RIFE) avec données C-14 actuelles du site de la Hague et ces 2 derniers groupes avec environnement marin C-14 « Sellafield 2003 ».

Données initiales

- Dans les environnements terrestre et marin, le taux moyen de C-14 est considéré à 600 Bq/kg de C, sauf pour le lait et ses produits dérivés où il est considéré à 400 Bq/kg de C en conformité avec les relevés exploitant.
- L'autoconsommation des pêcheurs est considérée à 100 % pour les produits marins celle des agriculteurs à 100 % pour les produits terrestres (sauf produits laitiers dérivés).
- Le coefficient de dose efficace par ingestion du C-14 pour un adulte est de $5,80 \cdot 10^{-4} \mu\text{Sv} \cdot \text{Bq}^{-1}$ (directive Euratom 96/29)

6.1 Pêcheurs de Goury

	Consommation annuelle	Auto-consommation	C-14 Bq/kg frais	C-14 nat.	Apport C-14	Ingestion Bq/an
Crustacés	70,9	1	62,3	27	35,3	2502,77
Mollusques	14,6	1	55,4	24	31,4	458,44
Poissons	41,7	1	60	26	34	1417,80
Lait et prod. dér.	97,1	0,175	27,7	18	9,7	164,83
Viande	61,6	0,399	101,5	44	57,5	1413,26
Légumes feuilles	5,9	0,574	18,5	8	10,5	35,56
Légumes racines	33,7	0,54	18,5	8	10,5	191,08
Fruits	38	0,112	23,1	10	13,1	55,75

Ingestion : 6239,49 Bq
Dose annuelle : 3,62 μSv

6.2 Agriculteurs de Digulleville

	Consommation annuelle	Auto-consommation	C-14 Bq/kg frais	C-14 nat.	Apport C-14	Ingestion Bq/an
Crustacés	8,2	0,536	62,3	27	35,3	155,15
Mollusques	4,7	0,753	55,4	24	31,4	111,13
Poissons	13,8	0,517	60	26	34	242,58
Lait et prod. dér.	292	1	27,7	18	9,7	2832,40
Viande	117,2	1	101,5	44	57,5	6739,00
Légumes feuilles	23,2	1	18,5	8	10,5	243,60
Légumes racines	62,6	1	18,5	8	10,5	657,3
Fruits	141,8	0,112	23,1	10	13,1	208,05

Ingestion : 11189,20 Bq
Dose annuelle : 6,49 μSv

6.3 Agriculteur habitant un hameau à moins de 1500 m du point de rejet (GT4 du GRNC)

	Consommation annuelle	Auto-consommation	C-14 Bq/kg frais	C-14 nat.	Apport C-14	Ingestion Bq/an
Crustacés	13	0,53	62,3	27	35,3	243,22
Mollusques	7	0,73	55,4	24	31,4	160,45
Poissons	23	0,53	60	26	34	414,46
Lait	297	1	27,7	18	9,7	2880,90
Produits laitiers	78	0,3	27,7	18	9,7	226,98
Bœuf	30	1	101,5	44	57,5	1725,00
Mouton	2	1	124,6	54	70,6	141,20
porc	43	1	124,6	54	70,6	3035,80
Volaille et lapin	32	1	166	72	94	3008,80
oeufs	25	1	87,7	38	49,5	1242,50
Légumes feuilles	55	1	18,5	8	10,5	577,50
Légumes racines	265	1	18,5	8	10,5	2782,50
Fruits	178	0,4	23,1	10	13,1	932,72
Confitures	10	1	23,1	10	13,1	131,00
Cidre	170	1	23,1	10	13,1	2227,00

Ingestion : 19729,23 Bq
Dose annuelle : 11,44 μ Sv

6.4 Pêcheur de la zone des Huquets (GT4 du GRNC)

	Consommation annuelle	Auto-consommation	C-14 Bq/kg frais	C-14 nat.	Apport C-14	Ingestion Bq/an
Crustacés	61	1	62,3	27	35,3	2153,30
Mollusques	31	1	55,4	24	31,4	973,40
Poissons	67	1	60	26	34	2278,00
Lait	122	0,62	27,7	18	9,7	733,71
Produits laitiers	33	0,3	27,7	18	9,7	96,03
Bœuf	21	0,56	101,5	44	57,5	676,20
Mouton	2	0,56	124,6	54	70,6	79,07
porc	30	0,56	124,6	54	70,6	1186,08
Volaille et lapin	23	0,56	166	72	94	1210,72
oeufs	12	0,8	87,7	38	49,5	477,12
Légumes feuilles	24	0,6	18,5	8	10,5	151,20
Légumes racines	131	0,6	18,5	8	10,5	825,30
Fruits	73	0,4	23,1	10	13,1	382,52
Confitures	4	0,84	23,1	10	13,1	44,02
Cidre	38	1	23,1	10	13,1	497,80

Ingestion : 11764,47Bq
Dose annuelle : 6,82 μ Sv

6.5 Gros mangeurs des produits marins

Consommation, ratios retenus dans RIFE, environnement C-14 à 600 Bq/kg de C et simulation avec environnement marin Sellafield 2003.

	Cons. annuelle	Auto-Cons.	C-14 Bq/kg frais	C-14 nat.	Apport C-14	Ingestion Bq/an	C-14 Bq/kg frais	Apport C-14	Ingestion Bq/an
Crustacés	34	1	62,3	27	35,3	1200,20	348	321	10914,00
Mollusques	39	1	55,4	24	31,4	1224,60	249	225	8775,00
Poissons	100	1	60	26	34	3400,00	189	163	16300,00
Produits laitiers	240	0,3	27,7	18	9,7	698,40			698,40
Bœuf	45	0,56	101,5	44	57,5	1449,00			1449,00
Mouton	25	0,56	124,6	54	70,6	988,40			988,40
Porc	40	0,56	124,6	54	70,6	1581,44			1581,44
Volaille et lapin	30	0,56	166	72	94	1579,20			1579,20
Oeufs	20	0,8	87,7	38	49,5	795,20			795,20
Légumes feuilles	45	0,6	18,5	8	10,5	283,50			283,50
Légumes racines	210	0,6	18,5	8	10,5	1323,00			1323,00
Fruits	100	0,4	23,1	10	13,1	524,00			524,00
Confitures	10	0,84	23,1	10	13,1	110,04			110,04
Cidre	365	1	23,1	10	13,1	4781,50			4781,50
Noisettes	10	1	133,8	58	75,8	758,00			758,00
Gibier	15	1	34,6	15	19,6	294,00			294,00
Miel	9,5	1	71,5	31	40,5	384,75			384,75
Champignons	10	1	4,6	2	2,6	26,00			26,00

Ingestion : 21401,23 Bq
Dose annuelle : 12,41 µSv

Ingestion : 51565,43 Bq
Dose annuelle : 29,91 µSv

6.6 Gros mangeurs de produits terrestres

Consommation, ratios retenus dans RIFE, environnement C-14 à 600 Bq/kg de C et simulation avec environnement marin Sellafield 2003.

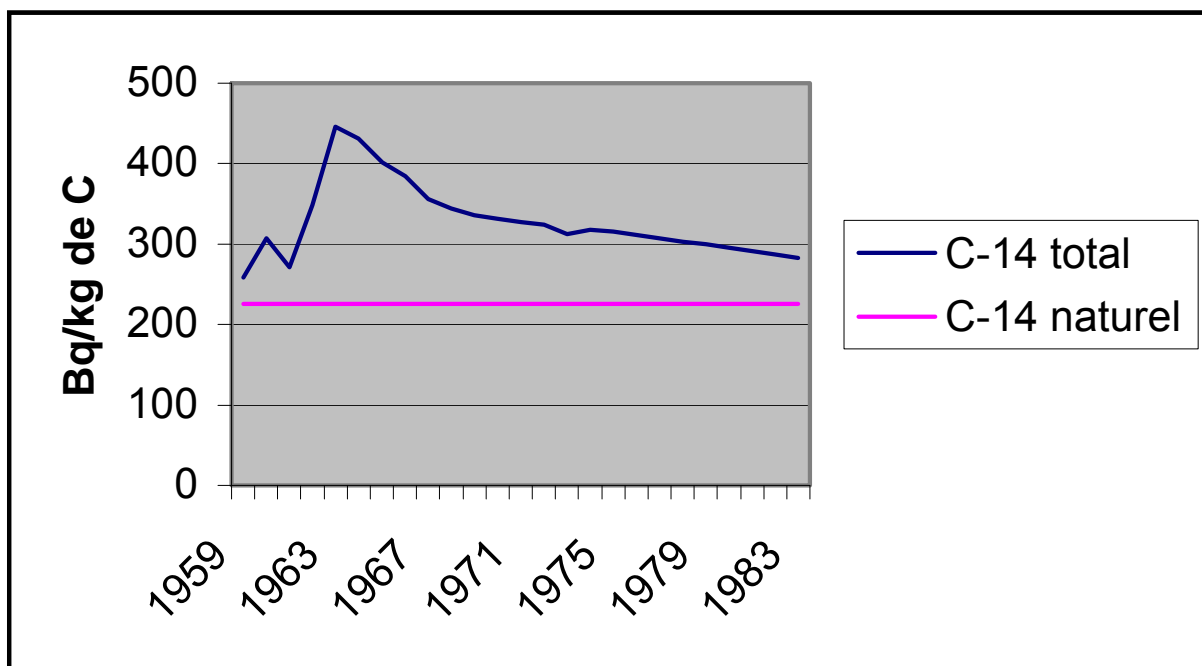
	Cons. annuelle	Auto-Cons.	C-14 Bq/kg frais	C-14 nat.	Apport C-14	Ingestion Bq/an	C-14 Bq/kg frais	Apport C-14	Ingestion Bq/an
Crustacés	13	0,53	62,3	27	35,3	243,22	348	321	2211,69
Mollusques	39	0,73	55,4	24	31,4	160,45	249	225	1149,75
Poissons	23	0,53	60	26	34	414,46	189	163	1986,97
Produits laitiers	240	1	27,7	18	9,7	2328,00			2328,00
Bœuf	45	1	101,5	44	57,5	2587,50			2587,50
Mouton	25	1	124,6	54	70,6	1765,00			1765,00
Porc	40	1	124,6	54	70,6	2824,00			2824,00
Volaille et lapin	30	1	166	72	94	2820,00			2820,00
Oeufs	20	1	87,7	38	49,5	994,00			994,00
Légumes feuilles	45	1	18,5	8	10,5	472,50			472,50
Légumes racines	210	1	18,5	8	10,5	2205,00			2205,00
Fruits	100	0,4	23,1	10	13,1	524,00			524,00
Confitures	10	1	23,1	10	13,1	131,00			131,00
Cidre	365	1	23,1	10	13,1	4781,50			4781,50
Noisettes	10	1	133,8	58	75,8	758,00			758,00
Gibier	15	1	34,6	15	19,6	294,00			294,00
Miel	9,5	1	71,5	31	40,5	384,75			384,75
Champignons	10	1	4,6	2	2,6	26			26

Ingestion : 23713,38 Bq
Dose annuelle : 13,75 µSv

Ingestion : 28243,66 Bq
Dose annuelle : 16,38 µSv

Annexe 7

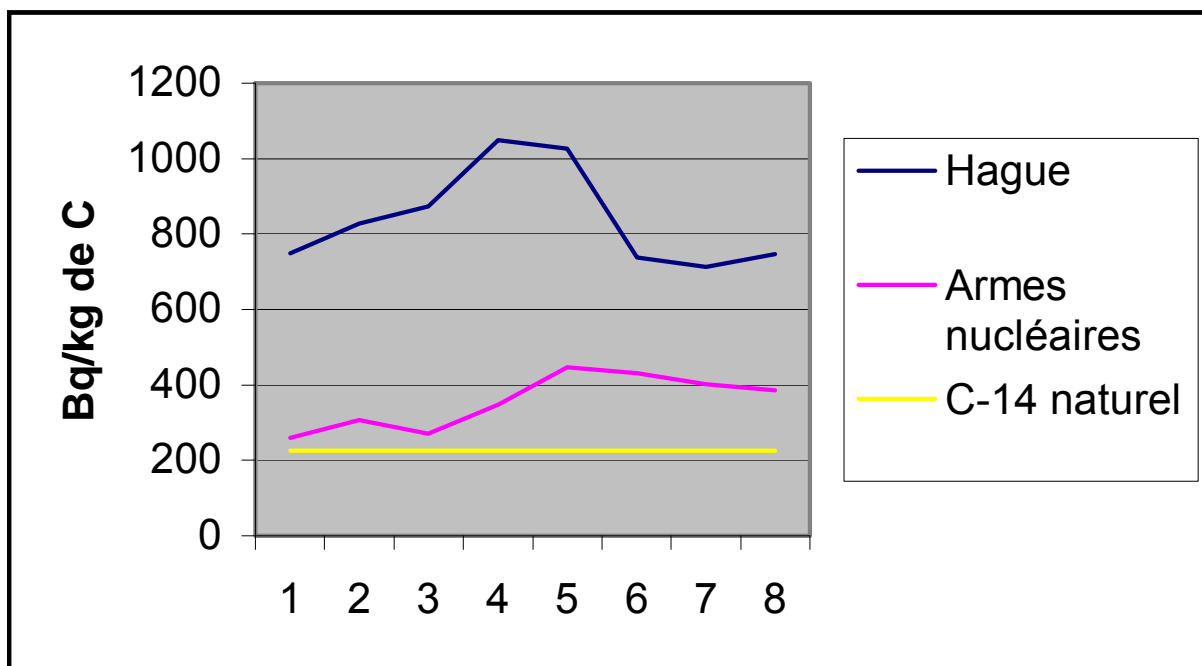
Apports de C-14 dus aux tirs atmosphériques d'armes nucléaires sur le sol français :



Sources Labeyrie, 1976 et Délibrias 1985

Variations des taux de carbone 14 en France (48° 49' N, 2° 01' E) de 1959 à 1983

Comparaison entre les apports de tirs aériens de la période 1959 / 1962 en France et les apports locaux de C-14 des rejets aériens de l'usine de la Hague dans la période 1996 / 2003 (données : moyenne annuelle de 3 relevés (mensuels) dans l'herbe effectués par l'OPRI et le Cogéma) dans la zone proche du site de retraitement :



Sources Labeyrie 1976 et Délibrias 1985, OPRI et Cogéma

Annexe 8

Strontium 90 dans 3 échantillons marins à Sellafield et à une station témoin [RIFE 2004]

Sigles : NSC North Solway Coast, Sel Sellafield, ECW English Channel West

8.1 Carrelet (Bq/kg frais)

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Sel	0,11	0,078	0,1	0,16	0,18		0,085	0,080	0,081
ECW	0,21	0,0054	0,075	<0,061	<0,024	<0,039	0,026	<0,034	0,017
Sel/ECW	5,24	14,44	1,33	>2,62	>7,50		3,27	>3,08	2,35

Moyenne du ratio Sel/ECW sur 8 ans : **>4,98**

8.2 Crabes (Bq/kg frais)

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Sel	7,4	1,2	1,5	1,8	1,6	1,5	1,1	1,2	0,76
ECW	0,34	0,38	0,27	0,35	<0,2	0,26	0,63	0,6	0,46
Sel/NSC	21,76	3,16	5,56	8,00	>5,77	1,75	1,75	2,35	1,65

Moyenne du ratio Sel/NSC sur 9 ans : **>5,75**

8.3 Homard (Bq/kg frais)

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Sel	0,75	0,47	0,64	0,42	0,7	0,37	0,47	0,57	0,45
ECW	0,08	0,065	0,089	0,13	0,096	0,085	0,17	0,56	0,12
Sel/NSC	9,38	7,23	7,19	3,23	>7,29	4,35	2,76	1,02	3,75

Moyenne du ratio Sel/NSC sur 9 ans : **>5,13**

Annexe 6 : Point de vue des experts étrangers

The Groupe Radioécologie Nord Cotentin foreign experts' opinion

The Groupe Radioécologie Nord Cotentin (GRNC) has three foreign experts, Gunnar Bengtsson, Christophe Murith and Jane Simmonds. This note summarises their views on the latest work carried out by the GRNC to evaluate the assessment of doses due to discharges from the Cap de la Hague nuclear site carried out by COGEMA, the site operators.

The GRNC working group has carried out a very thorough evaluation of the COGEMA assessment. The group has looked at all aspects of the assessment methods and data to ensure that they agree with the results. We were impressed with the detail of this review and that a series of different calculations were carried out to see what effect different inputs had on the assessed radiation doses. For example, calculations were carried out to see if explicitly considering additional radionuclides had an effect and to see the impact of basing the assessment on measured rather than predicted activity concentrations. It was also worthwhile to compare the doses estimated for discharges in 2003 only with those for the cumulative discharges from the Cap de la Hague site from start of operations until 2003. The computer tool, ACADIE, developed to assess the doses, is very useful as it enables repeated calculations to be done with changes in input parameters. It is very valuable for members of the GRNC to be able to carry out their own calculations.

One of the most challenging aspects of such dose assessments is the selection and characterisation of the groups of the public that are likely to be the most exposed. It is necessary to specify where they live, what they do and where they obtain their food. An important issue is the extent to which the food consumed is produced locally, referred to as 'autoconsummation' in the GRNC study. Article 45 of the EU's Basic Safety Standards Directive explicitly requires that Member States' competent authorities ensure that estimates of doses from practices subject to prior authorisation shall be made as realistic as possible. This led to guidance on the realistic assessment of doses being produced by the group of experts set up under Article 31 of the Euratom Treaty (RP 129). The National Dose Assessment Working Group in the UK (www.ndawg.org) is also considering this question. There is no definitive way to specify the exposed groups in the population and so we support the GRNC's approach of looking at a series of groups and obtaining a range of possible doses. We also agree that it is not sufficient to consider solely the two groups included in the COGEMA assessment. However, it would be very useful if the GRNC report could contain more discussion on the basis for selecting the different groups considered and how realistic the assumptions are. It would be helpful to know the extent to which the assumptions regarding the different groups are based on surveys and so could be considered 'realistic' and when the assumptions and hence the groups are more hypothetical and cautious. It would also be useful if the GRNC could recommend which groups should be considered in future assessments.

We do not feel that it will be necessary to carry out such a detailed review of the COGEMA discharge assessment every year. The estimated doses are relatively low and within regulatory criteria and the factors affecting the dose assessment are unlikely to change significantly in the short term. We suggest that in future a simple check is made of the COGEMA assessment and a more detailed analysis is only carried out if there are significant changes to the discharges or other aspects of the assessment. For example, a more detailed assessment could be required due to changes in the discharges to sea due to the need to meet the requirements of OSPAR or because further environmental measurements have been made that indicate additional exposure pathways or the need to update the environmental models. In any event the need for a detailed review should be considered after five years as a minimum.

Gunnar Bengtsson, Christophe Murith and Jane Simmonds
10 June 2005